



Catalogue de la Boîte à Outils des Technologies sur le Blé



Sensible à la chaleur

Tolérant à la chaleur

Bureau de Coordination Technique du TAAT
Série de Rapports Techniques 011



Catalogue de la Boite à Outils des Technologies sur le Blé

© Bureau de Coordination Technique du TAAT, Septembre 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: Système de culture sur lit surélevé irrigué à la raie (à gauche). Effet de la tolérance à la chaleur sur la résistance du blé (à droite). Crédits photographiques: Agrinatura (<https://agrinatura-eu.eu/news/an-old-new-business-opportunity-for-africa-durum-wheat/>) et Ni et al. (DOI : 10.1016/j.cj.2017.09.005)

Citation correcte:

Bureau de Coordination Technique du TAAT, 2021. Catalogue de la boîte à outils des technologies sur le blé. Série de Rapports Techniques 011, Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique, Bureau de Coordination Technique, IITA, Cotonou, Benin, 44 pages.



Catalogue de la Boîte à Outils des Technologies sur le Blé

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



Table des Matières

Objet et Introduction	1
Technologie 1. Variétés de Blé Tolérantes à la Chaleur et à la Sécheresse	4
Technologie 2. Variétés de Blé Résistantes aux Maladies de la Rouille	7
Technologie 3. Variétés de Blé Résistantes à la Mouche de Hesse	11
Technologie 4. Extension de la Production de Blé Irrigué	14
Technologie 5. Lits Surélevés et Irrigation par des Sillons	17
Technologie 6. Le Blé en Agriculture de Conservation	20
Technologie 7. Gestion Intégrée des Ravageurs et Maladies des Cultures	23
Technologie 8. Moissonneuses-Batteuses et Gestion de la Flotte	27
Technologie 9. Sacs Hermétiques pour un Stockage Sûr des Céréales	32
Technologie 10. Systèmes de Mouture de la Farine	35
TAAT, Votre Courtier Technologique de Choix	39
Conclusions	41
Les Impacts du Compact de Blé	42
Sources d'Information	43
Remerciements	43
La Série de Catalogue de la Boîte à Outils des Technologies TAAT	44

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

Objet et Introduction

Ce catalogue décrit une série de technologies liées à la modernisation de la production de blé en Afrique. Il est basé sur les efforts combinés de la plateforme de produits pour les solutions agricoles (ProPAS), un portail d'information, et des Technologies pour la transformation de l'agriculture en Afrique, un vaste programme de collaboration qui déploie des solutions agricoles sur tout le continent. Les deux activités répondent à l'impératif de mieux connecter les technologies éprouvées à ceux qui en ont besoin, mais chacune d'entre elles poursuit cet objectif de manière très différente. Le blé est l'un des produits de base prioritaires de TAAT en raison de son importance considérable pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle, et de la nécessité de réduire les importations de farine en 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 cette denrée 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. Ce catalogue est l'un des nombreux catalogues produit dans le cadre d'une activité conjointe ProPAS-TAAT. Pour plus d'informations sur les technologies présentées ou d'autres solutions visant à transformer l'agriculture au Sahel, contactez le Dr. Innocent Musabyimana à l'adresse i.musabyimana@cgiar.org ou visitez le site Internet de TAAT www.taatafrica.org.

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 autres éléments nécessaires à la transformation de l'agriculture en Afrique. La plateforme offre deux voies: elle permet aux utilisateurs d'entrer leurs solutions éprouvées et prometteuses dans une base de données, puis elle encourage les bénéficiaires à trier ses options pour révéler l'ensemble des possibilités qui peuvent aider leurs objectifs agricoles. ProPAS résulte du besoin reconnu par l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) de compiler et d'accéder plus systématiquement l'ensemble des solutions agricoles disponibles pour moderniser et transformer l'agriculture africaine. Son objectif global est d'accélérer le processus de transformation de l'agriculture en Afrique. De nombreuses solutions sont disponibles pour améliorer et moderniser les systèmes alimentaires africains, mais ceux qui pourraient en bénéficier le plus ignorent souvent quelles sont les meilleures options à leur disposition. En outre, un plus grand nombre de solutions sont en cours de recherche et de développement et il est préférable de les faire connaître et de les valider. Les profils des solutions sont compilés et diffusés de manière systématique. Ils sont soumis par les détenteurs de technologies, intégrés dans une plateforme numérique conviviale et utilisés par un nombre croissant 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 par un processus en trois phases qui comprend la soumission de solutions, la gestion de la base de données et l'accès des clients.

À Propos de TAAT. Le programme TAAT (Technologies for African Agricultural Transformation), dirigé par IITA, est à l'origine de nouvelles approches pour le déploiement de technologies éprouvées auprès des agriculteurs africains. TAAT est né d'un effort commun d'IITA et la Banque Africaine de Développement (BAD) et constitue un élément important de la stratégie « Nourrir l'Afrique » de cette dernière. TAAT est organisé autour de "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: riz, blé, maïs, sorgho et millet, manioc, patate douce, haricot, poisson et petit bétail. Les faiblesses dans la production des produits de base sont considérées comme responsables de l'insécurité alimentaire en Afrique, de la nécessité d'une 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 les programmes nationaux pour introduire des technologies et des innovations en matière de gestion qui sont 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 aux pays souverains.

Le Top 100 des Technologies TAAT. Le Bureau de Coordination Technique a développé une base de données des 100 technologies éprouvées qui transforment l'agriculture africaine. Elle est basée sur les approches des Compacts de TAAT mais inclut également celles des programmes de recherche collaborative du CGIAR qui ont été récemment décrites comme

prêtes pour l'utilisateur final. Ces technologies se répartissent entre celles qui concernent l'amélioration de la génétique et de la sélection végétale et animale (23%), celles qui reposent sur la diffusion d'informations numériques (3%), les intrants de production dont l'efficacité est prouvée (21%), les technologies de gestion des cultures et des animaux qui sont utiles dans le cadre des messages et des campagnes de vulgarisation agricole (27%) et la disponibilité d'équipements conçus de manière appropriée pour économiser la main-d'œuvre (26%). Ces technologies jouent un rôle direct dans la réalisation des objectifs de développement durable en ce qui concerne la productivité agricole, la sécurité alimentaire et la réduction de la faim, l'amélioration de la nutrition et du régime alimentaire des ménages, la croissance économique, l'innovation intelligente face au climat et l'amélioration de l'équité humaine. Ces technologies constituent la base de la sélection des entrées dans ProPAS, y compris celles qui font progresser la production du blé.



Les variétés améliorées de blé et les technologies qui l'accompagnent peuvent transformer la sécurité alimentaire et les économies agricoles du Sahel africain. Rejoignez TAAT pour concrétiser cette opportunité!

Le Top 10 de Technologies du Blé. Ce catalogue présente dix technologies qui servent à moderniser et à transformer la production et la transformation du blé en Afrique. Ces technologies comprennent: 1) des variétés tolérantes à la chaleur et à la sécheresse, avec un rendement supérieur et une qualité de grain élevés, qui permettent d'assurer la sécurité alimentaire et la santé humaine, 2) des variétés résistantes à la rouille pour éviter les épidémies dévastatrices et les pertes de rendement, 3) des variétés résistantes à la mouche de Hesse pour réduire l'accumulation d'insectes et les dommages aux cultures, 4) la production irriguée dans les régions sujettes à la chaleur pour étendre les cultures et renforcer la résilience, 5) des systèmes de culture sur lits surélevés irrigués par sillons qui améliorent l'utilisation de l'eau et réduisent les coûts, 6) le labourage réduit et le paillage de surface des sols pour la conservation de l'eau, des nutriments et du carbone, et la gestion des mauvaises herbes, 7) les stratégies biologiques, physiques et chimiques intégrées pour lutter durablement contre les insectes, les maladies et les mauvaises herbes nuisibles, 8) les moissonneuses-batteuses et la gestion de la flotte qui offrent un accès à l'agriculture mécanisée, 9) le stockage hermétique des céréales pour réduire les pertes post-récolte et augmenter la capacité de stockage, 10) la mouture de la farine et les systèmes pour des produits de haute qualité qui peuvent accéder aux marchés haut de gamme.

Technologie 1. Variétés de Blé Tolérantes à la Chaleur et à la Sécheresse

Résumé. Les stress dus à la chaleur et à la sécheresse sont deux contraintes majeures pour la production de blé en Afrique sub-saharienne. Par exemple, au Soudan, les températures dépassent souvent 41°C, ce qui nuit gravement aux stades de la floraison et du remplissage des grains de blé, entraînant une faible moyenne nationale de seulement 2 tonnes/ha et, dans certains cas, une mauvaise récolte. L'augmentation des cas de chaleur extrême et de sécheresse due au changement climatique aggrave encore cette situation. Plus précisément, on sait qu'une augmentation de 1°C de la température moyenne fait baisser la productivité du blé de 3 à 10%, et quand la température augmente de 4°C la productivité de la culture chute de 34%.



Impact du stress thermique sur les variétés de blé sensibles (à gauche) et tolérantes (à droite)

Le Centre International de Recherche Agricole dans les Zones Sèches (ICARDA), en partenariat avec les systèmes nationaux de recherche agricole, a mis au point une série de variétés de blé tolérantes à la chaleur qui ont été diffusées dans les pays de la zone sahélienne. Ces lignées de blé améliorées peuvent résister à des températures supérieures de 4°C à la normale, ce qui présente un réel avantage aux moments critiques de la saison de croissance. Des rendements plus élevés et plus stables au cours des saisons de croissance successives sont obtenus par les agriculteurs qui cultivent des variétés de blé tolérantes à la chaleur, récoltant jusqu'à 6 tonnes par hectare. L'expansion des surfaces plantées de nouvelles lignées de blé résistant au stress thermique a permis de remplacer les génotypes à faible rendement et moins adaptés, et d'augmenter considérablement la production de blé au Sahel au cours des dernières années. Pour plus d'informations sur cette technologie, veuillez contacter le Dr. Zewdie Bishaw de l'ICARDA par courriel à z.bishaw@cgiar.org.

Description Technique. La sélection pour la tolérance au stress thermique dans les variétés de blé est réalisée par des méthodes conventionnelles, y compris le criblage multi-local, la sélection par navette, les haploïdes doubles, la sélection assistée par marqueurs et le phénotypage de localisation clé. Les mécanismes clés contre le stress de la chaleur et de la sécheresse des lignées améliorées sont la maturité précoce (dans 90 jours), les ajustements de la structure de la canopée et la thermostabilité des processus physiologiques. Les agriculteurs du Soudan qui utilisent ces variétés de blé nouvellement développées, ainsi que les meilleures pratiques agronomiques, ont réussi à augmenter les récoltes de grains de blé de 2.5 à 5 tonnes ha⁻¹. Des variétés résistantes à la sécheresse ont été développées et atteignent 75% de leur potentiel de rendement avec moins de 200 mm d'humidité et un stress thermique, alors que les variétés communes non-améliorées affichent une perte de 50% en rendement dans ces conditions extrêmes. Diverses autres caractéristiques améliorées peuvent être empilées dans les lignées de blé qui possèdent une tolérance au stress thermique, notamment une grande efficacité d'utilisation de l'eau et une tolérance aux maladies et aux

parasites comme la rouille jaune et la rouille de la tige (voir Technologie 2). Avant de pouvoir commercialiser des variétés tolérantes à la chaleur, il est nécessaire de procéder à des essais participatifs afin que leurs caractéristiques agronomiques et nutritionnelles correspondent aux préférences des agriculteurs, de l'industrie et des consommateurs.

Utilisation. Les variétés de blé qui peuvent résister au stress de la chaleur et de la sécheresse offrent de grands avantages pour la production dans toutes les zones de culture de l'Afrique subsaharienne, car les températures élevées et la réduction des précipitations se produisent largement et plus fréquemment en raison du changement climatique. Cette aptitude comprend les systèmes pluviaux cultivés pendant les mois d'été en Éthiopie, en Érythrée, au Kenya, en Ouganda, au Rwanda, au Burundi, en Tanzanie et en Afrique du Sud, ainsi que les systèmes irrigués cultivés pendant les mois d'hiver secs dans les plaines de Zambie, du Zimbabwe, du Malawi, de Madagascar, du Mozambique, du Nigeria, du Sénégal, du Mali et du Soudan. Grâce au caractère de tolérance à la chaleur, il est également possible pour les agriculteurs de cultiver du blé dans des endroits non traditionnels tels que les régions arides du Sahel caractérisées par des températures de 30-40°C et des précipitations inférieures à 250mm, transformant ainsi des terres marginales pour le blé en terres appropriées.

Composition. Depuis 2013, plus de 30 variétés de blé résilientes au climat qui combinent un potentiel de rendement élevé, la qualité supérieure du grain et la tolérance à la chaleur et à la sécheresse ont été libérées par l'ICARDA à travers plusieurs pays d'Afrique subsaharienne. Cette collection de lignées se caractérise par une maturité de récolte précoce (90-100 jours), des mécanismes de protection morphologique et physiologique contre les températures extrêmes et les faibles précipitations, et une bonne qualité de panification (14-15% de teneur en protéines). La résistance aux maladies de la rouille jaune et de la rouille de la tige qui sont courantes en Afrique de l'Est et du Sud (voir Technologie 2) est possédée par une série de variétés tolérantes à la chaleur et à la sécheresse qui ont été développées par des techniques de sélection conventionnelles.

Application. La multiplication des semences de variétés de blé tolérantes à la chaleur et à la sécheresse peut être effectuée par des entreprises privées et par les agriculteurs commerciaux et de petite échelle eux-mêmes. Le processus est le même que pour les autres cultivars et implique 3 à 4 cycles de culture à partir de semences de sélection, selon la méthode « d'épi-à-ligne » utilisée par les centres de recherche agricole. Dans un premier temps, on produit des semences de base qui sont contrôlées pour vérifier qu'elles sont conformes au type. Ensuite les semences de base sont replantées pour produire des semences certifiées destinées à la distribution et à la vente. Les agriculteurs peuvent utiliser leurs propres semences pour maintenir un stock de matériel de plantation au cours des saisons suivantes, mais ils doivent se prémunir contre la dérive génétique. Les variétés de blé tolérantes à la chaleur et à la sécheresse sont cultivées dans les champs des agriculteurs en utilisant la même densité de plantation et le même apport d'engrais minéraux que les autres cultivars améliorés, en fonction des conditions locales.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Les semences de qualité sont d'une grande pureté génétique et exemptes de semences d'autres variétés, de mauvaises herbes et de matériel étranger. Les agriculteurs obtiennent des semences améliorées et certifiées auprès des entreprises semencières et peuvent ensuite recycler ces semences pendant plusieurs saisons. Les semences de variétés de blé tolérantes à la chaleur et à la sécheresse sont produites par des entreprises semencières privées et de grands agriculteurs commerciaux dans plusieurs pays africains. Les programmes nationaux offrent un accès à cette technologie

améliorée dans de nombreux endroits où la multiplication et la livraison n'ont pas encore été commercialisées. L'adoption rapide et généralisée des variétés de blé tolérantes à la chaleur et à la sécheresse nouvellement développées nécessite: 1) identifier des lignées à haut rendement et résistantes au stress, adaptées aux conditions de culture locales et répondant aux préférences des agriculteurs et des marchés, 2) fournir des semences de base et renforcer les capacités dans les semencières privées et des entreprises publiques pour assurer une production accélérée de semences certifiées de haute qualité, 3) adopter des cadres de politique agricole et commerciale stables qui rendent la production de blé rentable et attrayante pour les agriculteurs, et 4) fortifier les infrastructures d'information, de commercialisation, de transport et de valeur ajoutée dans les zones de culture afin d'améliorer les liens entre les agriculteurs, les transformateurs et les consommateurs.

Coût de Production. Les besoins en main-d'œuvre pour la multiplication des semences de blé sont faibles puisque la culture est autogame et ne nécessite pas d'opérations élaborées sur le terrain. Pour la production de semences certifiées, un taux de plantation normal ou légèrement inférieur de 50-75 kg ha⁻¹ est utilisé car il augmente le nombre de graines récoltées par graine plantée et protège la qualité des semences. Le coût de semence est d'environ 35 à 45 dollars US par ha, traitement fongicide inclus. La culture du blé pour les semences ou l'alimentation nécessite l'apport d'engrais minéraux azotés, phosphorés et potassiques qui coûtent 45 à 155 dollars US par ha, et la pulvérisation d'herbicides et d'insecticides qui coûtent 37 à 105 dollars US par ha.

