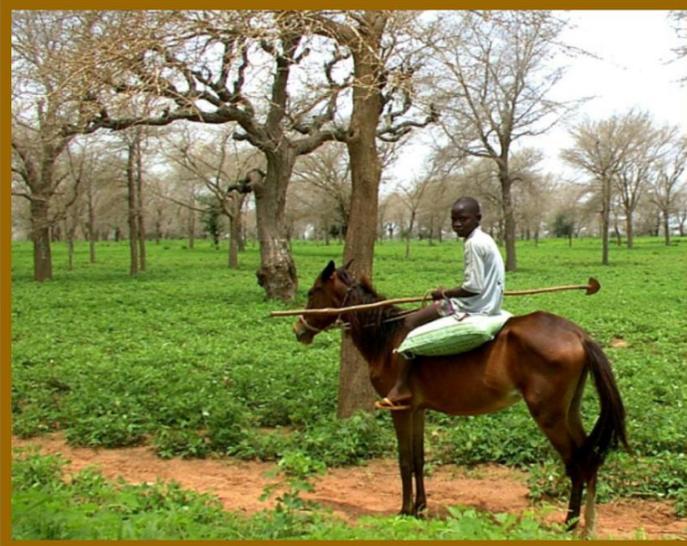




Technologies Agricoles Climato-intelligentes pour le Sahel et la Corne de l'Afrique



Bureau de Coordination Technique du TAAT
Série de Rapports Techniques 009



Technologies Agricoles Climato-Intelligentes pour le Sahel et la Corne de l'Afrique

© Bureau de Coordination Technique du TAAT, octobre 2021

Le Programme Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique (TAAT) est subventionné par 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.

Photos de couverture: Parc arboré avec l'arachide au Sénégal (à gauche) et technique de captage et de stockage de l'eau en diguettes en demi-lune (à droite). Crédits photographiques: P.L. Woomeer et Centre International de Développement des Fertilisants (IFDC).

Citation Correcte:

Bureau de Coordination Technique du TAAT, 2021. Technologies agricoles climato-intelligentes pour le Sahel et la Corne de l'Afrique. Série de Rapports Techniques 009, Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique, Bureau de Coordination Technique, IITA, Nairobi, Kenya. 40 pages.

Technologies Agricoles Climato-Intelligentes pour le Sahel et la Corne de l'Afrique

*Préparé par le Bureau de Coordination Technique du programme
Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique,
Institut International d'Agriculture Tropicale,
Nairobi, Kenya, octobre 2021*

Table des matières

Objet	2
Introduction: Gestion des Sols et de l'Eau en Terres Arides	3
Technologie 1. Variétés Améliorées de Mil à Chandelle	6
Technologie 2. Variétés Améliorées de Sorgho	7
Technologie 3. Tolérance à la Sécheresse chez le Maïs	8
Technologie 4. Tolérance à la Chaleur chez le Blé	9
Technologie 5. Conservation de l'Eau et du Sol par des Dignes	11
Technologie 6. Captage de l'Eau de Pluie à travers des Fosses Zaï	13
Technologie 7. Gestion des Crues des Plaines Inondables Saisonnières	14
Technologie 8. Plans d'Irrigation à Petite Échelle	15
Technologie 9. Micro-Dosage des Engrais Minéraux	17
Technologie 10. Calendrier Stratégique pour l'Application d'Azote	18
Technologie 11. Légumineuses, Inoculation et Fixation Biologique de l'Azote	19
Technologie 12. Gestion des Matières Organiques pour la Fertilité des Sols	22
Technologie 13. Contrôle des Invasions d'Insectes	23
Technologie 14. Vaincre le Striga Parasite	26
Technologie 15. Transition vers des Parcs Agro-Forestiers	29
Technologie 16. Gestion Améliorée des Parcours Arides	31
Technologie 17. Production et Utilisation Locales de Biogaz	33
Conclusion: Technologies d'Action Face au Climat dans les Zones Arides	35
TAAT, Votre Courtier en Technologie de Choix	36
Sources d'Information	38
Remerciements	39
La Série de Catalogues de Boite à Outils des Technologies de TAAT	40

TAAT propose de devenir votre courtier en technologies agricoles modernes !

Objet

Ce catalogue décrit une série de solutions agricoles pour les zones arides du Sahel et de la Corne de l'Afrique, utiles pour l'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ses effets. Il est basé sur les interventions du programme Technologies pour la transformation de l'Agriculture en Afrique (TAAT). Ce programme, dirigé par l'Institut International d'Agriculture Tropicale (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 de l'IITA et de la Banque Africaine de Développement (BAD) et constitue un élément important de la stratégie « Nourrir l'Afrique » de cette dernière. TAAT fait actuellement progresser plus de 76 technologies à travers 88 interventions dans 28 pays, dont neuf pays de la zone agro-écologique sahéenne: Burkina Faso, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal, Soudan du Sud, Tchad et Éthiopie. Les innovations négociées par TAAT et présentées dans ce catalogue s'étendent également aux pays situés dans la Corne de l'Afrique (Djibouti, Érythrée, Somalie et Somaliland), dans le prolongement du Sahel. Cette zone est fortement touchée par le changement climatique en termes d'intensification de la sécheresse et de conditions météorologiques extrêmes, et ce catalogue regroupe les technologies TAAT qui sont utiles dans le cadre des efforts d'action climatique, notamment ceux organisés par la Banque Africaine de Développement.

Le TAAT est organisé autour de 15 « Compacts » qui représentent des priorités en termes de réalisation du potentiel de l'Afrique pour atteindre la sécurité alimentaire et renforcer son rôle dans le commerce agricole mondial. Neuf de ces Compacts concernent des chaînes de valeur prioritaires spécifiques que sont le riz, le blé, le maïs, le sorgho et le mil, le manioc, la patate douce, le haricot, les poissons et le petit bétail. Les faiblesses dans la production des produits de base sont considérées comme responsables de l'insécurité alimentaire de l'Afrique, de la nécessité d'une importation excessive de nourriture et de l'expansion non réalisée des exportations alimentaires de l'Afrique. Ce catalogue aide à la conception de boîtes à outils pour les projets de développement rural dans les zones arides africaines et s'adresse aux superviseurs de la vulgarisation, aux gestionnaires de projets et aux investisseurs.

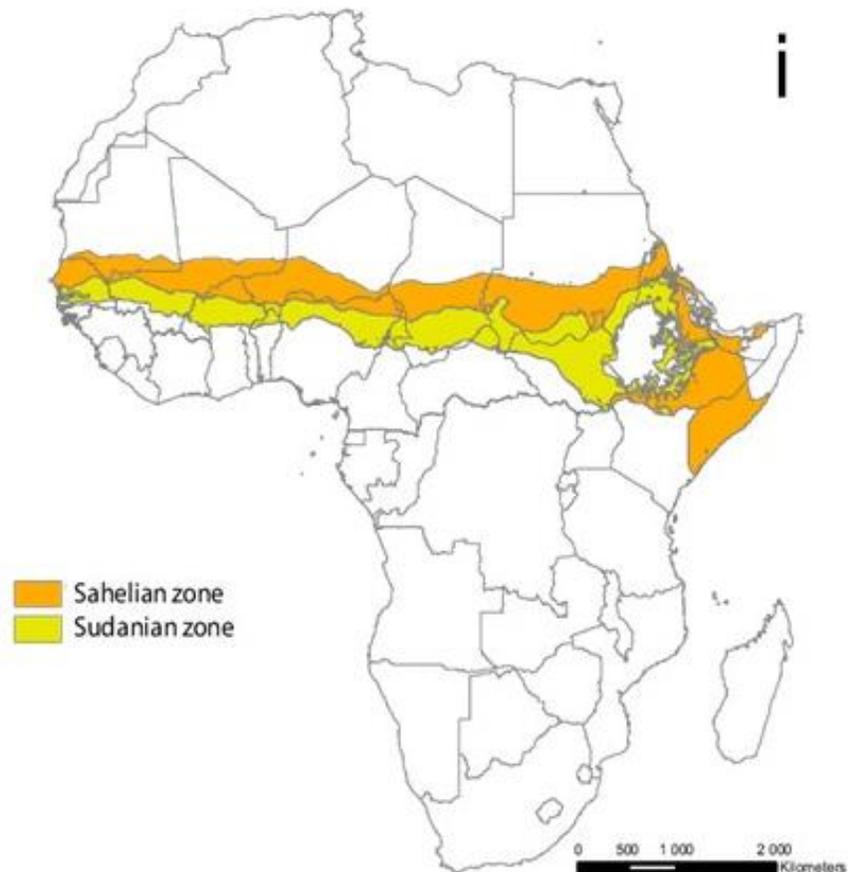
Le Programme de Développement Intégré et d'Adaptation au Changement Climatique dans le Bassin du Niger (PIDACC) opère à travers l'Autorité du Bassin du Niger pour aborder directement l'adaptation au changement climatique et l'amélioration des moyens de subsistance au Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Côte d'Ivoire, Guinée, Mali, Niger, Nigeria et Tchad. Ce catalogue a été réalisé en partie pour contribuer à ses efforts de formation. Les agriculteurs sahéens qui adoptent et échangent des variétés de cultures améliorées, gèrent de manière proactive les épidémies de ravageurs, 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 participer à des actions significatives en faveur du climat. L'intensification durable de l'agriculture des zones arides génère des effets d'atténuation grâce à l'augmentation de la productivité de la biomasse et des stocks de carbone sur pied, ce qui entraîne la séquestration du carbone dans la matière organique du sol, des actions qui permettent d'éviter davantage les émissions de gaz à effet de serre provenant des engrais.

La Corne de l'Afrique est un projet régional de la BAD visant à déployer des technologies éprouvées d'agriculture intelligente face au climat à Djibouti, en Éthiopie, au Kenya, en Somalie, au Sud-Soudan et au Soudan. Ce catalogue est destiné à l'aider à améliorer la productivité et les

bénéfiques agro-sylvo-pastoraux et à renforcer la capacité d'adaptation des populations pour mieux se préparer aux risques climatiques et les gérer. Un résultat important de terres mieux gérées et plus productives est de réduire les conflits humains dans certains de ses pays. TAAT s'associe au projet Corne de l'Afrique pour fournir un soutien technique. Pour plus d'informations sur les technologies présentées ou d'autres solutions visant à transformer l'agriculture dans le Sahel et la Corne de l'Afrique, contactez le Dr. Innocent Musabyimana à l'adresse i.musabyimana@cgiar.org ou visitez le site Internet de TAAT www.taatafrica.org.

Introduction: Gestion des Sols et de l'Eau en Terres Arides

L'agriculture des terres arides est indispensable au Sahel, une région qui fait vivre une population de 40 millions de personnes grâce à 27 millions d'hectares de terres cultivées. Le Sahel est en effet une zone de transition d'environ 400 km de large qui s'étend de l'océan Atlantique à la mer Rouge et l'Océan Indien. Les paysages sont plats à légèrement ondulés et les pluies sont concentrées dans une seule saison de culture entre juin et septembre, avec une précipitation annuelle totale de 150 à 600 mm qui peut être déposée par quelques fortes tempêtes. Les températures diurnes dépassent souvent 40°C. La



végétation naturelle va du semi-désert au nord aux prairies boisées au sud qui sont entrelacées avec de grandes zones de savane. Le mil est largement cultivé dans les zones sahélienne et soudanaise, tout comme le sorgho et le maïs. De nouvelles variétés de blé peuvent également être cultivées, en particulier pendant les mois « d'hivernage » quand les températures sont moins chaudes. Le pastoralisme semi-nomade est largement pratiqué et le surpâturage a entraîné une dégradation et une désertification des terres. La zone soudanaise attenante reçoit entre 600 et 1200 mm de pluie par an mais ses producteurs agricoles sont confrontés à des contraintes pareilles à celles de leurs voisins du Sahel.

La production agricole au Sahel est périlleuse à cause de sécheresses sévères et cycliques. Plusieurs contraintes de fertilité des sols sont également observées en raison de faibles capacités de rétention d'eau et de nutriments et leurs caractéristiques sablonneuses et acides. Les propriétés physiques défavorables et les faibles réserves de nutriments des sols de la zone aride sahélienne constituent de ce fait un grand défi pour les agriculteurs. La sécheresse est la cause principale de l'insécurité alimentaire et de la souffrance humaine au Sahel.

