



Les pratiques régénératrices de la culture de coton - État des lieux, avantages et perspectives d'avenir

Groupe de travail
« Agriculture régénératrice »
Paris Good Fashion

Juin – Juillet 2021

Table des matières

Introduction	1
Les pratiques régénératrices	3
1- La diversification culturale	3
La rotation culturale	3
La rotation culturale permet de répondre au code des bonnes pratiques	3
Les rotations optimisant la production de coton	4
Les rotations selon les zones géographiques étudiées (Inde, Afrique de l'Ouest, Amérique du Sud).....	6
Les cultures intercalaires	9
Les cultures intercalaires du coton et le code des bonnes conduites	9
Les différentes cultures intercalaires intéressantes pour la culture du coton	10
Les cultures intercalaires selon les zones géographiques étudiées (Inde, Afrique de l'Ouest, Amérique du Sud)	11
Les cultures de bordure de champ	13
Les cultures de bordures de champ en réponse au code des bonnes conduites.....	13
Les bordures de champ selon les zones géographiques étudiées (Inde, Afrique de l'Ouest, Amérique du Sud)	14
Conclusion intermédiaire.....	15
2- La perturbation minimale du sol.....	16
Réduire le travail du sol pour répondre au code des bonnes conduites	16
Les pratiques selon les zones géographiques étudiées (Inde, Afrique de l'Ouest, Amérique du Sud)	17
3- L'utilisation d'engrais naturels et le recyclage de la matière organique	19
Concrètement, comment amender les sols ?.....	19
L'épandage de résidus végétaux.....	19
L'apport de fumures organiques	20
Très bientôt : l'utilisation de biostimulants	20
En quoi l'amendement des sols répond au code de bonnes conduites de PGF ?.....	21
Les pratiques selon les zones géographiques étudiées (Inde, Afrique de l'Ouest, Amérique du Sud)	22
4- La gestion agro-écologique des ravageurs et des maladies.....	24
Les pratiques de gestion des ravageurs et maladies	24
Le traitement des semences.....	24
Le biocontrôle	24
Une pratique qui répond au code de bonnes conduites.....	25
Les pratiques selon les zones géographiques étudiées (Inde, Afrique de l'Ouest, Amérique du Sud)	26
Conclusion	29
Bibliographie.....	31

Introduction

L'agriculture régénératrice a pour ambition de régénérer les écosystèmes, d'augmenter la séquestration du carbone atmosphérique, d'accroître la résilience des sols face aux fluctuations climatiques et d'avoir un impact social positif tant pour les individus que pour la société. Afin de produire des matières premières responsables, les acteurs de la mode engagés au sein de Paris Good Fashion souhaitent soutenir les pratiques qui découlent de cette approche agronomique et qui répondent à un code de bonnes conduites préétabli, à savoir contribuer :

- au respect et l'amélioration de la qualité des sols,
- à la protection de la biodiversité,
- au respect du cycle de l'eau
- et favoriser l'équité sociale.

Cette étude a pour objectif de cartographier les pratiques spécifiques à la production de coton ayant des impacts positifs au sein des 4 piliers du code des bonnes conduites et ce, dans différentes aires géographiques de culture cotonnière.

Tout d'abord, il convient d'établir que la mise en place de pratiques régénératrices en culture cotonnière se fonde sur une prise en compte globale de l'exploitation, et non pas seulement de la parcelle de coton. Il est essentiel d'agir sur l'exploitation dans son ensemble pour conditionner au mieux la culture du coton. L'idée est de créer un vrai écosystème au sein duquel s'intégrera le coton.

Pour ce faire, 4 grandes actions ont été identifiées :

- la diversification culturale,
- la perturbation minimale du sol,
- l'apport de matière organique et le recyclage de la matière sur l'exploitation
- et enfin la gestion agroécologique des ravageurs et des maladies.

Ces 4 leviers constituent une base solide à la culture durable du coton. Ils sont tous complémentaires et permettent tous, selon une intensité variable, de répondre aux enjeux de production, à savoir de gérer la fertilité des sols et de lutter contre les adventices, ravageurs et maladies tout en préservant la santé des producteurs et en assurant la viabilité économique de l'exploitation. Les pratiques devront être adaptées au cas par cas selon les sols, le climat local, le niveau d'équipement, la disponibilité en main d'œuvre et les besoins du producteur.

Les zones géographiques étudiées sont l'Inde, l'Afrique de l'Ouest, et l'Amérique du Sud.

- L'Inde étant le premier producteur de coton biologique dans le monde, plusieurs marques se sont déjà engagées dans le pays et de nombreuses coopératives sont en place pour gérer la formation des producteurs et faciliter le lien avec les acheteurs.
- L'Afrique de l'Ouest, avec notamment le Bénin et le Burkina Faso, dispose d'un vrai potentiel dans l'accroissement de la production de coton responsable. En effet, de nombreux producteurs sont actuellement en attente de conversion biologique selon OBEPAP, une ONG en place qui promeut la culture durable du coton.

- Enfin, l'Amérique du Sud et en particulier le Pérou et le Paraguay proposent du coton de très bonne qualité qui compense une production limitée par rapport à des pays comme l'Inde mais qui dispose d'une filière responsable qui cherche à se structurer et à grandir.

Dans tous ces pays, des projets de recherche en agroécologie ont été initiés par des ONG et des coopératives qui promeuvent les pratiques durables sur le terrain.

On notera récemment la réalisation du projet de Transition agroécologique dans la Zone Cotonnière du Bénin (TAZCO) par le CIRAD, mis en place à la demande du gouvernement béninois sur financement de l'AFD.

Il vise une amélioration durable des revenus des exploitations agricoles familiales dans les zones cotonnières à travers une transition agroécologique des systèmes de culture à base de coton. Il a pour objectif la mise en place de pratiques agroécologiques à l'échelle des parcelles, des exploitations et du terroirs villageois. Une deuxième phase en cours permet d'assurer un suivi-évaluation des pratiques instaurées afin d'estimer leur efficacité et leur durabilité. Concernant les ONG, Alter Vida au Paraguay, OBEPAB au Bénin ou Chetna Organic en Inde forment les producteurs aux pratiques durables et les accompagnent au quotidien pour maximiser les chances d'adoption de ces pratiques.

**Un complément d'informations va être annexé à cette étude, sur les pratiques en Turquie, en Égypte et aux Etats-Unis par PGF.*

En général, les exploitations qui ont adopté une approche régénératrice sont de petite taille.

- En Inde, les exploitations de coton biologique ont une taille moyenne de 2 hectares, pouvant aller jusqu'à 4 hectares.
- En Afrique de l'Ouest et en Amérique du Sud, les cultures de coton biologiques ne dépassent pas 1 ha, contre 2 ha en moyenne pour les exploitations conventionnelles.
- Tous ces petits producteurs regroupent leurs productions en coopératives qui assurent par la suite la vente du coton auprès d'égreneurs. Ainsi, Eco-farms, l'un des plus gros producteurs de coton biologique en Inde, n'est autre qu'un regroupement de plus de 20 000 producteurs déployés sur plus de 60 000 ha sous l'égide de la société.

Les pratiques régénératrices

1- La diversification culturelle

Au cours des dernières décennies, les exploitations agricoles se sont de plus en plus spécialisées. Or, la monoculture présente de nombreux effets indésirables qui compromettent la productivité à moyen et long terme et incite à utiliser toujours plus d'intrants.

Déclin de la biodiversité locale et régionale, détérioration de la santé des sols et de la fertilité, émissions de GES et eutrophisation, résistance aux pesticides par la coévolution des ravageurs, et déclin de l'emploi agricole sont autant d'effets secondaires à la culture spécialisée. [1]

Pour éviter cela, il importe de réintroduire une certaine diversité culturelle sur l'exploitation car elle permet une utilisation judicieuse des ressources en terre et en eau. C'est un levier pour réduire les intrants extérieurs à l'exploitation et les dommages environnementaux qu'ils induisent, mais également une assurance biologique contre les risques liés aux ravageurs des cultures et aux conditions environnementales défavorables. La diversification culturelle se réalise à différentes échelles (au niveau des espèces cultivées, au niveau de la parcelle, et sur toute l'exploitation) par le biais de rotations culturelles, de cultures intercalaires et de cultures de bordures de champ.