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. Le déploiement de variétés de blé tolérantes à la chaleur et à la sécheresse implique une clientèle diversifiée, notamment des petits producteurs et agriculteurs commerciaux, des systèmes nationaux, des entreprises semencières privées et des transformateurs alimentaires. Des gains importants en termes de rendements et de résilience peuvent être réalisés en cultivant des variétés de blé tolérantes à la chaleur et à la sécheresse qui offrent de grandes possibilités d'augmenter les revenus des agriculteurs commerciaux et de petite échelle, en partie grâce à l'expansion des zones de production de blé. On estime qu'une multiplication par dix des surfaces cultivées en blé tolérant à la chaleur en Afrique permettrait de créer de nouveaux emplois pour plus de 200 000 personnes et de doubler les revenus des agriculteurs. Rien qu'au Sénégal, la mise à l'échelle nationale des nouvelles variétés de blé à haut rendement et résistantes au climat offre la capacité de produire jusqu'à 600 000 tonnes de nourriture supplémentaire, ce qui générerait environ 180 millions de dollars US de revenus supplémentaires pour les agriculteurs sans affecter la production d'autres cultures.

Exigences en matière de licences. La production de semences de base et de semences certifiées pour les variétés de blé tolérantes à la chaleur et à la sécheresse, destinées à être vendues aux agriculteurs, est soumise à des normes et à des procédures dans le cadre des systèmes de licence et des réglementations phytosanitaire nationale. Les entreprises privées et coopératives qui souhaitent multiplier les semences de ces variétés de blé améliorées peuvent le faire en concluant un accord de transfert de technologie avec les centres de sélection. Les variétés de blé tolérantes à la chaleur et à la sécheresse sont disponibles en tant que biens publics régionaux auprès de l'ICARDA.

Technologie 2. Variétés de Blé Résistantes aux Maladies de la Rouille

Résumé. La rouille jaune et la rouille de la tige sont des maladies destructrices dans les zones de production de blé de l'Afrique subsaharienne. Les infections par ces pathogènes fongiques entraînent des pertes de rendement de 50% à 90% et peuvent détruire entièrement des cultures de blé en quelques semaines seulement. Les maladies de la rouille se propagent rapidement lorsque leurs spores sont transportées par le vent, entraînant des pertes massives, comme ce fut le cas avec la souche africaine très virulente de la rouille de



Rouille jaune (à gauche) et rouille de la tige (à droite)

la tige Ug99. Nous assistons à l'émergence rapide de nouvelles souches au fil du temps. Les rouilles peuvent infecter les graminées indigènes, ce qui rend difficile leur éradication des paysages agricoles. L'utilisation de variétés de blé résistantes à la rouille jaune et à la rouille de la tige permet de prévenir l'apparition de la maladie et d'améliorer les rendements dans toutes les régions du grenier à blé. L'ICARDA, ainsi que des partenaires nationaux, ont mis en place des réseaux étendus pour développer et multiplier des lignées résistantes aux maladies de la rouille dans les zones de production de blé, ce qui permet une lutte proactive et rentable. De plus amples détails sur cette solution peuvent être obtenus auprès du Dr. Zewdie Bishaw de l'ICARDA par courriel à l'adresse z.bishaw@cgiar.org.

Description Technique. La résistance à la rouille jaune et à la rouille de la tige chez le blé s'exprime à partir du stade de plantule jusqu'au stade adulte du cycle de croissance. La résistance des semis provient souvent d'un seul gène mais peut être limitée à une seule souche de l'agent pathogène. La résistance de la plante adulte provient de plusieurs gènes et offre généralement une protection contre plusieurs souches de rouille. Ces mécanismes de résistance sont ensuite combinés pour donner des variétés résistantes à la maladie. La sélection pour la résistance à la rouille dans le blé est effectuée par des méthodes conventionnelles en croisant des lignées dans de nouveaux cultivars et en examinant leur performance dans des conditions de terrain. Une approche de sélection en navette est employée par les centres internationaux pour développer des variétés de blé résistantes à la rouille au Mexique, au Kenya, au Maroc et au Liban, ce qui permet de sélectionner plusieurs caractéristiques de résistance souhaitées. Les essais nationaux, l'homologation et la multiplication accélérée des semences garantissent que ces variétés parviennent rapidement

aux agriculteurs. En général, la résistance du blé à la rouille est efficace pendant cinq ans, après quoi de nouvelles variétés sont nécessaires pour contrer les nouvelles variantes des maladies.

Utilisation. Les maladies de la rouille jaune et la rouille de la tige se sont répandues dans toutes les principales zones de culture du blé Afrique orientale et australe. Des températures nocturnes plus fraîches (<15°C), une



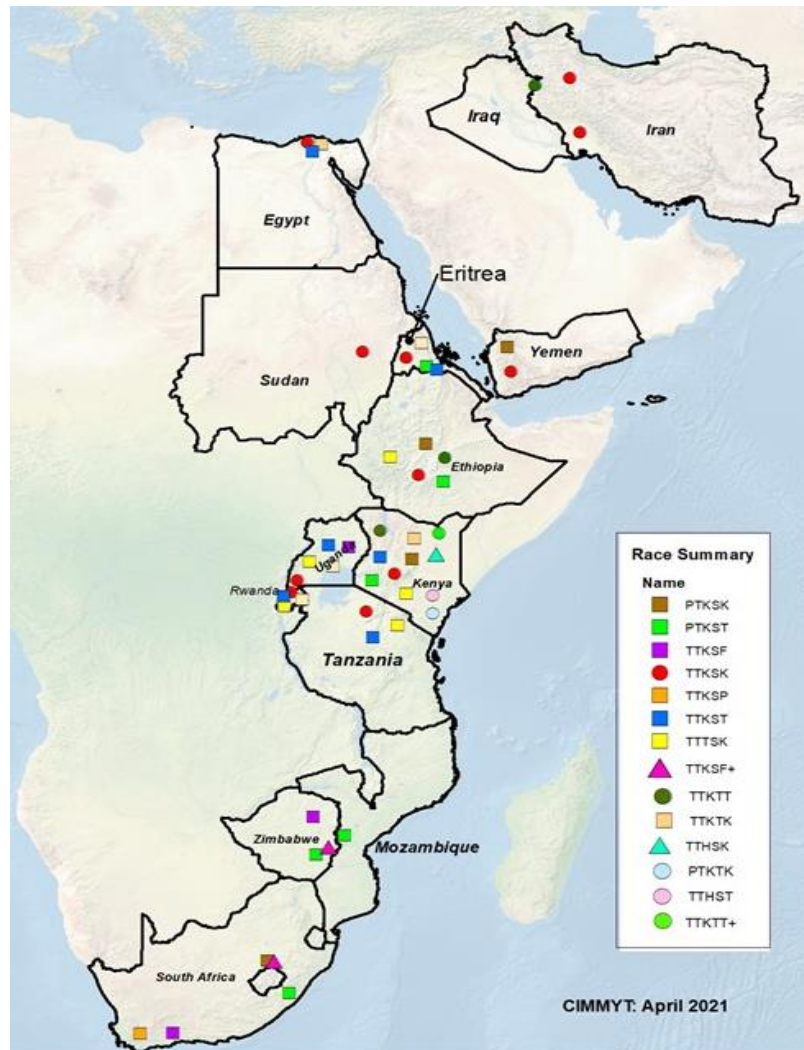
Impact de la rouille jaune sur les variétés de blé qui sont sensibles (à droite) et résistantes (à gauche)

forte rosée et des pluies intermittentes permettent aux rouilles d'infecter et d'endommager les cultures de blé. Différentes souches de rouille jaune et de rouille de la tige sont présentes dans des zones spécifiques de l'Afrique, de l'Égypte à l'Afrique du Sud. Une seule souche, Ug99 (TTKSK), est présente au Kenya, en Éthiopie, au Soudan, en Érythrée, au Mozambique, au Zimbabwe, en Tanzanie et en Afrique du Sud. En raison de la diversité génétique de ces maladies, la résistance des variétés de blé est développée pour des ensembles particuliers de conditions géographiques.

Composition. Il existe des variétés de blé résistantes à une souche spécifique d'une espèce de rouille et d'autres qui sont immunisées contre plusieurs de souches, d'espèces et de types. Plus de 80 gènes de résistance à la maladie de la rouille sont connus et certains sont exprimés dans des variétés de blé résistantes qui sont à la disposition des agriculteurs en Afrique subsaharienne. En Éthiopie, 22 variétés de blé panifiable résistantes à la rouille jaune et à la rouille de la tige ont été homologuées (par exemple Kababa, Shorima, Ogolcho, Wane, Hidasie). Un certain nombre de variétés de blé résistantes à la rouille de la tige Ug99 ont été développées et introduites en Afrique de l'Est au cours des deux dernières années en réponse à l'épidémie dévastatrice. Les variétés de blé disponibles qui résistent aux maladies de la rouille sont caractérisées par un potentiel de rendement moyen ou élevé, et ont une bonne qualité de cuisson. La résistance est souvent perdue en raison du taux élevé de mutation de la maladie fongique, ce qui fait que la durée de vie productive d'une nouvelle variété est plutôt courte et nécessite le développement et le déploiement continus de nouvelles variétés.

Application. La multiplication des semences de blé résistant aux maladies de la rouille se fait après que les variétés aient subi des essais de vérification et d'adaptation, ce qui nécessite environ un an pour que les agriculteurs aient accès à la nouvelle technologie. En cas d'épidémies graves, il est possible de procéder à une multiplication accélérée des semences

tout en testant les nouvelles variétés sur le terrain pendant la saison principale et la saison secondaire, ce qui permet aux agriculteurs d'avoir accès au matériel génétique résistant moins d'un an après sa diffusion. La multiplication des semences de blé résistant aux maladies de la rouille comporte deux étapes. Dans un premier temps, les semences de première génération ou de base sont produites par les centres de recherche agricole et, dans un deuxième temps, elles sont transmises à des sociétés semencières privées, à des entreprises semencières publiques, à des unions de coopératives agricoles, à des associations de producteurs de semences agricoles et à des agriculteurs modèles pour la multiplication de



Distribution de la rouille Ug99 en Afrique et au Moyen-Orient (Source: RustTracker.org)

grands volumes de semences certifiées. Les variétés de blé résistantes à la rouille jaune et à la rouille de la tige sont cultivées avec la même densité de plantation et le même apport d'engrais minéraux que les autres cultivars de blé améliorés, conformément aux recommandations locales. Pour réaliser le plein potentiel de rendement et renforcer la résistance à la sécheresse de la culture, des mesures supplémentaires doivent être prises. Une pulvérisation de fongicide peut également être nécessaire dans certains cas pour assurer la protection de la culture tout au long de la saison.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Les variétés de blé résistantes à la rouille sont produites par des entreprises privées et de grands exploitants commerciaux dans plusieurs pays africains, tandis que l'accès à ces variétés est assuré par des programmes nationaux ailleurs. Les actions suivantes doivent être entreprises pour que les producteurs de blé puissent accéder à cette technologie de semences améliorées: 1) identifier les variétés résistantes aux maladies de la rouille par des essais sur le terrain et une mise en circulation accélérés, 2) faire la démonstration des variétés résistantes aux maladies de la rouille aux agriculteurs, 3) établir la multiplication des semences pour une mise à l'échelle accélérée de

la technologie, et 4) renforcer la capacité des systèmes nationaux pour la surveillance des maladies, la sélection variétale et la multiplication et la distribution des semences.

Coût de Production. Les procédures de sélection rigoureuses appliquées lors du criblage des variétés en pépinière et des essais de rendement réduisent les coûts et le temps nécessaires à la sélection de variétés de blé résistantes aux maladies de la rouille. La multiplication des semences de blé résistant aux maladies de la rouille entraîne les mêmes coûts que les variétés sensibles, et les besoins en main-d'œuvre pour produire des semences de qualité sont relativement faibles car la culture est autogame. Il a été démontré que les coûts opérationnels totaux pour les agriculteurs d'Éthiopie pour cultiver du blé résistant à la rouille atteignent 440 dollars US par hectare, alors que pour les variétés sensibles, ils sont de 422 dollars US par hectare. Ce chiffre comprend le coût des semences résistantes aux maladies de la rouille (37 dollars US par hectare), les coûts de la main-d'œuvre pour la préparation du terrain, les semis, l'application des engrais, le désherbage, la récolte et le battage (265 dollars US par hectare), les coûts des engrais, des pesticides et des herbicides (101 dollars US par hectare) et les coûts de location de la terre et des équipements, du carburant et de la commercialisation (36 dollars US par hectare).

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. La multiplication et la culture de variétés de blé résistantes à la rouille jaune et à la rouille de la tige servent une clientèle diversifiée, comprenant des programmes nationaux, des petits producteurs et agriculteurs commerciaux, des entreprises semencières privées et publiques et des transformateurs agro-alimentaires. Le contrôle des maladies de la rouille dans la production de blé par l'utilisation de la résistance génétique est plus efficace que le contrôle chimique avec des fongicides, offrant un avantage économique substantiel aux agriculteurs. La culture de blé résistant aux maladies de la rouille réduit ou évite entièrement la nécessité de pulvériser des fongicides chimiques et est donc meilleure pour l'environnement et la biodiversité. Une étude menée dans quatre zones de culture du blé en Éthiopie sur trois saisons a révélé que les variétés résistantes à la maladie de la rouille atteignaient un rendement moyen de 4.1 tonnes ha⁻¹, alors que les variétés sensibles ne produisaient que 2.9 tonnes ha⁻¹. Dans une autre zone de production de blé en Éthiopie, il a été démontré que les ménages adoptant des variétés résistantes à la maladie de la rouille obtenaient un rendement en blé supérieur de 351 à 455 kg ha⁻¹ à celui des non-adoptants. Les rendements en grains plus élevés réalisés par le blé résistant à la maladie de la rouille réduisent le coût de production à 110 dollars US par tonne, contre 136 dollars US par tonne pour les variétés sensibles. La culture de blé résistant aux rouilles assure plus de revenus aux agriculteurs, car les rendements et les marges bénéficiaires sont élevés pendant les années où la pression de la maladie est faible ou forte. La protection génétique des cultures de blé contre les épidémies de rouille est un commerce en soi et permet à de nombreux pays africains de devenir autosuffisants et de réduire les importations de dépenses.

Exigences de Licence. Des normes et procédures variables pour la multiplication de variétés de blé résistantes aux maladies de la rouille sont spécifiées par les différentes autorités réglementaires nationales. Un accord de transfert de technologie doit être signé avec les centres de sélection avant que les entreprises privées et coopératives puissent produire et vendre des semences de base et certifiées provenant de variétés de blé résistantes à la rouille. Les lignées de blé améliorées qui résistent aux maladies de la rouille sont développées et diffusées en tant que biens publics régionaux par l'ICARDA et le Centre international d'Amélioration du Maïs et du Blé (CIMMYT) et sont transférées sans redevances.

Technologie 3. Variétés de Blé Résistantes à la Mouche de Hesse

Résumé. La production de blé en Afrique du Nord et ailleurs, y compris dans certaines régions d'Afrique subsaharienne, est menacée par les infestations de la mouche de Hesse (*Mayetiola destructor*), également appelée cécidomyie. Cet insecte nuisible s'est répandu dans de nombreuses zones importantes de grenier à blé, causant des pertes substantielles. Les dommages causés aux cultures de blé sont attribués aux larves



Mouche de Hesse adulte (à gauche) et ces larves et dégâts sur le blé (à droite)

provenant d'œufs déposés dans les sillons de la face supérieure des feuilles. Les larves ont la capacité de former des structures galliques durcies qui offrent une protection contre les ennemis naturels et autres agents de lutte. Sur les semis de blé, les larves se nourrissent de l'apex de croissance (couronne), tandis qu'à des stades de croissance ultérieurs de la culture, les larves établissent des sites d'alimentation sous la gaine de la feuille. La plantation de variétés de blé qui possèdent un mécanisme de défense naturel contre les larves de la mouche de Hesse est la méthode de lutte la plus efficace et les agriculteurs peuvent éviter de graves dommages en cultivant ces variétés résistantes. La surveillance des cultures et les messages de vulgarisation garantissent la meilleure utilisation de ces variétés. Pour plus d'informations sur cette technologie, veuillez contacter le Dr. Zewdie Bishaw de l'ICARDA par courriel à l'adresse z.bishaw@cgiar.org.

Description Technique. La résistance du blé à la mouche de Hesse provient d'un trait naturel qui active une réponse de défense biochimique aux larves qui se nourrissent des feuilles et des tiges. Plus de 26 gènes de résistance ont été identifiés dans le blé qui est maintenant incorporé dans des variétés locales à haut rendement. Des techniques de sélection courantes, telles que le phénotypage et le rétrocroisement, sont utilisées dans le développement de variétés de blé qui résistent à l'attaque de la mouche de Hesse. Les marqueurs moléculaires associés aux gènes de résistance à l'insecte ravageur permettent d'accélérer la sélection, réduisant ainsi le coût et le temps de développement et de diffusion des nouvelles variétés. Les populations de mouches de Hesse peuvent surmonter la résistance du blé au fil du temps, car des variantes du ravageur émergent par mutation génétique et pression environnementale, de sorte que l'efficacité des variétés mises en circulation doit être surveillée pour éviter l'apparition du ravageur.