De toute évidence, les agriculteurs du Sahel sont parfaitement conscients de la sécheresse en tant que risque chronique et ils ajustent leurs stratégies de culture en conséquence, cherchant à tirer le meilleur parti de l'humidité disponible. Les agriculteurs du Sahel sont généralement communaux, vivent dans des villages du centre, les terres agricoles étant assignées aux familles par les chefs. Dans ces systèmes agricoles à petite échelle, les densités de



Une production céréalière ratée au Sahel, l'utilisation de variétés de cultures résistantes à la sécheresse devient une nécessité

population sont restées assez faibles, s'élevant à 0.5-1.5 hectare par habitant. La disponibilité des terres seule n'est pas une certitude de prospérité rurale au Sahel puisque la productivité des cultures n'a jamais augmenté sensiblement à cause de la faible pluviométrie et du risque chronique de sécheresse. Clairement, étant donné les conditions difficiles auxquelles sont confrontés les agriculteurs sahéliens, des grandes opportunités se présentent pour le déploiement généralisé des technologies améliorées de gestion des sols et de l'eau, y compris celles essentielles pour des actions climatiques.

Ce catalogue est conçu pour aider les agriculteurs du Sahel à atteindre la sécurité alimentaire et à relever les défis environnementaux posés par la sécheresse, la dégradation des terres et le changement climatique. Les technologies présentées sont regroupées dans des boîtes à outils qui offrent des solutions pour ceux qui cherchent à moderniser et booster l'agriculture sahélienne. On peut citer: des variétés de cultures améliorées, des pratiques de conservation de l'eau plus efficaces et des approches éprouvées pour la gestion intégrée de la fertilité des sols. L'amélioration variétale se concentre sur le mil, le sorgho, le maïs et le blé qui sont plus tolérants à la sécheresse et à la chaleur. Une meilleure gestion de l'eau est obtenue par sa conservation avec les digues, les fosses zai, le détournement des crues saisonnières et les petits systèmes d'irrigation. La gestion des sols comprend le microdosage d'engrais, le minutage de l'application stratégique d'azote et l'utilisation efficace des ressources organiques. Des bénéfices plus larges sont obtenus par transition des champs ouverts aux parcs agroforestiers, une meilleure gestion

des pâturages et d'autres actions climatiques qui sont spécifiquement ciblées pour les agro-écologies semi-arides. Ces technologies sont présentées d'une façon qui les rend facilement utilisables par les planificateurs du développement et les investisseurs d'impact cherchant à améliorer la vie et les moyens de subsistance des agriculteurs au Sahel.



Une culture de mil productive au Sahel résultant de pratiques climato-intelligentes

Notez que les 17 technologies incluses dans ce catalogue sont celles considérées comme particulièrement importantes pour l'atténuation du changement climatique chez les agriculteurs les plus pauvres. Le Sahel est l'une des régions du monde qui est injustement pénalisée par les pollueurs industriels des pays développés et les impacts du changement climatique dont elle souffre ne sont pas de son fait. L'inclusion de ces technologies dans les programmes internationaux permet de corriger cette disparité.



Technologie 1. Variétés Améliorées de Mil à Chandelle

Le mil est la céréale de base dans les paysages agricoles les plus rudes du monde, en particulier dans la région aride et semi-aride s'étendant entre le Sénégal et la Somalie. Avec son climat chaud et sec et ses sols sablonneux, cette culture est adaptée pour survivre dans des conditions dures et elle produit des rendements élevés. Le mil a évolué dans le Sahel et a été l'aliment de base pendant des milliers d'années grâce à de nombreux caractères clés. Il est extrêmement tolérant à la sécheresse; capable de germer sous des températures de sol élevées et dans un sol encroûté; il résiste au « sablage » et pousse dans des sols à faible fertilité. Il résiste également aux ravageurs et aux maladies telles que le mildiou, le foreur de tige et le striga parasite. Il pousse également bien dans les sols acides et salins. Néanmoins les cultivars traditionnels ont généralement un faible rendement et ne répondent pas bien aux intrants, et pour cette raison, il est nécessaire de mettre à profit des variétés améliorées et leurs systèmes de semences.

Le mil est une céréale très nutritive qui contient des niveaux de protéines et d'acides gras assez élevés, et sa teneur énergétique est parmi les plus élevées des céréales complètes. Ces caractéristiques continuent d'être améliorées. Une gamme de variétés améliorées de mil rustiques et offrant des rendements plus élevés et une meilleure réponse à la gestion sont disponibles. Les efforts de sélection ont donné lieu à une augmentation des micronutriments (p. ex. le



Un peuplement productif de mil perlé, une culture essentielle pour les agriculteurs du Sahel, qui offre désormais des variétés biofortifiées et des systèmes de semences améliorés

fer et le zinc), et certains types « doux » peuvent être récoltés au stade laiteux, rôtis et consommés comme du maïs doux. L'Institut International de Recherche sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-arides (ICRISAT) est responsable de l'amélioration du mil. Les variétés ICRISAT ICRI-Tabi, Mil de Siaka et ICMV-IS 89305 ont été sélectionnées pour leur potentiel de rendement élevé. Les variétés GB 8735 et ICTP 8203 ont été sélectionnées pour leur haute teneur en fer. De nombreuses autres variétés améliorées sont disponibles pour des évaluations par les systèmes nationaux ou pour une intégration dans les efforts de développement. Sa capacité à se croiser avec d'autres espèces apparentées et préserver les caractéristiques préférées fait que ce paquet de variétés de mil améliorées se maintiendra dans l'avenir. L'un des avantages du mil en tant que culture agricole est qu'il est convenable pour la production de semences par les entreprises communautaires et d'autres acteurs informels du système semencier. Il est conseillé aux programmes qui œuvrent pour la sécurité alimentaire au Sahel de se servir de ces nouvelles variétés et d'adopter des approches flexibles pour l'approvisionnement en semences de mil.

Technologie 2. Variétés Améliorées de Sorgho

Le sorgho est une merveille physiologique et devient de plus en plus important en zone sahélienne. Il est extrêmement tolérant à la sécheresse et efficace en photosynthèse, avec l'un des taux d'accumulation de matière sèche les plus élevés parmi les cultures alimentaires. Le grain du sorgho est polyvalent dans son utilisation avec certains types pouvant être bouillis comme le riz, d'autres croqués comme l'avoine ou pour faire le maltage à brasser, et certains pour faire de la farine. Les déchets de biomasse du sorgho peuvent être utilisés comme fourrage et foin. Les variétés améliorées et cultivars locaux qui sont disponibles pour les agriculteurs offrent plusieurs caractéristiques favorables. Ils ont une bonne levée des semis et un développement rapide des

racines, un tallage précoce conduisant à plusieurs épis et de longs cycles de croissance ce qui leur permet de profiter au maximum des pluies. Ils offrent également une résistance partielle aux insectes nuisibles, aux maladies microbiennes et aux parasites comme le striga grâce à une variété de mécanismes. Pour la plupart, ces variétés ont l'apparence, la texture et le goût adéquats pour être utilisés comme aliments traditionnels. La sélection végétale a contribué à ces caractéristiques de manière stratégique, offrant une plus grande résistance au mildiou, à l'antracnose et au charbon; et aux insectes tels que les



Un peuplement productif de sorgho, une culture envisagée pour la transformation agro-industrielle

pucerons et les cécidomyies. La sélection des épis plus gros, des tiges plus fortes, des feuilles dressées et une verdure constante par non-sénescence augmente le rendement. Les grains sont sélectionnés pour un remplissage plus rapide, des couleurs plus claires, une teneur en protéines plus élevée et un battage plus facile. De nouvelles lignées de sorgho nain améliorent l'indice de récolte des cultures. L'Institut International de Recherche sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-arides (ICRISAT) est responsable de l'amélioration du sorgho, y compris pour la zone sahélienne. Les lignées de sélection SAMSORG 47, 48 et 49 de l'ICRISAT présentent de nombreux caractères agronomiques recherchés qui sont disponible dans les systèmes nationaux. Les nouvelles variétés 12KNICSV-188 et Deko améliorée ont une teneur en fer plus élevée. De nombreuses lignées élites de sorgho sont utilisées dans les centres d'élevage et le défi est de les échanger avec celles produites actuellement par le biais de campagnes de vulgarisation.

Dans une perspective à long terme, il est important de considérer le sorgho comme une culture industrielle. Il peut être transformé en une large gamme d'aliments et utilisé pour remplacer les céréales importées. De plus, il se prête à la fabrication d'alcool, d'huile végétale, d'adhésif, d'amidon, de lubrifiants et autres produits synthétiques. Du fait de ces propriétés, ainsi que du rôle du sorgho comme aliment du bétail, les planificateurs nationaux feraient bien de considérer cette culture comme étant bien plus qu'un simple aliment de base résistant à la sécheresse.

Technologie 3. Tolérance à la Sécheresse chez le Maïs

Des progrès substantiels ont été faits dans l'amélioration du maïs pour la tolérance à la sécheresse et rendent cette culture alimentaire moins sujette à ce risque dans les régions méridionales du Sahel que par le passé. Ces innovations sont le résultat de la sélection conventionnelle et à l'aide de marqueurs moléculaires au travers des partenariats entre des programmes nationaux et des entreprises semencières internationales. Les solutions disponibles sur le marché sont le « Drought Tolerant Maize for Africa » (DTMA) qui a la capacité de mieux résister aux périodes d'assèchement aigu du sol, ses successeurs proches que sont le « Stress Tolerant Maize for Africa » (STMA) et le « Water Efficient Maize for Africa » (WEMA) sont adaptés à un approvisionnement limité en eau.



Une culture de maïs produite dans des conditions de sécheresse

Les sélectionneurs développent ces variétés de maïs afin qu'elles surpassent les variétés non tolérantes courantes sous des niveaux de stress hydrique sévères ou modérés qui se présentent régulièrement dans les agroécosystèmes arides. Ils contribuent également à améliorer la performance des cultures dans les sols sablonneux qui ont une faible capacité de rétention d'eau. En général, les variétés de maïs tolérantes à la sécheresse ont une récolte de grains 20 à 35% plus élevée que des lignées non améliorées dans des conditions de sécheresse modérée, mais peuvent ne pas répondre favorablement au cours des années exceptionnelles où d'excellentes pluviométries sont enregistrées parce que leurs temps de maturation est plus court. Les variétés hybrides de DTMA et de WEMA sont produites sous licence commerciale, tandis que les variétés à pollinisation ouverte peuvent être multipliées et vendues sans redevance par les agriculteurs et les producteurs communautaires. La production de semences hybrides est mieux faite par des entreprises privées mais exige que leurs grains de base soient transmis par les systèmes nationaux et certifiés conformément aux réglementations gouvernementales.



TEGO, un mécanisme de licence pour les semences tolérantes à la sécheresse

L'IITA est responsable du développement de variétés tolérantes à la sécheresse et économes en eau qui sont mises à disposition sans redevance. La Fondation Africaine pour la Technologie Agricole (AATF) a sous-licencié 22 sociétés semencières pour produire DroughtTEGO™ à des fins de distribution commerciale, et d'autres suivront ; cependant, ces hybrides ont mis du temps à

arriver en Afrique de l'Ouest. Compte tenu de l'importance du maïs en tant que culture vivrière et de sa réponse aux gestions optimisées, ces variétés de maïs tolérantes à la sécheresse et les intrants et pratiques agronomiques qui les accompagnent occupent une place de choix dans les projets de développement agricole.

Technologie 4. Tolérance à la Chaleur chez le Blé

Le caractère de tolérance à la chaleur qui est incorporé dans les variétés améliorées de blé permet de cultiver cet aliment de base dans de nouvelles localités dont le Sahel. Le développement de ces variétés de blé tolérantes à la chaleur a augmenté la production de blé à travers la zone sahélienne, caractérisée par des températures diurnes moyennes entre 33 et 36°C et des sécheresses fréquentes. Le stress thermique et la sécheresse sont considérés comme les plus prédominants affectant le blé, en particulier au stade de la reproduction pendant la floraison et le remplissage des grains, ce qui se traduit par un faible rendement en grains ou même un échec de la récolte. La production de blé a grandi de manière significative au Sahel au cours des dernières années grâce à l'expansion rapide des superficies plantées en



Variétés de blé sensibles à la chaleur (à gauche) et tolérantes à la chaleur (à droite)

variétés tolérantes à la chaleur nouvellement commercialisées qui ont remplacé les génotypes à faible rendement et moins adaptés. Des variétés résistantes à des températures de 4°C plus élevée par rapport aux lignées précédentes sont disponibles et offrent un réel avantage lors de la plantation dans des zones soumises à la chaleur aux moments critiques du développement de la culture. Des études ont rapporté une diminution de 3-10% du rendement du blé pour chaque augmentation de température de 1 °C et une diminution énorme de 34% pour une hausse de 4°C au-dessus de la moyenne. L'innovation des variétés de blé tolérantes à la chaleur est une véritable avancée pour les agriculteurs africains qui peut permettre d'augmenter la production de blé malgré la hausse des températures et la pénurie croissante en eau. Des producteurs obtiennent des rendements plus élevés et plus stables au cours des saisons de croissance successives, récoltant jusqu'à 6 tonnes ha⁻¹.

