



ÉCHANGE D'EXPÉRIENCES SUR LE COTONNIER



**Les espèces végétales
de couverture du sol
destinées à la culture
du coton en semis direct**



INSTITUT D'ÉCONOMIE RURALE



Embrapa



*Entreprise Brésilienne de Recherche Agricole
Secrétariat des Relations Internationales
Embrapa Coton
Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de l'Approvisionnement
Institut National des Recherches Agricoles du Bénin
Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
Institut d'Économie Rurale
Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement*

Les espèces végétales de couverture du sol destinées à la culture du coton en semis direct

*Embrapa
Brasília, DF, Brésil
2013*

Vous pouvez obtenir cet ouvrage dans les centres ci-dessous :

Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)
01 BP. 884 Cotonou
Tél. : (229) 2130-0264/(229) 2130-0326

Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)
04 BP. 8645 Ouagadougou. 04
Tél. : +226 5034-0270/5034-0271
www.nera.bf

Institut d'Économie Rurale (IER)
Rua Mohamed V, BP 258, Bamako
Tél. : +223 2022-2606/2022-3775
www.ier.gouv.ml

Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD)
BP 5400 N'Djamena
Tél. : +235 252-0101/253-4163

L'unité responsable de l'édition
Embrapa Information Technologique

Coordination d'édition
Selma Lúcia Lira Beltrão
Lucilene Maria de Andrade
Nilda Maria da Cunha Sette

Supervision éditoriale
Josmária Madalena Lopes

Révision des textes
Rafael de Sá Cavalcanti

Normes bibliographiques
Márcia Maria Pereira de Souza

Graphisme et Couverture
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

1^{ère} édition
1^{ère} impression (2013) : 2.400 exemplaires

Les centres responsables des contenus

Secrétariat des Relations Internationales

Embrapa Coton (www.cnpa.embrapa.br)

Institut National des Recherches Agricoles du Bénin

Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

Institut d'Économie Rurale

Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement

L'unité responsable de la coopération technique internationale de l'Embrapa
Secrétariat des Relations Internationales

Tous droits réservés

Toute reproduction de cette publication, en tout ou en partie, constitue une violation des droits d'auteur (Loi n° 9.610).

Données internationales de catalogage avant publication (CIP)
Embrapa Information Technologique

Les espèces végétales de couverture du sol destinées à la culture du coton en semis direct / [Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira ... et al.] – Brasília, DF, Brésil : Embrapa, 2013.
54 p. : ill. color. ; 16 cm x 22 cm. . – (Échange d'expériences sur le cotonnier).

ISBN 978-85-7035-190-6

I. Ferreira, Alexandre Cunha de Barcellos. II. Entreprise Brésilienne de Recherche Agricole. III. Secrétariat des Relations Internationales. IV. Embrapa Coton. V. Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de l'Approvisionnement. VI. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin. VII. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles. VIII. Institut d'Économie Rurale. IV. Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement.

CDD 633.3063

© Embrapa 2013

Les auteurs

Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira

Ingénieur agronome, docteur en Phytotechnie, chercheur à l'Embrapa
Coton, Campina Grande, PB, Brésil

alexandre-cunha.ferreira@embrapa.br

Ana Luiza Dias Coelho Borin

Ingénieur agronome, docteur en Science du Sol, chercheuse à l'Embrapa
Coton, Campina Grande, PB, Brésil

ana.borin@embrapa.br

Fernando Mendes Lamas

Ingénieur agronome, docteur en Production Végétale, chercheur à
l'Embrapa Agriculture Zone Ouest, Dourados, MS, Brésil

fernando.lamas@embrapa.br

Julio Cesar Bogiani

Ingénieur agronome, docteur en Agriculture, chercheur à l'Embrapa
Coton, Campina Grande, PB, Brésil

julio.bogiani@embrapa.br

Gilvan Barbosa Ferreira

Ingénieur agronome, docteur en Sols et Nutrition de Plantes, chercheur à
l'Embrapa Coton, Campina Grande, PB, Brésil

gilvan.ferreira@embrapa.br

Fagaye Sissoko

Ingénieur agronome, doctorat en Sciences du Sol, responsable des essais agronomiques du Programme Coton, Institut d'Économie Rurale (IER), Centre Régional de Recherche Agronomique (CRRA) de Sikasso, Sikasso, Mali
fagaye_sissoko@yahoo.fr

Bazoumana Koulibaly

Ingénieur agronome, doctorat unique (Sciences du Sol), chef de section agronomie et techniques culturelles à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Direction Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles (DRREA), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso
bazoumana@hotmail.com

Germain Fayalo

Ingénieur agronome, Protection des Végétaux, titulaire du D. E. A., Biologie Végétale Appliquée, Centre de Recherche Agricole Coton et Fibres Textiles (CRA-CF), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Parakou, Bénin
germayalo@yahoo.fr

Isidore Amonmide

Ingénieur agronome, responsable des essais agronomiques de la zone centre et sud du Bénin et responsable de l'Antenne Centre et Sud du Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres Textiles (CRA-CF), Cana, Commune de Zogbodomey, Bénin
amonmide2005@yahoo.fr

Reoungal Djinodji

Ingénieur agronome système et master recherche en Agroéconomie, Master 2, chef de Programme Intensification, Diversification et Valorisation des Productions Végétales, Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD), Tchad
djinodji@yahoo.fr

Michel Naïtormbaïde

Ingénieur agronome, docteur en Développement Rural, Production Végétale, Science du Sol, chef de Centre Régional de Recherche Agronomique (CRRA), Station Bébédjia, Tchad

naitormbaide_michel@yahoo.fr

Gustave Dieudonné Dagbenonbakin

Ingénieur agronome, chargé de recherches en Fertilité des Sols et Nutrition des Plantes (CAMES), chef Division Agronomie, Cotonou, Bénin
dagust63@yahoo.fr

Karim Traore

Ingénieur agronome, Ph.D. en Production Ecology and Resources Conservation, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Direction Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles (DRREA), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

karim_traore@hotmail.com

José Geraldo Di Stéfano

Ingénieur agronome, master em Développement Durable, coordinateur du Projet Coton-4 à Bamako, Mali, analyste à Secrétariat des Relations Internationales de l'Embrapa, Brasília, DF, Brésil

jose.distefano@embrapa.br

Une histoire innovante

Le Brésil cherche à contribuer efficacement au développement durable en Afrique. La coopération technique brésilienne, dans un élan de solidarité et en l'absence de conditionnalités, consacre la moitié de son budget à ce continent. Quarante pays en bénéficient dans des domaines tels que la sécurité alimentaire, l'agriculture, l'éducation, les politiques sociales, le patrimoine historique et l'administration publique.

La croissance et le succès de la coopération internationale brésilienne avec l'Afrique peuvent s'expliquer par la manière dont cette activité est réalisée, avec la participation continue des autorités et des experts locaux. En outre, prévaut un souci permanent de toujours adapter nos expériences aux différents contextes et spécificités de chaque partenaire, ce qui rend unique chaque projet organisé par le Brésil, indépendamment du nombre de fois où il a déjà été mis en œuvre auparavant.

Parmi les initiatives dans l'agriculture, l'une des expériences les plus réussies de la coopération brésilienne est sans aucun doute le projet d'Appui au Développement du Secteur Cotonnier des Pays du Coton-4, provenant d'une demande émanant des membres du groupe (Bénin, Burkina Faso, Mali et Tchad) suite au contentieux portant sur le coton entre le Brésil et les États-Unis au sein de l'Organisation Mondiale du Commerce.