Utilisation. La dispersion de la mouche de Hesse en Afrique subsaharienne n'a pas été cartographiée en détail mais la présence de cet insecte nuisible a été confirmée dans les zones de production de blé de l'Érythrée, de l'Éthiopie, du Kenya, du Malawi, du Mali, du

Mozambique, du Niger, du Nigeria, du Soudan, de la Tanzanie, de la Zambie et du Zimbabwe. Pendant les saisons des pluies dans les climats tropicaux, le risque d'infestations sévères de l'insecte ravageur est important car l'éclosion des œufs et la survie des larves sont favorisées par des températures et une humidité plus élevées. La résistance génétique aux attaques de la mouche de Hesse est une approche appropriée pour



Performances des variétés de blé sensibles (à gauche) et résistantes (à droite) à la mouche de Hesse

protéger les cultures de blé dans toutes les zones de culture africaines, car la technologie peut être intégrée dans des lignées d'élite ayant un potentiel de rendement élevé et des adaptations à d'autres contraintes environnementales.

Composition. Des variétés de blé résistantes à la mouche de Hesse sont disponibles au Maroc, en Égypte, en Algérie, en Syrie et en Afrique du Sud, ainsi que dans certains autres pays d'Afrique subsaharienne. Au niveau mondial, plus de 200 variétés de blé tendre et de blé dur ont été développées qui résistent aux attaques de cet insecte ravageur et qui offrent une bonne qualité de panification. Les sélectionneurs s'efforcent actuellement d'incorporer des gènes de résistance dans les cultivars de blé qui sont couramment cultivés dans les régions du grenier à blé du continent.

Application. La multiplication des semences pour la résistance à la mouche de Hesse se passe par les mêmes procédures que pour les cultivars améliorés communes et prend 2 à 4 cycles de croissance. Dans un premier temps, des semences de base de première génération sont produites par les centres de sélection, et dans un second temps, elles sont transmises aux producteurs de semences pour la multiplication de grands volumes de semences certifiées. Les agriculteurs peuvent utiliser des techniques de terrain, telles que la méthode « epi-à-ligne », qui consiste à sélectionner les épis les plus performants et à les replanter sur une seule ligne, pour maintenir des stocks de matériel de plantation. La densité de plantation et l'apport d'engrais minéraux pour la culture des variétés de blé résistantes à la mouche de Hesse suivent les mêmes recommandations locales que les variétés non-résistantes. Les pratiques d'accompagnement comprennent le respect des calendriers de plantation, la destruction des hôtes réservoirs et l'utilisation d'insecticides. La lutte contre la mouche de Hesse dans les systèmes agricoles est plus efficace lorsqu'elle est combinée avec une surveillance des ravageurs et un soutien à la vulgarisation.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Les variétés résistantes à la mouche de Hesse sont multipliées et vendues par des agriculteurs commerciaux à grande échelle dans plusieurs

pays, alors que l'accès à ces variétés est assuré par des programmes nationaux. L'apport de cette technologie de semences aux producteurs de blé dans les principales zones de culture du blé en Afrique nécessite une série d'actions: 1) identifier les variétés de blé résistantes à la mouche de Hesse par des tests en laboratoire et sur le terrain, 2) démontrer les avantages de la résistance à l'insecte ravageur, 3) engager les systèmes nationaux, les associations d'agriculteurs et les entreprises privées dans la multiplication des semences de variétés de blé résistantes, et 4) renforcer la capacité de surveillance des ravageurs, de sélection variétale et de distribution des semences dans les principales zones de production de blé.

Coût de Production. La multiplication de semences de haute qualité de variétés de blé résistantes à la mouche de Hesse attire les mêmes coûts que les variétés sensibles, et comme la culture est autopollinisante le main-d'œuvre pour les opérations dans les champs ne cout pas grand chose. Le prix des semences certifiées de blé résistant à la mouche de Hesse varie entre 35 et 43 dollars US par hectare. Une coordination au niveau de la communauté des producteurs de blé est nécessaire, car les épidémies dévastatrices peuvent être évitées que seulement si une partie suffisante des champs (50 à 80%) est cultivée avec des variétés résistantes. La surveillance de l'apparition et de la distribution des mouches de Hesse a également un coût qui doit être couvert par les autorités locales ou nationales et intégré dans les projets de développement et les plans de travail de vulgarisation. Lorsque les variétés de blé résistantes aux attaques de la mouche de Hesse sont cultivées sur un grand nombre de champs, les agriculteurs réduisent leur utilisation d'insecticides, ce qui a des effets positifs sur l'environnement et les organismes non ciblés notamment les prédateurs naturels.

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. La multiplication et la culture de variétés de blé résistantes à la mouche de Hesse servent une clientèle diversifiée, notamment des programmes nationaux, des petits producteurs et agriculteurs commerciaux, des entreprises semencières privées et des transformateurs alimentaires. La résistance du blé à la mouche de Hesse est une solution financièrement intéressante pour les agriculteurs, car elle se traduit par une production stable qui justifie l'investissement dans des semences certifiées. La culture de blé résistant dans une situation exempte de mouche n'a aucun effet négatif sur les rendements en grains et en fourrage. Les lignées à défense naturelle contre l'insecte ravageur libérées au Maroc ont un potentiel de rendement de 5.5 à 7.1 tonnes ha⁻¹, et protègent de 79% à 100% de la récolte. Un suivi approfondi des variétés résistantes dans la ceinture de blé de l'Amérique du Nord a permis de constater que 130 à 210 kg de grains supplémentaires par hectare sont récoltés pour chaque 10% de moins d'infestation par les larves de la mouche de Hesse, et il en va probablement de même pour l'Afrique. L'avantage économique pour la production de fourrages qui résulte de la résistance du blé offre aux producteurs 105 dollars US de plus par hectare.

Exigences de Licence. Les semences certifiées des variétés de blé résistantes à la mouche de Hesse peuvent être produites et vendues par des entreprises privées et des coopératives après avoir signé un accord de transfert de technologie avec les centres de sélection qui sont responsables de leur développement. Les systèmes de licence et les organismes de réglementation nationaux appliquent des normes et des procédures différentes pour la multiplication des semences de variétés de blé améliorées. Les variétés de blé résistantes à la mouche de Hesse sont développées et diffusées en tant que biens publics régionaux par le Centre International de Recherche Agricole dans les Zones Arides (ICARDA) et le Centre International d'Amélioration du Maïs et du Blé (CIMMYT) et aucune redevance ne doit être versée par les producteurs de semences.

Technologie 4. Extension de la Production de Blé Irrigué

Résumé. Les rendements du blé diminuent fortement lorsque la culture est exposée à des températures élevées au cours de son cycle de croissance, ce qui se passe souvent pendant les saisons des pluies où le blé est traditionnellement cultivé en Afrique subsaharienne. Les températures élevées sont plus fréquentes en raison du changement climatique mondial, et il est peu probable que cela réduira dans un avenir proche. La culture du blé pendant la saison fraîche dans les zones arides d'Afrique, appelée production « hivernale », évite les effets néfastes du stress thermique et



Distribution d'eau par tuyaux et irrigation en bordures des bassins de blé

et permet de produire deux récoltes ou plus par an. Les quantités limitées de précipitations reçues pendant la saison sèche rendent nécessaire la mise en place de systèmes d'irrigation. Plusieurs options d'irrigation différentes sont disponibles pour le blé, notamment les systèmes d'inondation, de sillons et d'aspersion. Les investissements dans l'irrigation et l'acheminement de l'eau qui l'accompagne sont rentables à moyen terme, car la production hors saison donne généralement lieu à des rendements de blé plus élevés. De cette manière, l'innovation permet de construire une chaîne de valeur alimentaire qui résiste aux chocs climatiques et d'étendre la culture du blé à des zones de culture non traditionnelles. Le succès de la production de blé irrigué dans plusieurs régions du grenier en Afrique fait progresser l'autosuffisance et réduit les importations coûteuses. De plus amples détails sur cette solution peuvent être obtenus auprès du Dr. Zewdie Bishaw de l'ICARDA par courriel électronique à l'adresse z.bishaw@cgiar.org.

Description Technique. Les agriculteurs africains cultivent traditionnellement le blé pendant la saison des pluies, car ils reçoivent des précipitations suffisantes sans avoir à investir dans l'irrigation. Cependant, des températures diurnes moyennes élevées de 33-36°C et des épisodes de chaleur extrême avec des températures supérieures à 45°C peuvent se produire pendant la saison de croissance. Dans ce cas la performance du blé est fortement réduite, même pour les variétés résistantes au stress thermique (voir Technologie 1). En cultivant le blé pendant la saison fraîche et sèche, le risque de perte de rendement liée à la chaleur est diminué car les pics de température supérieurs à 35°C sont rares. Pour compenser le manque de précipitations pendant la saison sèche, les cultures de blé doivent recevoir entre 300 et 500 mm d'eau par arrosage. Les conditions de croissance avantageuses dans les cultures irriguées réduisent également les risques de maladies et de ravageurs. La production de blé d'hiver irrigué permet aux agriculteurs de pratiquer la rotation des cultures, notamment avec des légumineuses qui servent à protéger la qualité du sol.

Utilisation. Il existe un grand potentiel pour la production irriguée de blé dans les ceintures subhumides et semi-arides du Sahel, de la Corne de l'Afrique et de l'Afrique australe, car ces régions sont confrontées à des températures élevées pendant leur saison de croissance. Un avantage similaire existe chez les producteurs de blé en Afrique de l'Est entre les saisons des pluies bimodales. La planification et le déploiement stratégique de l'extension de la production de blé irrigué pendant les saisons fraîches des zones de grenier en



Champ de blé irrigué à El Gezira, au Soudan

Afrique sont d'une grande importance pour atteindre l'autosuffisance en blé dans des conditions de réchauffement rapide et de chaleur plus fréquente.

Composition. La production irriguée de blé pendant la saison froide peut être réalisée avec des variétés tendre de printemps si 450 mm d'eau sont fournis par l'irrigation et les précipitations, alors que les lignées de blé dur de printemps nécessitent que 250 mm. Les variétés de blé tolérantes à la chaleur peuvent être utilisées les années où l'on prévoit des températures élevées et des vagues de chaleur pendant la saison froide, tandis que les cultivars de blé tendre de printemps peuvent être cultivés dans des conditions météorologiques normales. Le type d'irrigation utilisé par les agriculteurs est soumis à la source d'eau disponible et à la position topographique des champs. En gros, ils ont le choix entre des systèmes passifs basés sur la gravité qui détournent les rivières via des canaux et des barrages, et des systèmes actifs de lévitation qui puisent dans des réservoirs de surface et souterrains grâce à des systèmes de pompage de l'eau. L'acheminement de l'eau en hauteur nécessite des pressions d'eau plus élevées, tandis que les sillons et les inondations peuvent être alimentés par écoulement gravitationnel.

Application. La fenêtre pour la culture du blé pendant la saison sèche des zones arides africaines peut être assez étroite puisque les températures plus fraîches ne durent que 2 à 3 mois et en raison des retards dans la culture et la récolte avant et après la saison des pluies. Dans ce cas, il est nécessaire d'utiliser des variétés de blé à maturation précoce avec des cycles de production de 90 à 100 jours. Les semences doivent être plantées dans des lits humides en utilisant l'eau des barrages ou des rivières proches. Les sols sont labourés et nivelés à la main, à l'aide d'un animal ou d'un tracteur, et à ce stade il faut également incorporer du fumier de ferme ou d'autres ressources organiques. Les semences sont plantées en lignes pour permettre un contrôle efficace des mauvaises herbes et une distribution d'eau plus uniforme.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. La production irriguée de blé pendant la saison sèche est pratiquée par les producteurs commerciaux de blé dans toutes les grandes zones de culture de l'Afrique subsaharienne. Des variétés sont disponibles pour la culture à cette période de l'année. Grâce à l'irrigation et aux nouvelles variétés tolérantes à la chaleur

(voir Technologie 1), la production de blé peut être considérablement étendue dans toute l'Afrique si les conditions suivantes sont remplies: 1) éduquer les agriculteurs et les investisseurs sur les avantages et les coûts de l'irrigation des cultures, 2) fournir un accès à des semences de qualité de variétés améliorées, à des systèmes d'irrigation abordables et à des services de conseil technique sur leur utilisation, 3) relier les producteurs aux marchés et aux transformateurs alimentaires par des prix permettant des profits équitables, et 4) faire en sorte que les projets de développement des infrastructures d'eau du secteur public prennent compte cette technologie pour la production du blé.

Coût de Production. Les principales dépenses liées à la production irriguée de blé pendant la saison froide des terres arides comprennent l'installation et l'entretien des systèmes d'irrigation, l'achat de semences améliorées, d'engrais minéraux, de fumier animal et d'agents de contrôle chimique. Appart de ça il y a des frais pour la préparation du terrain, la plantation, la gestion des mauvaises herbes et la récolte. Les agriculteurs peuvent également encourir des coûts pour la construction de réservoirs pour stocker l'eau ainsi que le paiement de redevances pour l'utilisation d'eau. Les prix de l'eau et l'efficacité de l'utilisation de l'eau déterminent la rentabilité de l'irrigation. La production en saison sèche près du Nil au Soudan coûte 373 dollars US par hectare, dont 19% sont consacrés à l'irrigation. Les investissements dans les infrastructures pour la construction de barrages, de réservoirs et de stations de pompage sont couverts par des investissements agricoles du secteur public dans le cadre de projets de développement et sont récupérés sous forme de frais d'utilisation au fil du temps, il est donc important que les agriculteurs adhèrent à leurs services.

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. La production de blé irrigué doit être rendue attrayante pour les producteurs de blé. Dans les basses et moyennes terres sèches d'Afrique la production de blé irrigué pendant la saison froide permet d'obtenir des rendements de 4 à 6 tonnes ha⁻¹, alors que la production pluviale ne donne souvent que 3 à 4 tonnes ha⁻¹ pendant les années favorables et moins de 2 tonnes ha⁻¹ en cas de sécheresse et de périodes de chaleur. La culture du blé en saison sèche et fraîche sous irrigation peut remplacer la traditionnelle période de jachère improductive sur 7.2 millions d'hectares de rizières dans les pays d'Afrique de l'Ouest. Cette technique permet également d'étendre la production de blé à des terres irrigables inexploitées, avec un potentiel de 330 000 hectares le long du fleuve Sénégal et du fleuve Niger au Mali, et de 108 000 hectares rien qu'en Mauritanie. La production de blé d'hiver irrigué au Sénégal pourrait remplacer les importations annuelles de blé dur, qui s'élèvent à 55 millions de dollars US, et la culture du blé pendant la période de jachère de toutes les rizières du pays lui permettrait de répondre à la demande nationale et d'exporter du blé vers les pays voisins à des prix favorables.

Exigences de Licence. Dans certains cas, les agriculteurs bénéficient de droits d'eau traditionnels et peuvent développer leurs propres systèmes d'irrigation à petite échelle sans licence. Dans d'autres cas, l'accès à l'eau d'irrigation est réglementé et nécessite des licences et le paiement de frais, même pour les agriculteurs vivant le long des eaux de surface. Il est souvent nécessaire d'obtenir l'approbation des organismes de réglementation nationaux et locaux pour extraire de l'eau des rivières ou des eaux souterraines. Les équipements et fournitures d'irrigation entrent les pays beaucoup de fois en franchise de droits afin d'encourager les investissements dans le secteur agricole. Les techniques de production irriguée de blé sont un bien public régional, et l'ICARDA et l'Institut International de Gestion de l'Eau (IMWI) sont chargés de développer et de diffuser les connaissances sur les systèmes d'irrigation appropriés.