Les approches de sélection utilisées pour améliorer la tolérance au stress thermique du blé y compris le dépistage multi-sites, les doubles haploïdes, l'aide des marqueurs moléculaires et le phénotypage sur des sites clés. Des variétés qui possèdent une tolérance au stress thermique et une utilisation efficace de l'eau sont également résistantes aux principales maladies et ravageurs, dont la rouille jaune des tiges, et ont été largement répandus dans les pays sahéliens. Le Centre International de Recherche Agricole dans les Zones Arides (ICARDA) dirige le développement et

la distribution de ces variétés à travers le Sahel, en collaboration étroite avec les systèmes nationaux de recherche agricole. C'est une bonne chose pour les agriculteurs du Sahel puisque le blé est actuellement produit dans des zones non traditionnelles pendant la saison moins chaude, en combinaison avec l'irrigation. Cela a été rendu possible par la sélection du blé pour la tolérance au stress thermique et des interventions sur l'approvisionnement d'eau qui atténuent le stress de la sécheresse. Cette innovation en culture a des implications politiques puisqu'il convainc les décideurs des pays que la production domestique de blé est une solution à la dépendance massive vis-à-vis des importations de blé. L'amélioration de la production de blé au Sahel peut être attribuée non seulement aux variétés tolérantes à la chaleur, mais à un ensemble d'interventions transformatives visant la production de blé, notamment une préparation optimale des terres et des taux de semis, une gestion intégrée des ravageurs, un entretien rationnel de la fertilité des sols et des systèmes d'irrigation efficaces.

Plusieurs technologies supplémentaires doivent accompagner la tolérance à la chaleur lorsque la culture du blé est introduite à grande échelle. L'utilisation de variétés de blé résistantes à la rouille jaune et à la rouille de la tige prévient l'apparition de la maladie. Le semis de variétés de blé qui possèdent un mécanisme de défense naturelle contre les larves de la mouche de Hesse est la méthode de lutte la plus efficace. La surveillance des cultures et les messages de vulgarisation permettent d'utiliser au mieux ces variétés



Moissonneuse-batteuse en fonctionnement au Soudan

résistantes. La culture sur lits surélevés, irriguée à la raie, est une technique très efficace qui garantit aux agriculteurs une utilisation rationnelle de l'eau. Ces lits sont relativement faciles à construire avec des outils disponibles localement et peuvent être entretenus pendant plusieurs saisons de croissance. L'agriculture de conservation, notamment la réduction du travail du sol et la couverture de surface, offre des avantages majeurs pour la production de blé dans les systèmes agricoles des zones arides. Cette stratégie a un faible coût de mise en œuvre, permet d'économiser des engrais, de la main-d'œuvre et de l'irrigation, et offre des rendements et des bénéfices fiables. Les moissonneuses-batteuses sont disponibles dans une large gamme de tailles, depuis les petites unités qui peuvent traiter quelques hectares par jour jusqu'aux très grandes unités destinées aux grandes exploitations qui récoltent plusieurs hectares par heure. 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 un parc en tenant compte des paramètres techniques et technologiques des machines.

Technologie 5. Conservation de l'Eau et du Sol par des Dignes

L'endiguement est une des techniques de micro-bassin versant par laquelle des murs surélevés sont disposés selon des schémas spécifiques sur les terres agricoles pour collecter et conserver l'eau, et pour réduire l'érosion des sols et la formation de ravines. Cette méthode présente des avantages majeurs pour améliorer la production agricole et la résilience climatique dans les zones arides, mais elle est trop rarement utilisée par les agriculteurs du Sahel.



L'établissement de digues de contour, notez de courtes crêtes perpendiculaires qui empêchent le ruissellement

Les murs de digues sont construits avec de la terre et/ou des roches, à la main ou avec un tracteur. La conception des digues est adaptée aux conditions locales et aux contextes socioculturels, mais les deux types principaux sont: les digues de contour (ou crêtes de contour) et les digues semi-circulaires (ou smileys). Les digues de contour sont installées le long de lignes à élévation égale dans les champs avec un espacement de 5 à 10 m entre les murs parallèles, et avec des attaches perpendiculaires aux murs pour un renforcement structurel et une plus grande capture d'eau. Les digues de contour conviennent aux terrains en pente uniforme avec un ruissellement régulier, et les murs peuvent s'étendre sur des centaines de mètres à travers le paysage rural.

Généralement l'installation de digues de contour a besoin d'une action coordonnée entre les agriculteurs voisins, car la méthode est plus efficace lorsqu'elle est mise en œuvre à plus grande échelle. Les digues semi-circulaires fonctionnent de manière plus localisée, elles sont installées avec l'arc dirigé vers le bas de la pente et sont échelonnés le long des courbes de niveau des champs. L'utilisation de murs de digue en demi-lune est recommandée pour les champs avec des pentes plus élevées (> 7%) et une surface irrégulière où les flux de ruissellement sont forts et irréguliers. Le diamètre des digues en demi-lune peut varier de 1 à 20 m selon les caractéristiques du terrain, les conditions pluviométriques et le type de culture. Des lignes parallèles de murs de digue demi-lune doivent être reliées entre elles dans les champs à très forte pente ou à forte pluviométrie, tandis que les micro-ouvrages de captage peuvent être espacés de 2 à 5 m lorsque le ruissellement est moins fort. Ces digues en demi-lune doivent mesurer au moins 25 cm de hauteur afin d'éviter qu'elles ne s'érodent ou ne se remplissent rapidement de sédiments. Les

plans d'aménagement de murs de digues semi-circulaires sont efficaces lorsqu'ils sont mis en œuvre à petite échelle sur une seule parcelle et peuvent être initiés par des agriculteurs individuellement.



Un réseau de demi-lunes renforcées par des cordons pierreux et destinées à capter et à diriger les pluies limitées

Le coût principal de l'installation de digues sur les terres cultivées comprend le travail de déplacement de terre ou de pierres et la construction des contours ou des demi-cercles, avec des besoins en main-d'œuvre allant de 30 à 120 homme-jours par hectare pour différents types et dimensions. Des compétences considérables en architecture paysagère sont nécessaires pour concevoir les digues afin d'assurer une collecte d'eau adéquate et une intégrité structurelle de sorte que les investissements se remboursent par des gains de production agricole. Des études menées dans les zones arides d'Afrique de l'Est ont montré que l'installation de digues de contour peut augmenter les rendements en sorgho de 80% et en maïs de 300% par rapport à la gestion traditionnelle des terres sans techniques de micro-bassin. La végétation pérenne peut également être placée dans des murs de digues plus grandes et plus espacées. Les travaux communautaires pour la construction et le renforcement des murs de digues qui stabilisent les pentes et permettent de mieux exploiter les précipitations saisonnières sont un élément important des projets de développement agricole au Sahel, et l'augmentation de la biomasse qui en résulte peut conduire à une plus grande séquestration du carbone du sol lorsqu'elle est correctement gérée (voir la technologie 12).

Technologie 6. Captage de l'Eau de Pluie à travers des Fosses Zaï

La collecte de l'eau et la conservation de l'humidité sont essentielles à la réussite de l'agriculture au Sahel et devraient au mieux être combinées avec une gestion de la fertilité des sols optimisée afin d'améliorer la performance des cultures dans ce climat rude et changeant. Les techniques de micro-bassin versant pour recueillir de l'eau dans le Sahel comprennent des fosses de plantation connues localement connues sous le nom de zaï, ainsi que des bordures demi-lune, des crêtes liées et des lignes rocheuses décrites ailleurs dans ce catalogue. La technique des fosses zaï est une approche ancestrale à l'agriculture aride qui était développée au Sahel. Ces fosses sont constituées en creusant des bassins peu profonds de 20 à 30 cm de diamètre (parfois jusqu'à 80 cm) et de 10 à 15 cm de profondeur dans les champs des cultures.



Millet poussant dans des fosses à zaï, notez les différences dans la gestion de l'azote

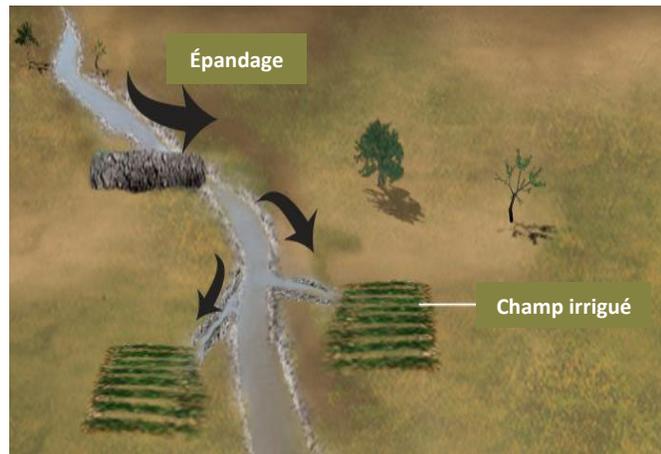
Les fosses sont préparées pendant la saison sèche puisque les agriculteurs creusent ces trous peu profonds pour recueillir de l'eau, les particules de sol poussées par le vent et les débris végétaux autour des plants. Juste après le creusement, il est recommandé que deux poignées (équivalent à 300g) de fumure organique telles que de la paille de céréales, du fumier de bétail ou du compost soient ajoutées aux fosses. Le sol déterré est mis en aval de la fosse pour servir comme un bassin de captage d'eau. Partiellement, les eaux de ruissellement sont recueillies dans les fosses pour aider la plante à échapper aux périodes de sécheresse et pour diriger l'eau directement vers les semences et les systèmes racinaires des cultures. Les semences sont plantées au centre de la fosse. Cette technique est également utilisée pour réhabiliter les terres encroûtées et dégradées. Elle améliore aussi l'efficacité de l'utilisation de l'eau par les cultures dans les zones arides et peut faire la différence entre le succès et l'échec des cultures dans les zones plus sèches par rapport à la culture en terrains plats. En augmentant l'état de l'humidité dans le sol et l'infiltration, les fosses augmentent la production de mil et de sorgho de 60 à 90 % selon la pluie et la fertilité du sol. De cette façon, la technologie zaï rend possible la culture durable sur des terres marginales et, lorsqu'elle est intégrée avec d'autres technologies des zones arides, peut même conduire à la réhabilitation des terres gravement dégradées.



Établissement de fosses de zaï dans un champ à l'aide d'une houe manuelle

Technologie 7. Gestion des Crues des Plaines Inondables Saisonnnières

Un système d'irrigation à petite échelle unique à la Corne de l'Afrique utilise les crues saisonnières des rivières et des petits ruisseaux pour remplir les canaux d'irrigation et diriger l'eau vers les champs avoisinants. Il s'agit d'une méthode très ancienne datant d'au-delà de l'histoire documentée, mais dans certaines conditions elle reste en usage jusqu'à aujourd'hui, particulièrement grâce à des actions communautaires qui assurent une distribution équitable des ressources en eau saisonnières. Dans ce système, l'eau est détournée des lits des



La conception d'un système d'épandage

fleuves saisonniers au début des pluies et dirigée vers les terres cultivées normalement asséchées, les convertissant ainsi essentiellement en plaines inondables saisonnières. Cette déviation de rivières est réalisée par le placement d'éperons ou de murs de digues qui sont construits au travers ou au milieu du lit de la rivière. Ces eaux de crue saisonnières ne durent généralement que quelques heures ou quelques jours et d'habitude elles sont conduites via un réseau de canaux et de fossés qui approvisionnent plusieurs hectares.