La rotation culturelle

Cette pratique consiste à cultiver de manière cyclique une succession de différentes espèces végétales sur une même parcelle. Elle vise le maintien ou l'amélioration de la fertilité des sols, brise les cycles des parasites et des maladies, réduit la pression des adventices et engendre donc, à terme, une augmentation des rendements.

La rotation culturelle permet de répondre au code des bonnes pratiques

Le respect et l'amélioration de la qualité des sols

La rotation des cultures est l'un des éléments essentiels de la production durable de coton pour maintenir ou améliorer la qualité des sols. La présence de cultures diversifiées limite l'appauvrissement des sols du fait d'exigences variables en nutriment et en eau selon les espèces qui se succèdent (maïs exigeant, suivi de pois chiche peu exigeant par exemple). L'intégration de légumineuses (soja, arachides, haricots...) dans la rotation permet de reconstituer le stock d'azote du sol par fixation de l'azote atmosphérique puis restitution au sol. L'alternance de plantes à racines superficielles et profondes (graminées puis légumineuses par exemple) et les différents types de résidus de cultures améliorent la structure du sol et la reconstitution et répartition de son stock de nutriments. Une meilleure structure du sol permet aussi de prévenir l'érosion.

La protection et la restauration de la biodiversité

La rotation des cultures joue également un rôle primordial dans le contrôle des ravageurs et pathogènes qui rencontrent d'avantages de difficultés pour trouver leur espèce hôte. En effet, les parasites s'attaquent à une culture particulière (gombo, tournesol...). Ainsi, en remplaçant d'une année sur l'autre une culture sensible à un ravageur grave par une autre culture qui n'y est pas sensible, le producteur peut éliminer les parasites sans avoir recours à des pesticides.

Elle rompt également le cycle des adventices en créant un environnement instable temporellement (en fonction des dates de plantation et maturation des cultures) et structurellement (selon les itinéraires techniques réalisés).

La rotation des cultures limite par voie de conséquence l'utilisation de produits phytosanitaires sur l'exploitation et favorise ainsi le maintien et développement de la biodiversité locale.

Le respect du cycle de l'eau

En améliorant la structuration du sol, la rotation culturale produit une meilleure infiltration de l'eau dans les sols. L'alternance de cultures plus ou moins gourmandes en eau et en nutriments maintient une certaine humidité dans les sols et limite l'apport de fertilisation azotée, ce qui réduit les risques de pollution des eaux.

L'équité sociale

La pratique d'une bonne rotation culturale sur une parcelle engendre des avantages économiques et sociaux non négligeables. D'une part, la limitation du recours aux intrants permet de réduire les charges et d'améliorer la santé des producteurs. D'autre part, la diversité des cultures crée de nouvelles opportunités économiques, en termes de vente mais aussi d'alimentation pour la famille, les amis et voisins. Une étude réalisée en 2009 par Organic Exchange a souligné la contribution des agriculteurs à la sécurité alimentaire de la famille et de la communauté, par la production sûre d'aliments, diversifiés et sains, sans produits agrochimiques néfastes ou coûteux [2]. Elle évite enfin aux agriculteurs de dépendre d'une seule et même culture, pouvant engendrer des risques sur le long terme et en cas d'aléas climatiques.

Les rotations optimisant la production de coton

En agriculture durable, le coton ne doit pas être cultivé d'une année sur l'autre dans une même parcelle afin d'éviter l'épuisement des sols et la pression des ravageurs et maladies sur la culture. Diverses espèces offrent des avantages dans les rotations culturales incluant du coton. Le choix de leur implantation dépendra des besoins et des marchés de vente potentiels.

L'intérêt des céréales dans la rotation des cultures avec le coton

L'inclusion de céréales au sein des rotations culturales avec le coton est assez populaire, notamment avec le blé, l'orge, le paddy, le maïs et le millet perlé. Ces cultures sont excellentes pour lutter contre les maladies du coton et améliorent la qualité du sol quelle que soit la zone géographique étudiée. Les céréales d'hiver en particulier contribuent à améliorer la structure du sol grâce à leur densité de racine élevée.

Globalement, les rotations culturales avec des céréales révèlent une meilleure résilience au travail du sol, un meilleur recyclage de l'azote lessivé et des teneurs plus élevées en matière organique du sol [1].

L'intérêt des légumineuses dans la rotation des cultures avec le coton

Les légumineuses s'intègrent facilement au sein de rotations culturales avec le coton. Elles utilisent de manière efficace la lumière, les nutriments et l'humidité résiduelle des sols. Elles fixent également l'azote atmosphérique et le rendent disponible pour les cultures suivantes, notamment pour les cultures céréalières qui en ont particulièrement besoin. Les rotations coton-légumineuses se sont également avérées efficaces dans la lutte contre les ravageurs des cultures.

Les légumineuses nécessitent peu d'intrants externes et conditionnent efficacement les cultures suivantes [1].

L'intérêt des oléagineux dans la rotation des cultures avec le coton

L'avantage des oléagineux réside dans le fait qu'ils puissent être cultivés sur tous types de sols et qu'ils font preuve d'une grande tolérance au stress hydrique grâce à leur système racinaire diffus. Ces cultures contribuent également à l'amélioration de la structure du sol ce qui réduit le recours à un travail mécanique.

Parmi ces oléagineux, le carthame joue un rôle intéressant après la culture de coton dans une rotation intégrant coton et blé car il permet d'éliminer les couches compactes du sol, améliorant l'aération et l'infiltration de l'eau pour les cultures suivantes. Ses besoins en azote sont faibles par rapport au coton et il peut être utilisé pour assécher les sols durant les années humides et limiter le développement de maladies transmises par le sol.

Le canola joue aussi un rôle intéressant dans la réduction des maladies du sol.

Enfin, l'implantation de tournesol dans une rotation culturale permet d'utiliser les nutriments en profondeur, de dégrader rapidement les débris du sol et de fournir ces nutriments aux cultures suivantes [1].

L'intérêt des légumes et des épices dans la rotation des cultures avec le coton

Ces cultures, généralement de courtes durées, contribuent à maintenir une teneur élevée en matière organique du sol et améliorent la structure du sol et sa capacité de rétention grâce à des systèmes racinaires divers. Elles fournissent également un habitat aux auxiliaires de cultures et améliorent la biodiversité de l'ensemble de l'exploitation. La levée des adventices est également inhibée grâce aux composés allélopathiques de ces cultures. Elles limitent enfin l'érosion et conservent l'humidité du sol en jouant le rôle de cultures de couvertures [1].

Parmi toutes ces cultures, certaines sont destinées à être incorporées au sol à un certain stade de leur croissance. Ce sont les engrais verts en dérobée. Cette mise en réserve temporaire de matière préserve les éléments nutritifs du lessivage et diminue les risques de perte de fertilité des sols. Les engrais verts de légumineuse permettent en plus d'introduire de l'azote dans les sols suite à la fixation symbiotique de l'azote de l'air [3].

Inde (états du Madhya Pradesh, du Maharashtra, de l'Odisha, du Gujarat et du Rajasthan)

Différentes rotations culturales ont été identifiées en Inde comme avantageuses du point de vue agronomique et environnemental. Celles-ci s'étendent sur 2 ans, pendant les saisons Kharif et Rabi. Elles induisent une meilleure gestion des ressources par rapport à la monoculture, caractérisée par une alternance de coton puis blé en Inde.

Tableau 1 : Combinaisons de rotations recommandées pour les systèmes de culture biologique à base de coton en Inde [1].