Technologie 5. Lits Surélevés et Irrigation par des Sillons

Résumé. L'irrigation des cultures de blé dans les zones arides et les saisons sèches de l'Afrique subsaharienne est essentielle pour obtenir des rendements plus élevés, renforcer la résistance à la sécheresse et étendre la production à de nouvelles zones. L'approvisionnement limité en eau douce pour l'agriculture, et les coûts de l'extraction, du stockage et



*Lits surélevés irrigués avant la levée (gauche)
et mi-saison (droite)*

de l'acheminement posent des barrières majeurs de sorte que les ressources disponibles doivent être exploitées de la meilleure façon possible. La culture en lits surélevés et l'irrigation par des sillons est une technique très efficace qui garantit aux agriculteurs une utilisation efficace de l'eau. Les lits de plantation et les sillons d'irrigation sont relativement faciles à construire avec des outils disponibles localement et peuvent être entretenus pendant plusieurs saisons de croissance. Si l'on dispose de machines adaptées, telles que des machines à lits surélevés et des planteuses, le blé peut être semé en ligne en même temps que l'on forme les lits. Les économies d'eau réalisées par cette technique compensent l'augmentation du coût de production et réduisent la pression sur les ressources agricoles des zones arides. En outre, le semis du blé en planches permet non seulement d'économiser de l'eau, mais aussi d'améliorer l'efficacité de l'utilisation des engrais et le rendement des grains. Pour plus d'informations sur cette technologie, veuillez contacter le Dr. Zewdie Bishaw de l'ICARDA par courriel à l'adresse z.bishaw@cgiar.org.

Description Technique. Cette technique de culture consiste à former des lits surélevés de 40 à 130 cm de large et de 10 à 15 cm de haut, séparés par des sillons d'irrigation de 20 à 50 cm de large. Il est important que les lits et les sillons suivent le contour de la pente. Les cultures sont plantées sur le dessus des lits et l'eau est acheminée vers les sillons, ce qui permet d'irriguer les champs de manière uniforme et de maintenir une humidité idéale du sol. L'efficacité de l'utilisation de l'eau est améliorée d'environ 25% car la surface mouillée du champ est réduite et la surface de plantation est élevée relativement à l'irrigation par inondation classique. Les surfaces des lits surélevés favorisent également la collecte et l'infiltration des eaux de pluie, ce qui diminue l'érosion du sol et les besoins en eau d'irrigation. Les lits surélevés aspirent l'eau par les forces capillaires et l'évapotranspiration, ce qui évite les dégâts dus à l'engorgement. Contrairement à l'irrigation de surface par submersion, l'irrigation par sillons permet aux agriculteurs d'appliquer de l'eau et des engrais sur les cultures de blé lorsque les épis se forment, sans risque de flexion de la tige. Avec la bonne gestion d'irrigation cette pratique de la culture du blé peut maintenir une humidité du sol et une disponibilité des nutriments optimale tout au long de la saison, garantissant ainsi des rendements et des revenus élevés.

Utilisation. La culture du blé sur des lits surélevés et l'irrigation par des sillons convient là où l'on pratique la plantation à plat classique avec une irrigation par inondation, et où les ressources en eau douce sont limitées, ou lorsque le relevage de l'eau est coûteux. Cette technique présente des avantages majeurs en cas de sécheresses fréquentes, car de petites quantités d'eau peuvent être appliquées pour compenser les déficits pluviométriques à court terme. Il est possible de pratiquer l'irrigation par lits surélevés et par sillons sur des sols à texture limoneuse ou argileuse, mais moins sur des sols sablonneux, à moins que les systèmes d'adduction ne soient canalisés ou revêtus de plastique. Dans les sables purs, l'irrigation par sillons est impossible. Les pentes doivent être inférieures à 3%, sinon le



Mise en place de lits, de sillons et de rangées de plantation en un seul passage du tracteur sur un champ bien labouré et nivelé

fort débit d'eau peut rompre les lits et provoquer une érosion. La production de blé irrigué n'est pas appropriée là où il y a des dépôts de sodium souterrains, car l'humidification du sol entraîne l'aspiration des sels dans la zone des racines, ce qui provoque la salinisation.

Composition. Les dimensions des lits surélevés et des sillons d'irrigation sont déterminées par la texture du sol, les conditions pluviométriques, le niveau des eaux souterraines, la qualité de l'eau d'irrigation, l'espace entre les roues d'un tracteur et les exigences des cultures d'accompagnement ou de rotation. Dans les sols sableux l'eau s'infiltrerait rapidement, donc les sillons doivent être plus courts et plus étroites pour que l'eau atteigne l'extrémité inférieure du champ. Dans les sols argileux le taux d'infiltration est lent, donc les sillons doivent être plus longs et plus larges pour ralentir l'écoulement de l'eau. Plusieurs rangs de blé sont plantés sur les lits surélevés et l'espacement des rangs peut varier de 12 à 18 cm sans réduire les rendements. Ce système de sillons à lit surélevé convient également aux cultures en rotation comme le riz, le coton ou le soja.

Application. Avant de construire les lits surélevés et les sillons d'irrigation, le terrain est arpenté pour déterminer la pente et la direction de l'écoulement de l'eau. Sur les champs dont la pente est inférieure à 0.5% les sillons descendent la pente, et lorsque la dénivellation est supérieure à 0.5% ils doivent suivre les contours de la pente. Les sols sont préparés en enlevant les rochers et les troncs d'arbres, en labourant à une profondeur de 20 cm et en hersant pour briser les grosses mottes. Un canal de distribution est installé à l'extrémité

supérieure d'un champ et un bac de collecte et un canal de drainage sont établis à l'extrémité inférieure. De cette façon, la pente est maintenue au minimum, ce qui permet une répartition et une infiltration uniformes de l'eau. La terre dans les sillons est placée sur le lit surélevé à l'aide d'une houe manuelle ou d'une charrue montée sur un tracteur, puis nivelée à l'aide d'une herse. Ces lits peuvent être maintenus en permanence, et même placés dans le cadre d'un travail de conservation du sol (voir Technologie 6). Les agriculteurs doivent appliquer des engrais chimiques, du fumier ou des résidus de culture aux taux recommandés pour maintenir des rendements élevés. Les mauvaises herbes qui poussent dans les sillons doivent être enlevées manuellement ou mécaniquement, et celles qui se trouvent entre les cultures peuvent être contrôlées en pulvérisant un herbicide approprié. L'infestation de mauvaises herbes est encore réduite en plantant des cultivars de blé à vigueur précoce qui couvrent rapidement la surface du sol.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Tout le matériel nécessaire à l'ingénierie des surfaces du sol et à l'approvisionnement en eau d'irrigation est facilement disponible dans la plupart des pays africains. La technique d'irrigation améliorée peut faire partie d'un message de vulgarisation diffusé par des projets nationaux. Des prestataires de services privés peuvent être engagés pour la construction mécanisée des lits et des sillons et l'installation des systèmes d'irrigation. L'avancement de ce système se fait en quatre étapes: 1) les acteurs de la chaîne de valeur comprennent les avantages de la technique sur les rendements du blé, l'utilisation de l'eau et l'adaptation au changement climatique, 2) des conseils et des machines sont disponibles pour la construction de surfaces de sol aménagées et de systèmes d'approvisionnement en eau, 3) un soutien financier pour cette technique agricole est proposé sous forme de prêts ou de subventions, et 4) des marchés sécurisés sont en place pour que les rendements élevés se traduisent par des revenus plus importants.

Coût de Production. Les agriculteurs qui pratiquent l'irrigation traditionnelle par inondation peuvent adopter la technique améliorée sans coût supplémentaire en termes d'infrastructure ou de machines, mais l'installation des lits et des sillons nécessite plus de travail. Le coût total de la main-d'œuvre et des intrants pour la culture sur lits surélevés irrigués est d'un peu moins de 300 dollars US par ha. Au moins toutes les trois saisons les lits surélevés doivent être reconstruits ce qui entraîne un coût récurrent. Les feuilles de plastique utilisées pour fabriquer des lits surélevés permanents coûtent 360 dollars US par hectare. Des paillis organiques ont un prix variable en fonction de la qualité des nutriments et de la distance d'approvisionnement. Les coûts des paillis de culture sont mis en balance avec leur valeur alternative en tant que foin. L'installation de lits surélevés, de sillons et de canaux pour distribuer l'eau sont moins coûteuse que l'infrastructure des systèmes d'irrigation par aspersion et goutte à goutte. Entre 100 et 250 dollars US par hectare sont généralement dépensés pour l'eau depuis la plantation jusqu'à la récolte du blé avec l'irrigation des sillons, en fonction des frais d'eau.

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. Le déploiement de la technique des lits surélevés et irrigation de sillons implique de producteurs à petites échelles, coopératifs et commerciaux, des agences de vulgarisation agricole et des prestataires de services privés. Dans les systèmes de culture du blé de moyenne altitude en Éthiopie, l'irrigation par sillons surélevés consomme 28% d'eau en moins et donne 27% de grains en plus par rapport aux méthodes traditionnelles de plantation à plat et d'inondation par couverture. L'utilisation combinée de variétés améliorées, d'engrais inorganiques et de l'irrigation à la raie par les agriculteurs du Soudan permet d'obtenir 2.3 tonnes ha⁻¹ de grains de plus que les systèmes

traditionnels. Les lits surélevés réduisent la densité de semis d'environ 30% sans perte de rendement. Sur les lits permanents, le coût de production des rotations de blé et de riz peut être diminué jusqu'à 25% par rapport à la technique traditionnelle.

Exigences de Licence. La construction de lits, de sillons et de canaux d'alimentation ne nécessite pas d'autorisation dans la plupart des pays africains. Les licences pour l'installation d'équipements d'irrigation et l'extraction d'eau des rivières ou des nappes phréatiques doivent être obtenues auprès des organismes de réglementation nationaux et locaux. Les techniques de culture sur lits surélevés irrigués par sillon pour le blé sont un bien public régional, et l'ICARDA a la responsabilité de développer et de diffuser le savoir-faire.

Technologie 6. Le Blé en Agriculture de Conservation

Résumé. La baisse de la fertilité des sols et l'augmentation du stress hydrique sont des défis majeurs pour la production de blé dans les zones arides cultivées en Afrique sub-saharienne. En plus, les agriculteurs ont souvent recours de manière excessive au travail du sol pour gérer les mauvaises herbes et restituent des quantités limitées de résidus organiques



Maturation plus tardive et meilleur remplissage des grains de blé grâce à la conservation de l'eau dans le système sans labour (au milieu)

aux sols, ce qui entraîne une dégradation des sols et une faible teneur en matière organique. L'agriculture de conservation (AC) implique un ensemble de pratiques de gestion des sols et des cultures qui offrent des avantages majeurs pour la production de blé dans les systèmes agricoles des zones sèches. Cette stratégie a un faible coût de mise en œuvre, permet d'économiser des engrais, du travail et de l'irrigation, et offre des rendements et des bénéfices fiables que les précipitations soient favorables ou non. L'adoption de l'AC enrichit également la biodiversité des sols, atténue les émissions et séquestre le carbone, ce qui est bénéfique pour l'environnement et le climat. De plus amples détails sur cette solution peuvent être obtenus auprès du Dr. Zewdie Bishaw de l'ICARDA par courriel à l'adresse z.bishaw@cgiar.org.

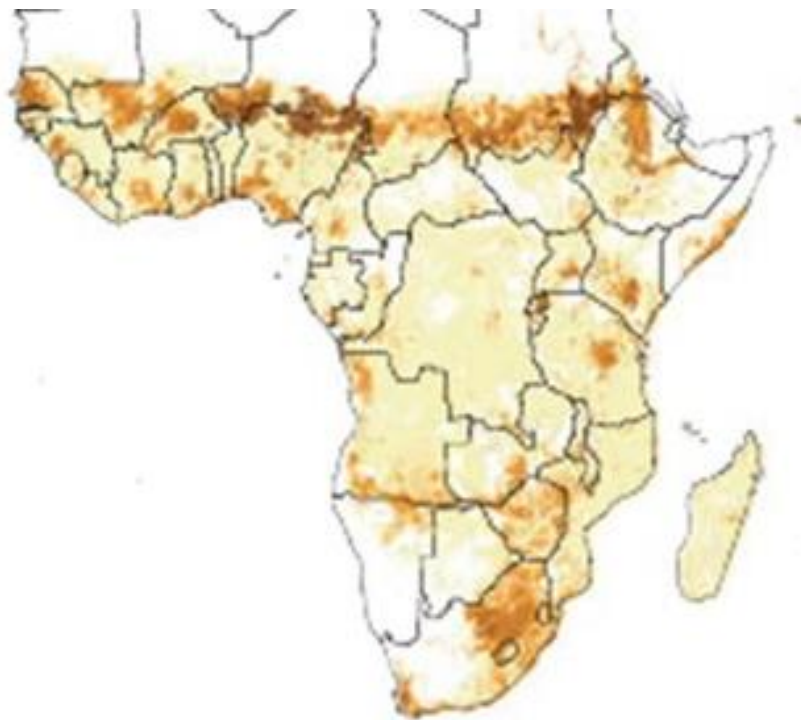
Description Technique. L'agriculture de conservation combine trois principes: 1) une perturbation minimale du sol par l'absence ou la réduction du travail du sol, 2) la rétention des résidus de culture à la surface du sol, et 3) une rotation appropriée des cultures. Cette stratégie permet d'améliorer la qualité des sols, l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la stabilité des rendements, et de réduire les dépenses en intrants, en énergie et en temps dans la culture du blé en zone sèche. La pratique de l'AC profite à plusieurs processus clés qui influencent la formation des agrégats du sol, l'infiltration de l'eau, la disponibilité des

nutriments, l'acidification, la salinisation et la régulation de la température du couvert végétal. Les terres agricoles qui sont peu perturbées, recouvertes d'un paillis et soumises à une rotation saisonnière présentent moins de stress dû à la sécheresse et à la chaleur pour les cultures que celles qui sont soumises à un travail du sol régulier et intensif. L'assèchement du sol et la croissance des mauvaises herbes sont ralentis par les pratiques d'AC, ce qui permet aux agriculteurs d'économiser l'eau d'irrigation et l'application d'herbicides. La rotation du blé avec des légumineuses ou d'autres cultures présente des avantages pour l'amélioration de l'approvisionnement en nutriments du sol, et l'accumulation de parasites et de maladies. Au cours des deux ou trois premières années de l'AC, il peut y avoir des impacts faibles ou légèrement négatifs sur le rendement par rapport aux systèmes conventionnels, mais au fil du temps, une productivité plus élevée est obtenue grâce à l'amélioration de la qualité du sol.

Utilisation. Les principes de l'AC sont applicables aux systèmes de culture du blé avec une gamme de types de sol et de régimes hydriques. La réduction de l'érosion du sol et l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau grâce au travail minimal du sol et au paillage de surface offrent des avantages pour la production pluviale et irriguée. Les pratiques de gestion des sols et des cultures sont entièrement compatibles

avec la plantation sur lit surélevé et l'irrigation par sillons (voir Technologie 5). Les systèmes d'AC permettent d'étendre la culture du blé à des zones de culture non traditionnelles où la disponibilité des ressources en eau et les propriétés natives des sols sont inadéquates pour la culture selon les pratiques conventionnelles, comme c'est le cas pour de vastes zones dans les ceintures de terres arides du Sahel, de l'Est et du Sud de l'Afrique.

Composition. Les pratiques spécifiques d'AC varient en fonction des recommandations de gestion locales, des caractéristiques agro-écologiques et des objectifs des agriculteurs. Le labourage zéro signifie que les sols ne sont jamais labourés, mais cela n'est possible que sur des terres agricoles qui ne souffrent pas de compaction, de croûte et d'érosion. Le travail réduit du sol implique un labour moins fréquent, à des intervalles de 2 à 5 ans, et/ou est limité à une couche plutôt qu'à l'ensemble du champ. La couverture permanente des surfaces du sol par les résidus de culture peut être atteinte par des cultures en rotation. En général, il est nécessaire de couvrir au moins 30% des surfaces du sol avant que les rendements des cultures



Potentiel de l'AC en Afrique subsaharienne, les zones colorées foncées présentent des avantages plus importants (Source : Prestele et al. 2018)

n'augmentent sous AC. Les cultures de rotation comprennent le riz, le coton, le soja et le niébé, selon les préférences des agriculteurs, les opportunités du marché et la gestion des ravageurs et des maladies.

Application. La pratique de l'AC nécessite un équipement de terrain adapté, la rétention d'une partie des résidus de culture de la saison précédente et une gestion opportune des mauvaises herbes et des engrais. Il existe différents types de semoirs sans labour, y compris des dispositifs manuels ou à traction animale, ainsi que des accessoires tirés par des tracteurs, petits ou grands. L'écartement des rangs et des plantes est souvent le même que celui des systèmes conventionnels. Les taux recommandés d'engrais inorganiques et de fumier animal sont appliqués aux pieds des plantes avant le semis et plus tard par enduit superficiel. Les champs doivent être débarrassés des mauvaises herbes avant la plantation, souvent en appliquant des herbicides non sélectifs au moins une à deux semaines avant la plantation. Les mauvaises herbes représentent un défi majeur pour l'AC, mais avec une bonne gestion la banque de graines des mauvaises herbes diminue au fil du temps.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Les machines pour le semis direct pour le blé sont commercialisées dans plusieurs pays de l'Afrique, particulièrement en tant qu'équipement importé. Des herbicides et pesticides couramment utilisés sont une partie importante des systèmes d'AC. Les techniques appropriées de travail minimal du sol, de paillage de surface et de rotation des cultures sont diffusées par les messages de vulgarisation et au sein des groupes d'agriculteurs. Des producteurs de blé dans les principales zones de production en Afrique subsaharienne peuvent facilement mettre en œuvre les principes de l'AC: 1) sensibilisant à l'AC en tant que stratégie de gestion et à ses avantages en termes d'investissement, de productivité et de qualité du sol au fil du temps, 2) mettant à la disposition des agriculteurs des équipements pour le semis direct et des engrais à des prix abordables auprès des concessionnaires et des prestataires de services locaux, 3) récompensant les services agroécosystémiques tels que la réduction de l'érosion, la conservation de l'eau et le stockage du carbone dans le sol sous forme de remises ou de crédits, et 4) établissant des liens solides avec les industries de fabrication de produits alimentaires qui garantissent des marchés stables et équitables.