La gestion des crues exige des conditions géographiques particulières, mais lorsqu'elle est applicable cette technologie offre une amélioration majeure de la culture des terres arides. Un consensus communautaire est nécessaire pour assurer que l'eau soit répartie équitablement, y compris aux agriculteurs situés plus en aval qui dépendent de cette eau. Le système est actionné par gravité et, dans certains cas, nécessite des barrages pour soulever l'eau au point qu'elle se répande dans les canaux d'alimentation. Dans le même temps, les systèmes d'irrigation de crue demandent de grands efforts de gestion spécialisée pour mener et optimiser le débit d'eau. Souvent les eaux de crues contiennent des grandes quantités de sédiments qui

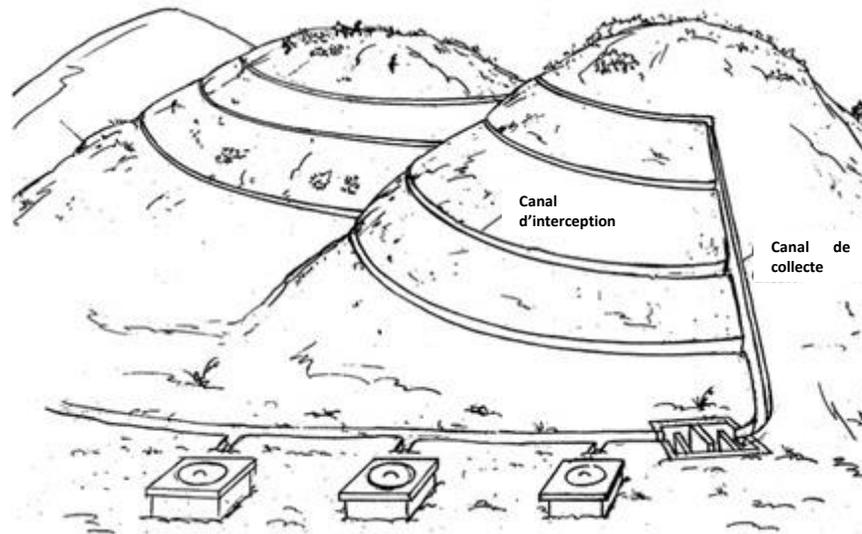


Détournement d'un cours d'eau saisonnier

représentent à la fois un risque et une opportunité. Ces sédiments peuvent remplir les canaux et exigent le dragage pour rester ouverts. Dans le même temps, ces sédiments sont riches en nutriments et lorsqu'ils sont déposés sur des terres cultivées irriguées, ils améliorent la fertilité de ces sols. Il est important de noter que la gestion des eaux de crue est intrinsèquement difficile étant donné la forte puissance des fleuves, mais les avantages de la gestion de ces eaux dans les zones arides et semi-arides sont énormes. Pour cette raison, il existe une opportunité dans le soutien public de l'irrigation des eaux de crue en tant qu'un défi de génie.

Technologie 8. Plans d'Irrigation à Petite Échelle

L'humidité du sol est essentielle à la croissance des plantes et, à l'inverse, la disponibilité erratique de l'humidité réduit grandement la productivité des cultures. L'irrigation garantit que les besoins en eau des cultures seront atteints et le développement de périmètres irrigués communautaires est une composante essentielle du développement agricole au Sahel. L'irrigation se compose de deux phases,



Canaux d'interception et de collecte utilisés pour alimenter un périmètre d'irrigation localisé

la première où l'eau est détournée de sa source et livrée à proximité des terres cultivées, et le second où elle est appliquée aux champs de manière planifiée et calculée. Les stratégies d'application varient en fonction des volumes, de la qualité et de la pression de l'alimentation en eau et peuvent être regroupées en irrigation par inondation, sillon, aspersion et goutte à goutte. L'irrigation par inondation nécessite de grandes quantités d'eau et que les champs irrigués soient clos pour éviter les pertes d'eau. Cette approche est décrite au niveau de la Technologie 7. Dans le sillon, l'eau d'irrigation est canalisée le long des rangées de plantation et de l'eau alimentée par gravité de faible qualité et pression est utilisée. L'irrigation par aspersion répand l'eau sur une plus grande surface de champ et nécessite que de l'eau propre et canalisée soit disponible à une pression relativement élevée. L'irrigation goutte à goutte fournit de l'eau le long des rangées de cultures à travers des tubes avec des émetteurs discrets à intervalles définis, en s'appuyant



Irrigation par sillons avec de l'eau courante (à gauche) et irrigation par aspersion (à droite)

sur une eau très propre fournie à basse pression. Chacun de ces quatre types d'irrigation peut être considéré comme une technologie distincte en plus de l'arrosage manuel de base effectué à l'échelle du jardinage. Toutes ces technologies servent à élever la production des cultures par irrigation dans des zones caractérisées par de faibles précipitations. L'adoption de petits systèmes d'irrigation par les agriculteurs du Sahel a, à des degrés divers, amélioré leurs moyens de subsistance puisque cette région est caractérisée par des précipitations irrégulières et de longues saisons sèches.

L'irrigation permet de faire la culture toute l'année et encourage l'investissement dans l'agriculture en réduisant les principaux risques pour l'agriculture. L'irrigation constitue une solution clé pour aborder les contraintes de la production agricole présente et future dues aux effets du changement climatique sur les modèles météorologiques. L'expansion potentielle de l'irrigation est attribuée à des niveaux importants des eaux souterraines et de surface qui restent sous-exploités car les superficies irriguées représentent moins de



Les zones irriguées peuvent avoir besoin de clôtures

30% de leur potentiel. Dans le contexte du développement rural pratique, il faudrait envisager de mettre l'accent sur les périmètres irrigués à petite échelle en plus des périmètres plus vastes et centralisés en tant que grands projets de développement d'infrastructures. Les technologies traditionnelles de micro-irrigation utilisées dans le Sahel sont globalement classées en quatre domaines : arrosage des jardins au seau, opérations de pompes plus petites par le travail manuel ou la traction animale, pompes motorisées utilisées pour soulever et transporter l'eau pour des distances modestes, et la livraison plus complexe par levage de l'eau combinée avec des canaux alimentés par gravité. Récemment, une plus grande concentration a été dirigée vers le développement des systèmes de l'irrigation goutte à goutte qui ont un succès considérable dans l'utilisation efficace de l'eau et des engrais, gain de temps, augmenter les rendements des cultures et accroître la flexibilité de la production. Les systèmes d'irrigation à petite échelle de ce type nécessitent un équipement et une expertise qui ne sont pas largement disponibles. La flexibilité dans la conception et les opérations est cependant requise car il n'y a pas d'approche universelle unique pour fournir l'irrigation. Il est nécessaire de promouvoir des initiatives qui permettent aux acteurs ruraux d'opter pour des technologies abordables adaptées à leurs ressources en eau, leurs paysages et leurs champs qui augmentent les rendements des cultures de manière fiable et rentable. L'Institut International de Gestion de l'Eau (IWMI) fonctionne comme le Compact d'Accompagnement Eau du programme TAAT pour aider les petits agriculteurs à accéder aux technologies d'irrigation et de gestion de l'eau à faible coût. Les systèmes d'irrigation à petite échelle et la gestion des crues saisonnières (voir Technologie 7) font partie de leur approche « Smart Valley » qui implique des procédures participatives par étapes qui se concentrent sur la conception d'infrastructures de contrôle de l'eau en fonction des contextes et des connaissances des agriculteurs.

Technologie 9. Micro-Dosage des Engrais Minéraux

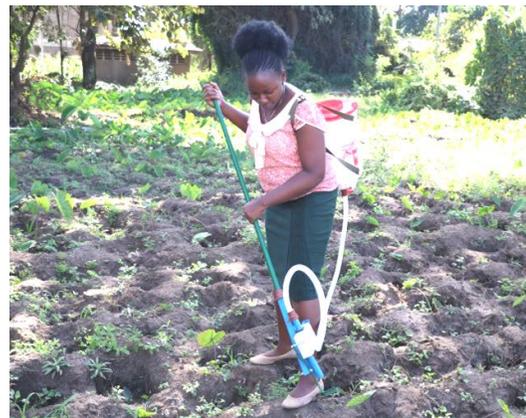
Les agriculteurs utilisent des doses d'engrais minéraux inférieures aux recommandations et les appliquent à la volée. En conséquence, le rendement des cultures, en particulier celui du sorgho et du millet, est faible. La technologie du micro-dosage d'engrais est basée sur l'application de petites quantités d'engrais minéraux environ une semaine après la plantation dans un trou peu profond (3 à 5 cm de profondeur) et espacé d'environ 5 cm de la tige. Après application, l'engrais est recouvert de terre. Lorsqu'il est disponible et abordable, il est conseillé d'appliquer de la



Un bouchon de bouteille pour le micro-dosage

même manière de l'engrais uréique sur le côté des plantes environ 30 jours après la levée. Cette technique d'application d'engrais permet aux cultures de s'établir rapidement et de mieux absorber les nutriments et l'eau du sol. Le micro-dosage est aussi simple que d'appliquer un bouchon de bouteille rempli d'engrais (3 à 5 g) dans chaque trou de plantation. La quantité totale d'engrais utilisée pour le micro-dosage peut varier considérablement en fonction de la densité de plantation. Par exemple, le millet est généralement cultivé à une densité de 16 666 plants par ha, ce qui nécessite environ 50 kg d'engrais, alors que le sorgho a généralement une densité de 26 666 plants par ha et nécessite environ 100 kg d'engrais par ha. Cet ajout permet d'obtenir des cultures plus saines et mieux à même de contrer les sécheresses de mi-saison et de fin de saison, ce qui constitue un moyen de s'adapter à la variabilité accrue du climat.

Une dose d'engrais bien dosée entraîne une augmentation du rendement des cultures allant de 40 à 120 %. La technique du micro-dosage augmente considérablement l'efficacité de l'utilisation des nutriments et de l'eau, en particulier lorsqu'elle est associée à d'autres pratiques intelligentes du point de vue climatique, comme les fosses à zaï (voir Technologie 6). Elle est particulièrement efficace dans les zones souffrant de dégradation des sols, car si les nutriments perdus ne sont pas remplacés, les sols s'appauvrissent davantage et les rendements des cultures commencent à décliner. Cette technologie est adaptée aux agriculteurs aux ressources limitées travaillant sur des terres dégradées, qui ne peuvent pas se permettre d'acheter le plein tarif d'engrais et d'autres intrants recommandés par les services de vulgarisation. Le micro-dosage ne doit pas être mis en œuvre sur des périodes prolongées s'il entraîne des bilans nutritifs négatifs. Il doit plutôt être considéré comme une voie vers la gestion intégrée de la fertilité des sols en assurant un bon retour sur investissement à court terme, un risque financier moindre et une pollution environnementale minimale.



Un dispositif mécanique à micro-dosage

Technologie 10. Calendrier Stratégique pour l'Application d'Azote

La clé pour obtenir des rendements agricoles élevés et maintenir la fertilité du sol est d'appliquer les bons engrais au bon rythme et au bon moment. Trop souvent, cependant, l'élément temps n'est pas bien considéré, en particulier en ce qui concerne l'épandage azoté des grandes cultures. Les intrants d'engrais azotés (N) sont particulièrement importants pour les producteurs de céréales des terres arides, et représentent un investissement substantiel pour les petits exploitants. Ils doivent donc être utilisés de



Fumure de couverture d'azote sur un sol récemment désherbé

manière efficace. En règle générale, l'azote est ajouté aux sols une ou deux fois au cours de la saison, d'abord comme fumure de fond et encore comme dose unique, mais l'apport de plusieurs doses fractionnées (splits) est plus efficace.

Des épisodes fréquents de sécheresse et la faible fertilité des sols dans les zones sahéliennes et soudanaises d'Afrique compromettent l'efficacité agronomique et la rentabilité financière de la fertilisation azotée inorganique si elle n'est pas correctement utilisée. Les cultures nécessitent un apport adéquat d'azote tout au long de leur cycle de croissance et en particulier pendant les stades reproductifs pour atteindre des niveaux de rendement atteignables, alors que l'azote est très mobile dans les sols et peut être facilement perdu dans l'environnement avant que les cultures ne soient capables d'absorber les nutriments. Pour améliorer l'utilisation des engrais azotés dans les régions arides, les agronomes recommandent un système flexible où le nutriment minéral est ajouté aux cultures en une série de trois fractions ou plus. Le principe de base de cette approche consiste à appliquer une petite quantité d'azote à la plantation et à ajouter progressivement des quantités modérées pendant les périodes de précipitations suffisantes lorsque la demande en éléments nutritifs des plantes est la plus élevée.