Rotation	Saison	Monoculture : coton – blé 	3 légumineuses 	2 légumineuses Oléagineux 	Oléagineux 2 Céréales 	2 Céréales Légumineuse 	Oléagineux Céréales Légumineuse 
Année 1	Kharif (pluies ou moussons)	Coton	Coton	Coton	Coton	Coton	Coton
	Rabi (irrigation suffisante)	Blé	Lentilles	Pois chiche	Canola	Blé	Canola
Année 2	Kharif	Coton	Soja	Pois d'Angole	Sorgho	Maïs	Millet perlé
	Rabi	Blé	Pois chiche	Canola	Blé	Pois chiche	Lentilles

Une étude coûts-bénéfices a été réalisée pour chacune de ces rotations (Fig.1). Il en ressort que seules de légères différences, non significatives, ont été observées entre les recommandations de rotations et la culture de référence (coton puis blé). La rotation présente donc des avantages économiques comparables à ceux de la séquence de référence mais offre des avantages environnementaux non négligeables.

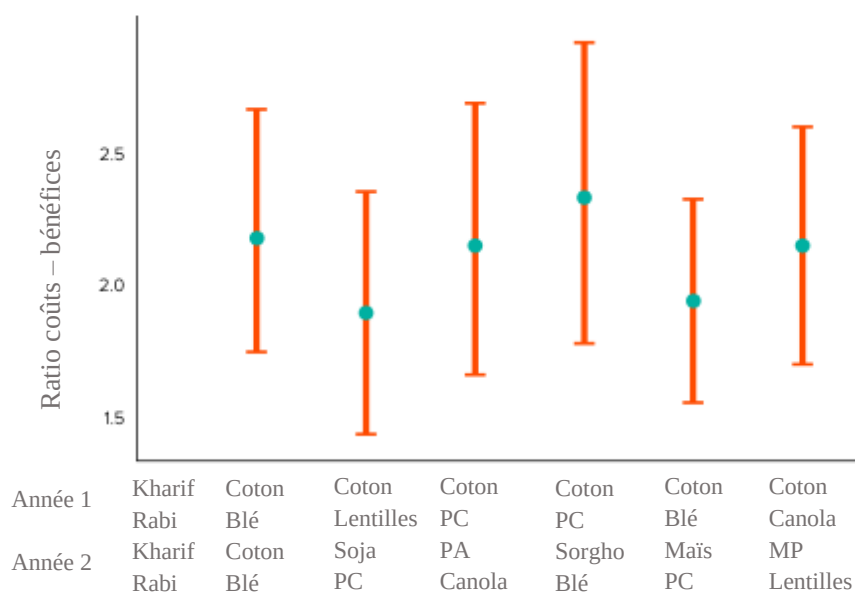


Fig. 1 : Ratio coûts-bénéfices des rotations culturales recommandées en agriculture biologique en Inde (PC = pois chiche, PA = pois d'Angole, MP = millet perlé) [1]

Afrique de l'Ouest :

Il est recommandé de cultiver le coton de préférence après des légumineuses, légumes ou céréales afin de bénéficier du haut niveau nutritif des cultures précédentes.

Plusieurs schémas de rotation avec du coton existent en Afrique de l'Ouest [4]

Tableau 2 : Rotations culturales pratiquées en Afrique de l'Ouest [4]

	Année 1	Année 2	Année 3
Idéale	Coton 	Céréale  (Maïs, fonio, sorgho ou sésame ou hibiscus)	Légumineuse  (Haricot niébé, arachide, voanzou)
A améliorer	Coton 	Légumineuse  (Haricot niébé, arachide, voanzou)	Coton 
A améliorer	Coton 	Céréale  (Maïs, fonio, sorgho ou sésame ou hibiscus)	Coton 

Les rotations en Afrique de l'Ouest restent courtes mais sont pratiquées par de nombreux producteurs. Globalement, les enjeux de la diversification culturale sont compris par les cotonculteurs mais l'allongement des rotations nécessite des formations et donc du temps.

Malgré cela, plusieurs études prouvent les avantages économiques de la diversification qui, évidemment, dépendent de différents facteurs. Au Burkina Faso, la marge brute pour les producteurs de coton biologique a été 30% supérieure à celle de leurs homologues conventionnels pour la saison 2008 [5].

Amérique du Sud :

Paraguay :

En dehors des zones de culture de canne à sucre où le coton est intercalé entre 2 cycles, le coton est souvent cultivé après un maïs, avec lequel un engrais vert tel que la légumineuse mucuna cendrée a été implanté juste avant la récolte. Il peut aussi être cultivé après un manioc associé à *Canavalia ensiformis*, une légumineuse rampante, ou bien au pois d'Angole ou à la crotalaire érigée.

Après la culture de coton, un engrais vert d'hiver est implanté (avoine noire, lupin blanc, navet fourrager). Ces cultures sont ensuite détruites pour mettre en place une culture d'autoconsommation (maïs, manioc, haricot) ou de rente (sésame). Ces rotations offrent donc aux cotonculteurs un moyen d'enrichir leur sol grâce aux légumineuses et de produire une partie de leurs aliments.

Pérou :

Le coton est là aussi cultivé après un maïs et précède une culture de manioc ou de banane. Cette rotation est pratiquée chez beaucoup de producteurs, qu'ils soient en agriculture conventionnelle ou en agroécologie, cependant elle n'est pas gérée de manière adéquate en conventionnel par manque de formation et ne génère pas une augmentation de revenus comme attendu. Dans le cas de la culture agroécologique, les producteurs déclarent des revenus de 4020 soles contre moins de 2000 en conventionnel [6]. Cette différence provient majoritairement des cultures de maïs et de manioc, cependant un impact positif sur l'ensemble des rendements (coton inclus) a été démontré par le projet +Algodón au Paraguay après plusieurs années de rotation [7].

Les cultures intercalaires

La culture intercalaire est la culture de deux ou plusieurs espèces de plantes en simultané dans le même champ. Cela permet donc d'augmenter la productivité d'une parcelle à la fois temporellement (plusieurs cultures à un même moment) et spatialement (plusieurs cultures dans un même espace). Par rapport à la culture unique, on observe une augmentation du rendement total car les espèces sur la parcelle utilisent des ressources différemment. Leur complémentarité établit un meilleur usage global des ressources de croissance que lorsqu'elles sont cultivées séparément.



Fig. 2 : Alternance de cultures de coton (2 rangs) et cultures intercalaires (1 rang) en Inde

Les cultures intercalaires du coton et le code des bonnes conduites

Le respect et l'amélioration de la qualité des sols

Il a été montré que la culture simultanée de coton et d'une autre espèce réduirait de 3 fois ou plus le risque d'érosion par rapport à une culture de coton seule, quel que soit le paysage [8]. Cela est dû au fait qu'il n'y ait presque plus de sol nul sur la parcelle.

La protection et la restauration de la biodiversité

Plus il y a d'espèces au sein d'une parcelle, plus il y aura de potentiels ennemis naturels des ravageurs. En particulier, la culture en relais permet une arrivée précoce des prédateurs des pucerons, principaux ravageurs du coton.

La culture intercalaire contribue également à la suppression des adventices qui disposent alors de moins de place, de nutriment et de lumière pour se développer. Certaines cultures compagnes ont également des effets allélopathiques et inhibent la croissance des adventices à proximité. La complémentarité et la diversité des cultures permet alors de limiter le recours aux herbicides et pesticides, et favoriser ainsi la biodiversité [9].

L'équité sociale

Le coton pluvial dispose en général d'un espacement important entre les rangs. Il se prête donc bien à l'utilisation de cultures intercalaires. Ces cultures limitent le risque d'échec total pour les exploitations sujettes à la sécheresse en associant la culture principale à des cultures résistantes au stress hydrique telles que le sorgho, le carthame, le sésame et le ricin. De plus, les cultures de courtes durées développées sur la parcelle engendrent un revenu provisoire supplémentaire et/ou satisfont les besoins domestiques en nourriture et en fourrage. Ainsi, les légumineuses compatibles (haricot mungo, haricot urd, niébé, etc.), les oléagineux (soja, arachide, etc.) et les légumes (haricot vert, etc.) sont couramment cultivés en association avec le coton [10].