Coût de Production. Le non-labour du sol ou le labour minimum du sol permet aux agriculteurs d'économiser les coûts de préparation du sol par rapport au labourage intensif. Alors que l'utilisation d'herbicides à tuer les mauvaises herbes avant le semis entraîne des dépenses supplémentaires, qui sont compensées à court terme mais se traduisent par des économies plus élevées. La conservation d'une partie des résidus de culture sous forme de paillis de surface réduit la disponibilité de paille pour l'alimentation animale, mais cela peut être compensé par un rendement et une production de biomasse plus élevés grâce à une gestion améliorée. Le coût de production total moyen sur trois ans pour la rotation blé-pois chiche en AC au Maroc est de 740 dollars US ha⁻¹ par rapport à 838 dollars US ha⁻¹ pour un système de travail du sol conventionnel.

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. L'agriculture de conservation est attrayante pour les producteurs de blé commercial en Afrique subsaharienne. En Tunisie, l'AC basée sur le non-travail du sol et la rétention des résidus a entraîné des augmentations du rendement de blé de 15% et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau de 18%, ainsi que la ré-accumulation de carbone organique dans le sol. Par rapport au système conventionnel de travail du sol, l'adoption de l'AC dans les rotations blé-pois chiche dans les zones arides du Maroc a augmenté les rendements de 22%, l'efficacité de l'utilisation de l'eau de pluie de 21%

et les revenus de 20%. Au Mexique, il a été démontré que les bénéfices de la production de blé augmentent de 923 dollars US ha⁻¹ sous la gestion de l'AC au lieu du travail intensif du sol. Dans le même temps, on a constaté que le travail minimal du sol et l'application de paillis augmentaient les niveaux de carbone organique du sol de 63% à une profondeur de 0 à 5 cm et de 32% à une profondeur de 5 à 30 cm. Le temps gagné pour préparer les terres sous AC permet une flexibilité dans la date de plantation en fonction des conditions météorologiques, ce qui contribue à la résilience climatique. Recouvrir la surface du sol d'une couche des résidus réduit l'érosion par l'eau et le vent, protégeant ainsi le sol en tant que ressource agricole. Les principes de l'AC offrent des opportunités majeures pour adapter la culture du blé dans les zones arides africaines, mais une certaine flexibilité est nécessaire pour transmettre ces avantages aux petits exploitants.

Exigences de Licence. La mise en œuvre du travail minimal du sol, du paillage de surface et de la rotation des cultures dans la production de blé ne nécessite pas d'autorisation. L'utilisation de l'irrigation dans le cadre de la gestion de l'AC nécessite des licences de la part des organismes de réglementation nationaux et locaux pour l'installation d'équipements et l'extraction d'eau de surface et souterraine (voir Technologie 4). Les techniques d'AC pour le blé sont un bien public régional, et l'ICARDA dirige son développement et sa diffusion en Afrique subsaharienne.

Technologie 7. Gestion Intégrée des Ravageurs et Maladies des Cultures

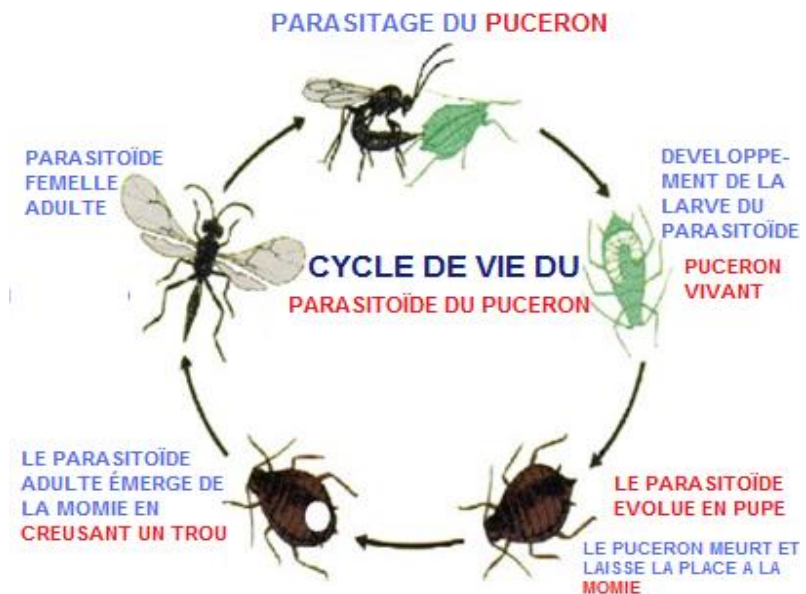
Résumé. Les ravageurs et les maladies sont gérés par la sélection de variétés résistantes et la gestion intégrée des cultures. Les producteurs de blé d'Afrique subsaharienne appliquent couramment des produits agrochimiques pour prévenir les pertes dues aux mauvaises herbes, aux maladies et aux insectes nuisibles. En fil de temps, cependant, cela impose à ces organismes une pression sélective qui entraîne une résistance à ces produits chimiques. Modifier l'utilisation d'un agent chimique ou passer à un autre type de substance apporte un soulagement à court terme mais n'évite pas l'émergence de biotypes résistants. Par ailleurs, l'application fréquente de pesticides à large spectre dans les exploitations agricoles fausse la lutte contre les insectes nuisibles, les maladies et les mauvaises herbes en raison de la disparition des organismes qui sont leurs ennemis naturels. La lutte intégrée contre les ravageurs (IPM) et d'autres pratiques connexes réduisent la dépendance à l'égard des produits agrochimiques en employant diverses méthodes biologiques et agronomiques offrant une protection durable des cultures et ne présentant aucun danger pour la sécurité alimentaire et l'environnement. Pour plus d'informations, veuillez contacter le Dr. Zewdie Bishaw de l'ICARDA par email à l'adresse z.bishaw@cgiar.org.



Déformation des épis en forme d'hameçon (à droite) causée par le puceron russe

Description Technique. Les techniques d'IPM incluent les mécanismes naturels de contrôle des parasites, ce qui permet une utilisation minimale des pesticides chimiques. L'objectif

principal est de maintenir une population bien équilibrée d'organismes bénéfiques et nuisibles en fonction de leurs cycles de vie et de leurs interactions avec l'environnement. Les stratégies font appel à des mélanges soigneusement sélectionnés de techniques biologiques, mécaniques et culturelles adaptées aux conditions locales. Il existe un large éventail de mesures biologiques qui ciblent les nuisibles. Les lâchers de prédateurs et d'ennemis naturels, ou d'insectes stériles,



*Prédation des guêpes sur les pucerons
(Source : Singh et al. 2016)*

réduisent les populations d'organismes nuisibles à un état d'équilibre plus bas, mais il faut veiller à ce qu'ils n'aient pas d'effet néfaste sur l'écosystème dans son ensemble. Les interventions mécaniques font appel à des équipements pour effrayer les oiseaux ou les rongeurs, et pour cueillir les insectes des plantes. Les mesures culturelles évitent l'accumulation de parasites et comprennent des pratiques telles que le semis de précision, le décalage des dates de plantation, l'élimination des déchets ou des plantes malades, les bandes de fleurs sauvages et les variétés résistantes aux parasites. Les interventions de lutte intégrée peuvent supprimer plusieurs ravageurs en même temps, comme c'est le cas pour les pucerons qui transmettent la rouille jaune et la rouille de la tige dans les cultures de blé. Les mauvaises herbes gênent également la récolte et diminuent la qualité du grain. Des graminées et de dicotylédones sévissent les cultures de blé, et provoquent des pertes de rendement par la concurrence pour l'humidité, la lumière et les nutriments. Un contrôle efficace des mauvaises herbes dans le blé prend en compte tous les aspects du système de culture, notamment les pratiques de travail du sol, la rotation des cultures et l'application d'herbicides. Les techniques d'IPM pour la gestion des maladies comprennent l'utilisation de variétés de blé résistantes, le traitement chimique des semences, les pulvérisations de fongicides et le recours à la rotation des cultures.

Utilisation. Des stratégies efficaces de lutte intégrée sont disponibles pour de nombreux ravageurs importants des cultures de blé en Afrique subsaharienne, y compris les insectes comme les pucerons, les acariens, les asticots et les vers gris, les maladies comme les rouilles, les brûlures bactériennes, les pourritures des racines et des couronnes, et les mauvaises herbes comme la folle avoine, le ray-grass annuel, le souchet et le mouron. Les principes de la lutte intégrée peuvent être appliqués universellement dans les systèmes pluviaux et irrigués, dans les vallées de plaine ou sur les hauts plateaux, et dans les climats secs subhumides et semi-arides. Les techniques mécaniques et culturelles s'adaptent à un large spectre de conditions agronomiques et environnementales et peuvent être facilement modifiées dans des contextes locaux.

Composition. Les lâchers d'organismes bénéfiques suivent deux approches: la technique « inoculative », où un nombre limité d'organismes est introduit et où les populations se développent avec le temps, ou la technique « inondative », où l'on procède à un élevage de masse et où de grands nombres sont dispersés. La technique inoculative convient à une intervention à long terme, tandis que la technique inondative aboutit immédiatement à la suppression des parasites. La reproduction et la survie des prédateurs et ennemis naturels peuvent être améliorés en fournissant des hôtes alternatifs ou des sites de nidification et d'alimentation favorables. La méthode de l'insecte stérile diminue efficacement le taux de reproduction des ravageurs en libérant des mâles infertiles qui rivalisent avec les mâles fertiles et font échouer la reproduction. Une technique culturale clé pour lutter contre les pucerons dans les cultures de blé consiste à décaler le moment de la plantation lorsque les conditions ne sont pas favorables à la multiplication rapide du ravageur. La rotation du blé avec le riz, le pois chiche, le pois, le coton et d'autres cultures est la pierre angulaire de la gestion intégrée des mauvaises herbes. Augmenter la densité des cultures et diminuer l'écartement des rangs est efficace pour supprimer la croissance des mauvaises herbes et leurs banques de graines. Les techniques de piégeage de masse qui utilisent des phéromones ou d'autres substances sont appropriées pour lutter contre les aleurodes et les thrips dans les cultures de blé. Les stratégies de lutte intégrée minimisent le taux d'application de substances chimiques pour lutter contre les ravageurs par des méthodes telles que l'enrobage des semences et l'application d'herbicides de prélevée.

Application. Mettre en œuvre des stratégies IPM commence par l'identification du type et du nombre d'organismes nuisibles et bénéfiques sur une exploitation agricole et par l'établissement de seuils critiques dans la structure de la communauté lorsque des dommages économiques se produisent. La surveillance des organismes nuisibles est réalisée à l'aide d'outils simples tels que des pièges et des loupes, ou à l'aide de caméras avancées à haute résolution montées sur des drones qui permettent de surveiller rapidement de grandes surfaces. L'inspection des mauvaises herbes est effectuée entre les stades de la levée et du tallage, lorsque les dicotylédones annuelles sont aux premiers stades végétatifs, et plus tard après la récolte. Des surveillance pour les insectes et les maladies sont menées simultanément et doivent être répétées à différents stades de développement des cultures. Les outils logiciels offrent un moyen facile de recueillir et d'analyser les données, ce qui permet de suivre les ravageurs et leurs ennemis. Une fois que le seuil des populations d'organismes nuisibles et bénéfiques est établi, des mesures biologiques, mécaniques et culturelles sont prescrites.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Les techniques d'IPM pour le blé sont proposées dans le cadre des messages de vulgarisation publics et privés. Le lâcher planifié d'ennemis naturels peut être intégré à des projets de développement plus importants. Les producteurs de blé passent à la lutte intégrée après avoir: 1) identifié la gamme complète des organismes nuisibles à prévoir et les organismes bénéfiques qui contribuent à maintenir l'équilibre de la communauté, 2) défini les stratégies appropriées en observant les effets dans les champs par rapport à la pratique conventionnelle, 3) compris les avantages pour la lutte contre les organismes nuisibles et les coûts de production à court et à long terme, et 4) sécurisé l'accès aux prédateurs et ennemis des organismes nuisibles élevés, aux bio-pesticides et aux services de conseil connexes.

Coût de Production. La surveillance détaillée des ravageurs et de leurs ennemis naturels en vue de la mise en œuvre de stratégies de lutte intégrée nécessite une main-d'œuvre importante et est mieux menée par des spécialistes travaillant avec des communautés de producteurs de blé. L'élevage de colonies de guêpes parasitoïdes nécessite un équipement peu coûteux. Lâcher d'agents de contrôle éprouvés ne nécessite que 5 000 dollars pour l'installation et 6 000



Bandes de fleurs sauvages dans les champs de blé pour maintenir les populations d'ennemis naturels

dollars supplémentaires par an pour le fonctionnement. L'enrobage des semences est également peu coûteux en fonction du prix et de la dose du produit agrochimique nécessaire. L'utilisation d'herbicides de prélevée nécessite 25 à 35 dollars US ha⁻¹ pour le produit de désherbage, ainsi que l'embauche de pulvérisateurs et de main-d'œuvre pour traiter les cultures. Un ensemble complet de mesures de lutte intégrée comprenant des taux d'engrais plus élevés, l'application d'herbicides de précision et le traitement des semences coûte environ 515 dollars US ha⁻¹. Des combinaisons de technologies de la génétique et de la gestion des cultures peuvent augmenter la productivité de 3.5 à 4.8 tonnes ha⁻¹, ce qui se traduit par une augmentation des revenus de 585 à 1 311 dollars US par hectare et saison.

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. Les techniques biologiques, mécaniques et culturales sont destinées aux producteurs de petite échelle et commerciaux. Les produits, les équipements et les conseils d'utilisation soient fournis par les fournisseurs d'intrants agricoles, les prestataires de services locaux et les conseillers en vulgarisation. La gestion proactive de l'utilisation des pesticides de synthèse par la mise en œuvre de mesures de lutte écologiques permet d'éviter les épidémies et les pertes de production lorsque les insectes, maladies et mauvaises herbes deviennent résistants. L'élimination des guêpes parasitoïdes des peuplements de cultures de blé en Allemagne a augmenté les populations de pucerons de 70% et entraînait des pertes de rendement importantes. En Asie centrale, un ensemble de mesures pour le blé a permis de réduire les dégâts causés par les coléoptères de 17% à 33% et l'infestation par la rouille à moins de 10%, ainsi qu'une augmentation des rendements de 30 à 70% par rapport à la pratique conventionnelle. Ces mesures intégrées généraient un bénéfice de 35 dollars US ha⁻¹, alors qu'autrement des pertes nettes ou de petits bénéfices sont réalisés.

Exigences de Licence. Des autorisations des agences phytosanitaires nationales sont nécessaires pour l'élevage et la libération d'agents de biocontrôle pour le blé et d'autres cultures. Les pays d'Afrique subsaharienne ont mis en place des réglementations spécifiques pour la conformité et l'utilisation des pesticides pour l'agriculture qui doivent être obtenues par les entreprises d'intrants agricoles fournissant les marchés locaux. Les mesures biologiques, mécaniques et culturales incluses dans les stratégies IPM sont proposées comme un bien public régional. L'ICARDA et le Centre International pour l'Ecologie des Insectes et des Nuisibles sont responsables du développement et de la diffusion des technologies.

Technologie 8. Moissonneuses-Batteuses et Gestion de la Flotte

Résumé. Une moissonneuse-batteuse est un type de machine agricole moderne qui effectue plusieurs opérations de récolte, combinant le fauchage, le battage et le vannage en un seul processus.