Administer des engrais azotés aux cultures de cette manière stratégique garantit que les nutriments sont disponibles dans les sols aux stades critiques du cycle de croissance contrairement à une ou deux applications seulement. Le temps approprié pour la fertilisation azotée échelonnée commence à deux semaines après l'émergence et s'étend jusqu'au stade de remplissage des grains. Les agriculteurs peuvent fournir de l'azote en utilisant des types d'engrais tels que l'urée et nitrate d'ammonium et de calcium, et le taux d'application total est basé sur les objectifs de rendement et les recommandations régionales. La pratique est avantageuse dans toutes les conditions de précipitations; il permet des rendements élevés pendant les années

normales en améliorant l'absorption des nutriments, et réduit les pertes financières pendant les années de sécheresse en évitant le gaspillage d'engrais. Idéalement, l'application d'azote est effectuée peu de temps après le désherbage afin que le nutriment soit au maximum disponible pour les cultures. Dans certains cas, l'azote peut être ajouté juste avant et incorporé dans le sol pendant le désherbage. L'utilisation de cette approche stratégique des engrais en



Bras mountable sur un tracteur pour faire la fumure de couverture

combinaison avec des techniques de récupération de l'eau telles que les billons ou les fosses zāï augmente encore les rendements des cultures et les marges bénéficiaires. La réponse des cultures de maïs sur les sols sablonneux pauvres en nutriments dans les terres arides cultivées au moment de l'apport d'azote se traduit par des rendements et des bénéfices plus importants par rapport aux calendriers d'application existants, et est facilement appréciée par les agriculteurs. Cette technologie peut être facilement déployée et permet de réaliser d'énormes progrès en matière de sécurité alimentaire et d'investissements dans les engrais par les petits agriculteurs des zones arides cultivées d'Afrique.

Technologie 11. Légumineuses, Inoculation et Fixation Biologique de l'Azote

Les légumineuses sont très importantes pour les systèmes de culture pluviale du Sahel. Ces systèmes sont généralement dominés par des mélanges de millet perlé, de sorgho, de niébé et d'arachide. Les agriculteurs ont parfois recours à la culture intercalaire pour minimiser les risques et maximiser les rendements pendant les années où les précipitations sont les plus favorables, principalement en cultivant des légumineuses à grains de sous-bois entre les rangs de céréales à des densités très faibles. Les rotations de cultures de céréales et de légumineuses sont plus courantes, avec quelques cycles (par exemple deux à quatre) de céréales ponctués de légumineuses. Ces rotations ont de multiples effets bénéfiques. Les légumineuses accèdent à l'azote atmosphérique par



Gros nodules radiculaires sphériques sur niébé

symbiose avec les rhizobiums, un processus qui fournit à la fois des protéines supplémentaires au ménage et de l'azote résiduel à la terre. Parmi les autres avantages, citons l'amélioration des propriétés physiques du sol, la capacité des exsudats racinaires à solubiliser le phosphore lié et l'interruption des cycles de maladies et de ravageurs des céréales. Les opérations d'élevage sont étroitement intégrées aux cultures, permettant au bétail et aux plus petits animaux de se nourrir des résidus de culture et de fournir ensuite des sources de traction et de fumier.

Les légumineuses à grains les plus importantes sont le niébé (*Vigna unguiculata*) et l'arachide (*Arachis hypogaea*). Le niébé est préféré par de nombreux ménages car il offre des feuilles, des gousses vertes, des graines vertes et des grains secs comestibles. Il est attaqué par de nombreux ravageurs et maladies, mais il existe des stratégies de lutte intégrée contre les ravageurs. Des pulvérisations d'insecticides sont souvent nécessaires. Une stratégie utile consiste à surplanter les graines de niébé, puis à en retirer un grand nombre comme légumes à feuilles avant d'utiliser des pesticides. Le Nigeria est le premier pays à approuver la culture ouverte du niébé génétiquement modifié Bt pour contrôler des insectes tels que le foreur de gousses (*Maruca vitrata*). Le niébé Bt fait l'objet d'une opposition au Nigeria en raison des craintes d'un impact négatif sur la santé, et ces variétés génétiquement modifiées sont lentes à être approuvées dans d'autres pays. Les rhizobiums nécessaires à la fixation biologique de l'azote sont souvent indigènes aux sols sahéliens, mais ces populations peuvent être supprimées dans les sols chauds et secs et s'avérer moins efficaces en tant que microsymbiontes. L'intérieur des nodules rouge vif indique une fixation efficace de l'azote en raison de la présence de leghaemoglobine. Malheureusement, les inoculants pour légumineuses ne sont pas largement disponibles dans tout le Sahel. Lorsqu'il est bien nodulé, la fixation de l'azote est suffisante pour assurer une récolte de niébé et apporter environ 50 kg d'azote organique à la culture suivante. Le niébé est un complément alimentaire très important au millet et au sorgho en tant qu'aliment de base pour les communautés des zones arides en Afrique.

Il est préférable de cultiver l'arachide en rotation avec des céréales sur des sols plus légers ou sur des lits surélevés pour faciliter la récupération de ses gousses souterraines ligneuses. Outre le phosphore et le potassium, l'arachide a une forte demande en calcium pour que ses chevilles entrent dans le sol. Ses racines profondes résistent aux sécheresses de courte durée. Dans le passé, l'arachide était souvent



Remplissage de gousses denses par le niébé



Les cosses ligneuses de l'arachide doivent être arrachées à la récolte

rabougrie et tordue par le virus de la rosette de l'arachide mais certaines nouvelles variétés sont résistantes à ce virus. L'arachide ne se comporte pas très bien en tant que sous-étage ombragé des céréales. L'arachide nodule avec les rhizobiums dans la plupart des sols mais elle répond souvent à l'inoculation avec des souches élites. Il forme de petits nodules sphériques étroitement liés aux racines pivotantes et aux racines latérales principales. Ses feuilles restent vertes jusqu'à la récolte et constituent un excellent aliment pour le bétail. Les marchés pour l'arachide sont forts, qu'elle soit récoltée sous forme de gousses fraîches ou de noix séchées et décortiquées, et elle est considérée comme un produit d'exportation dans certaines régions du Sahel.

Les autres légumineuses utiles sont le soja (*Glycine max*) et le pois d'Angole (*Cajanus cajan*). Des quantités massives de soja sont actuellement importées, principalement pour l'alimentation animale, et les transformateurs locaux cherchent des fournisseurs nationaux. La BNF du soja est élevée et les céréales se comportent bien avec lui dans la rotation, mais il est mal adapté comme culture intercalaire de sous-bois en raison du mauvais remplissage des gousses. En général, le soja est résistant aux parasites et aux maladies et certaines variétés sont très résistantes à la rouille asiatique. Le soja est tolérant à la sécheresse et à la saturation en eau, et se comporte bien dans les sols



Nodules racinaires abondants, petits et sphériques sur l'arachide

acides. Il a un besoin spécialisé en rhizobium et répond très positivement à l'inoculation. Le soja reste dur après ébullition mais peut être transformé en une variété d'aliments nutritifs. Le pois d'Angole est un arbuste qui peut être planté à grand espacement avec les céréales, puis reporté à la saison de croissance suivante, ou planté autour des limites du champ. Certaines variétés à la stature plus courte se comportent comme des cultures en ligne. Les rhizobiums nécessaires à la fixation de l'azote par le pois d'Angole sont présents dans la plupart des sols. Ses gousses vertes, ses graines vertes et ses graines séchées peuvent être consommées, mais les charançons (bruchidés) sont souvent attirés par les grains séchés.

Il est nécessaire de développer la capacité de fabriquer et de distribuer des inoculants pour légumineuses au Sahel. Les capacités nécessaires en microbiologie industrielle et les équipements requis pour produire des bouillons microbiens liquides sont en place. Les souches d'élite requises pour les différentes légumineuses à grains sont disponibles auprès des instituts de recherche, dont l'IITA. Le matériel de support qui est mélangé au bouillon est moins disponible et les sources et les procédures de stérilisation nécessitent une attention particulière. Une fois en place, une capacité accrue de fixation de l'azote compense les besoins en engrais azotés industriels importés et contribue à la réduction des gaz à effet de serre contenant de l'azote.

Technologie 12. Gestion des Matières Organiques pour la Fertilité des Sols

La majorité des sols du Sahel sont caractérisés par une faible capacité de rétention d'eau et une disponibilité limitée des éléments nutritifs des plantes en raison de leur faible teneur en argile et de leur forte teneur en sable. Ces propriétés défavorables du sol exigent que les agriculteurs utilisent au mieux les ressources organiques pour la gestion et l'amélioration de la fertilité du sol. Les sols qui sont convertis de la végétation ligneuse secondaire à l'agriculture, comme c'est le cas dans cette ceinture de terres arides, perdent rapidement de la matière organique, jusqu'à 1.1 tonne par hectare chaque année, s'ils ne sont pas reconstitués avec des quantités adéquates de résidus végétaux et de fumier animal.

La réduction constante de la matière organique du sol entraîne un déclin de la santé du sol lié à la réduction de la capacité d'échange cationique et de l'agrégation du sol qui, à son tour, nuit à l'efficacité de l'utilisation des engrais et à la rétention d'eau. L'épuisement de la matière organique du sol exacerbe l'impact négatif de la sécheresse sur la production agricole. Pour moderniser leurs pratiques, les agriculteurs de ces zones arides à base de céréales doivent mieux gérer les ressources organiques de manière à optimiser les précipitations limitées et les apports coûteux d'engrais



Semis de céréales bien paillé en utilisant les résidus de la culture précédente, une pratique aux multiples avantages

minéraux. Le maintien de la matière organique du sol et des stocks de carbone est fortement déterminé par la quantité de résidus de culture disponibles pour l'ajout aux sols et les besoins concurrents en aliments pour le bétail et en tiges comme combustible de cuisson et matériaux de construction. Les exigences élevées en matière de main-d'œuvre pour le recyclage des déchets de la biomasse dans les terres agricoles peuvent également inciter les agriculteurs à brûler les résidus de culture, ce qui entraîne d'énormes pertes de carbone dans le système agricole.

On sait qu'une série de pratiques stimulent la gestion des ressources organiques par les agriculteurs des zones arides en augmentant le rendement des cultures, la production animale et l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des nutriments. Les paillis qui couvrent les surfaces du sol réduisent considérablement l'érosion du sol, le ruissellement et l'évaporation, ce qui entraîne une augmentation de 70 % de la récolte céréalière. Une couverture initiale du sol d'au moins 30 % est nécessaire pour que les avantages sur la production agricole soient effectifs, ce qui nécessite environ 3 tonnes de résidus de céréales (feuilles et tiges séchées) par hectare. Les paillis de sol peuvent servir de refuge à certains insectes nuisibles qui nécessitent des pulvérisations de pesticides, mais aussi supprimer les mauvaises herbes, ce qui simplifie les opérations dans les champs. L'incorporation de matières végétales fraîches ou de fumier animal est une autre option pour compenser les propriétés physiques défavorables du sol. Par exemple, l'incorporation de

résidus de millet dans les sols peut se traduire par un rendement beaucoup plus élevé de la culture suivante. De petites quantités de fumier de bovins appliquées aux fosses de zaï peuvent doubler la production de sorgho. Dans le même temps, les engrais minéraux appliqués en conjonction avec des ressources organiques ont une meilleure efficacité d'utilisation des nutriments. Ces exemples de gestion intégrée de la fertilité des sols illustrent la nécessité pour les agriculteurs d'utiliser de manière optimale et équilibrée les résidus de culture et les autres ressources organiques disponibles, ainsi que les moyens trouvés pour mieux quantifier les gains de carbone organique du sol en tant que mesure d'atténuation du climat.

Technologie 13. Contrôle des Invasions d'Insectes

Le Sahel est caractérisé par d'importantes invasions d'insectes nuisibles tels que le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*) et la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda*). Ces invasions constituent une menace majeure pour les ménages agricoles et sapent les efforts plus larges visant à renforcer les systèmes alimentaires. Les criquets sont notoirement difficiles à contrôler une fois que de grands essaims s'accumulent et se répandent sur de vastes



Effet dévastateur de l'invasion des terres cultivées par les criquets pèlerins

zones. Après des pluies favorables, la végétation est suffisante pour que plusieurs générations de criquets se répandent dans les paysages agricoles, dévorant tout sur leur passage. L'alerte précoce et la lutte préventive sont d'une importance capitale pour empêcher les populations acridiennes d'atteindre des proportions épidémiques. La taille et le développement de ces populations d'insectes voraces sont étroitement surveillés par le Service d'information sur le Criquet pèlerin, qui s'appuie sur des données météorologiques et de végétation obtenues par télédétection, combinées à des enquêtes en temps réel menées par des équipes nationales via des plateformes numériques comme eLocust3 de la FAO. Le contrôle des populations de criquet pèlerin ou la lutte contre les invasions lorsqu'elles se produisent est réalisé en pulvérisant des insecticides chimiques à doses concentrées sur les zones infestées. Pour être efficace, l'insecticide doit être appliqué directement sur les essaims de criquets qui, à leur tour, doivent connaître leur localisation et leur direction. Les interventions de pulvérisation pour les petites zones peuvent être effectuées par des équipes à pied avec des sacs à dos, alors que pour les grandes zones, il est nécessaire d'utiliser des nébulisateurs ou des avions pulvérisateurs montés sur des véhicules.