En assurant l'adaptation des variétés brésiliennes de coton, le transfert des techniques de plantation et de la recherche développée par le Brésil ainsi que la formation des experts des quatre pays, le Cotton-4 a été la première initiative issue de sa gamme de projets structurants que l'Agence Brésilienne de Coopération du Ministère des Relations Extérieures a réalisé sur le continent africain. En trois ans d'existence, le projet a permis d'adapter aux conditions naturelles de la région dix variétés de coton du Brésil tout en organisant des cours de formation dans les domaines du semis direct, l'amélioration génétique et la lutte intégrée contre les ravageurs.

Ce volume résume, en substance, la connaissance produite et consolidée à travers cet important projet de coopération. Cette publication jouera certainement un rôle central dans la diffusion de nouvelles techniques de culture de coton en collaboration avec les chercheurs et producteurs de ces pays. Je suis convaincu que l'expérience résumée ici se traduira par une augmentation de la productivité et de la qualité des cultures, générant ainsi une augmentation des revenus et une amélioration significative du niveau de vie de la population. Il n'est pas inutile de rappeler, l'objectif le plus important quant à notre rapprochement avec l'Afrique : la construction dans nos régions, de sociétés sachant allier la paix, le développement durable et la justice sociale en faveur d'un ordre international plus démocratique.

Antonio de Aguiar Patriota

Ministre des Relations Extérieures

Présentation institutionnelle

Le projet Appui au Développement du Secteur Cotonnier des Pays du Coton-4, qui se trouve maintenant à sa fin, est l'une des initiatives les plus ambitieuses et les plus réussies de l'Agence Brésilienne de Coopération du Ministère des Relations Extérieures dans le cadre de la coopération Sud-Sud. Au cours de ses quatre années d'existence, il a été responsable de la formation de centaines de techniciens et de l'adaptation de variétés brésiliennes de coton aux conditions naturelles de la région. Plus important encore, le projet a lancé un nouveau modèle de coopération, non seulement au niveau des résultats attendus, mais aussi par le modèle participatif et l'engagement rencontrés au sein de chaque institution participante.

Le Cotton-4, qui a débuté en 2009, a constitué le premier « projet structurant » coordonné par l'ABC et exécuté par l'Entreprise Brésilienne de Recherche Agricole (Embrapa). Durant cette période d'exécution, les chercheurs de l'Embrapa ont mis à disposition des informations, des techniques et des connaissances importantes dans les domaines du semis direct, l'amélioration génétique et la lutte intégrée contre les ravageurs qui ont été consolidées au Brésil et qui pourront être incorporées au système de production africain moyennant la réalisation d'ajustements et adaptations locales tout en respectant l'identité socioculturelle et les caractéristiques édaphoclimatiques de chaque pays.

Le nom de « projets structurant » que certaines initiatives de coopération menées par l'ABC reçoivent, se justifie par la création de centres de formation permanents, qui permettent l'augmentation des résultats et du nombre de bénéficiaires. Ces structures agissent également, de façon indirecte tel un facteur de renforcement des Etats et leurs capacités institutionnelles à travers un approvisionnement continu en ressources humaines qualifiées et l'intégration nationale, en raison de l'échange de techniques et de technologies provenant de l'ensemble du territoire.

Dans le cas de la station d'expérimentation revitalisée de Sotuba, au Mali, qui sert de siège au projet Coton-4, son rôle revêt une importance particulière. Bien qu'il existe des unités de démonstration de recherche développée au Bénin, au Burkina Faso et au Tchad, la station d'expérimentation revitalisée qui est située près de Bamako, fonctionne comme une grande vitrine des technologies de l'Embrapa, mais également comme un centre de diffusion de ces connaissances pour les pays de la région.

Depuis 2011, toutes les activités de formation sont menées au sein de la station avec des experts des quatre pays. À la fin de l'année 2012, quinze cours dans les domaines du semis direct, de l'amélioration génétique et de la lutte intégrée contre les ravageurs ont été conclus, impliquant environ deux cent cinquante techniciens. L'utilisation de la station expérimentale comme lieu d'apprentissage revêt un aspect stratégique, servant à la fois de rapprocher les techniciens des pays participants et de les aider à se familiariser avec l'emplacement et les équipements qu'ils continueront d'utiliser ensemble après l'achèvement du projet.

La présente publication est le résultat des essais adaptatifs effectués ainsi que de l'échange de connaissances réalisé entre le

Brésil par le biais de l'Embrapa et les pays du C-4, par le biais de leurs institutions partenaires du Projet: Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (INERA), du Burkina Faso, Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD) et l'Institut d'Economie Rurale (IER), du Mali.

Cette collection Échange d'expériences sur le cotonnier fonctionnera comme un véhicule didactique fondamental contenant des diagrammes, des photos et des explications faciles à comprendre afin de former des chercheurs et des démultiplificateurs. De cette façon, elle pourra être distribuée en cours et utilisée comme matériel de référence et de soutien pour les activités d'assistance technique et de vulgarisation rurale, en faisant part des expériences du projet dans chaque région de production des quatre pays.

C'est une immense satisfaction pour nous de pouvoir célébrer la remise de cette publication, dans la certitude qu'elle sera chargée de s'assurer que les bonnes pratiques du projet C-4 ne disparaissent pas avec l'achèvement de ses activités, mais que bien au contraire elles continuent à produire leurs fruits tout en ayant un impact positif sur la vie des personnes.

Fernando José Marroni de Abreu

Directeur de l'ABC

Maurício Antônio Lopes

Président de l'Embrapa

Sommaire

Introduction	15
Les caractéristiques souhaitables concernant les espèces de couverture du sol.....	19
Les principaux avantages des espèces de couverture du sol.....	21
La protection du sol	21
La fixation de l'azote	31
Les cycles de nutriments	32
L'amélioration de la structure du sol	36
Le contrôle des mauvaises herbes	40
Le contrôle de phytonématodes	42
Le maintien de l'humidité	43
Les contraintes de l'usage des espèces de couverture.....	45
La gestion des plantes de couverture	47
Considérations finales	49
Références	51

Introduction

Le semis direct (SD) est une technologie agricole contribuant de manière incontournable à la préservation des ressources naturelles. Si l'on compare au système conventionnel de labour et de gestion des sols, tous les deux caractérisés par la monoculture et le travail du sol (labour ou hersage), le SD permet de protéger et de garder la capacité productive des sols, d'empêcher l'érosion et d'en augmenter la teneur en matière organique, tout au long de son usage.

Le SD est un système de production comprenant trois principes de base : l'absence de labour des sols (ou ne devant se faire que de manière minimale sur l'emplacement du semis) ; la rotation de cultures et l'usage de plantes de couverture permettant de former et de garder de la paille sur le sol.

Le succès du SD relève de systèmes susceptibles de générer une quantité suffisante de matière sèche afin de garder le sol couvert de manière permanente. Mais une des difficultés concernant le SD pour la culture du coton, est que celle-ci a un cycle supérieur à 170 jours. Par conséquent, la quantité de paille pouvant être conservée sur la superficie du sol après la culture du coton est importante afin d'obtenir les avantages procurés par la couverture du sol.