Les céréales en culture intercalaire avec le coton

Les céréales telles que le millet et le sorgho sont d'excellentes cultures intercalaires au coton, que ce soit période de sécheresse ou non. Elles résistent aux maladies, inhibent la croissance des adventices et peuvent pousser sur des sols très pauvres. Il a été montré que l'incidence du ver rose du cotonnier était moindre lorsque le coton était cultivé en intercalaire.

D'autres cultures telles que le maïs offrent des avantages pour la culture de coton en jouant un rôle de brise-vent tout en limitant l'érosion causée par le vent [1].

Les légumineuses en culture intercalaire avec le coton

Les légumineuses cultivées en intercalaire sont pour la plupart des cultures de courte durée (haricot mungo, pois d'Angole...). Cette caractéristique fait que les agriculteurs sont réticents à la cultiver seule, or les champs de coton disposent d'un espacement intéressant, qui est alors valorisé par ces légumineuses. Elles réduisent la lixiviation des nutriments et fournissent un apport en azote à la culture principale après fixation de l'azote atmosphérique. Il est alors possible d'augmenter les rendements sans modifier la surface cultivée.

La canopée épaisse du haricot urdû permet en plus de lutter contre les adventices.

Le niébé et le haricot mungo réduiraient l'impact des ravageurs tels que les cicadelles, les pucerons et les aleurodes dans le coton.

L'introduction de légumineuses dans les rotations agricoles réduit l'utilisation d'engrais et d'énergie dans les systèmes de culture et, par conséquent, de diminuer la pollution par les nitrates et les émissions de GES.

Les légumineuses améliorent l'environnement microbien dans les sols, ce qui entraîne une augmentation de la biodiversité souterraine, notamment des microbes, des parasites et de la microfaune du sol [1].

Les oléagineux dans les cultures intercalaires avec le coton

L'arachide, le sésame et le tournesol sont les cultures intercalaires les plus utilisées dans le coton.

La présence de bactéries fixatrices d'azote près des nodules racinaires de l'arachide permet de réduire les besoins en azote.

Le sésame contribue à l'amélioration des propriétés du sol et de la couche arable. On observe que les populations d'*Heliothis*, principal ravageur du coton, sont beaucoup plus élevées sur le sésame intercalé dans le coton, ce qui réduit son incidence sur le coton et garantit des rendements plus élevés. Le tournesol attire et accueille également de nombreux insectes bénéfiques, notamment les insectes prédateurs de l'espèce *Helicoverpa* [1].

Les légumes et épices en culture intercalaire avec le coton

La culture intercalaire de légumes offre de nombreux avantages en raison de leur complémentarité spatiale et temporelle avec le coton.

Les épices et les cucurbitacées, en raison de systèmes racinaires différents, favorisent l'exploration de toute la masse du sol, ce qui se traduit par un rendement plus élevé du système.

La culture intercalaire de coriandre avec des piments et du coton a enregistré une absorption plus élevée d'azote, de phosphore et de potassium.

Le curcuma est une culture intercalaire tolérante à l'ombre qui, lorsqu'elle est plantée sous une densité de coton, peut améliorer l'efficacité globale de l'utilisation des ressources dans un système agricole à base de coton.

Les systèmes de cultures intercalaires d'oignons ont amélioré l'absorption des nutriments par le coton grâce à l'exsudation de ses racines.

La culture intercalaire du coton avec du gingembre peut augmenter le rendement du coton car il repousse les parasites.

L'ail a également été incorporé de manière efficace dans un système de culture intercalaire en raison de ses effets allélopathiques et antimicrobiens qui aident à supprimer les ravageurs et les maladies, ainsi que les adventices [1].

Certaines de ces cultures sont, comme pour la rotation, destinées à être intégrées au sol. Ces engrais verts limitent l'apport en engrais chimiques et constituent une couverture pour le sol.

D'autres cultures ont pour but d'attirer les insectes et ravageurs loin de la culture principale en les cultivant à des moments stratégiques du cycle de vie du ravageur. Ce sont les cultures piège. Les ravageurs se concentreront alors sur cette culture, préférée à la culture de coton. L'implantation spatio-temporelle des cultures piège est l'élément essentiel de la stratégie de lutte contre les ravageurs.

Les cultures intercalaires selon les zones géographiques étudiées

(Inde, Afrique de l'Ouest, Amérique du Sud)

Inde (états du Madhya Pradesh, du Maharashtra, de l'Odisha, du Gujarat et du Rajasthan)

L'étude réalisée dans ces différents états en Inde montre que 74 % des producteurs interrogés en culture de coton biologique implantent des cultures intercalaires. Différentes plantes peuvent être installées avec le coton selon les besoins des producteurs.

Tableau 3 : Combinaisons de cultures intercalaires recommandées pour les systèmes agricoles à base de coton biologique [1].

Combinaisons de cultures intercalaires		Culture unique de coton	Légumineuses			Oléagineux		Céréales		
Culture principale (coton)		Coton	Coton	Coton	Coton	Coton	Coton	Coton	Coton	Coton
Cultures associées recommandées pendant la saison Kharif	Type de culture	X	Haricot urd	Pois d'Angole	Haricot mungo	Arachide	Sésame	Maïs	Sorgho	Millet perlé
	Durée		Courte	Courte - moyenne	Courte	Courte	Courte - moyenne	Courte	Courte	Courte

En plus d'enrichir et de protéger le sol de l'érosion, ces différentes plantes assurent la présence et la multiplication d'ennemis naturels comme la coccinelle Lady Bird et le Chrysope qui se nourrissent des nuisibles. Elles servent aussi d'hôtes aux nuisibles qui épargnent alors le coton.

De même que pour les rotations culturales, les ratios coûts-bénéfices des différentes combinaisons d'intercultures ne montrent pas de différences significatives (Fig. 3). On suppose donc que ces cultures intercalaires constituent des avantages économiques comparables à la production de coton seule. Avec des avantages environnementaux non négligeables, elles sont donc intéressantes à maintenir sur l'exploitation.

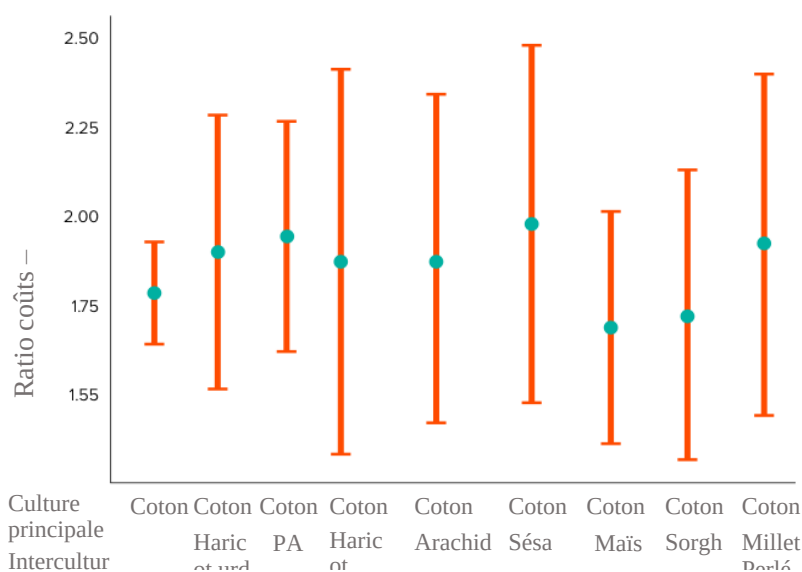


Fig. 3 : Ratio coûts – bénéfices des différentes intercultures du coton (PA = pois d'Angole) [1]

Afrique de l'Ouest :

Au Bénin, plusieurs communes utilisent des cultures intercalaires comme cultures pièges pour les insectes. C'est le cas à Banikoara, Sinendé et Ouassa Péhunco, qui font partie des grandes régions productrices de coton biologique [11]. Certains ravageurs du cotonnier préfèrent le maïs, le sorgho, le tournesol, le pois cajan, l'hibiscus ou le gombo. Des expériences en Tanzanie ont montré que le tournesol peut être cultivé en association avec le coton sur les rangées tous les 10 à 15 mètres. Il est semé en même temps ou peu de temps après le coton de sorte que la floraison arrive au moment où les chenilles du cotonnier commencent leurs attaques. D'autres insectes et oiseaux utiles sont également attirés par la plante en fleur.