Plusieurs types de substances chimiques et biochimiques sont utilisés dans la lutte antiacridienne et peuvent être différenciés par leur mode d'action. Certains insecticides à action rapide tuent les adultes volants en altérant leur système nerveux. Ces agents insecticides doivent être pulvérisés sur les essaims de criquets de manière sûre et précise car ils ont des effets dangereux sur les mammifères et l'environnement. Certains produits peuvent être appliqués sur la végétation comme barrière pour bloquer le déplacement des bandes d'insectes, mais cette méthode entraîne généralement des dommages indésirables pour les organismes non ciblés. Les groupes de produits chimiques les plus couramment utilisés pour lutter contre les criquets sont les carbamates, les pyréthroïdes, les pyréthrines et les phénylpyrazoles. Différents insecticides contenant des organochlorés, des néonicotinoïdes et des organophosphorés ont été interdits dans certains pays mais sont également assez efficaces.

Un autre type de produit chimique utile dans la lutte contre les criquets est le régulateur de croissance qui perturbe le processus de mue et provoque la mort de l'insecte lorsqu'il perd son exosquelette. Les régulateurs de croissance agissent lentement et n'ont aucune utilité sur les essaims d'ailés volants, mais leur persistance permet de les utiliser comme pulvérisateurs de barrière, et ils sont relativement sans danger pour l'opérateur et l'environnement. Les phéromones provoquent des changements de comportement ou de développement chez les criquets qui les empêchent d'atteindre l'âge



Lutte contre un essaim de criquets pèlerins avec un pulvérisateur, des insecticides et des équipements de protection

adulte, mais ces substances ne tuent pas directement et agissent donc lentement. Les substances biochimiques extraites de plantes, comme l'huile de neem, peuvent être pulvérisées sur les cultures pour repousser les criquets et empêcher leur alimentation, mais le taux de mortalité est faible et incomplet. Différents organismes bénéfiques tels que les guêpes et les mouches prédatrices, les guêpes parasitoïdes, les larves de coléoptères prédateurs, les oiseaux et les reptiles aident à empêcher les populations de criquets d'exploser, mais ils ont peu d'effet utile après l'apparition de l'épidémie, car leur augmentation en tant que prédateurs ne peut suivre le rythme de leurs proies. Néanmoins, le biocontrôle est possible en élevant et en relâchant les ennemis naturels des insectes destructeurs, ou en fournissant des hôtes alternatifs et des sites de nidification favorables qui améliorent leur reproduction et leur survie. La lutte intégrée contre le criquet pèlerin implique l'utilisation d'organismes bénéfiques, de régulateurs de croissance, de phéromones et d'insecticides. Il existe également des techniques mécaniques pour tuer les criquets, comme creuser et enterrer des tranchées contenant des appâts, mais cette pratique est plutôt coûteuse et inefficace pour combattre les essaims.

L'invasion de la chenille légionnaire d'automne sur les terres de culture céréalière dans toute l'Afrique, y compris le Sahel, représente également une menace majeure pour la sécurité alimentaire. Le TAAT propose un kit d'intervention rapide composé d'un tuktuk cargo construit sur mesure, de pulvérisateurs électriques, d'équipements de sécurité, de pesticides recommandés dans le commerce, de matériel d'information et de communication pour les agriculteurs. Ces kits sont exploités par des groupes de jeunes opérant à partir de boutiques d'agrocommerçants et de bureaux de vulgarisation. Une formation est proposée sur les thèmes suivants : la lutte contre la légionnaire d'automne en tant qu'opportunité commerciale, la compréhension de l'invasion de l'insecte, les options de lutte et l'accès à l'équipement et aux fournitures d'intervention rapide, le fonctionnement et l'entretien de l'équipement de lutte, ainsi que les coûts et les bénéfices attendus des services de lutte sous contrat. Ce renforcement des capacités prépare les opérateurs à une lutte efficace et sûre contre la légionnaire d'automne et renforce l'engagement et les investissements locaux. Les terres cultivées sont traitées pour aussi peu que 33 dollars US par hectare. Syngenta MATCH (66%) et Amiran PROVE (25%) ont été les insecticides les plus fréquemment appliqués. Les jeunes formés aux opérations de lutte se sont conformés aux produits agrochimiques approuvés et 54% de leurs clients étaient des femmes. La lutte précoce contre la légionnaire uniponctué est également assurée par le traitement des semences de maïs avec le FORTENZA DUO de Syngenta. Ce traitement systémique offre une protection aux cultures de maïs jusqu'à 4 semaines après la germination, une étape critique de la croissance des cultures, et permet de limiter au maximum l'utilisation de pulvérisations chimiques. Les autorités des pays les plus touchés par la chenille légionnaire d'automne encouragent tous les producteurs de semences de maïs à traiter leurs semences avec ce produit.



Une affiche annonçant les services de lutte contre la légionnaire d'automne au Kenya

Technologie 14. Vaincre le Striga Parasite

Le striga est une mauvaise herbe parasite des céréales et d'autres graminées qui a envahi les terres agricoles du Sahel. Les dommages causés aux cultures par le striga commencent sous terre où ses racines pénètrent dans la plante hôte, se nourrissant de ses nutriments et de son humidité, libérant des toxines dans la plante et provoquant une croissance torsadée, décolorée et ralentie. Après s'être nourrie sous terre pendant 4 à 5 semaines, une pousse à maturation rapide émerge et produit de jolis épis de fleurs violettes ou rouges qui se transforment en capsules contenant d'abondantes graines minuscules à longue durée de vie. Le parasitisme entraîne une croissance ralentie et torsadée, et réduit considérablement les rendements. Le striga attaque le mil et le sorgho mais ces cultures montrent une certaine tolérance à ses infestations, tandis que le maïs est plus touché. Les agriculteurs réagissent au striga par le désherbage manuel et, plus rarement, en brûlant les champs touchés, mais l'efficacité de ces pratiques n'est pas avérée compte tenu du grand nombre de graines minuscules qu'une seule plante mature produit et retourne au sol. Ces semences restent dormantes dans le sol jusqu'à 20 ans et c'est là que se trouve le dilemme. Le simple désherbage et les procédures d'assainissement de routine des champs, même quand combinés à une gestion améliorée de la fertilité du sol, sont insuffisants pour éradiquer le striga une fois qu'il est établi dans les champs agricoles.

La communauté agricole a réagi en développant plusieurs nouvelles approches de lutte contre le striga. Ces approches impliquent la résistance des cultures aux herbicides systémiques, les variétés de maïs



Striga hermonthica parasitant le sorgho

Le striga attaque le mil et le sorgho mais ces cultures montrent une certaine tolérance à ses infestations, tandis que le maïs est plus touché. Les agriculteurs réagissent au striga par le désherbage manuel et, plus rarement, en brûlant les champs touchés, mais l'efficacité de ces pratiques n'est pas avérée compte tenu du grand nombre de graines minuscules qu'une seule plante mature produit et retourne au sol. Ces semences restent dormantes dans le sol jusqu'à 20 ans et c'est là que se trouve le dilemme. Le simple désherbage et les procédures d'assainissement de routine des champs, même quand combinés à une gestion améliorée de la fertilité du sol, sont insuffisants pour éradiquer le striga une fois qu'il est établi dans les champs agricoles.



Le striga dans un sol fortement infesté (à gauche) et échec de la production de maïs en raison du parasitisme (à droite)

tolérantes au striga, la suppression du striga par des non-hôtes et les cultures appâts. Chacune de ces approches a démontré leur potentiel d'adoption par les agriculteurs de petite échelle. Des producteurs ont eux-mêmes identifié des variétés sauvages tolérantes au striga et celles-ci ont été transmises aux sélectionneurs et les traits génétiques incorporés dans des populations de maïs améliorées. Il existe deux types de tolérance; certaines variétés de maïs expriment une

croissance précoce, rapide et des systèmes racinaires plus profonds, évitant ainsi la semence de striga qui est déposée dans l'horizon supérieure du sol cultivé, tandis que d'autres variétés de maïs sont moins sensibles aux symptômes de parasitisme, de sorte qu'une croissance et un développement normaux mais réduits se produisent malgré l'infestation du striga. La tolérance en elle-même est une mesure de contrôle insuffisante car les cultures finissent par être écrasées dans les sols fortement infestés. Plusieurs légumineuses ont

des effets négatifs

sur le striga par allélopathie et par germination suicidaire induite. Desmodium, une légumineuse fourragère possédant les deux attributs, a été incluse dans une approche agro-écologique de gestion du striga appelée « Push-Pull ». Plusieurs espèces de légumineuses à grains ont également cette caractéristique, à savoir le niébé, le soja et l'arachide, ce qui constitue la base de la gestion du striga par la rotation et la culture intercalaire céréales-légumineuses. Une



Contrôle du Striga par la suppression des légumineuses (au centre) et la résistance aux herbicides (à l'arrière) par rapport à la pratique actuelle (à l'avant)

nouvelle approche prometteuse de la gestion du striga a émergé. Elle permet aux agriculteurs de cultiver du maïs et de tuer le striga en même temps. L'incorporation de la résistance aux herbicides dans des variétés de maïs permet l'application de quantités relativement faibles d'imazapyr sur les semences du maïs, ce qui leur confère une protection chimique de plusieurs semaines contre le striga parasite. Toutefois, le contrôle du striga est le plus efficace quand on combine toutes ces technologies.



Un agriculteur découvre que des racines de striga sont attachées au maïs (à gauche) - une exposition proposant des informations et des technologies de lutte contre le striga (à droite)

Les agriculteurs doivent prendre conscience que l'infestation par le striga est un problème surmontable et doivent par conséquent acquérir de l'expérience dans l'utilisation de technologies révolutionnaires. Les vulgarisateurs doivent disséminer des kits d'information et effectuer des démonstrations sur le terrain pour faire la promotion de ces technologies. Les agents de développement ont la responsabilité d'organiser de vastes campagnes destinées à la lutte contre le striga dans les zones infestées et à empêcher sa propagation ailleurs. Les agro-commerçants doivent être formés aux nouveaux produits de gestion du striga et des incitations doivent être trouvées pour les commercialiser plus efficacement. Les producteurs de semences commerciales doivent reconnaître les opportunités de marché offertes par les nouvelles variétés de cultures suppressives de striga et les inclure dans leurs stratégies commerciales. Les associations d'agriculteurs doivent mobiliser leurs membres pour lutter contre le striga en élargissant la gamme de services fournis, notamment l'achat en gros d'intrants et la production communautaire de semences. Les autorités locales et nationales doivent reconnaître pleinement la menace que représente le striga et donner la priorité aux efforts visant à le vaincre dans les programmes de développement rural. En s'attaquant à ce parasite des plantes par une combinaison d'approches, il s'agit désormais d'un problème soluble et d'un élément important des programmes de développement rural.