Les pailles produites par les espèces de couverture et les résidus de récolte de cultures, telles que le maïs, le mil et le sorgho, créent des facteurs favorables à la réhabilitation et le maintien de la

qualité du sol. En ce qui concerne les résidus de récoltes, les animaux peuvent les utiliser comme aliment, mais cela réduit les effets de protection du sol. La formation et le maintien de la couverture morte constituent des contraintes importantes à la mise en oeuvre du semis direct dans les zones tropicales car les températures élevées, associées à la teneur en eau du sol, procurent la décomposition rapide de la biomasse accumulée (CARVALHO ; FERREIRA, 2007 ; GONÇALVES et al., 2010). De plus, dans plusieurs pays d'Afrique, les attaques de termites sur les résidus végétaux sur les sols sont fréquents (Figure 1). Afin de prévenir ces attaques (Figure 2), on doit y mettre en place des pratiques culturales et des variétés de maïs résistantes à la verse.

Photo : Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira



Figure 1. Les attaques des termites sur les résidus végétaux. Sotuba, Mali, 2011.



Photo : Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira

Figure 2. Pailles du maïs attaquées par les termites. Sotuba, Mali, 2011.

La couverture morte issue des résidus de récoltes et des mauvaises herbes est en général insuffisante pour assurer une couverture pleine du sol. Par conséquent, il est important d'étudier les espèces de plante de couverture, notamment les graminées, en association avec les légumineuses ou non, pour viabiliser la culture du coton en SD sur les différentes zones des pays tropicaux. Il est donc important également de connaître les caractéristiques souhaitables en vue du choix de ces espèces, les principaux avantages et les inconvénients des plantes de couverture.

Les caractéristiques souhaitables concernant les espèces de couverture du sol

Une plante de couverture doit satisfaire des exigences suivantes :

- Mise en place et adaptation faciles à l'environnement.
- Croissance rapide de la partie aérienne et des racines.
- Être tolérante au déficit en eau.
- Produire une quantité suffisante de matière sèche.
- Permettre de couvrir, de protéger et de garder le sol en vue d'un semis direct ultérieur du cotonnier.
- Ne pas être l'hôte des maladies, des ravageurs ou des phytonématodes des cultures faisant partie du système de production.

En plus :

- La mise à disposition des graines doit se faire facilement.
- La partie aérienne de l'espèce doit servir de source d'alimentation humaine ou animale.
- Contribuer à la gestion des mauvaises herbes, et ne pas envahir les cultures ultérieures.
- Être facile à gérer tant mécaniquement que chimiquement (herbicides) et notamment, ne pas intervenir sur la croissance du cotonnier.

Les principaux avantages des espèces de couverture du sol

Lors du choix des plantes de couverture doit être envisagé à fin de produire de la biomasse qui puisse persister sur le sol (KLIEMANN et al., 2006), de manière à ce que la paille puisse agir effectivement en faveur de la protection contre l'érosion hydrique et éolienne. De plus, la paille doit favoriser la rétention de l'eau du sol dans des conditions de stress hydrique, mais aussi mettre à disposition les cultures des nutriments par la minéralisation de la matière organique des espèces de couverture (NUNES et al., 2006). Les principaux avantages des espèces de couverture sont les suivantes.

La protection du sol

La couverture de la surface du sol en paille joue un rôle d'atténuation ou de dissipation d'énergie, et protège le sol contre l'impact direct des gouttes de pluie, agissant comme une barrière à la circulation de l'excédant d'eau ne s'infiltrant pas sur le sol et empêchant le transport des particules organiques et minérales par les inondations (HECKLER et al., 1998). Aussi, les résidus végétaux protègent le sol contre le réchauffement excessif et la perte en eau en raison d'une réflectivité élevée des radiations solaires et d'une faible conductivité thermique des déchets ; ils diminuent la plage thermique quo-

tidienne (JOHNSON ; LOWERY, 1985), alors que dans le système de semis conventionnel, les changements de température du sol entre le jour et la nuit sont élevés en raison de la forte incidence des radiations solaires pendant la journée et des pertes de chaleur du sol au cours de la nuit (GONÇALVES et al., 2010).

Afin d'assurer une couverture appropriée du sol, il faut avoir une quantité de matière sèche supérieure à 6.000 kg ha^{-1} (ALVARENGA et al., 2001 ; NUNES et al., 2006). Il faut souligner que les plantes de couverture doivent fournir suffisamment de matière sèche pour permettre d'effectuer le semis direct. Cette matière sèche doit rester sur le sol pendant tout le cycle du cotonnier. La présence permanente de biomasse sur le sol dépend de plusieurs facteurs dont la quantité de résidus présente sur le sol, sa capacité à se dégrader et les conditions environnementales (température et teneur en eau). Kliemann et al. (2006) ont montré que du point de vue de la décomposition, les pailles les plus fragiles et moins persistantes sont les suivantes, dans l'ordre décroissant : herbe fataque > sorgho > mil > stylosanthes > pois d'Angole > brachiaria toute seule > brachiaria en association (de la paille moins persistante).

Lamas (2007) a étudié la production et la persistance de certaines espèces de couverture. Lors de la première évaluation de *Brachiaria ruziziensis* (*Urochloa ruziziensis*), au mois de juillet 2004, la plante a produit $10.300 \text{ kg ha}^{-1}$ de matière sèche ; cinq mois après, la paille persistante sur le sol s'élevait à 9.200 kg ha^{-1} ; trois mois après, soit environ 70 jours après le semis du cotonnier, il y avait encore 7.900 kg ha^{-1} ; et un an et deux mois après la première évaluation, ou environ 60 jours après la récolte du cotonnier, la matière sèche de brachiaria qui protégeait le sol était de 5.960 kg ha^{-1} . La quantité restante de matière sèche de brachiaria en association avec crotalaire

et de brachiaria en association avec le pois d'Angole, en 14 mois, était de 49,3% et de 63,75%, respectivement. Pour ce qui est des autres espèces, telles que le millet, le sorgho, le mil rouge (*Eleusine coracana*), le pois d'Angole et la crotolaire, dans des cultures sans association, se sont complètement décomposées avant la récolte du coton.

Suite à une étude portant sur plusieurs espèces de couverture (Tableau 1) semées après la récolte de soja à cycle précoce, Ferreira et al. (2010) ont montré que la production et la persistance les plus importantes de la paille sur le sol pendant la culture du cotonnier en SD ont été celles de l'espèce *Panicum maximum* cv. Tanzanie, suivie d'*Urochloa decumbens*, *Sorghum bicolor* cv. BRS 700, *Urochloa brizantha* cv. Piat ã, *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Urochloa brizantha* cv. MG4, *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, *Panicum maximum* cv. Mombaça, *Panicum maximum* cv. Massai, *Paspalum atratum* cv. Pojuca, *Sorghum bicolor* cv. Santa Eliza, *Pennisetum glaucum*, *Crotalaria spectabilis*, le mil rouge (*Eleusine coracana*) et des mauvaises herbes (jachère).

Dans le cadre d'une autre étude, Ferreira et Lamas (2010) ont montré que les espèces *Urochloa ruziziensis*, *U. ruziziensis* en association avec *Crotalaria juncea*, *Urochloa ruziziensis* en association avec *Crotalaria spectabilis* et *Pennisetum glaucum* en association avec *Raphanus sativus*, semées après la récolte de soja à cycle précoce, ont produit des quantités satisfaisantes de biomasse sèche pour le semis direct du coton. Selon les auteurs, la biomasse sèche d'*U. ruziziensis*, en pure ou en association avec *C. juncea* et avec *C. spectabilis*, a présenté une bonne persistance et procuré une bonne couverture du sol tout au long du cycle du cotonnier (Tableau 2). Suite à une évaluation effectuée 75 jours après le semis du cotonnier, ces mêmes auteurs ont trouvé que la couverture du sol a présenté le même comportement de la production de biomasse sèche, alors que la meilleure

Tableau 1. Rendement de matière sèche (kg ha^{-1}) des espèces utilisées pour la couverture du sol à des différents moments de l'évaluation.