En outre, les graines de tournesol sont une source de revenu supplémentaire pour le producteur, et de fourrage pour les animaux. Le semis de gombo tardif (en même temps que le semis du coton) en intercalaire permet aussi de lutter contre les ravageurs et a montré des résultats satisfaisant contre la chenille américaine [4].



Fig. 4 : Le gombo, plante piège pour les chenilles [4]

Amérique du Sud :

Selon les objectifs recherchés, les cultures intercalaires varieront. Pour lutter contre les insectes ravageurs, l'implantation de plantes à pollen abondant comme le tournesol permettra d'attirer les insectes utiles. Si le sol est pauvre, les producteurs incluent des crotalaires, plantes qui fournissent de l'azote et qui seront incorporées au sol après la récolte du coton. Enfin, dans le cadre d'une stratégie alimentaire familiale ou pour diversifier les ventes, des plantes alimentaires comme le maïs, les haricots ou le pois chiche sont combinées avec le coton [12].

Les cultures de bordure de champ

Les cultures de bordures de champ en réponse au code des bonnes conduites

Le respect et l'amélioration de la qualité des sols

Les bordures de parcelles jouent un rôle dans la lutte contre l'érosion des sols. Elles agissent comme un frein à la fuite des éléments en dehors du champ grâce aux phénomènes de sédimentation et d'infiltration.

La protection et la restauration de la biodiversité

Les cultures de bordure sont plantées autour du champ à protéger et sont souvent utilisées comme cultures-pièges pour attirer les ravageurs loin de la culture principale [1].

La diversité des plantes qu'elles abritent sont des sources de nourriture, des habitats de reproduction et des refuges pour la faune et la flore locale. Elles stimulent la population de prédateurs et donc augmentent la pression sur les ravageurs des cultures.

Outre la population de prédateurs, ces bordures accueillent les auxiliaires de cultures, c'est-à-dire les organismes vivants fournissant des services écosystémiques facilitant la production agricole, comme les pollinisateurs [13].

Les cultures de bordure de champ sont donc de vraies réserves de biodiversité avec un potentiel non négligeable dans la réduction des apports en pesticides pour lutter contre les ravageurs.

Le respect du cycle de l'eau

Les bordures de champ ont également un rôle épurateur et limitent la pollution des eaux de surface par les produits phytosanitaires qui peuvent être répandus dans les parcelles adjacentes qui ne sont pas en culture agroécologique.

Les bordures de champ selon les zones géographiques étudiées (Inde, Afrique de l'Ouest, Amérique du Sud)

Inde :

Certains cotonculteurs indiens plantent autour des parcelles de coton irrigué des rangs de *Sesbania aculeata*, une légumineuse utilisée comme engrais vert et répartie entre les rangs de coton 65 à 70 jours après le semis. Le ricin, les calendulas et le maïs sont aussi plantés au pourtour des champs de coton. Elles attirent les chenilles défoliantes et le ver de la capsule. Il est alors important de retirer de ces plantes-hôtes les œufs des insectes et les détruire.

Ces cultures constituent par ailleurs une barrière à la migration des nuisibles entre les parcelles.

Il a été signalé par les producteurs un taux de parasitisme élevé et une faible population de pucerons sur la parcelle lorsque le pois d'Angole est cultivé en bordure de champ.

Afrique de l'Ouest :

Au Mali, au Burkina Faso et au Sénégal, les cultures de gombo précoce (semis 15 jours après le semis du coton) en bordure de champ ont donné des résultats satisfaisants comme plante piège, notamment sur le contrôle de la chenille américaine du cotonnier. Ces bordures ne constituent à l'heure actuelle qu'une expérimentation. Il serait donc intéressant d'informer massivement les producteurs de coton sur ces bienfaits et ainsi diffuser la pratique.

Au Bénin, des arbres sont plantés en bordure de champ, notamment les anacardiés. Ils favorisent la biodiversité mais aussi contrôlent l'érosion du sol moyennant un entretien facile. La récolte des noix de cajou n'intervient d'ailleurs pas en même temps que la récolte du coton, ce qui permet aux producteurs d'avoir un travail bien réparti sur l'année [4] [14].

Amérique du Sud :

Les bordures de champ dépendent de la parcelle, de leur emplacement et des bénéfices recherchés. Au Pérou et notamment sur la côte, la protection des cultures est assurée par des haies d'*Acacia horrida* tandis que dans d'autres cas des tournesols peuvent être implantés pour attirer les insectes auxiliaires. Des légumineuses sont également cultivées pour être incorporées sur la parcelle après récolte [12]. Le sésame reste la plante la plus utilisée en bordure de champ de coton. En effet, en étant plus attractive que le coton, elle lutte contre les ravageurs tels que la mouche blanche et les pucerons [7]. Scott et al. (1974) ont démontré l'efficacité des cultures de bordure de sésame dans la lutte contre le charançon, en les attirant grâce à une fauche précoce puis en les éliminant par pulvérisation d'extrait de neem (cf. « gestion agro-écologique des ravageurs et maladies »).

Conclusion intermédiaire

La diversification culturelle génère donc de nombreux intérêts en termes de gestion de la fertilité des sols, gestion des ravageurs, des maladies et des adventices. Dans le cas de l'étude sur le coton biologique en Inde, les analyses économiques montrent que la diversification culturelle permet aux producteurs de maintenir des revenus similaires à la seule culture de coton tout en atténuant les risques d'échec agronomique et de volatilité des prix du coton et en profitant des avantages environnementaux des pratiques. La mise en place d'une diversification culturelle au sein de l'exploitation nécessite de nombreuses connaissances et des débouchés fiables. Le potentiel de génération de revenus à partir des nouvelles cultures dépendra donc de la performance de l'exploitation et de la capacité à vendre les nouveaux produits à des prix intéressants sur les marchés. Un accompagnement des producteurs à la fois dans la formation et dans la commercialisation est alors essentiel pour maintenir cette pratique sur les exploitations et les rendre ainsi plus durables.

Outre le travail sur les cultures intéressantes à intégrer dans les exploitations cotonnières, il convient aussi de concentrer les efforts sur la variété de coton choisi.

En agricultrice régénératrice, il est primordial d'utiliser des semences de variétés adaptées à la zone géographique et offrant de hauts rendements. Le développement de nouvelles variétés du coton, possédant une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau ou encore une résistance à des bioagresseurs représente un enjeu majeur pour transiter vers une culture durable du coton.

En plus des efforts de recherche dans ce domaine, l'accès aux semences les plus adaptées doit être facilité pour les agriculteurs. D'après Textile Exchange, les difficultés d'approvisionnement en semences constituent un frein majeur au développement de l'agriculture durable dans les pays où la culture de coton OGM domine.

Au-delà d'une bonne rotation culturelle, base essentielle pour une agriculture durable, les producteurs doivent soigner les opérations de travail du sol afin d'optimiser les productions tout en préservant la qualité des sols.

2- La perturbation minimale du sol

L'agriculture régénératrice vise à réduire autant que possible la perturbation du sol. L'enjeu majeur est de gérer la fertilité et lutter contre les adventices sans recourir à des intrants et sans travail excessif. En effet, le labour et un travail mécanique important perturbent l'activité biologique souterraine. Or, les organismes vivant dans le sol contribuent à son bon fonctionnement. Les ingénieurs du sol (vers de terre, fourmis, termites...) renouvellent sa structure, régulent la distribution spatiale des ressources en matières organiques et la fragmentent en petites particules pour les micro-organismes. Les sols abritent également des prédateurs (coléoptères, arachides, nématodes...) qui régulent la prolifération des populations de micro-organismes et des populations détritiques et phytophages. Enfin, les micro-organismes assurent la transformation de la matière organique (MO) et la mise à disposition des éléments nutritifs aux plantes par des processus de minéralisation [15]. Ce sont les premiers à réagir à des changements environnementaux tels que l'utilisation d'intrants ou le travail du sol. Tous ces organismes se trouvent dans les 20 premiers centimètres du sol. Celui-ci ne doit donc être perturbé que (1) de manière superficielle afin de ne pas mettre en profondeur et tuer ces organismes et que (2) si nécessaire, pour atteindre un ou plusieurs des objectifs suivants : incorporer les résidus de culture et/ou les engrais verts dans le sol pour nourrir les micro-organismes du sol, lutter contre les mauvaises herbes, préparer le lit de semence/la plantation, briser le sol compacté ou développer le drainage. Pour réaliser cela, des outils de culture peu profonds doivent être utilisés autant que possible [16]. Ce travail de conservation du sol laisse la majeure partie du sol non perturbée grâce à un travail localisé au niveau de la ligne de semis, et protégée par une couche de matière organique que l'on appelle mulch.