Les moissonneuses-batteuses sont disponibles dans une large gamme de tailles, des petites unités pouvant traiter quelques hectares par jour aux très grandes unités destinées aux grandes exploitations qui récoltent plusieurs hectares par heure. Certaines de ces moissonneuses-batteuses

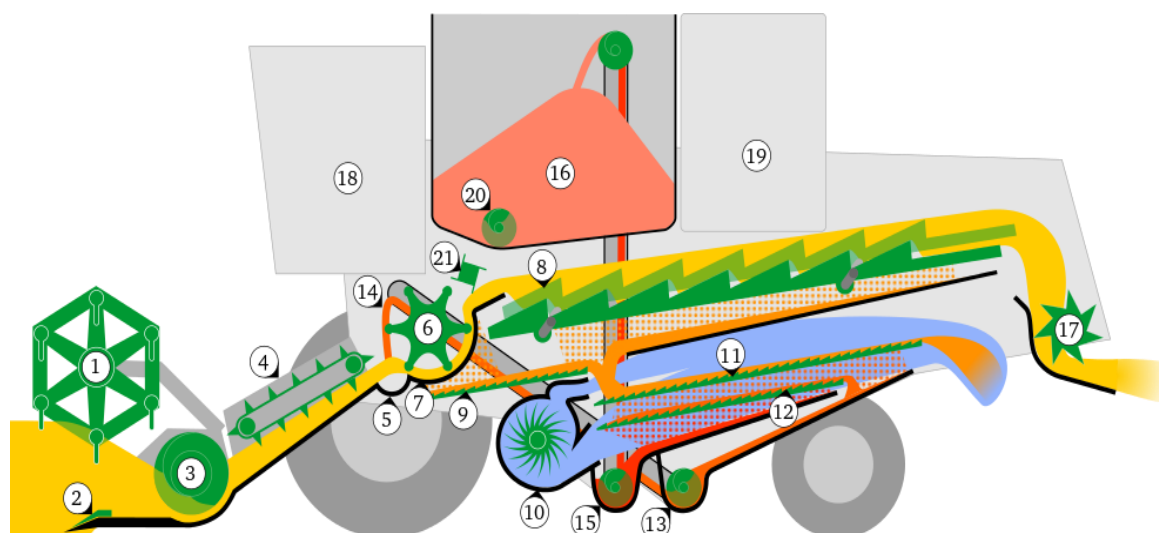


Moissonneuse-batteuse en service au Soudan

peuvent être utilisées pour plusieurs cultures telles que le blé, le maïs, le riz, le soja, l'orge, le tournesol, ce qui permet d'offrir des services à différentes exploitations. Une sélection minutieuse et une gestion efficace des moissonneuses-batteuses sont essentielles pour optimiser les performances et minimiser les coûts. Il est possible de concevoir une flotte en tenant compte des paramètres techniques et technologiques des machines. Il existe des outils qui permettent de caractériser la meilleure composition d'un parc de moissonneuses-batteuses en fonction de la taille des champs, de la rotation des cultures et des calendriers de récolte. Les moissonneuses-batteuses réduisent considérablement les pertes de grains pendant la récolte et les coûts de la main d'œuvre, et permettent également d'accroître la production dans les zones où il y a une pénurie de travailleurs. Pour plus d'informations sur cette technologie, veuillez contacter le Dr. Zewdie Bishaw de l'ICARDA par courrier électronique à l'adresse z.bishaw@cgiar.org.

Description Technique. Les récoltes de blé sont rassemblées par un rabatteur et un dispositif de coupe à rotation lente à l'avant des moissonneuses-batteuses lors de leur passage dans le champ. Les plantes coupées sont transportées par un convoyeur qui alimente le tambour de battage composé de barres de râpe rainurées et d'une grille concave. Par friction, les barres de râpe tirent la récolte à travers les grilles concaves qui séparent le grain de la paille. Les longs morceaux de paille ne peuvent pas passer à travers la grille et flottent au-dessus d'elle sur les « secoueurs de paille » qui mènent à un broyeur à l'arrière de la moissonneuse-batteuse, d'où ils sortent dans le champ. La plupart des temps les moissonneuses-batteuses modernes transportent la tête de la céréale par un ensemble de vis sans fin jusqu'au sabot qui contient la paillette, les tamis et le ventilateur qui séparent la paillette du grain. Les paillettes légères sont soufflées et éjectées par l'arrière de la moissonneuse-batteuse. Une vis sans fin située au bas des tamis achemine le grain propre vers la cuve, d'où il peut être transféré vers des chariots tirés par des tracteurs qui circulent à côté de la moissonneuse-

batteuse. Des transmissions variables monter sur les moissonneuses-batteuses permet de modifier la vitesse d'avancement tout en maintenant une vitesse constante du moteur et du battage. La capacité des moissonneuses-batteuses dépend de leur taille, de leur configuration et de leur vitesse de battage. Les grandes unités ayant une largeur de coupe de 4 m ou plus ont un rendement de poids récolté de 15 à 25 tonnes par heure, et un rendement de surface récoltée de 4 à 5.5 ha par heure. Les « mini » moissonneuses-batteuses d'une largeur de coupe de 1.2 m ont un rendement de surface récoltée de 3 à 6 ha par jour.



Vue schématique d'une moissonneuse-batteuse: 1) rabatteur à griffes, 2) barre de coupe, 3) vis d'alimentation, 4) convoyeur, 5) récupérateur de pierres, 6) batteur, 7) contre-batteur, 8) secoueurs, 9) table de préparation, 10) ventilateur, 11) grille supérieure, 12) grille inférieure, 13) vis à otos, 14) recyclage des otos, 15) vis à grains, 16) trémie à grains, 17) broyeur à paille, 18) cabine de conduite, 19) moteur, 20) vis de déchargement et 21) tire-paille

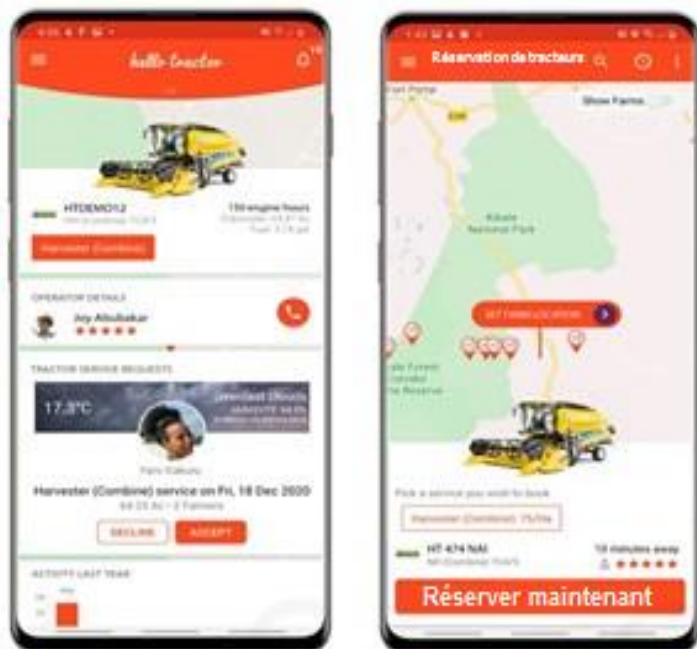
Utilisation. Les moissonneuses-batteuses peuvent être déployées dans toutes les zones de culture commerciale du blé en Afrique subsaharienne, car il est possible de choisir la taille, la configuration et les performances adaptées à des exploitations de taille, de densité de plantation et de micro-topographie différentes. Les seuils de puissance des moteurs des moissonneuses-batteuses permettent d'utiliser des machines différentes selon les types de paysages. Certaines moissonneuses-batteuses sont équipées de systèmes hydrauliques de nivellement, ce qui permet d'utiliser la machine sur des terres cultivées à forte pente sans perdre beaucoup de grains. Les systèmes de gestion de flotte sont disponibles sous forme d'applications mobiles et web avec une capacité hors ligne étendue pour les différents modules qui peuvent fonctionner dans des zones rurales éloignées. Les outils numériques pour les contrats de service et le suivi des performances peuvent être utilisés n'importe où puisqu'ils ont la capacité de se déplacer sur différents réseaux de télécommunications.

Composition. La tête de la moissonneuse-batteuse peut être adaptée aux performances requises et au type de culture. Les têtes rigides sont utilisées pour les céréales, tandis que les têtes flexibles qui se déplacent sur les contours et les crêtes peuvent être utilisées pour d'autres cultures. Pour se déplacer d'un champ à l'autre, la barre de coupe est retirée et remorquée derrière la moissonneuse, ce qui lui permet de s'adapter aux routes étroites. Les pneus montés sur la plupart des moissonneuses-batteuses peuvent fonctionner sur une large

gamme de terrains, tandis que certaines ont des chenilles en caoutchouc qui exercent moins de pression sur le sol et peuvent facilement se déplacer sur les champs humides dans les zones de plaine. Outre la moissonneuse-batteuse, il est nécessaire que des charrettes de tracteur ou des camions séparés recueillent les grains expulsés et les transportent vers les installations de stockage et de traitement. Les systèmes de gestion de flotte intègrent la technologie des capteurs pour recueillir des informations sur le fonctionnement interne et les performances des moissonneuses-batteuses. De multiples solutions télématiques sont intégrées pour optimiser le déploiement des parcs de moissonneuses-batteuses, telles que le suivi GPS, la gestion du carburant, la gestion des conducteurs, la maintenance et l'entretien, la prévention des fraudes et la réservation des clients, qui sont exploitées via un tableau de bord facile à utiliser et disponible sur les téléphones intelligents.

Application. Les moissonneuses-batteuses peuvent être conduites par une seule personne formée au fonctionnement des panneaux de commande électroniques et des pièces mécaniques à l'intérieur de la machine. Les opérateurs s'assurent que l'équipement est utilisé correctement et qu'il est bien entretenu. La hauteur des cultures, la pente du terrain et d'autres caractéristiques d'un champ doivent être étudiées en consultation avec les agriculteurs afin de déterminer la meilleure approche pour éviter les pertes de grains, la consommation excessive de carburant, la mauvaise maniabilité et les dommages aux sillons d'irrigation (voir Technologie 5). Grâce à des plateformes numériques de sous-traitance mécanisée, les

propriétaires de moissonneuses-batteuses peuvent offrir des services directement aux agriculteurs, ou travailler par l'intermédiaire d'agents de réservation qui regroupent la demande au niveau des communautés agricoles. Les agriculteurs qui recherchent des services de mécanisation sous contrat peuvent les demander, les programmer et les payer à l'avance grâce à des applications mobiles qui les mettent en relation avec les propriétaires d'équipements ou les agents de réservation. Une fois le travail terminé, le solde du paiement est réglé par le système numérique. Les propriétaires d'équipements et les investisseurs reçoivent des rapports détaillés sur les performances des services, ce qui leur permet d'améliorer les modèles commerciaux et d'accéder au financement de nouveaux équipements à l'avenir.



App du prestataire App pour la réservation

Application numérique pour la gestion de flotte et les services contractuels par Hello Tractor

Commercialisation et Exigences de Démarrage. De nombreux fabricants de moissonneuses-batteuses ou détaillants certifiés vendent des moissonneuses-batteuses de petite à grande taille dans les zones de production commerciale de blé en Afrique subsaharienne, mais les parcs de moissonneuses-batteuses sont peu nombreux ou insuffisants dans les zones ciblées pour une production de blé accrue. Un nombre croissant de sociétés de services et de propriétaires privés fournissent le matériel de récolte mécanisé en location aux agriculteurs par le biais de plateformes numériques de passation de marchés. Les projets de développement destinés à faire progresser la production de blé en Afrique devraient envisager de proposer des services de récolte à leurs bénéficiaires. Les mesures suivantes doivent être prises pour étendre l'utilisation des moissonneuses-batteuses et des outils de gestion de flotte dans les zones de culture du blé en Afrique: 1) sensibiliser les agriculteurs aux avantages de l'utilisation d'équipements mécanisés pour réduire l'efficacité de la récolte, 2) fournir des incitations financières pour l'achat de moissonneuses-batteuses et initier une prestation de services intelligente, 3) développer des réseaux de propriétaires d'équipements, d'opérateurs formés et d'agents de réservation en tant que plateformes de contrats consolidés, et 4) contrôler les performances des moissonneuses, des opérateurs et des agents de réservation pour optimiser le mouvement des équipements, maximiser les profits et réduire la fraude.

Coût de Production.

L'investissement en capital pour les moissonneuses-batteuses varie en fonction de la taille, de la configuration et des performances. Les petites unités qui ont une largeur de coupe de 1.1 m et pas de réservoir à grains sont plus abordables, avec des prix commençant à 12 000 dollars US. Les grandes moissonneuses-batteuses avec une largeur de coupe de 10 mètres et un réservoir à grains coûtent entre 300 000 et 500 000 dollars US. La CLAAS Lexion 670 avec une largeur de coupe allant jusqu'à 12 m a des coûts fixes pour l'équipement de 32 à 51 dollars par heure, avec des coûts variables de 67 dollars par heure, dont la moitié pour la main d'œuvre, 40% pour le carburant et 10% pour la maintenance. Le coût de la récolte pour cette unité varie de 25 à 33 dollars US ha⁻¹, ou



New Holland CX 8080 avec une largeur de coupe de 3.3 m (ci-dessus) et CLAAS Lexion Combine 670 avec une largeur de coupe de 12 m (ci-dessous)

de 4.7 à 9.2 dollars US par tonne de grain (selon la productivité du champ). Pour une New Holland CX 8080 plus petite, avec une largeur de coupe de 3.3 m, le coût total de la récolte se situe entre 56 et 63 dollars US par hectare. Les applications numériques qui aident à gérer l'utilisation contractuelle des équipements motorisés agricoles peuvent être téléchargées gratuitement par les propriétaires d'équipements, les agriculteurs et les investisseurs. En dehors du capital nécessaire à l'acquisition de l'équipement, les propriétaires doivent également investir dans des dispositifs mobiles intelligents et dans leur installation par des techniciens accrédités afin de pouvoir recueillir régulièrement des informations essentielles sur ses performances.

Segmentation de la Clientèle. Il existe un marché diversifié pour les moissonneuses-batteuses modernes dans les zones de culture du blé en Afrique subsaharienne. Les unités de plus grande et de plus petite taille conviennent aux sociétés de services agricoles et aux producteurs de blé commerciaux qui exploitent des exploitations de cent hectares ou plus. Les unités plus petites peuvent être exploitées collectivement par de grandes associations d'agriculteurs qui produisent chacun quelques hectares. Satisfaire la demande accrue de services de récolte des exploitations de blé est une opportunité d'investissement commercial en soi.

Rentabilité Potentielle. Les agriculteurs tirent plusieurs avantages de l'utilisation de moissonneuses-batteuses mécanisées par rapport aux systèmes traditionnels actionnés à la main ou par traction animale. Les coûts de la coupe, du battage, de l'élimination de la paille, du vannage et des pertes globales de grains pendant la récolte sont considérablement réduits par le processus automatisé. Des grains plus propres sont récoltés grâce à une meilleure séparation des graines de mauvaises herbes et de la paille. Les économies de main-d'œuvre permettent de cultiver de plus grandes surfaces et de préparer les champs pour la saison suivante en un temps plus court. Au même temps, les revenus des agriculteurs dépendent du rendement total, du rapport entre le grain et la paille et du prix du grain sur le marché. L'utilisation d'outils de gestion de flotte et de modèles d'optimisation permet de minimiser les coûts d'exploitation et d'augmenter les rendements, ce qui est essentiel pour continuer à investir dans ces équipements à forte intensité de capital. L'utilisation d'analyses financières avancées atténue les risques de déploiement inapproprié et de casse des équipements motorisés, ce qui accroît la confiance dans la poursuite des investissements dans la mécanisation. Les plateformes numériques de sous-traitance pour les équipements agricoles offrent aux agriculteurs des options plus larges pour la fourniture de services et rendent les services agricoles plus compétitifs également.

Exigences de Licence. La propriété intellectuelle des moissonneuses-batteuses est détenue par les fabricants, tandis que les applications numériques de gestion et de contractualisation d'une flotte, telles que Hello Tractor, sont exemptes de licences commerciales et de redevances. Les connaissances liées aux opérations de récolte modernisées sont développées en tant que bien public par TAAT et ses partenaires ce qui méritent d'être reproduites dans toute l'Afrique subsaharienne.