Les espèces	Nombre de jours après la dessiccation				141
	0	70	100	141	
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzanie	16.647a	3.884a	2.793a	1.792abcde	
<i>Urochloa decumbens</i>	14.777ab	4.752a	3.247a	2.958a	
<i>Sorghum bicolor</i> cv. BRS 700	13.837ab	4.546a	2.896a	2.423abc	
<i>U. brizantha</i> cv. Marandu	12.451abc	4.708a	3.070a	2.223abcd	
<i>U. brizantha</i> cv. MG4	12.228abc	4.031a	2.907a	2.707ab	
<i>U. brizantha</i> cv. Piatã	10.671abcd	4.262a	3.158a	2.577ab	
<i>U. brizantha</i> cv. Xaraës	10.465abcd	3.622a	3.184a	2.591ab	
<i>P. maximum</i> cv. Mombaça	10.361abcd	3.758a	1.944a	1.855abcdé	
<i>Sorghum bicolor</i> cv. Santa Eliza	9.769abcd	2.901a	2.246a	2.027abcdé	
<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca	9.356abcd	4.047a	2.092a	1.374bcdé	
<i>P. maximum</i> cv. Massai	9.279abcd	3.349a	2.057a	1.939abcdé	
<i>Pennisetum glaucum</i> cv. ADR 500	8.604bcdé	3.001a	1.929a	1.599abcdé	
<i>Crotalaria spectabilis</i>	5.840cde	2.840a	2.419a	777e	
<i>Eleusine coracana</i>	3.602de	3.065a	1.537a	1.075cde	
Jachère ⁽¹⁾	2.648e	1.975a	903a	911de	
Moyenne	10.036	3.674	2.445	1.933	
Coefficient de variation (%)	30,50	30,51	39,99	26,69	

Les valeurs suivies de la même lettre dans la colonne ne diffèrent pas entre elles selon le test de Tukey à 5% de probabilité.

⁽¹⁾ Biomasse sèche relative aux mauvaises herbes.

Source : Ferreira et al. (2010).

Tableau 2. Biomasse sèche (kg ha^{-1}) des espèces végétales de couverture avant la dessiccation – 30 jours avant le semis (JAS), 113 et 175 jours après la levée (JAL) du cotonnier, et pourcentage (%) de couverture du sol 75 JAL.

Les espèces de couverture	Biomasse sèche (kg ha^{-1})			% de couverture du sol
	30 JAS	113 JAL	175 JAL	
<i>Urochloa ruziziensis + C. spectabilis</i>	8.417a	7.783a	5.478a	92,8a
<i>Urochloa ruziziensis</i>	8.183a	7.497a	4.926a	92,5a
<i>U. ruziziensis + C. juncea</i>	9.067a	7.417a	5.704a	89,2a
<i>Sorghum bicolor + C. spectabilis</i>	4.167b	4.100b	1.175b	79,4b
<i>Sorghum bicolor</i>	5.033b	3.683b	1.455b	78,3b
<i>Pennisetum glaucum + C. juncea</i>	4.183b	3.317b	1.726b	76,9b
<i>P. glaucum + C. spectabilis</i>	4.783b	3.150b	1.596b	74,7b
<i>Pennisetum glaucum</i>	5.200b	4.050b	2.422b	74,7b
<i>Eleusine coracana + C. juncea</i>	4.733b	3.233b	1.088b	71,1c
<i>Sorghum bicolor + C. juncea</i>	4.583b	3.183b	1.363b	70,6c
<i>Pennisetum glaucum + Raphanus sativus</i>	6.817a	3.333c	1.645b	70,3c
<i>Crotalaria juncea</i>	4.517b	-	-	67,5c
<i>Eleusine coracana</i>	3.217b	1.617c	902b	67,2c
<i>Eleusine coracana + C. spectabilis</i>	4.233b	3.067b	1.126b	66,4c
<i>Crotalaria spectabilis</i>	4.017b	2.383b	906b	62,5c
<i>Avena strigosa</i>	1.700c	-	-	60,8 ⁽¹⁾ c
Jachère	883c	-	-	53,3 ⁽¹⁾ d
<i>Avena strigosa + Raphanus sativus</i>	-	-	-	31,7 ⁽¹⁾ e
<i>Raphanus sativus</i>	-	-	-	26,7 ⁽¹⁾ e
Coefficient de variation (%)	36,7	29,6	39,7	15,1

Les groupes de moyenne suivis de la même lettre dans la colonne ne diffèrent pas entre eux selon le test de Scott-Knott à 5%.

⁽¹⁾ Pourcentage de couverture présenté par les mauvaises herbes traitées avec des herbicides.

Source : Ferreira et Lamas (2010).

couverture du sol, supérieure à 80% de la surface, a été fournie par les espèces ayant une production plus importante de biomasse (*U. ruziziensis*, *U. ruziziensis* en association avec *C. juncea* et *U. ruziziensis* en association avec *C. spectabilis*) (Tableau 2). Ces mêmes auteurs ont également montré, 175 jours après le semis du cotonnier et suite à la récolte, que la quantité de biomasse sèche sur la surface du sol était supérieure à 4.900 kg ha^{-1} , pour ce qui est des traitements présentant *U. ruziziensis* comme espèce de couverture. Les résidus des graminées, du fait qu'ils présentent une relation carbone/azote (C/N) élevée, se décomposent plus lentement et restent davantage de temps sur le sol ; cela permet de réduire l'érosion, ce qui est très important, notamment dans les régions tropicales favorisant la décomposition des résidus des récoltes (CARVALHO et al., 2009 ; PIRES et al., 2008).

Une alternative concernant la culture de la brachiaria se fait en association avec celle du maïs. Dans ce système, les graines d'*Urochloa* sp. peuvent être mélangées avec des fertilisants appliqués lors de la fertilisation sur couverture (Figures 3 et 4) ou avec l'engrais de semis pour ce qui est du maïs. Braz et al. (2010) ont vérifié que 107 JAL, la brachiaria plantée en association avec le maïs a produit 4.730 kg ha^{-1} de matière sèche, sans prendre en compte les résidus de maïs qui sont restés après la récolte. Dans ce cas-là, il faut normalement utiliser de faibles doses d'herbicides pour des graminées, tels que le nicosulfuron ou le tembotrione, afin d'empêcher que la croissance de brachiaria concurrence la production de maïs (SILVA et al., 2004). Par contre, si le semis de la brachiaria se fait plus tard par rapport à celui du maïs, il sera plus difficile de la mettre en place, et son efficacité à produire de la biomasse sera moins importante. Le meilleur choix est de mélanger les graines d'*U. ruziziensis* ou d'*U. brizantha* avec le fertilisant et les mettre dans le sol lors de la première fertilisation de

couverture, notamment lorsque celle-ci se fait 15 JAL du maïs. Les graines pourront germer sans concurrencer le maïs. Cependant, les plantules seront moins vigoureuses, étiolées, et présenteront un nombre moins importants de tiges et par conséquent un taux moins important de surface foliaire (PORTES et al., 2000). Mais plus tard, à la sénescence et la récolte du maïs, *Urochloa* sp. aura d'espace et de lumière pour croître et pour produire de la biomasse (Figures 5 et 6) en fonction de la disponibilité en eau.