Réduire le travail du sol pour répondre au code des bonnes conduites

Le respect et l'amélioration de la qualité des sols

Un travail superficiel du sol entraîne une augmentation et une stratification de la matière organique (MO). Une étude menée par Feng et al. (2003) sur les communautés microbiennes du sol dans des systèmes de culture de coton en continu avec et sans labour a montré que le traitement sans labour augmentait la teneur en carbone organique et en azote total dans la couche superficielle du sol de 13% et 70%, respectivement [17].

Le travail de conservation du sol induit cependant une diminution de la porosité et de la rugosité des sols. Ceci sera compensé par la création de pores par les ingénieurs du sol dont les populations sont favorisées sous travail superficiel [18].

Cette technique réduit aussi l'érosion grâce à une meilleure stabilité du sol et grâce à la présence de mulch en surface.

La protection et la restauration de la biodiversité

La simplification du travail du sol favorise la biodiversité grâce au mulch et en évitant la perte de structure des sols causée par le labour profond. Suite à une étude réalisée dans la zone cotonnière au nord Cameroun, il ressort qu'une technique de travail simplifiée avec mulch engendre une plus grande diversité et abondance de la macrofaune [19].

Cette pratique est également un moyen de fournir de la matière organique aux micro-organismes et ainsi de stimuler les cycles biochimiques qui ont lieu dans le sol.

Le mulch constitue des habitats pour les auxiliaires de cultures et, en favorisant les plus bas échelons de la chaîne alimentaire, il aide au développement de la biodiversité dans son ensemble en accueillant les proies des vertébrés notamment. Il peut cependant parfois favoriser le développement d'adventices.

Le respect du cycle de l'eau

La présence de résidus végétaux sur une parcelle améliore la rétention d'eau dans les couches superficielles en limitant l'évaporation. Il a été constaté à la suite d'essais en Colombie et en Zambie que l'infiltration de l'eau était 2 à 5 fois supérieure sous travail superficiel du sol que sous labour conventionnel [19].

L'équité sociale

Le travail du sol évite le recours à des herbicides, coûteux pour les producteurs et inaccessibles aux femmes. Les techniques simplifiées de travail du sol réduisent aussi le temps de travail sur l'exploitation. Elles nécessitent cependant du matériel dont les cotonculteurs ne disposent pas toujours, ce qui soulève le besoin d'une coopérative pour acheter et partager les équipements.

En ce qui concerne les rendements, l'effet comparé d'une perturbation minimale du sol et du labour profond semble évoluer dans le temps. Des travaux réalisés en Inde et en Turquie montrent des rendements plus faibles en pratique simplifiée qu'en labour conventionnel (respectivement -8% et -3%) les 2 premières années. En revanche, au-delà de 3 ans de mesures, les rendements en coton-graine s'inversent en faveur du travail simplifié (jusqu'à +16% en Inde) [19].

L'étude réalisée en Nord Cameroun expose quant à elle des rendements en coton-graine plus importants sous travail superficiel avec mulch que sous labour conventionnel et travail superficiel sans mulch dès les premières années [19].

Les pratiques selon les zones géographiques étudiées (Inde, Afrique de l'Ouest, Amérique du Sud)

Inde :

Selon l'institut central de recherche cotonnière (CICR) en Inde, le système de travail réduit du sol avec passage de herse et avec cultures intercalaires s'est avéré efficace pour la production de coton dans le centre du pays [20].

Les études de Desouza Blaise sur l'impact du travail du sol sur la culture de coton en Inde ont montré que le travail simplifié avec résidus de culture donnait lieu à de meilleurs rendements en coton graine que sous labour conventionnel au cours des 3 premières années. Les 2 dernières années de l'étude n'ont pas montré de différences significatives sur les rendements sinon sur les caractéristiques physiques du sol.

Il a également montré que l'arrêt du travail du sol conduisait à une baisse des rendements dû à une forte pression des adventices [21] [22].

Afrique de l'Ouest :

Beaucoup de producteurs cultivent leur coton sur des sols légers et superficiels. Ceux-ci se caractérisent par une faible capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs. Ils sont donc affectés par des sécheresses et ont une demande élevée en engrais organiques.

Le travail de ces sols doit donc rester superficiel et réduit au maximum pour éviter l'érosion et la décomposition rapide de la MO.

En général, un labour léger est réalisé sur la parcelle dès les premières pluies (autour de mai) de sorte à détruire les adventices et enfouir la MO sans retourner complètement la couche de humus et donc perturber le moins possible l'activité des organismes du sol. Au Bénin, ce labour se fait soit à la main soit avec bœuf de trait.

Pour préparer le terrain aux semis, le hersage est pratiqué par de nombreux producteurs. Cela consiste à casser les mottes de terre et à niveler le terrain. C'est une technique de lutter contre les adventices qui en plus limite l'érosion des sols.

Enfin, pour éliminer les adventices et favoriser l'humidité dans les sols, les producteurs pratiquent le sarclage et le buttage [4]. Le sarclage est une technique de désherbage manuel ou par traction animale qui apporte de la matière organique au sol sous forme de mulch de mauvaises herbes. Le buttage lui se réalise lorsque les plants de coton sont hauts, afin de réduire la pression des adventices sur la ligne de semis et de limiter l'évaporation au niveau du sol.

Une autre méthode est pratiquée par les producteurs Béninois. C'est le semis direct sous couvert végétal (SCV), basé sur le principe du non-labour et d'une couverture permanente du sol pour gérer les adventices. C'est un gain de temps par rapport au désherbage et au sarclage. [34]

Amérique du Sud :

La préparation du sol peut se faire par labour et hersage de manière traditionnelle (par traction animale, de manière superficielle mais jusqu'à éliminer les adventices) ou par semis direct, plus appropriée pour le type de sol au Paraguay notamment. Dans ce cas, la perturbation mécanique du sol est éliminée et les cultures sont plantées directement dans un lit de semence qui n'a pas été labouré depuis la culture précédente [7].

La présence de mulch de résidus d'engrais verts est également encouragée au Paraguay [23].



Fig. 5: Buttage en Afrique de l'Ouest [4]

En plus d'une simplification du travail du sol pour maintenir l'activité biologique souterraine tout en gérant les adventices et préparant le terrain au semi, l'apport de matière organique sur la parcelle est un levier pour gérer la fertilité et même régénérer les sols.

3- L'utilisation d'engrais naturels et le recyclage de la matière organique

L'agriculture régénératrice place la santé des sols au cœur du système de culture. Elle a pour but de renforcer naturellement la qualité et la fertilité des sols. Une gestion durable de la fertilité se réalise par le maintien de la vie dans les sols, les microorganismes étant les fournisseurs d'éléments nutritifs pour les cultures. Ainsi, plus que de fertiliser une culture, l'agriculture régénératrice cherche à amender un sol. La fertilisation se base sur un apport direct d'éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes, sans améliorer la qualité du sol tandis que l'amendement est un apport de matière organique (MO) ou minérale pour soutenir la vie des sols (nourrir les microorganismes) et donc nourrir indirectement les cultures. En effet, l'oxydation du carbone et de l'hydrogène contenue dans les substances organiques fournit l'énergie nécessaire aux micro-organismes du sol pour réaliser des processus de minéralisation de la MO et ainsi libérer de l'azote, du phosphore et du potassium pour les plantes. En plus de ce rôle nutritif, les micro-organismes participent à la structuration du sol par la production de molécules organiques contribuant à la cohésion du sol. Cela engendre donc, comme grâce aux ingénieurs du sol (vers de terre, fourmis, termites...), une meilleure aération du sol et une augmentation de l'infiltration d'eau et la capacité de rétention du sol [15].