Technologie 15. Transition vers des Parcs Agro-Forestiers

La conversion des cultures en plein champ en parcs arborés présente un énorme potentiel en matière de transformation agricole. Ces parcs sont composés d'arbres bien espacés qui servent à protéger le sol et contribuent au renouvellement de sa fertilité. En raison de ces avantages, les cultures en dessous ou à proximité de ces parcs arborés sont souvent plus performantes que celles dans le plein champ. Ceci est largement attribué à la chute des feuilles qui constitue un apport de nutriments au sol et à l'ombrage partiel qui permet de conserver l'humidité. Certaines espèces d'arbres donnent des produits récoltables tels que le karité et la gomme arabique. Les parcs verts



Un parc agroforestier où l'arachide pousse sous Faidherbia albida

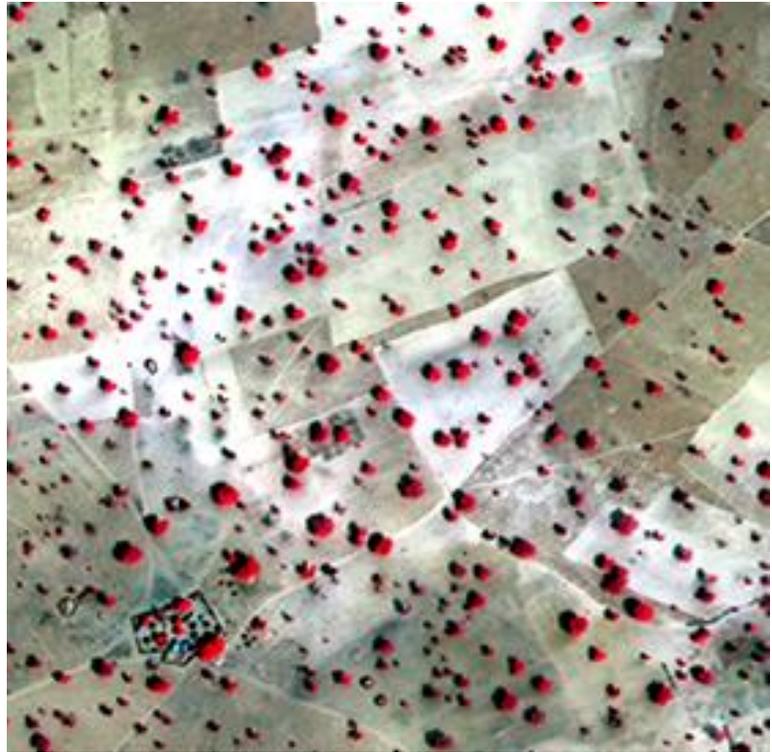
détiennent et séquestrent également des stocks de carbone nettement plus importants que les champs ouverts, ce qui atténue les gaz à effet de serre. Ces stocks de carbone accrus peuvent être supérieurs de 20 ou de 30 tonnes de carbone par ha à ceux retenus par les terres ouvertes en période de culture. Les parcs agroforestiers qui apparaissent dans les zones arides cultivées sont souvent le résultat du défrichage des arbres plutôt que de leur plantation, ce qui crée des difficultés dans la comptabilisation du carbone, mais lorsque les terres cultivées ouvertes sont transformées en parcs agroforestiers, l'accumulation de carbone est claire et attribuable aux efforts de plantation et de protection des arbres.

Boisement des terres agricole est mieux réalisé au niveau communautaire en raison de la demande de plants d'arbres de qualité, de la nécessité de les planter à grande échelle et de la responsabilité collective de les protéger jusqu'à ce que ces arbres soient bien établis. Les



L'établissement d'arbres de parc dans des terres cultivées ouvertes nécessite des soins et une protection

technologies efficaces pour la production de plantules d'arbres sont disponibles, généralement en semant des espèces souhaitées dans des sacs de plantation contenant un sol amélioré avec du compost ou du fumier et arrosés jusqu'à ce qu'ils soient suffisamment grands pour être transplantés dans le champ. Le repiquage peut être fait en conjonction avec la mise en place des systèmes de captage d'eau, en particulier sur la face arrière des murs de digues où l'humidité du sol est plus profonde. Les jeunes plants doivent être protégés de la sécheresse par l'arrosage pendant quelques années jusqu'à ce qu'ils soient capables de survivre par eux-mêmes. La plus grande menace pour l'établissement des parcs à bois



Une image satellite de la NASA montrant les arbres en rouge et les limites des terres cultivées; notez l'enceinte du village en bas à gauche de la carte

est le broutage par les troupeaux d'animaux domestiqués et sauvages errants, et les plantules doivent parfois être protégés par l'érection de barrières et les règlements communautaires relatifs au pâturage. La transition des terres cultivées ouvertes en voie de dégradation vers des parcs arborés productifs doit être insérée dans le cadre des efforts de développement agricole, tant du point de vue de la sécurité alimentaire que de l'action climatique, mais elle implique également le renforcement des capacités au niveau communautaire et des services de vulgarisation. La biomasse des arbres dans des parcs verts contribue directement à l'accumulation de carbone au niveau du paysage et aux engagements des pays envers la compensation des gaz à effet de serre.



Un ambitieux projet de restauration de 2 million hectares des terres dégradées dans 11 pays situé au Sahel et à la Corne de l'Afrique

Technologie 16. Gestion Améliorée des Parcours Arides

L'élevage est une entreprise critique dans le Sahel et d'autres zones arides en Afrique, mais le surpâturage a provoqué une grave dégradation des terres. Le bétail, les moutons et les chèvres sont vus comme une richesse parmi les pasteurs vivant dans des zones trop sèches pour l'agriculture et il y a des stratégies pour améliorer le pâturage et les fourrages que ces terres fournissent. Les technologies de récupération d'eau présentées dans ce catalogue peuvent être utilisées sur des terres non cultivées ainsi que celles plantées avec des espèces graminées et brouillages améliorés, en particulier à proximité des abreuvoirs où les animaux se concentrent semblablement dans la saison sèche.



Pâturage amélioré établi près d'un point d'eau

Certaines nouvelles cultures comme le cactus *Opuntia* sans épines peuvent être plantées dans ces zones aussi pour servir de nourriture d'urgence en cas de sécheresse grave. Vu l'importance de l'élevage, une grande partie des terres au Sahel sont cultivées en rotation avec des pâturages. De plus, les tiges et chaumes des céréales sont pâturés suite à la récolte du mil, du sorgho et du maïs, et ensuite le fumier qui y est déposé augmente la fertilité de ces terres. Cette forme d'exploitation est robuste tant que les intervalles de rotation sont suffisamment longs, mais commence à se dégrader si les cultures deviennent trop fréquentes. Une manière de renforcer les systèmes associant de l'agriculture et l'élevage est d'améliorer ces pâturages rotatifs en utilisant des graminées annuelles ou pérennes. Ces graminées fournissent non seulement de la nourriture pour le bétail, mais elles fournissent également une couverture végétale qui diminue l'érosion éolienne et hydrique. La plus grande menace à la dégradation des terres se trouve autour des abreuvoirs où les animaux se rassemblent. Des technologies sont disponibles pour réhabiliter et mieux gérer ces zones plus sensibles.

Les méthodes d'amélioration de la gestion des terres de parcours se répartissent en quatre catégories générales qui sont préférablement intégrées pour une efficacité accrue. Les mesures agronomiques sont liées aux cultures annuelles dans une séquence de rotation et sont non permanentes et de courte durée. Les mesures végétales comprennent l'utilisation de graminées vivaces, d'arbustes ou d'arbres et sont de longue durée. Les mesures infrastructurelles réduisent l'érosion et captent l'eau, peuvent modifier la pente du terrain de façon permanente. Les mesures de gestion font référence à un changement profond de l'utilisation des terres et peuvent être dirigées par des interventions politiques.

L'amélioration de la gestion des parcours arides serait mieux gérée communautairement à là où leur propriété est collective. En règle générale, cela écarte les risques de conflits entre l'agriculture et l'élevage qui déclenchent bien souvent des graves malentendus sociaux. Dans le cas des terres à gestion communautaire, les zones les plus proches du village sont utilisées exclusivement pour l'agriculture tandis que les zones plus éloignées sont cultivées et pâturées en rotation, et ce sont ces terres qui devraient être visées pour amélioration. Les membres de la communauté pourraient être incités à consacrer du travail et des ressources à l'amélioration des pâturages après la culture. L'amélioration des parcours est la plus pertinente aux vastes étendues de terres qui se trouvent entre les terrains communaux, ou dans les extrêmes du Sahel plus secs, où la culture du mil est trop risquée.

La réhabilitation des parcours est meilleure à l'échelle du paysage, en commençant autour des zones d'abreuvement, puis en s'avancant vers l'extérieur. Les structures incitatives pour cette amélioration des parcours peuvent également être centrées autour des marchés à bétail où les éleveurs se rassemblent. La production de charbon de bois est une entreprise des bergers qui complique le problème de la dégradation des terres. Des stratégies de production durable de charbon de bois sont disponibles et peuvent être stimulées par des compensations carbone. Dans des cas où les parcours sont gravement endommagés, les bergers doivent être interdits d'accès afin que ces terres puissent récupérer. De même, les zones tampons qui renferment des terres protégées doivent être activement protégées. La réhabilitation des sols est une question très complexe et tout un catalogue de technologies pourrait être préparé autour de celle-ci, donc cette rubrique sert plutôt comme une introduction au problème. Pour la plupart, la dégradation des terres à cause du surpâturage présente un défi massif et difficile à travers le Sahel et les projets de développement doivent veiller à inclure cette problématique dans leurs interventions.



Des stratégies sont disponibles pour contrôler la dégradation des sols autour des points d'eau

Technologie 17. Production et Utilisation Locales de Biogaz

Cette technologie fait référence à la production de gaz combustible dans des digesteurs à petite échelle au niveau des ménages. Elle est basée sur l'utilisation de déchets organiques de résidus végétaux et animaux qui sont décomposés dans des cuves anaérobies d'une manière qui conduit à la formation de biogaz, comme le méthane, et d'un sous-produit de boue digérée utile comme engrais organique et amendement du sol. Le principe des systèmes de digestion anaérobie est assez simple: un substrat organique dilué va dans un réacteur anaérobie où les parties gazeuses et solides sont séparées, les gaz s'élèvent et sont collectés par une sortie pour être brûlés comme gaz de cuisson et les sédiments boue se déposent au fond comme des boues pour une collecte manuelle ultérieure.

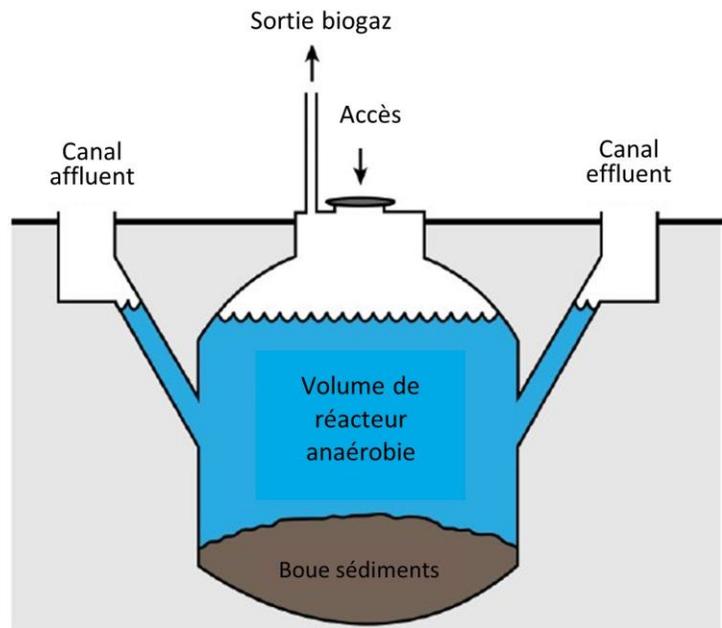


Schéma d'un réacteur anaérobie souterrain produisant du biogaz à partir de déchets agricoles

L'attrait pour cette technologie s'accroît à travers toute la zone sahélienne grâce à ses avantages socio-économiques et environnementaux, et elle a démontré sa capacité à améliorer la vie des ménages ruraux qui autrement font la cuisine avec du bois, du charbon de bois ou du kérosène acheté.

La diversification de l'approvisionnement énergétique crée des opportunités économiques pour ceux qui construisent et équipent ces digesteurs, elle réduit la pollution environnementale et la déforestation due à la collecte de bois de chauffage et à la fabrication de charbon de bois, et par ailleurs renforce la séquestration du carbone dans les sols amendés avec les déchets organiques digérés. La séquestration du carbone est également obtenue par la substitution d'une énergie recyclable par la production de méthane par rapport à la dépendance aux combustibles fossiles.



Un réacteur à biogaz en surface; notez le tuyau utilisé pour purger les gaz au sommet de la cuve

Le biocarburant est un carburant dérivé de la biomasse, en l'occurrence des résidus de cultures et d'animaux produits dans des systèmes agricoles à petite échelle. Le biogaz peut être produit dans toutes sortes de récipients positionnés au-dessus ou en-dessous du sol. Ces réacteurs peuvent être fabriqués à partir de barils métalliques, construits en béton ou achetés en tant qu'unités complètes. Il y a plusieurs conditions préalables à la production de biogaz: elle doit être faite dans un environnement scellé et hermétique sinon des gaz seront perdus dans l'atmosphère; la digestion doit être réalisée dans un environnement riche en eau pour garantir la génération des produits gazeux préférés; les températures ne peuvent pas être trop froides (par exemple $<20^{\circ}\text{C}$) ou trop chaudes ($>50^{\circ}\text{C}$); la cuve doit maintenir un pH presque neutre ou légèrement acide pour favoriser la méthanogènes par les micro-organismes ; et les ressources organiques utilisées doit avoir un quotient carbone/azote d'environ 25:1. Quand ces conditions sont remplies, les gaz sont produits et collectés de manière fiable. Dans les régions plus fraîches, les digesteurs sont installés sous terre pour maintenir des températures favorables à la digestion. L'acidité des cuves a tendance à diminuer avec le temps en raison de la production d'acides organiques. Les ressources organiques comme des fumiers d'animaux fonctionnent mieux grâce à leurs teneurs nutritives équilibrés. Dans les systèmes plus avancés, on ajoute un deuxième réservoir où le gaz est recueilli et sa pression maintenue par déplacement d'eau.