Photo : Bazzoumana Koulibaly

Figure 3. Culture de maïs en association avec *Urochloa ruziziensis*. Farakoba, Burkina Faso, 2011.

Photo : Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira



Figure 4. Culture de maïs en association avec *Urochloa ruziziensis*. Sotuba, Mali, 2010.



Photo : Ana Luiza Dias Coelho Borin

Figure 5. Culture de maïs en association avec *Urochloa ruziziensis*. Sotuba, Mali, 2011.

Photo : Ana Lúiza Dias Coelho Borin



Figure 6. Culture de maïs en association avec *Urochloa brizantha* cv. Piatã. Sotuba, Mali, 2011.

Du fait de leur persistance plus importante, les graminées sont davantage choisies comme la culture de couverture semée avant celle du cotonnier. De plus, elles présentent d'autres caractéristiques souhaitables telles que le contrôle des mauvaises herbes et de certaines espèces de nématodes (LAMAS ; STAUT, 2005). Cependant, la relation C/N élevée présentée par les graminées réduit la vitesse de décomposition de leurs résidus ainsi que le taux de libération de nutriments au sol ; cela peut même produire l'immobilisation microbienne de N (SILVA et al., 2006).

La fixation de l'azote

L'utilisation de légumineuses comme espèce de couverture du sol est un choix intéressant car il y en a qui présentent une fixation biologique de l'azote (FBA) très importante. L'introduction des légumineuses ou des plantes pouvant recycler l'azote, comme les plantes de couverture, améliore la fertilité du sol, met à disposition de l'azote aux autres espèces cultivées et peut réduire la dose de N de 50% (AMADO et al., 2003 ; LOPES et al., 2004 ; SISTI et al., 2004). Des études impliquant des légumineuses ont été menées en SD par Ferreira et al. (2010) et Ferreira et Lamas (2010), certaines espèces évaluées, telles que *Crotalaria spectabilis* et *Crotalaria juncea*, se sont montrées prometteuses grâce à leurs capacités à produire de la biomasse et à fixer de l'azote, mais aussi à leurs faibles ratios C/N, donc un taux important de décomposition et de minéralisation des nutriments, notamment l'azote.

Une autre légumineuse, le pois d'Angole (*Cajanus cajan*), se développe très bien dans les conditions tropicales ; en fonction des conditions édaphoclimatiques et de la variété, sa partie aérienne peut dépasser 3 m d'hauteur. Le pois d'Angole présente une teneur

très importante en protéine (20%) pouvant contribuer à la nutrition animale. En outre, il dispose de bonnes capacités d'enracinement, ce qui montre son potentiel d'absorption d'eau ainsi que le recyclage des éléments nutritifs des couches profondes du sol (BRAZ et al., 2010). Le stylosanthes (*Stylosanthes guianensis*), une légumineuse pérenne pouvant atteindre 2,5 m d'hauteur, permet d'améliorer la fertilité des sols acides Il peut être associé aux graminées et a une très bonne résistance aux ravageurs et aux maladies.

L'association des légumineuses et de graminées (Figure 7), afin de tirer un bénéfice important des différentes plantes de couverture, est prometteuse car elle peut protéger le sol contre l'érosion, améliorer la rétention d'eau dans le sol, mais aussi mettre à disposition des nutriments moyennant les cycles et la FBA ; cela peut réduire les fertilisations de couverture azotées lors de la culture ultérieure.

Les cycles de nutriments

La paille restant sur la surface du sol présente des quantités importantes de nutriments. Ces nutriments, à l'exception du potassium, se montrent provisoirement indisponibles aux plantes en croissance semées directement sur la paille. La durée de la décomposition de la biomasse produite dépend de l'espèce utilisée comme plante de couverture. Cette décomposition est forte corrélée au type de sol, au climat et à l'activité biologique.

Pour illustrer l'intérêt des cycles de nutriments, Salton et Lamas (2011) ont étudié les quantités totales de nutriments mises à disposition par des espèces fourragères pendant le cycle du cotonnier (Tableau 3).



Photo : Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira

Figure 7. Du maïs cultivé en association avec *Urochloa ruziziensis* et *Crotalaria spectabilis*. Sotuba, Mali, 2011.

Tableau 3. La quantité de macronutriments dégagés suite à la décomposition de la paille de différentes cultures d'entre saison, au cours du cycle de la culture du coton.

Espèce	Total dégagé (kg ha ⁻¹) ⁽¹⁾				
	Azote	Phosphore	Potassium	Calcium	Magnésium
<i>Urochloa decumbens</i>	53	11	141	5	10
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu	83	15	167	18	27
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai	53	8	137	38	12
<i>P. maximum</i> cv. Massai + <i>Crotalaria spectabilis</i>	60	10	199	38	20
Millet ADR 500	65	8	64	24	9
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã	48	10	100	17	9
<i>Urochloa ruiziiensis</i> + <i>C. spectabilis</i>	83	13	78	41	19
<i>Urochloa ruiziiensis</i>	54	14	130	44	20
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Xaraés	29	8	189	25	10

⁽¹⁾ A partir de la biomasse de certaines espèces se trouvant sur le Tableau 2, on est arrivé à la quantité de nutriments dégagés.

Source : Salton et Lamas (2011).

Lors d'une étude portant sur les espèces *Pennisetum glaucum*, *Panicum maximum* cv. Mombaça et *Urochloa brizantha* cv. Marandu, Braz et al. (2004) ont vérifié que *P. glaucum* a été la graminée qui a accumulé plus de nutriments sur le limbe foliaire et dans les plus brefs délais, suivie de l'herbe fataque et de la variété Marandu. Parmi les macronutriments, les plus grandes accumulations concernent l'azote (N) et le potassium (K), alors que celle la moins importante concerne le phosphore (P). Pour ce qui est du millet, l'accumulation maximale a été vérifiée entre 52 et 55 JAL, et les valeurs estimées ont été de 348 kg ha^{-1} , 36 kg ha^{-1} et 314 kg ha^{-1} de N, P et K, respectivement. Selon ces auteurs, ces quantités sont plus importantes que celles normalement appliquées au sol via fertilisation de semis, et cela montre la grande capacité d'absorption de nutriments de cette culture. Après 55 JAL, les teneurs en nutriments chez les feuilles ont diminué en fonction de leur distribution vers les graines en formation. La quantité de matière sèche dans la partie aérienne du millet, 52 JAL, a été de $12.553 \text{ kg ha}^{-1}$. Dans le cadre d'une autre étude, Silveira et al. (2005) ont vérifié que le pois d'Angole (*Cajanus cajan*) a pu absorber 100 kg ha^{-1} , 8 kg ha^{-1} et 40 kg ha^{-1} de N, P et K, respectivement.

Oliveira et al. (2002), dans le cadre d'une étude sur les cultures en pure et en association des espèces *Pennisetum americanum*, *Sorghum bicolor*, *Zea mays*, *Stizolobium aterrimum* et *Canavalia ensiformis*, ont vérifié que *P. americanum* a produit $14.180 \text{ kg ha}^{-1}$ de matière sèche, cette espèce étant celle qui a accumulé et mise à disposition davantage de nutriments à la culture ultérieure.