Technologie 9. Sacs Hermétiques pour un Stockage Sûr des Céréales

Résumé. D'importantes pertes post-récolte de blé et d'autres aliments secs se produisent dans toute l'Afrique subsaharienne en raison de conditions de stockage inadéquates. Pour éviter ce risque, les céréales sont souvent vendues immédiatement après la récolte, lorsque les prix sont au plus bas. La technologie de stockage hermétique des céréales permet de surmonter cette contrainte en utilisant des sacs scellés qui excluent l'air et



Conception d'un sac de rangement hermétique

l'humidité, créant ainsi un environnement non propice aux parasites des céréales stockées. Les sacs préservent la qualité des grains et empêchent la pénétration d'insectes et d'organismes microbiens en réduisant les niveaux d'oxygène et en accumulant du gaz de dioxyde de carbone. Ces conditions empêchent les dommages causés par les insectes comme les coléoptères, les charançons, les mites, les acariens et les foreurs, et inhibent le développement des champignons qui contaminent les grains. En outre, les caractéristiques de goût et de couleur du produit alimentaire sont conservées. Cette technologie de stockage simple et peu coûteuse permet aux agriculteurs d'améliorer l'approvisionnement en nourriture et en revenus tout au long de l'année. De plus amples détails sur cette solution peuvent être obtenus auprès du Dr. Zewdie Bishaw de l'ICARDA par courriel électronique à l'adresse z.bishaw@cgiar.org.

Description technique. Les sacs hermétiques sont étanches à l'air, empêchant l'oxygène et l'humidité de s'attaquer aux grains qui y sont stockés. Une technologie multicouche est utilisée pour modifier l'environnement et restreindre les échanges gazeux avec l'atmosphère extérieure. Grâce à ce système, les agriculteurs peuvent stocker les céréales jusqu'à deux ans tout en conservant leur appétence et leur qualité culinaire. Ainsi, les agriculteurs ont de quoi se nourrir entre deux récoltes et peuvent vendre leur production lorsque le prix est plus favorable. La qualité des grains est conservée grâce à la régulation de l'humidité à l'intérieur du sac et empêche la croissance fongique qui peut entraîner l'accumulation de mycotoxines cancérigènes. Le temps de cuisson des grains conservés dans des sacs hermétiques est le même que celui des grains fraîchement séchés, alors que la perte d'humidité dans les techniques de stockage traditionnelles peut doubler le temps et l'énergie nécessaires à la préparation des aliments.

Utilisation. Le stockage des grains est particulièrement sensible aux dommages causés par les insectes et les micro-organismes dans des conditions climatiques chaudes et humides qui favorisent l'introduction et la multiplication des parasites. Les pertes de plus de 25% lors du stockage sont courantes car les techniques de stockage actuelles des agriculteurs, des commerçants et des fabricants de produits alimentaires ne fournissent pas de garanties suffisantes contre les parasites. Les sacs de stockage hermétiques complètent les opérations et les infrastructures des producteurs, des acheteurs et des transformateurs, et le coût légèrement plus élevé de ces sacs est compensé par la possibilité de les réutiliser pendant plusieurs années. Cette technologie de conservation des grains est particulièrement adaptée aux régions où les réseaux routiers sont mauvais et où les marchés et les industries de transformation sont éloignés, comme c'est le cas dans de nombreux endroits destinés à l'expansion de la production de blé en Afrique.

Composition. Les sacs de stockage hermétiques comportent plusieurs couches de protection, avec deux doublures intérieures distinctes en polyéthylène haute densité d'une épaisseur de 0.8 mm et un sac tissé standard en polypropylène à l'extérieur. Un environnement étanche est créé par les sacs intérieurs qui ont une très faible perméabilité aux gaz et sont hydrofuges,



Différentes marques de sacs de stockage de céréales hermétiques sont disponibles auprès des agro-commerçants

ce qui permet de maintenir des niveaux d'humidité stables dans les grains stockés dans des conditions sèches et humides de l'air extérieur. Le sac extérieur offre la résistance nécessaire pour supporter la manutention compte tenu du poids des grains qu'il contient. Une série de sacs de stockage hermétiques sont commercialisés sous différentes marques, notamment les sacs Purdue Improved Crop Storage (PICS), ZeroFly Storage Bags, Elite Storage Bags, GrainPro Storage Bags et AgroZ Storage Bags.

Application. Les grains battus sont séchés jusqu'au niveau d'humidité approprié, puis placés dans des sacs en polyéthylène haute densité d'une capacité de 50 ou 100 kg. Le premier sac est rempli complètement, mais avec un vide de 20 à 30 cm, et il est solidement attaché. Le col du deuxième sac, qui entoure le sac intérieur contenant la récolte, est également attaché solidement. Enfin, ces deux sacs sont placés dans un troisième sac en nylon ou en polypropylène tissé. Avec le troisième sac solidement attaché, le conteneur peut être manipulé sans faire éclater les sacs intérieurs et est facilement accepté par les acheteurs et les manutentionnaires de céréales. Une autre méthode consiste à plier les deux doublures ensemble et à les attacher par torsion, une approche qui réduit considérablement le temps consacré à la fermeture des sacs. Le processus d'ensachage hermétique peut être réalisé

entièrement à la main ou intégré à des machines de remplissage et de fermeture automatisées. Les céréales de blé peuvent être stockées jusqu'à 2 ans avec cette technologie de conservation. Les rats, les souris et autres rongeurs sont capables de ronger les différentes couches, brisant ainsi l'environnement protecteur hermétique, et doivent donc être tenus à l'écart des grains stockés.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Les sacs hermétiques deviennent largement disponibles à travers l'Afrique sub-saharienne. À ce jour, la technologie de stockage a été introduite, pilotée, adoptée et maintenant commercialisée dans des pays tels que le Kenya, le Ghana, l'Ouganda, l'Éthiopie, le Sud-Soudan, le Niger et le Burkina Faso à travers divers programmes et interventions. L'adoption de cette technologie de stockage sûr peut être étendue grâce aux étapes suivantes: 1) sensibiliser les petits producteurs et les transformateurs commerciaux sur les avantages de la technologie hermétique pour la conservation des céréales récoltées, 2) renforcer les capacités sur la façon de remplir et de sceller les sacs, et sur la façon de les fabriquer à partir de matières premières, 3) fournir des lignes de soutien financier pour la fabrication d'achat de sacs hermétiques et de la technologie mécanisée de remplissage et de scellement, et 4) convaincre les négociants agricoles et autres détaillants de proposer des sacs hermétiques comme produit et de les mettre en évidence.

Coût de Production et Segmentation de la Clientèle. La matière première et la main-d'œuvre nécessaires à la fabrication de sacs de stockage de grains hermétiques à trois couches coûtent entre 1.0 et 1.5 dollar US par pièce, et sont vendus entre 2.0 et 3.0 dollars US par les fournisseurs. Le plastique tubulaire haute densité et les scelleuses entièrement automatisées nécessaires à la fabrication des doublures intérieures sont disponibles sur la plupart des marchés locaux du continent. L'utilisation de sacs hermétiques pour le stockage sûr du blé et d'autres céréales est facilement adaptable à des millions de producteurs de blé à petite échelle et commercial par le biais de l'industrie manufacturière et des commerces de détail, comme le montre le succès rencontré jusqu'à présent.

Rentabilité Potentielle. Les pertes post-récolte peuvent être réduites jusqu'à 90% lors de l'utilisation de la technologie de conservation, protégeant ainsi l'approvisionnement alimentaire des producteurs et améliorant l'offre et les prix des produits locaux. En effet, la fabrication et la vente de sacs hermétiques ont connu une croissance rapide au cours des 12 dernières années grâce à de multiples entreprises privées. Par exemple, environ 20 millions d'unités ont été distribuées à travers l'Afrique sub-saharienne en 2019, protégeant environ 1.5 million de tonnes de produits, sans compter la réutilisation de ces sacs.

Exigences de Licence. Les sacs de stockage hermétiques sont de plus en plus disponibles dans les circuits commerciaux. Les conceptions et les techniques de fabrication des sacs hermétiques sont plus souvent protégées par des secrets commerciaux que par des brevets bien que les fabricants et les fournisseurs puissent avoir besoin de licences pour produire et distribuer ces sacs. Les connaissances sur la composition, l'application et l'efficacité des sacs hermétiques pour le stockage des céréales sèches sont facilement accessibles sur Internet. La commercialisation et la diffusion de la technologie de stockage du blé sont menées par l'ICARDA et le CIMMYT en tant que bien public régional.

Technologie 10. Systèmes de Mouture de la Farine

Résumé. Les agriculteurs, les associations de producteurs et les négociants peuvent rapidement ajouter de la valeur au blé en le mouvant pour en faire de la farine utilisée pour fabriquer une variété de produits alimentaires transformés tels que le pain, les biscuits, les gâteaux, les bouillies et les pâtes. Dans le même temps, les techniques de production de la farine de blé doivent répondre aux normes de qualité de l'industrie et aux préférences des consommateurs. Des fabricants locaux et internationaux proposent des systèmes de mouture et de mélange de petite et grande taille qui permettent de produire de la farine de blé de qualité supérieure à proximité des zones de production.



Un moulin de petite taille pour la production de farine de blé

Les avantages de la transformation du blé en farine sont la réduction des coûts de transport entre les fermes et les usines et la durée de conservation plus longue qui permettent un meilleur accès et un meilleur approvisionnement des marchés, des transformateurs alimentaires et des fabricants. Le renforcement des capacités des communautés rurales en matière de mouture et de mélange de la farine de blé accroît la production, la valeur ajoutée et la compétitivité des transformateurs locaux, et permet aux producteurs de blé africains d'avoir un meilleur accès aux marchés. De plus amples détails sur cette solution peuvent être obtenus auprès du Dr. Zewdie Bishaw de l'ICARDA par courriel à l'adresse z.bishaw@cgiar.org.

Description Technique. La production de farine de blé peut être considérée comme un art commercial qui commence par le choix du bon emplacement de l'usine, suivi de l'achat de la bonne variété de blé au bon prix, puis du nettoyage et de la mouture dans les règles de l'art. Les sites de transformation doivent être proches des zones de culture qui peuvent fournir un approvisionnement fiable en grains de qualité, et disposer de voies de transport pratiques pour faciliter la livraison des matières premières et l'expédition des produits finis. Lors de la sélection des variétés de blé pour le mélange, il est important de prendre en considération la dureté car elle affecte fortement les stratégies de recuit du traitement thermique pour détendre les structures de l'amidon. Les procédures de mélange doivent également être menées conformément aux valeurs de gluten, de sédimentation et d'indice qui déterminent la qualité de la farine et sont étroitement surveillées par les fabricants de produits alimentaires. Un autre objectif du recuit est de garantir un taux d'humidité optimal pour la mouture et d'améliorer la capacité de mouillage des farines. Les équipements de meunerie modernes permettent d'obtenir une proportion très élevée de farine par un écrasement séquentiel du grain, suivi d'une réduction de la taille de la farine par plusieurs passages sous des rouleaux d'acier.



Évolution de la mouture de la farine locale : meule africaine traditionnelle (à gauche), ancien moulin romain en pierre (au centre à gauche), moulin domestique moderne en pierre (au centre à droite), petit moulin électrique (à droite)

Utilisation. Les technologies de mouture et de mélange de la farine de blé améliorent l'autosuffisance alimentaire des Africains et favorisent le développement commercial des communautés rurales. Les équipements à petite échelle sont relativement simples à installer mais nécessitent des sources d'électricité fiables. L'énergie solaire est une option, car cette technologie est particulièrement avantageuse dans les endroits les plus reculés. La farine de blé moulue offre la possibilité d'améliorer les chaînes d'approvisionnement existantes et d'ouvrir le commerce à de nouvelles régions, car elle permet de réaliser d'importantes économies sur les coûts d'importation et de transport.

Composition. Il existe une large gamme d'équipements pour traiter le blé en fonction de la taille, de la forme et de la densité des grains. Un cribleur typique se compose de quatre tamis situés sous une trémie. Les calibreuses qui trient les impuretés en fonction de la largeur et de l'épaisseur sont composées de tamis cylindriques positionnés horizontalement et dotés de perforations rondes. Les séparateurs qui sélectionnent les grains en fonction de la longueur, de la densité ou de la gravité utilisent des tamis angulaires et de l'air forcé qui peut être réglé en fonction des besoins spécifiques. Un moulin à grains abrasifs comporte une trémie d'alimentation, une table à rouleaux pour le broyage, un tamis rotatif pour la séparation des grains et un tapis roulant.



Produits de la minoterie: blé entier (à gauche), farine moulue (au centre) et son de blé (à droite)

Application. Avant de créer une entreprise de minoterie, il est nécessaire de réaliser une étude de marché afin d'identifier les modèles commerciaux viables. Il faut être sûr de l'emplacement, de l'approvisionnement et du marché pour ne pas investir au mauvais endroit. Ensuite, il faut effectuer une analyse complète des besoins en investissements pour les biens d'équipement, les salaires du personnel et les autres coûts fixes et variables. Sur la base de ces informations, on peut identifier les mécanismes de financement et approcher les

investisseurs. Une fois le financement est assuré, il faut acheter les équipements de nettoyage, de recuit et de mouture et les assembler en une chaîne de transformation de la farine. La fiabilité de l'approvisionnement en électricité est très importante et des systèmes de secours doivent être mis en place. Il est nécessaire d'assurer en permanence la qualité de la farine pour garantir la conformité du produit aux normes du marché en matière de teneur en gluten, de sédimentation et d'indice.

Commercialisation et Exigences de Démarrage.

Les équipements pour le nettoyage, le recuit, le mélange et la mouture du blé sont disponibles auprès des fabricants et des détaillants dans de nombreux pays africains, bien que certains équipements doivent être importés ou modifiés. Les étapes suivantes sont nécessaires au développement d'une entreprise autour de la mouture et du mélange de la farine de blé, et à sa reproduction à grande échelle:

1) sensibiliser les agriculteurs, les entreprises

agroalimentaires et les investisseurs aux avantages économiques de la technologie, 2) formuler des normes de produit, des tailles d'emballage et des prix appropriés en fonction de la demande des consommateurs, 3) identifier des stratégies rentables, durables et équitables pour amener les produits à base de farine de blé sur les marchés locaux, régionaux et internationaux, 4) établir un approvisionnement fiable en grains de haute qualité pour les usines de transformation par le biais de l'agriculture nucléaire ou de la sous-traitance, 5) mettre en place des équipements et des lignes de production qui utilisent efficacement l'énergie et la main-d'œuvre, et 6) former les opérateurs et les travailleurs à la sécurité et au respect de la qualité tout au long du processus de fabrication.

Coût de Production. Les prix du blé à la sortie de l'usine sont un facteur déterminant de la viabilité économique d'une entreprise de meunerie. Les coûts exacts d'une minoterie dépendent de la situation géographique, de la taille de l'exploitation et du choix de l'équipement. En général, 60% de l'investissement en capital nécessaire à la mise en place d'une usine de transformation est consacré à l'équipement, le reste étant consacré à la construction et à la commercialisation. Une petite minoterie à remplissage manuel d'une

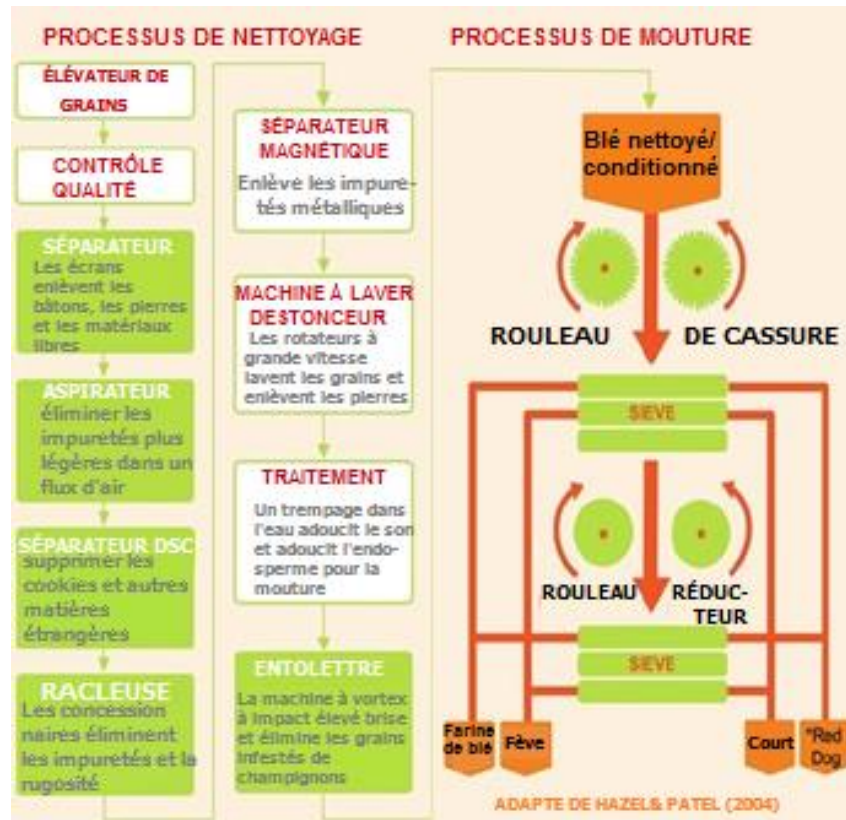


Schéma des étapes typiques du nettoyage et de la mouture du blé, les cases vertes indiquent où la réduction des mycotoxines a lieu (Source: Bianchini et al. 2015)

capacité de production de 300 à 500 kg de farine par heure coûte environ 3 500 dollars US. Le prix de base d'un moulin à farine de blé entièrement automatique d'une capacité de 30 tonnes de farine par jour est d'environ 38 000 dollars US. L'exploitation d'une minoterie nécessite une main-d'œuvre qualifiée pour assurer le bon déroulement de la production et l'entretien des équipements, ainsi qu'un gestionnaire pour suivre les dépenses, l'approvisionnement et les ventes. L'inspection mécanique par un technicien professionnel et le remplacement des pièces à forte usure assurent la continuité des opérations.