Cuisiner avec du biogaz produit à partir de déchets agricoles; notez le manomètre et les valves

La production de biogaz doit être considérée dans le cadre d'une série d'options de développement rural visant à éduquer les parties prenantes et à construire l'infrastructure dont elles ont besoin. Cette technologie nécessite des investissements et des compétences considérables par rapport à d'autres pratiques d'adaptation et d'atténuation climatique, mais une fois qu'elle entre dans une communauté rurale, elle se propage rapidement en raison de ses résultats bénéfiques. Dans des environnements plus avancés, le gaz méthane peut être pressurisé et utilisé à des fins alternatives telles que la production d'électricité. Cet article de catalogue traitant de la production et de l'utilisation du biogaz produit localement sert d'introduction à sa faisabilité, et des comptes rendus plus détaillés de la conception des réacteurs et de l'utilisation du biogaz sont disponibles ailleurs.



Un générateur d'électricité pour le biogaz

Conclusion: Technologies d'Action Face au Climat dans les Zones Arides

Il existe un lien étroit entre les technologies de gestion des sols et de l'eau des zones arides disponibles pour les petits agriculteurs et la nécessité d'une action climatique au Sahel et ailleurs. Dans le contexte de la réduction des risques, de nombreuses technologies figurant dans ce catalogue sont destinées à s'adapter aux extrêmes climatiques, en particulier aux températures plus élevées, à la sécheresse modérée et aux précipitations irrégulières et intenses. Ces technologies d'adaptation sont particulièrement importantes au niveau des champs et des ménages. Les agriculteurs qui captent mieux les précipitations (voir les technologies 5, 6, 7 et 8) ou protègent les sols de leurs cultures contre l'érosion éolienne et hydrique (voir la technologie 12) sont mieux à même de nourrir leur famille. Il en va de même pour les communautés qui adoptent et échangent des semences améliorées de céréales à pollinisation libre telles que le millet et le sorgho (voir les technologies 1 et 2). De cette manière, l'adaptation aux extrêmes climatiques permet de « réduire » les gaz à effet de serre qui s'accumulent dans l'atmosphère.

Les effets d'atténuation les plus directs consistent à augmenter la biomasse sur pied et à gérer cette biomasse de manière à ce qu'elle soit séquestrée dans la matière organique du sol. Cela est facilement réalisable grâce à l'utilisation de pratiques améliorées de gestion des sols et de l'eau sur de vastes étendues de terre pendant une durée suffisante pour réaliser les gains. En général, environ 50 % de l'augmentation de la productivité est du carbone et une petite proportion de celui-ci entre dans le sol sous



Sous-étage arachidier dans un parc cultivé du Sénégal

forme de résidus pour une rétention à plus long terme. Un moyen d'augmenter considérablement la biomasse sur pied est de passer de l'agriculture pluviale à l'agriculture irriguée, un autre est de réhabiliter les terres qui sont dégradées et surpâturées. Il est possible de combiner des technologies d'adaptation et d'atténuation, comme lorsque des digues destinées à capter l'eau et à réduire l'érosion sont plantées de végétation pérenne. De même, les mêmes structures de contour utilisées pour protéger les terres cultivées peuvent être construites dans les pâturages adjacents afin de favoriser le rétablissement de la végétation

indigène. Dans le même temps, les gains de carbone dans les terres de parcours doivent être mis en équilibre avec l'augmentation de la capacité de charge du bétail et le méthane qu'il libère par digestion.

La transition régulière de la culture en plein champ vers des parcs gérés, souvent par l'introduction d'arbres économiquement utiles, constitue une opportunité substantielle de gains de carbone dans les paysages. Les techniques agroforestières permettant de réaliser cette transition sont bien décrites. La revégétalisation a une dimension transnationale grâce à l'ambitieuse initiative de la Grande Muraille verte du Sahel et du Sahara, qui vise à faire obstacle à la désertification. Une autre réponse proactive en matière d'atténuation passe par la bio-digestion en termes de remplacement des combustibles fossiles. L'un des grands avantages de l'atténuation par rapport à l'adaptation est que les gains de carbone quantifiés peuvent ensuite être mis en vente et échangés avec les pollueurs comme condition à la poursuite de leurs émissions. Un autre avantage est qu'ils peuvent être appliqués aux contributions déterminées au niveau national des pays dans le cadre des accords sur le climat (par exemple, la CCNUCC, les accords de Paris).

TAAT, Votre Courtier en Technologie de Choix

TAAT offre ses services pour faire progresser l'agriculture modernisée. Elle s'occupe d'un large éventail de technologies nécessaires et les regroupe par le biais d'un processus de co-conception en solutions gagnantes. Il reconnaît que l'agriculture modernisée sera le principal moteur de la croissance économique dans les zones arides cultivées d'Afrique. Le changement vise non seulement à assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle, mais aussi à respecter les obligations découlant des accords sur le climat, ce qui permet aux efforts de collaboration de mieux combiner les intérêts mondiaux, nationaux et communautaires. TAAT opère dans une perspective unique pour mobiliser des solutions innovantes grâce à un meilleur partenariat qui inclut un courtage technologique honnête et un développement efficace et évolutif des compétences à travers cinq mécanismes clés.

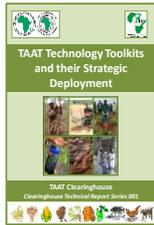
- ☑ **Une compréhension unique:** Une expertise est offerte dans les domaines de la caractérisation du site et de l'identification des problèmes.
- ☑ **Des solutions innovantes:** Un leadership est assuré en matière de courtage technologique et de regroupement de solutions sur la base d'un portefeuille dynamique de technologies candidates.
- ☑ **Un meilleur partenariat:** Une assistance est proposée pour une meilleure co-conception et une meilleure gestion des projets favorisant la transformation de l'agriculture.
- ☑ **Des approches reproductibles:** Une assistance est disponible pour améliorer les compétences en matière de courtage technologique et de gestion de projet par le biais d'une formation personnalisée des formateurs.
- ☑ **Un courtage honnête:** Une capacité indépendante d'évaluation de l'impact et d'apprentissage constructif est obtenue grâce à un suivi et une évaluation standardisés.

Ces mécanismes de partenariat sont appliqués aux technologies présentées dans ce catalogue de la manière suivante:

- 1. Accès aux variétés améliorées de cultures de zones arides.** Les dernières variétés améliorées de céréales sont disponibles auprès de TAAT pour être testées et approuvées, ainsi qu'une aide à la conception de systèmes de semences. Ces services sont organisés par TAAT avec ses Compacts partenaires.
- 2. Conservation de l'eau et du sol.** La collecte de l'eau et la conservation du sol sont essentielles à l'agriculture en zone aride sur des sols exposés à la sécheresse et à l'érosion. TAAT peut aider à l'incorporation d'incitations à la participation des parties prenantes dans les travaux publics communautaires.
- 3. Optimiser les possibilités d'irrigation.** L'irrigation est la clé de la production agricole tout au long de l'année dans les zones arides. Quels que soient l'échelle et l'objectif, TAAT et son partenaire IWMI sont bien placés pour aider les projets d'infrastructure et leurs communautés bénéficiaires.
- 4. Gestion intégrée de la fertilité des sols.** De nombreux sols des zones arides sont pauvres en nutriments et nécessitent des approches innovantes pour la gestion de la fertilité. TAAT peut aider à la conception de solutions intégrées pour la gestion de la fertilité des sols grâce à ses partenariats avec l'IITA et l'IFDC.
- 5. Transformation au niveau des systèmes.** TAAT offre des technologies qui sont prêtes à profiter aux agriculteurs aujourd'hui, mais il reconnaît également le besoin plus large de transformer les systèmes agricoles et alimentaires au fil du temps. En effet, TAAT et tous ses partenaires possèdent une expertise et sont engagés dans l'action climatique en relation avec le développement rural.

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

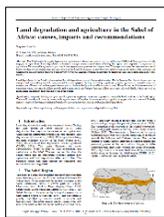
Sources d'Information



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



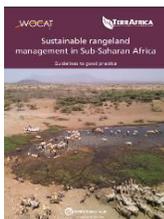
USAID. 2014. **Agricultural Adaptation to Climate Change in the Sahel: A Review of Fifteen Crops Cultivated in the Sahel.** USAID, Washington DC, USA. 101 pp.



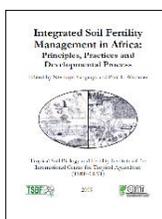
Doso, S. 2014. **Land degradation and agriculture in the Sahel of Africa: causes, impacts and recommendations.** Journal of Agricultural Sciences and Applications 3, pp. 67-73.



Fatondji, D., Martius, C., Vlek, P.L.G., Biielders, C.L., and Bationo, A. 2011. **Effect of Zai Soil and Water Conservation Technique on Water Balance and the Fate of Nitrate from Organic Amendments Applied: A Case of Degraded Crusted Soils in Niger.** In: Innovations as Key to the Green Revolution in Africa. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 1352 pp.



Liniger, H.P., and Mekdaschi Studer, R., 2019. **Sustainable rangeland management in Sub-Saharan Africa – Guidelines to good practice.** World Bank, Washington D.C., USA. 408 pp.



Sanginga, N., and Woomer, P.L. (eds.). 2009. **Integrated Soil Fertility Management in Africa: Principles, Practices and Developmental Process.** Tropical Soil Biology and Fertility Institute of the International Centre for Tropical Agriculture. Nairobi, Kenya. 263 pp.

Remerciements

Ce catalogue de boîtes à outils technologiques résulte d'un mélange unique de deux efforts parallèles; le Programme « Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique » (TAAT) et la Plateforme de Produits pour les Solutions Agricoles (ProPAS). Paul L. Woomer et Dries Roobroeck du Bureau de Coordination Technique du TAAT ont compilé ce catalogue. Des révisions ont été faites par les responsables des compacts TAAT: Dougbedji Fatondji de l'ICRISAT pour le mil et le sorgho, Zewdie Bishaw de l'ICARDA pour le blé, Jonga Munyaradzi de l'AATF pour le maïs, Sander Zwart de l'IWMI pour la gestion de l'eau, Jean Ekwe Dossa de l'IFDC et Bernard Vanlauwe de l'IITA pour la gestion de la fertilité des sols. Les équipes des Compacts font la mise à l'échelle des technologies présentées dans ce catalogue à travers l'Afrique. Le Bureau de Coordination Technique du TAAT est financé par 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 visiter son site internet à l'adresse <https://www.iita.org/technologies-for-african-agricultural-transformation-taat/>.



La Série de Catalogues de Boîte à Outils des Technologies de TAAT

Des technologies supplémentaires pour six produits agricoles sont disponibles dans la série de catalogues des boîtes à outils de technologies TAAT. Les catalogues pour la patate douce à chair orange, le manioc, le riz, le maïs, le haricot et le blé sont disponibles 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 la Patate Douce à Chair Orange. Il présente dix technologies qui modernisent la production et la transformation de la patate douce biofortifiée (28 pages).

Catalogue de la Boîte à Outils des Technologies sur le Manioc. Il présente douze technologies pour moderniser la production et la transformation du manioc en Afrique (36 pages).

Catalogue de Boîte à Outils des Technologies sur le Riz. Il présente dix technologies pour moderniser la production et la transformation du riz en Afrique (44 pages).

Catalogue de la Boîte à Outils des Technologies sur le Maïs. Il présente dix technologies pour moderniser la production et le traitement post-récolte du maïs tolérant à la sécheresse (32 pages).

Catalogue de la boîte à Outils des Technologies sur le Blé. Ce catalogue présente dix technologies permettant de moderniser la production et le traitement post-récolte du blé en Afrique (44 pages).



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

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

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

Photos de la couverture arrière: Millet perlé à maturité de récolte (à gauche) et sorgho à maturité de récolte (à droite). Crédit photographique: Riki Trader et BioInnovate Africa

Technologies Climato-intelligentes pour le Sahel et la Corne de l'Afrique



En collaboration avec