Il est pourtant connu que lors de la minéralisation de la matière organique des espèces de couverture du sol, il y survient des pertes de nutriments qui sont dues à la volatilisation, au lessivage et au ruissellement. Malgré cela, on sait que entre 60% à 70% de l'azote fai-

sant partie de la biomasse végétale pourront être absorbés à nouveau par les cultures ultérieures. Le potassium, du fait qu'il ne participe pas aux composants fonctionnels et structurels des plantes, est très vite dégagé vers le sol, pouvant être absorbé par les plantes ou, en fonction de la teneur en matière organique, de la capacité d'échange de cations (CEC) et de la texture du sol, pouvant être dégagé par lessivage (BRAZ et al., 2010).

Au sujet des nutriments, la source principale de bore (B) est la matière organique, dont il est dégagé via minéralisation, servant à l'usage ultérieure des plantes. La récupération de cet élément depuis les couches profondes du sol ainsi que la décomposition de matière végétal sur la surface par les espèces de couverture font que chez les sols labourés en SD tant le B total que le B disponible surgissent de manière plus importante sur la couche superficielle.

L'efficacité des cycles des espèces de couverture pour le cotonnier ou pour la culture ultérieure est toujours en train d'être évaluée par les chercheurs, mais la mobilisation de ces quantités de nutriments est positive pour les cultures car elle peut contribuer à l'augmentation de la productivité et à la réduction des coûts de production (SALTON ; LAMAS, 2011). Il faut souligner que pour qu'une espèce soit efficace lors des cycles de nutriments, il doit y avoir de la synchronie entre le nutriment dégagé par le résidu de la plante de couverture et la demande de la culture ultérieure (BRAZ et al., 2004 ; OLIVEIRA et al., 2002).

L'amélioration de la structure du sol

L'accumulation de matière organique lors du SD (Tableau 4), au fil du temps, est due à l'absence de labour du sol, entraînant une

baisse des taux de décomposition de la matière organique sur la surface du sol, mais aussi une croissance continue des racines, procurée par les espèces de couverture. Cela est essentiel pour améliorer et pour garder une bonne agrégation du sol.

Tableau 4. La variation de la matière organique du sol en fonction du système de gestion du sol. Sotuba, Mali, 2011.

Profondeur (cm)	Matière organique du sol (%)	
	Semis sous couverture végétale	Système conventionnel
0 à 5	0,97	0,75
0 à 10	0,92	0,74
0 à 20	0,80	0,70
20 à 40	0,65	0,63
40 à 60	0,57	0,54
60 à 80	0,49	0,47
80 à 100	0,45	0,42

Les couvertures de graminées, du fait de procurer une production plus importante de matière sèche mais aussi une résistance plus importante à la décomposition, en comparaison aux légumineuses, permettent d'assembler davantage le sol au niveau de la couche de 0 cm à 10 cm.

L'avantage de la couverture végétale, en particulier celle des graminées, est le résultat de la forte densité des racines (Figures 8 et 9), susceptible de promouvoir le rapprochement des particules de sol via l'absorption continue d'eau au long du profil du sol ; des rénovations périodiques des racines ; et de la distribution importante et uniforme des sécrétions par les racines – des faits encourageant

l'activité microbienne, la formation et l'équilibre des agrégats (BRAZ et al., 2010 ; GARCIA ; ROSOLEM, 2010).

Photo : Maria da Conceição Santana Carvalho



Figure 8. Le développement des racines d'*Urochloa ruziziensis* en SD, jusqu'à 60 cm de profondeur, avant la dessiccation et le semis du cotonnier. Santa Helena de Goiás, Brésil, 2009.

La formation de macroagrégats est directement liée à une meilleure structure, qui se traduit par une plus grande perméabilité et une rétention d'eau plus importante (Figure 10).

Suite à l'évaluation de huit espèces de couverture du sol, Andrade et al. (2009) ont vérifié que le maïs en association avec brachiaria, crotalaire et pois d'Angole a abouti à une plus grande macro-



Photo : Geovando Vieira Pereira

Figure 9. Des racines d'*Urochloa ruziziensis* et de *Cajanus cajan*, cultivées en association avec le maïs, en SD, près de la récolte de celui-ci. Sotuba, Mali, 2009.



Photo : José Geraldo Di Stéfano

Figure 10. Au fond, le sol sans protection de la paille de couverture, sous la présence d'engorgement et contrastant avec la condition du terrain en face, procurée par la couverture de la paille d'*Urochloa brizantha* cv. Piatã. Sotuba, Mali, 2009.

porosité et à une densité du sol moins importante. Garcia et Rosolem (2010) ont vérifié que la grande production de matière sèche et la croissance des racines de graminées utilisées comme couverture végétale ont entraîné une agrégation du sol plus importante sur les couches superficielles.

Le contrôle des mauvaises herbes

Le SD permettant d'apporter de la paille de manière appropriée, le contrôle des mauvaises herbes peut y être supérieur à 90% (MATEUS et al., 2004). La couverture morte provenant de la rotation de cultures et de l'espèce fourragère joue un rôle important sur la diminution de la germination des graines des mauvaises herbes, grâce aux processus physique, biologique et chimique. Le processus physique est le plus utilisé pour des graines demandant une plage thermique quotidienne permettant de démarrer le processus de germination ou pour des graines ayant besoin de lumière pour germer. La couche de paille rend également difficile la levée des plantules et diminue les chances de survie de celles issues de graines ayant une faible quantité de réserves (Figure 11). L'effet chimique en général est lié à l'interférence d'une espèce de plante sur une autre, par la libération de substances chimiques inhibant la croissance d'autres espèces ou même occasionnant leur mort ; aux changements dans la relation C/N ; et à l'immobilisation et aux cycles de nutriments. En ce qui concerne le processus biologique, le SD crée des conditions environnementales favorables à l'activité biologique du sol (macrofaune et micro-organismes), en particulier dans les couches plus superficielles. En général, les micro-organismes jouent un rôle important sur la dégradation et la perte de viabilité des différents types de graines et des plantules dans le sol.



Photo : Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira

Figure 11. La gestion de mauvaises herbes dans le cotonnier cultivé en SD, grâce à la couverture du sol avec de la paille d'*Urochloa ruziziensis*. Santa Helena de Goiás, Brésil, 2009.

La paille d'*Urochloa ruziziensis*, tant en association avec la crotalariaire et le pois d'Angole que toute seule, diminue de manière significative la population des mauvaises herbes dans le cadre de la culture du coton (LAMAS ; STAUT, 2005). Correia et al. (2006) ont vérifié que la levée de l'herbe à aiguilles (*Bidens pilosa*), de l'amarante (*Amaranthus spp.*), de la grosse herbe de l'eau (*Commelina benghalensis*) et de graminées a été moins importante dans les couvertures formées par la paille de sorgho et d'*Urochloa brizantha*. La biomasse sèche des espèces *U. ruziziensis*, *U. ruziziensis* + *Crotalaria juncea* et *U. ruziziensis* + *Crotalaria spectabilis* a rendu plus difficile

l'infestation de mauvaises herbes jusqu'à l'époque de semis du coton et a diminué le taux de mauvaises herbes lors des premiers stades du développement du cotonnier (FERREIRA ; LAMAS, 2010). Par conséquent, l'utilisation de certaines espèces de couverture peut diminuer des coûts de production grâce à l'application moins importante d'herbicides.