En plus d'une rotation culturale judicieuse, à savoir une combinaison équilibrée de cultures à forte et à faible demande en nutriments avec intégration de légumineuses et d'engrais verts, les apports de matières organiques (MO) fraîches ou compostées apparaissent comme des leviers essentiels à actionner pour soutenir la vie souterraine et gérer durablement la fertilité des sols.

Concrètement, comment amender les sols ?

Sur une parcelle, la MO peut être fournie par les résidus végétaux des cultures précédentes, complétés par des engrais de ferme, d'autres fumiers organiques et du compost.

L'épandage de résidus végétaux

Dans une idée de réduction du travail du sol, les résidus de culture sont souvent laissés à la surface après récolte. En plus de limiter l'érosion et le ruissellement, contribuant à préserver les éléments nutritifs sur la parcelle, les résidus favorisent l'enrichissement en matière organique du sol et participent à l'amélioration de ses propriétés physiques, biologiques et chimiques [24].

Il est aussi possible d'apporter du Bois Raméal Fragmenté (BRF) sur la parcelle, c'est-à-dire des copeaux de bois obtenus par broyage de jeunes rameaux fraîchement coupés. Le BRF peut être utilisé

en mulch (ou paillage, technique consistant à couvrir le sol avec un matériau) ou bien enfoui et mélangé aux 5 à 10 premiers cm du sol. Cette couverture végétale participe à la création d'un humus riche en matière organique, lutte contre l'installation des adventices, conserve l'humidité des sols et améliore la structure et la fertilité des sols. Selon les témoignages d'un agriculteur sur sol pauvre en Guyane, l'utilisation de BRF favorise à partir de 3 à 4 mois le développement de la vie souterraine (présence de vers de terre...), signe de régénération du sol, et induit de bons résultats en termes de nutrition des plantes [25]. La fabrication d'un BRF nécessite cependant un broyeur, ce qui engendre une dépense excessive pour certains producteurs. Les coopératives peuvent dans ce cas avoir un rôle à jouer dans l'achat et le partage du matériel [15].

L'apport de fumures organiques

Les composts et fumiers contiennent toute la gamme d'éléments nutritifs nécessaires aux plantes. Le compostage est un procédé de transformation de la matière organique végétale ou animale en un fumier organique de haute valeur. Une fois bien décomposée, celle-ci peut être épandue sur la parcelle pour enrichir le sol en matière organique et stimuler l'activité biologique.

Contrairement aux produits organiques frais (fumiers et lisiers) qui contiennent beaucoup d'azote minéral et de matière organique facilement minéralisable, les composts libèrent peu d'azote minéral la première année et restent donc insuffisants pour la fertilisation d'une culture. Composts et fumiers devront donc être utilisés de manière complémentaire.

L'intégration agriculture-élevage est une solution pour gérer la fertilité des sols. De nombreuses exploitations cotonnières disposent de bétail et peuvent valoriser les déjections animales sur les parcelles. Pour celles qui n'en disposent pas, il convient de soigner les relations entre producteurs et éleveurs en mettant en avant leur complémentarité (fourrage contre fumure organique...). Le parçage direct consiste à faire paître les animaux directement sur la parcelle pendant quelques mois (après la récolte par exemple) afin d'apporter de la matière organique fraîche [3]. Les étables fumières sont tout de même utilisées mais elles demandent un transport de la matière du lieu de production au champ, donc de la main d'œuvre et un minimum d'équipement.

Dans tous les cas, les quantités de fumures organiques à apporter dépendent du sol et des cultures précédentes. Elles doivent être utilisées en quantité raisonnable, une trop forte dose pouvant conduire à une baisse des rendements causée par une forte croissance végétative du cotonnier, une chute des bourgeons et par attraction des insectes ravageurs.

Très bientôt : l'utilisation de biostimulants

Afin de régénérer les sols, l'apport de matière organique est une pratique essentielle à mettre en place sur l'exploitation. Cependant, lorsque les sols sont trop dégradés, ces efforts sont vains. Il convient alors de réintroduire une activité microbienne sur la parcelle. Solicaz, Agritech spécialisée en microbiologie des sols, propose des solutions bio-inspirées pour répondre à cela grâce au développement de biostimulants bactériens symbiotiques, entre autres.

Ces biostimulants PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) s'appliquent à tous types de plantes afin d'activer leur croissance, de régénérer la vie biologique des sols, et peuvent augmenter jusqu'à 5 fois la capacité de résistance à un stress hydrique. Sous forme de poudre, ils s'épandent sur la parcelle comme un engrais classique. Leur utilisation augmente la capacité productive agricole, avec des rendements jusqu'à 40% supérieurs. Ils peuvent même être utilisés pour dépolluer les sols en coupant l'absorption des métaux lourds par les plantes ou en les piégeant dans des plantes destinées à cet effet [26].

Cette méthode peut donc être intéressante pour les zones où les sols sont trop dégradés ou pour stimuler la croissance des plantes sans utiliser de produits chimiques. Elle témoigne également de l'importance de la vie souterraine et confirme le soin que les producteurs doivent apporter aux sols pour augmenter les rendements.

En quoi l'amendement des sols répond au code de bonnes conduites de PGF ?

Le respect et l'amélioration de la qualité des sols

Le fait d'amender plutôt que fertiliser place le sol au cœur de la gestion du système de culture en le considérant comme un organisme et non simplement comme un support de culture. En maintenant une certaine activité biologique, on assure le bon fonctionnement du sol et donc une bonne fertilité pour les cultures. Les différents organismes du sol, ingénieurs ou micro-organismes, assurent une bonne structuration du sol, limitant ainsi l'érosion. En 2009, tous les agriculteurs interrogés lors d'une enquête menée par Helvetas au Burkina Faso ont signalé une augmentation de la fertilité des sols dans les champs biologiques [27].

La protection et la restauration de la biodiversité

L'apport de matière organique stimule et maintient la biodiversité des sols. Les biostimulants constituent même un moyen de reconstituer la flore microbienne. La plupart des producteurs apportant de la matière organique à leur sol dénotent une plus forte activité biologique souterraine.

Le respect du cycle de l'eau

En améliorant la structuration des sols, l'apport de matière organique et l'activité microbienne augmentent significativement l'infiltration, la réserve utile en eau utile et la teneur en eau du sol [19]. En stimulant les populations de champignons, l'apport en matière organique permet d'augmenter la capacité de prospection du sol par les racines et donc de limiter les apports en eau sur la parcelle. Une meilleure rétention d'eau par les sols et une meilleure prospection du sol par les plantes sont essentielles pour éviter le recours à l'irrigation, et donc préserver les ressources en eau.

L'amélioration de la structuration des sols permet aussi d'éviter le lessivage des métaux lourds et des minéraux, ce qui limite l'apport d'engrais en compensation et la pollution des eaux souterraines. En limitant l'érosion, la charge en sédiments des eaux de ruissellement est réduite et la qualité des eaux améliorée.

L'équité sociale

L'utilisation des déchets organiques produits sur l'exploitation permet de limiter l'achat d'intrants externes et donc l'endettement des producteurs. Les engrais du commerce sont en effet excessivement chers pour les petits cotonculteurs et parfois même, dans certaines communautés, inaccessibles aux femmes qui ont besoin de l'accord du père ou du mari pour l'achat. Ces pratiques de recyclage sont donc des leviers d'autonomisation des femmes dans les pays du Sud.