Installation industrielle de moulins à farine

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. Les systèmes de mouture et de mélange de la farine de blé sont applicables aux transformateurs de farine industriels et aux fabricants de produits alimentaires, et peuvent être modifiés pour répondre aux besoins des transformateurs plus localisés et des activités communautaires. Il faut également que les consommateurs acceptent les produits résultant des farines mélangées. Les systèmes de nettoyage du blé à haute performance garantissent des pourcentages très faibles de matières non broyables qui autrement réduiraient l'efficacité de la mouture et les revenus. En général, une réduction de 1% de la fraction non-moulable permet de gagner 3 dollars US supplémentaires par tonne de farine. Les équipements modernes de recuit et de mouture des grains de blé permettent de récupérer au maximum 80% à 82% de farine et 18% à 20% de son, alors que les techniques manuelles traditionnelles et les anciens systèmes de mouture ne récupèrent que 65 à 70% de farine. Un meilleur recuit et une meilleure mouture obtenus grâce aux équipements modernes améliorent la qualité de la farine et le prix du marché, une augmentation de 2% de l'absorption d'eau se traduisant par une prime pouvant atteindre 9.20 dollars US par tonne. Dans l'ensemble, l'effet d'un rendement plus élevé par rapport à un rendement de mouture plus faible permet de réaliser un bénéfice net supplémentaire d'environ 30 dollars US par tonne de farine.

Exigences de Licence. Obtenir une licence auprès des organismes de réglementation et l'enregistrement de votre usine sont importants pour le succès d'une entreprise de minoterie. Cela implique des inspections périodiques pour s'assurer que les normes de qualité sont respectées. Les techniques de production de la farine de blé sont un bien public, et l'ICARDA et d'autres organisations, y compris le Bureau national des normes, sont activement impliqués dans la diffusion de ces informations 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 sont appliqués aux technologies présentées dans ce catalogue de la manière suivante :

1. **Variétés améliorées de blé.** Les derniers progrès en matière de sélection pour la tolérance à la chaleur et à la sécheresse, la résistance à la rouille et aux insectes, ainsi que la biofortification nutritive sont transférés par TAAT aux autorités nationales pour être testés et approuvés. Il est également possible d'organiser la diffusion directe de variétés importées aux agriculteurs afin de répondre rapidement à l'insécurité alimentaire et à l'apparition de nouveaux parasites. Nous fournissons également un soutien pour sensibiliser les parties prenantes aux avantages des variétés améliorées et à leur adéquation à des zones de culture particulières. *Ces services sont organisés par TAAT avec son partenaire ICARDA.*
2. **Systèmes de production durables et résilients.** TAAT reconnaît que les petits producteurs et les producteurs commerciaux considèrent de multiples facteurs en même temps plutôt qu'un seul élément individuel lorsqu'ils envisagent de modifier leurs pratiques agricoles. Pour cette raison, ce catalogue comprend des approches telles que la production en zone aride, l'irrigation par sillons surélevés, le travail minimal du sol et le paillage de surface, et la lutte intégrée contre les parasites, ainsi que des possibilités de recourir davantage à la mécanisation. Toutes ces techniques sont destinées à transcender les entreprises individuelles de culture du blé et à aider les producteurs

africains à moderniser leurs systèmes dans leur ensemble. Des conseils sont également offerts quant à la meilleure façon de combiner ces solutions pour augmenter les rendements économiques et la qualité des produits, et surmonter les impacts climatiques. *TAAT et ses partenaires de l'ICARDA, de l'Institut International de Gestion de l'Eau et du Centre International de Développement des Fertilisants offrent leur expertise en matière de transformation des systèmes de production de blé.*

3. **Mécanisation agricole et contrats de service.** L'amélioration de l'accès et de l'utilisation des équipements motorisés pour les opérations de terrain à forte intensité de main-d'œuvre est cruciale pour réduire les coûts de production et augmenter la surface sur laquelle les agriculteurs peuvent cultiver du blé. Ce catalogue présente la technologie des moissonneuses-batteuses qui permet aux agriculteurs d'améliorer les taux de travail et de réduire les pertes de grains dans les champs, ainsi que des applications numériques pour la gestion de la flotte et les contrats de service qui aident à optimiser la sélection des équipements et les contrats. *TAAT et son partenaire ICARDA sont prêts à aider les programmes nationaux à mettre à l'échelle les équipements mécanisés et les modèles de location et d'achats collectifs dans les petites entreprises commerciales.*
4. **Valeur ajoutée orientée vers le marché.** L'agriculture, l'alimentation, la nutrition et le commerce sont maintenant unifiés dans la perspective commune des systèmes agricoles après avoir été fragmentés en disciplines individuelles pendant de nombreuses années. Il est donc extrêmement important que les efforts visant à augmenter le rendement des cultures soient couplés au déploiement de technologies de transformation afin que les marchés nationaux puissent concurrencer les importations d'aliments de qualité supérieure. À cette fin, TAAT se fait le champion des innovations qui permettent aux communautés rurales de fabriquer des ingrédients de qualité supérieure et stables en rayon pour l'alimentation humaine (c'est-à-dire le stockage hermétique et la mouture localisée) sans avoir besoin de gros investissements en capital. Une expertise et une formation pratique sur les technologies à valeur ajoutée sont proposées, qui mettent l'accent sur les synergies avec la production, la résilience, le genre et les marchés. *Le Bureau de Coordination Technique du TAAT et son partenaire ICARDA sont prêts à aider à la conception de programmes nationaux pour augmenter la valeur ajoutée orientée vers le marché, en collaboration avec les banques de développement, y compris la Banque africaine de développement.*

Soyez assurés que le TAAT est prêt à établir des partenariats avec des investisseurs en développement, des projets nationaux et des 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 progresser la modernisation de l'agriculture africaine.

Conclusions

Ce catalogue de boîtes à outils offre une grande variété d'options pour moderniser la production de blé en Afrique. Il identifie des variétés améliorées à haut rendement et résistantes aux intempéries, aux virus et aux insectes, ainsi que des pratiques permettant d'accroître la production, d'améliorer l'utilisation de l'eau d'irrigation, de conserver les sols et les résidus, et des techniques chimiques, culturales et mécaniques de lutte contre les ravageurs dans les champs, afin de relever les défis en matière de production, de nutrition et de résilience du système alimentaire. La boîte à outils présente également des solutions liées à la récolte et à la valorisation qui réduisent les pertes dans les champs et le stockage, et augmentent la qualité et les marges bénéficiaires des produits finis transformés. Grâce à cet ensemble de technologies éprouvées, les communautés productrices de blé en Afrique peuvent accéder au haut de la chaîne de valeur et au marché mondial, ce qui peut accroître les revenus des ménages agricoles et des entreprises agroalimentaires commerciales.

Ce catalogue a été préparé en tenant compte d'une variété d'utilisateurs, qu'il s'agisse de producteurs, d'agents de développement agricole ou d'investisseurs du secteur privé. Les agriculteurs peuvent utiliser un grand nombre des articles 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 modernes. Les acteurs du secteur privé, notamment 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 « Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique » est ouvert aux commentaires sur son contenu.

Notez que ce catalogue a été développé en partie pour soutenir le Programme de développement intégré et d'Adaptation au Changement Climatique dans le bassin du Niger (PIDACC). Le PIDACC est financé par la Banque Africaine de Développement par le biais de l'Autorité du fleuve Niger et TAAT est l'un de ses partenaires financiers. Il couvre neuf pays du bassin du fleuve Niger: Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Côte d'Ivoire, Guinée, Mali, Niger, Nigeria et Tchad. Les discussions ont débuté en septembre 2020 et ont conduit à la sélection de 25 technologies liées au blé, au riz, au maïs et à la gestion des sols et de l'eau. Le TAAT produit des catalogues de technologies, organise des événements de formation et aide au suivi et à l'évaluation. L'expansion de la production de blé à l'aide des variétés tolérantes à la chaleur décrites dans la technologie 1 et les technologies d'accompagnement décrites tout au long de ce catalogue ont un rôle très important dans le PIDACC.

Le PIDACC s'intéresse particulièrement à: 1) Les variétés de blé à haut rendement, tolérantes à la chaleur et résistantes aux maladies, adaptées aux zones de culture non traditionnelles du Sahel, qui présentent des traits de résistance aux parasites et aux maladies, une maturité précoce, un rendement plus élevé et des caractéristiques souhaitables pour la mouture et la farine, 2) Les ensembles de gestion intégrée de la fertilité des sols et des cultures qui stabilisent la productivité du blé grâce à de bonnes pratiques agricoles et protègent la base de ressources agricoles et environnementales, 3) des innovations dans les systèmes de semences qui accélèrent la livraison de semences aux agriculteurs en quantité et en qualité suffisantes, tout en offrant la possibilité d'un engagement des secteurs public et privé, 4) des systèmes de lutte intégrée contre les ravageurs qui sont déployés en conjonction avec des campagnes de vulgarisation et des réseaux de négociants agricoles, y compris des approches

qui offrent des avantages à long terme contre les mauvaises herbes et les ravageurs des céréales, et 5) des outils mécanisés qui sont produits localement et à faible coût, et qui permettent une préparation du sol et une plantation plus efficaces, de meilleurs systèmes d'irrigation et un meilleur rendement des céréales. En effet, les agriculteurs qui adoptent et échangent des variétés de cultures améliorées, gèrent de manière proactive les épidémies de parasites, utilisent mieux les ressources en eau et préservent la fertilité des sols sont dans une position beaucoup plus forte pour assurer la nourriture et les revenus de leurs familles et protéger leur base de ressources agricoles.

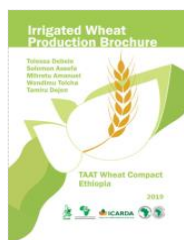
Les Impacts du Compact de Blé

Une analyse préliminaire a été réalisée sur les impacts des interventions de fourniture de technologies du TAAT Wheat Compact au cours des trois premières années de TAAT, au cours desquelles 10 innovations éprouvées ont été déployées dans sept pays. Environ 1.78 million de ménages ont adopté les technologies du blé sur 1.8 million d'hectares de terres cultivées, ce qui a entraîné une augmentation de la production de blé (céréale) de 1.44 million de tonnes d'une valeur d'environ 291 millions de dollars US. L'adoption a conduit à une augmentation moyenne de 134% de la productivité des cultures et à 2.58 MT supplémentaires d'approvisionnement alimentaire accru par ménage et par an d'une valeur de 605 dollars US. Ces résultats suggèrent que le juste équilibre entre les technologies de TAAT présentées dans ce catalogue ainsi que les partenariats et les orientations du programme peuvent avoir un impact transformationnel sur le secteur du blé en Afrique.

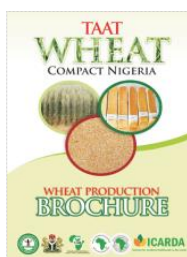
Tableau avec des données renforçant l'utilité de ces technologies du catalogue à travers les réalisations du Wheat Compact à ce jour

Paramètre	Valeur	Unités
Durée du programme	36	moins des opérations TAAT Phase 1
Nombre de pays participants	7	pays africaine
Nombre d'innovation éprouvée	10	boîte à outils éprouvées
Nombre d'adoptants	1 777 845	ménage adoptant des technologies
Couverture de l'innovation	1 800 000	hectare
Augmentation de la production	1 440 000	tonnes de grain
Valeur accrue	US \$290 880 000	valeur du rendement supplémentaire
Amélioration du rendement	134%	Augmentation de la ligne de base
Alimentation supplémentaire	2.58	tonnes par ménage par an
Augmentation des revenus	US \$605	rendement brut par ménage

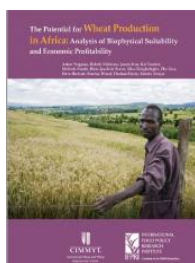
Sources d'Information



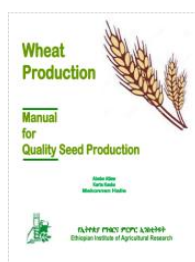
Irrigated Wheat Production.T. Dabele, S. Assefa, M. Amanuel, W. Toicha and T. Dejen. TAAT Wheat Compact Ethiopia and ICARDA. 2019. 44 pages. [[link](#)]



Wheat Production Brochure: TAAT Wheat Compact Nigeria. Lake Chad Research Institute and ICARDA. 21 pages. [[link](#)]



The Potential for Wheat Production in Africa: Analysis of Biophysical Suitability and Economic Profitability.Negassa, A.B. Shiferaw, Jawoo Koo, K. Sonder, M. Smale, H.J. Braun, S. Gbegbelegbe, Zhe Guo, D. Hodson, S. Wood, T. Payne, and B. Abeyo. 2013. Mexico, D.F.: CIMMYT. [[link](#)]



Wheat Production – Manual for Quality Seed Production. Abebe, A., K., Kaske, M., Haile, 2007. Ethiopian Institute of Agricultural Research, Addis Ababa, Ethiopia. [[link](#)]

Remerciements

Ce catalogue de boîtes à outils technologiques pour le blé est le résultat d'un mélange unique de deux efforts parallèles: le Programme de Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique (TAAT) et la Plateforme de produits de solutions agricoles (ProPAS). Dries Roobroeck et Paul L. Woomer du Bureau de Coordination Technique du TAAT, ont compilé ce catalogue. Les commentaires ont été fournis par Zewdie Bishaw, leader du Compact Blé du TAAT, et affilié au Centre International de Recherche Agricole dans les Zones Sèches (ICARDA). Les équipes du Compact Blé assurent la vulgarisation des technologies présentées dans ce catalogue dans sept pays d'Afrique, et plusieurs photographies reflètent cet effort. Le Bureau de Coordination Technique du TAAT est financé par un projet de la Fondation Bill et Melinda Gates et le Programme TAAT élargi est soutenu par le Fonds Africain de Développement de la Banque Africaine de Développement. Pour plus d'informations sur le Programme TAAT, veuillez consulter son site web à l'adresse <https://www.iita.org/technologies-for-african-agricultural-transformation-taat/>.

Veillez noter qu'une carte et des diagrammes ont été empruntés à des sources autres que TAAT et ses partenaires. Il s'agit de R. Prestele et al. 2018. A spatially explicit representation of conservation agriculture for application in global change studies. *Global Change Biology* 24 (à la page 18); R. Singh and G. Singh. 2016. *Aphids and Their Biocontrol*. Academic Press (à la page 21); and A. Bianchini et al. 2015. DON Occurrence in Grains: A North American Perspective. *Cereal Foods World* 60 (à la page 31). Quelques photographies ont également été découvertes sur internet proposant des produits décrits ou recommandés dans ce catalogue.

La Série de Catalogue de la Boîte à Outils des Technologies TAAT

Des technologies supplémentaires pour deux produits agricoles et une zone agro-écologique sont disponibles via la série de catalogue de la boîte à outils technologies TAAT. Le catalogue pour le riz, le maïs et l'agriculture intelligente face au climat sont disponibles en français sur le site Web de TAAT via le lien <https://taat-africa.org/deployment-of-appropriate-technology-2/>.

Catalogue de la Boîte à Outils des Technologies sur le Riz. Ce catalogue présente dix technologies qui servent à moderniser la production et la transformation du riz en Afrique (44 pp).

Catalogue de la Boîte à Outils des Technologies sur le Maïs. Ce catalogue présente dix technologies qui permettent de moderniser la production et le traitement post-récolte du maïs tolérant à la sécheresse (44 pp).

Catalogue de la Boîte à Outils des Technologies Intelligentes Face au Climat. Ce catalogue présente dix-sept technologies qui permettent de moderniser l'agriculture des terres arides, renforcer la résilience face au changement climatique et atténuer les émissions de gaz à effet de serre (44 pp).



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 plateforme 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

Photos de la couverture arrière: Moissonneuse-batteuse avec système de nivellement de la pente au travail dans un champ en forte pente. Crédit photographique: Don Murray.

Catalogue de la boîte à outils des technologies sur le blé



En collaboration avec