Le contrôle de phytonématodes

Les espèces de couverture et les cultures ne doivent pas être des hôtes et des multiplicateurs de nématodes, notamment ceux des espèces *Meloidogyne incognita* et *Rotylenchulus reniformis* qui attaquent le cotonnier. Asmus et al. (2005) ont vérifié que les cultures de radis et de brachiaria, utilisées comme espèces de couverture en SD lors de l'automne/hiver, ont permis de réduire la population de *R. reniformis*, si l'on compare à une autre zone gardée exempte de mauvaises herbes grâce à des sarclages manuels.

Certaines espèces de graminées ont montré un effet antagoniste sur les phytonématodes et, dans certains cas, ces plantes peuvent être très appropriées. Elles se prêtent aux systèmes de rotation avec des plantes annuelles, elles peuvent être utilisées comme espèce de couverture, mais aussi comme pâturage. Il a été déjà démontré également que les sécrétions des racines de certaines graminées peuvent affecter des champignons phytopathogènes du sol, tels que ceux des genres *Fusarium* et *Verticillium*, entre autres. D'autres espèces indiquées pour les zones infestées de phytonématodes sont celles du genre *Crotalaria*, qui sont considérées comme des suppresseurs de *Meloidogyne incognita* et de *Rotylenchulus reniformis* (SPARRAGO et al., 1999; WANG et al., 2001).

Le maintien de l'humidité

La présence de la paille sur la surface du sol (Figure 12) empêche l'évaporation et réduit le taux d'évapotranspiration des cultures, en particulier au début du cycle du cotonnier, quand la couverture du sol par la culture est toujours faible. Stone et al. (2006) ont vérifié que les pailles de brachiaria (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) et d'herbe fataque (*Panicum maximum* cv. Mombaça), grâce à une production de matière sèche plus importante, procurent des pertes d'eau par l'évapotranspiration dans la culture de haricots moins importantes, en comparaison avec le pois d'Angole (*Cajanus cajan*), le millet (*Pennisetum glaucum*), le stylosanthes (*Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão) et la crotalariaire (*Crotalaria juncea*).



Photo : Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira

Figure 12. Cotonnier en SD cultivé sur la paille d'*Urochloa ruziziensis*, Santa Helena de Goiás, Brésil, 2010.

Les contraintes de l'usage des espèces de couverture

La gestion des ravageurs en SD peut être plus complexe car certains insectes présentent des habitudes polyphages. Par conséquent, les espèces qui intégreront le SD doivent être choisies de façon stratégique, et le suivi et la gestion doivent se faire de manière très judicieuse.

Une autre contrainte pouvant survenir lors de l'usage des espèces de couverture est l'immobilisation de l'azote lorsque la paille issue de l'espèce de couverture présente une relation C/N élevée, comme c'est le cas de la paille des graminées. Le taux de décomposition et la libération de l'azote à partir des résidus de récoltes des cultures est inversement proportionnelle aux relations C/N et lignine/N total, et directement proportionnelle aux concentrations de N total dans la biomasse et de N et de C dans la fraction soluble dans l'eau (AITA ; GIACOMINI, 2003).

Ainsi, au cours de la phase initiale de décomposition de la paille sur le sol, il est commun d'y avoir l'immobilisation des nutriments, en particulier de l'azote, notamment quand la paille résiduelle et la culture précédente sont des graminées. Si le cotonnier est cultivé après des graminées, dont les déchets laissés sur le terrain ont une relation C/N élevée, une carence en azote peut survenir en raison de la détention éventuelle de l'azote inorganique par le biais de la biomasse microbienne (CARVALHO et al., 2007), et si l'azote n'est pas

disponible, cela peut nuire au développement initial de la culture. Or, ceci pourrait justifier qu'on anticipe la première fertilisation de couverture qui est normalement effectuée pendant la phase B1 (MARUR ; RUANO, 2001), afin d'empêcher une carence éventuelle en azote et d'encourager la croissance végétative (CARVALHO et al., 2007).

Aita et Giacomini (2003) proposent l'association de légumineuses et de graminées en tant qu'alternative pour minimiser l'immobilisation de N car, outre le fait de protéger le sol et d'ajouter de l'azote, cela permet de produire de la biomasse sèche avec une relation C/N élevée (graminées) et avec une relation C/N faible (légumineuses), de manière à ce que le taux de décomposition des résidus végétaux ne soit pas si élevé et que la disponibilité de N à la culture commerciale ne soit pas si faible, comme ce serait le cas si l'on n'utilisait que des graminées.

La gestion des plantes de couverture

La destruction des plantes de couverture du sol doit se faire au moins une quinzaine de jours avant le semis de la culture principale, afin que l'espèce meure et procure un semis approprié, donc l'établissement du cotonnier. Ce délai varie selon l'espèce à gérer, la quantité de paille et les conditions climatiques après l'application de l'herbicide. En ce qui concerne certaines espèces de couverture, telles que *Crotalaria juncea*, *C. spectabilis*, *Panicum maximum* cv. Mombaça, cv. Tanzânia, cv. Aruana (Figure 13) et cv. Massai et *Paspalum atratum* cv. Pojuca, un problème observé est la difficulté d'une gestion par le moyen d'herbicides déshydratants, parce qu'elles sont difficiles à contrôler et repoussent facilement (FERREIRA et al., 2010; FERREIRA ; LAMAS, 2010). Ces espèces, dans certaines situations, ont besoin de plus d'un herbicide déshydratant (glyphosate, paraquat, flumioxazine) et quelques fois d'une dose élevée et plus d'une application, la période entre la destruction et le semis étant supérieur à 24 jours. Il est parfois nécessaire de broyer les résidus de récoltes des cultures, après l'application d'herbicides déshydratants, pour écraser la paille et pour faciliter le semis du coton. En revanche, le millet, le sorgho, le mil rouge (*Eleusine coracana*) et *Urochloa ruziziensis* sont des espèces faciles à contrôler : une seule dose d'herbicide déshydratant, conformément aux recommandations des fabricants.

Photo : Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira



Figure 13. Repousse de *Panicum maximum* cv. Aruana dans le cadre d'une culture de coton en SD. Santa Helena de Goiás, Brésil, 2012.

Considérations finales

Pour que le semis direct (SD) soit efficace, il faut former et garder de la paille pour la couverture du sol, permettant donc de semer directement le cotonnier ou les autres cultures.

Pour commencer, on suggère au producteur d'adopter le SD en utilisant des espèces faciles à gérer, telles que *Urochloa ruziziensis*, le sorgho et le millet ; au fil du temps, des expériences cumulées et de la disponibilité en matière d'herbicides, *U. brizantha* ; et ensuite les espèces du genre *Panicum*. L'association avec des légumineuses ou avec des espèces de graminées est une autre technologie agricole permettant d'améliorer le système de production.

Chaque région a ses particularités environnementales, notamment en ce qui concerne les caractéristiques des sols et le climat, raison pour laquelle des études locales sont très importantes et permettent de choisir les espèces tant pour la formation de la paille que pour l'évaluation d'autres cultures de saison, de deuxième saison et de petite saison, en association avec *Urochloa* sp. ou avec d'autres espèces pouvant contribuer au perfectionnement et au développement du système, mais aussi pouvant présenter davantage d'alternatives d'alimentation humaine et animale et du revenu aux producteurs.

Références

- AITA, C. ; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 601-612, 2003.
- ALVARENGA, R. C. ; LARA, C. W. A. ; CRUZ, J. C. ; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, p. 25-36, 2001.
- AMADO, T. J. C. ; SANTI, A. ; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II - Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, n. 6, p. 1085-1096, 2003.
- ANDRADE, R. da S. ; STONE, L. F. ; SILVEIRA, P. M. da. Culturas de cobertura e qualidade física de um latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 411-418, 2009.
- ASMUS , G. L. ; INOMOTO, M. M. ; GARGNIN, R. A. **Efeito de coberturas vegetais na população de *Rotylenchulus reniformis* do solo e na produção de algodão**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 20 f. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 25).
- BRAZ, A. J. B. P. ; KLIEMANN, H. J. ; SILVEIRA, P. M. Produtividade de palhada de plantas de cobertura. In : SILVEIRA, P. M. ; STONE, L. F. (Ed.). **Plantas de cobertura dos solos do cerrado**. Santo Antônio de Goiás : Embrapa arroz e Feijão, 2010. 218 p.
- BRAZ, A. J. B. P. ; SILVEIRA, P. M. ; KLIEMANN, H. J. ; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins Braquiária e Mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 2, p. 83-87, 2004.
- CARVALHO, A. M. ; BUSTAMANTE, M. M. C. ; ALCÂNTARA, F. A. ; RESCK, I. S. ; LEMOS, S. S. Characterization by solid-state CPMAS ^{13}C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, NL, v. 102, n. 1, p. 144-150, 2009.

CARVALHO, M. C. S. ; FERREIRA, A. C. B. **Manejo de solos aptos à cotonicultura no cerrado**. Brasília, DF : Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. p. 193-224.

CORREIA, N. M. ; DURIGAN, J. C. ; KLINK, U. P. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 245-253, 2006.

FERREIRA, A. C. B. ; LAMAS, F. M. Espécies vegetais para cobertura do solo: influência sobre plantas daninhas e a produtividade do algodoeiro em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, p. 778-786, 2010.

FERREIRA, A. C. B. ; LAMAS, F. M. ; CARVALHO, M. C. S. ; SALTON, J. C. ; SUASSUNA, N. D. Produção de biomassa por cultivos de cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, p. 546-553, 2010.

GARCIA, R. A. ; ROSOLEM, C. A. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 12, p. 1489, 2010.

GONÇALVES, S. L. ; SARAIVA, O. F. ; TORRES, E. **Influência de fatores climáticos na decomposição de resíduos culturais de milho e soja**. Londrina : Embrapa Soja, 2010. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - Embrapa Soja, n. 6).

HECKLER, J. C. ; HERNANI, L. C. ; PITOL, C. PALHA. In: SALTON J. C. ; HERNANI, L. C. ; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Dourados : Embrapa- CPAO, 1998. p. 37-49.

JOHNSON, M. D. ; LOWERY, B. Effect of three conservation tillage practices on soil temperature and thermal properties. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, n. 6, p. 1547-1552, 1985.

KLIEMANN, H. J. ; BRAZ, A. J. P. B. ; SILVEIRA, P. M. da. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférrego. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, p. 21-28, 2006.

LAMAS, F. M. Espécies para cobertura do solo e seus efeitos no algodoeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 55-63, 2007.

LAMAS, F. M. ; STAUT, L. A. Espécies **vegetais para cobertura de solo no Cerrado de Mato Grosso**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 4 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 97).

LOPES, A. S. ; WIETHOLTER, S. ; GUILHERME, L. R. G. ; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo : Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004. 115 p.

MARUR, C. J. ; RUANO, O. A reference system for determination of cotton plant development. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 5, p. 313-317, 2001.

MATEUS, G. P. ; CRUSCIOL, C. A. C. ; NEGRISLOI, E. Palhada de sorgo guiné gigante no estabelecimento de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, p. 539-542, 2004.

NUNES, U. R. ; ANDRADE JÚNIOR, V. C. ; SILVA, E. de B. ; SANTOS, N. F. ; COSTA, H. A. O. ; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p. 943-978, 2006.

OLIVEIRA, T. K. de ; CARVALHO, G. J. de ; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002.

PIRES, F. R. ; ASSIS, R. L. ; PROCÓPIO, S. O. ; SILVA, G. P. ; MORAES, L. L. ; RUDOVALHO, M. C. ; BOER, C. A. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 2, p. 94-101, 2008.

PORTE, T. de A. ; CARVALHO, S. I. C. de ; OLIVEIRA, I. P. de ; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.

SALTON, J. C. ; LAMAS, F. M. Integração lavoura-pecuária e o cultivo do algodoeiro nos cerrados. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 2. ed. Aparecida de Goiânia : Mundial Gráfica, 2011. p. 473-494.

SILVA, A. A. ; JAKELAITIS, A. ; FERREIRA, L. R. Manejo de plantas daninhas no sistema integrado agricultura-pecuária. In : ZAMBOLIM, L. ; FERREIRA, A. A. ; AGNES, E. L. **Manejo integrado**: integração agricultura-pecuária. Viçosa : Ed. da UFV, 2004. p. 117-169.

SILVA, E. C. ; MURAOKA, T. ; BUZZETTI, S. ; TRIVELIN, P. C. O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 3, p. 477-486, 2006.

- SILVEIRA, P. M. da ; BRAZ, A. J. B. P. ; KLIEMANN, H. J. ; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes no limbo foliar de guandu e estilosantes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 133-138, 2005.
- SISTI, C. P. J. ; SANTOS, H. P. dos ; KOHHANN, R. ; ALVES, B. J. R. ; URQUIAGA, S. ; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, NL, v. 76, n. 1, p. 39-58, 2004.
- SPARRAGO, G. ; BARREIRO, J. M. ; RUALES, C. ; BIECHE, B. J. Comparison of the reproduction of *Meloidogyne* populations on roots of *Crotalaria spectabilis* and processing tomato varieties with the Mi gene. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 487, p. 267-270, 1999.
- STONE, L. F. ; SILVEIRA, P. M. da ; MOREIRA, J. A. A. ; BRAZ, A. J. B. P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 577-582, 2006.
- WANG, K. ; SIPES, B. S. ; SCHMITT, D. P. Suppression of *Rotylenchulus reniformis* by *Crotalaria juncea*, *Brassica napus*, and *Tagetes erecta*. **Nematropica**, Auburn, v. 31, p. 235-249, 2001.

Impression et façonnage
Embrapa Information Technologique

*Le papier utilisé dans cette publication a été produit selon la certification
du Bureau Veritas Quality International (BVQI) de Gestion Forestière.*

Le projet intitulé Appui au Développement du Secteur Cotonnier des Pays du C-4 (Bénin, Burkina Faso, Tchad et Mali), développé en partenariat avec les institutions de recherche des pays du Coton-4, a par exemple permis d'obtenir des changements au niveau du système de production du coton adopté au sein des petites communautés rurales du Bénin, du Burkina Faso, du Tchad et du Mali. Ce projet se base sur l'échange de savoirs entre chercheurs des pays concernés ainsi que sur les technologies développées par l'Embrapa et par d'autres institutions de recherche brésiliennes portant notamment sur l'amélioration génétique, le système de production et la lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier tout en mettant l'accent sur le semis direct et la lutte biologique.

Le présent recueil de documents est le fruit des connaissances, technologies et expériences développées et acquises par les chercheurs de l'Embrapa et dont l'objectif consiste à assister les techniciens et les producteurs des pays du C-4 dans la gestion du système de production du cotonnier notamment en ce qui concerne le semis direct, la lutte intégrée contre les ravageurs et l'amélioration génétique.