La première phase du projet TAZCO montre que les communes les plus au Nord du Bénin privilégie les pratiques de « gestion intégrée de la fertilité des sols » et de « gestion intégrée agriculture-élevage ». Cela est dû au fait que la production animale est plus importante dans cette région qu'au Sud du pays, et que les producteurs et éleveurs doivent collaborer pour limiter la pression foncière à laquelle ils font face. Cette pratique contribue alors également à la pacification des relations agriculteurs-éleveurs [28].

En termes de rendements, une étude au Burkina Faso a montré que l'amendement des sols avec un compost plutôt qu'une fertilisation à base de fumure minérale augmenterait significativement (+249 kg.ha⁻¹) la production en coton-graine. Une étude similaire au Mali a confirmé ces résultats [19].

Les pratiques selon les zones géographiques étudiées (Inde, Afrique de l'Ouest, Amérique du Sud)

Inde :

En Inde, l'utilisation de composts et de fumures organiques est très répandue en culture de coton biologique. Les tiges de coton sont recyclées dans la production de compost avec des bactéries dégradant la lignine (*Trichoderma sp.*) puis intégrées au sol. Le vermicompost est également pratiqué dans la région. Il consiste à creuser un trou, à y intégrer roches, sable, vers de terre, bouses de vaches, feuilles sèche et à humidifier le tout avant de recouvrir de feuilles de cocotiers. Après 30 jours, la préparation peut être épandue sur la parcelle.

La préparation d'engrais liquide sur l'exploitation est de plus en plus répandue chez les producteurs. Le panchakavya, le dasakavya et le jeevamruth en sont des exemples. Ils sont composés entre autres d'urine et de bouse de vache, de lait, de jaggery et d'eau et sont pulvérisés sur la parcelle en complément des apports de matière organique. Ils mettent à disposition presque immédiatement des éléments nutritifs pour les plantes et peuvent servir à corriger les déficits à court terme [29]. Ces pratiques ont permis une amélioration progressive de la teneur en carbone organique et de phosphore disponible dans les sols selon l'Institut central de recherche cotonnière (CICR) [33].

Afrique de l'Ouest :

En Afrique de l'Ouest, les producteurs de coton biologique utilisent des composts et du fumier de bétail bien décomposés. Au Bénin, les producteurs ont constaté que, sur les sols ayant reçu de la matière organique, des termitières et vers de terre réapparaissaient dans les champs de coton. Cela est le signe de la régénération de la fertilité des sols.

Si besoin, des engrais naturels tels que des tourteaux de coton, neem ou palmiste déshuilé, du phosphate roche et du muriate de potasse peuvent être utilisés. Un moyen d'optimiser l'efficacité du phosphate roche est de le mélanger au compost pour qu'il soit absorbé par la matière organique car utilisé directement sur la parcelle, le phosphate se perd. Le muriate de potasse quant à lui est utilisé lorsqu'un déficit en potassium est constaté dans le sol. Les cultures de coton, de soja et d'arachide demandent beaucoup de soufre, ce qui peut manquer dans certains sols. Du gypse peut alors être apporté dans le champ. Dans tous les cas, le type d'engrais et les quantités utilisées doivent être adaptés au sol et étudiés au cas par cas [30].

Amérique du Sud :

En Amérique du Sud, les producteurs maintiennent aussi la fertilité des sols grâce à l'apport de fumures organiques. Au Paraguay, la recommandation est l'épandage avant semis de 5 tonnes par ha et par an de fumier ou l'application au pied des cotonniers de 300 kg/ha de compost de lombric après la levée. En réalité, même si tous les producteurs ont des animaux, la qualité et quantité du fumier de ferme sont très variables, ce qui rend la fertilisation elle aussi variable. Le lombricompost est particulièrement utilisé au Pérou. Il est fabriqué à la ferme en quelques mois à partir de fumier et de résidus de fabrication d'essence d'orange amère. Son utilisation au Paraguay reste limitée à quelques producteurs pilotes. Les exploitations biologiques au Pérou témoignent de l'utilisation de compost sur les parcelles [12].

Des biofertilisants préparés à la ferme sont également utilisés en Amérique du Sud. Le Supermagro est le plus populaire. C'est un produit de fermentation enrichi en minéraux et utilisable pour tout type de cultures. En plus de son rôle nutritif, il jouerait un rôle protecteur contre les maladies et un rôle de répulsif des petits insectes. L'ONG Alter Vida a adapté la recette du Supermagro à la culture du coton. Sa préparation nécessite 3 mois et des intrants non disponibles à la ferme. Ceux-ci sont alors fournis par les institutions soutenant la culture de coton biologique.

D'autres biofertilisants liquides sont préconisés par AlterVida et en usage au Paraguay (Supermagro non enrichi en oligo-éléments et urine de vache) [23].

Dans les différentes zones géographiques étudiées, l'amendement des sols est bien pratiqué puisque ses résultats sont intéressants et rapidement visibles. Il évite également l'achat d'intrants externes. Malgré tout, les connaissances sur le fonctionnement des sols restent insuffisantes et les producteurs doivent être formés sur les bonnes doses à appliquer pour ne pas induire d'effets négatifs sur les cultures.

Au-delà du soin apporté au sol, les agriculteurs doivent gérer les maladies et ravageurs des cultures pour limiter leurs dégâts et maximiser leurs rendements.

4- La gestion agro-écologique des ravageurs et des maladies

Le cotonnier est l'une des plantes cultivées les plus attaquées au monde par les insectes. Divers ravageurs se nourrissent de ses feuilles, capsules ou de sa sève. Plus de 170 espèces de ravageur du cotonnier ont été identifiées au Paraguay par exemple [31].

Concernant les maladies du cotonnier, comme la fursariose, la maladie bleue, la bactériose ou la ramulariose, selon les retours des producteurs elles ne semblent faire l'objet d'attention qu'au moment du semis.

Différentes méthodes sont utilisées sur le terrain pour traiter les semences et protéger les cultures. L'idée centrale est d'empêcher les ravageurs et maladies d'attaquer les cultures, plutôt que de traiter les symptômes une fois les cultures atteintes. La mise en place d'un agroécosystème diversifié contribue à prévenir l'apparition des ravageurs et maladie. Comme vu précédemment, les rotations culturales brisent le cycle des ravageurs et maladies, et les plantes pièges, cultures intercalaires et cultures de bordures détournent les ravageurs de la culture principale, le tout favorisant la biodiversité locale et donc l'augmentation du nombre de prédateurs. Si ces méthodes préventives ne sont pas efficaces, il convient de recourir à des techniques de biocontrôle.

Les pratiques de gestion des ravageurs et maladies

Le traitement des semences

Pour pratiquer une agriculture régénératrice, il convient d'éviter les semences traitées avec des pesticides chimiques et les semences OGM. Les graines utilisées seront alors plus sujettes aux attaques de ravageurs et aux maladies. Pour pallier cela, en plus de la mise en place d'une bonne rotation et d'une gestion équilibrée des éléments nutritifs du sol, les producteurs traitent les semences de manière préventive. Différentes méthodes naturelles existent, la plupart du temps incluant l'utilisation d'urine de vache.

Le biocontrôle

Le biocontrôle vise à la protection des plantes en privilégiant l'utilisation de mécanismes et d'interactions naturels.

La lutte biologique : Elle a pour objectif de protéger les cultures en se basant sur la gestion des équilibres naturels entre les espèces. Le but n'est pas d'éradiquer un ravageur mais bien de contrôler les équilibres de populations, voire favoriser l'apparition d'auxiliaires naturels (macroorganismes, tels que les insectes ou acariens, et microorganismes comme les champignons, bactéries et virus) en créant des zones refuges. Dans ce cas, la diversification culturelle vue précédemment est un élément clé à mettre en place pour la promotion des ennemis naturels des cultures.

Les médiateurs chimiques : Ils comprennent les phéromones et les kairomones. Ces sont des substances sémio-chimiques, c'est-à-dire émises par les plantes ou les insectes dans l'environnement et qui ont une valeur de signal entre les êtres vivants. Ces signaux induisent des réponses comportementales et/ou physiologiques chez certains individus (de la même espèce pour les phéromones, entre espèces différentes pour les kairomones). Les informations portées par les médiateurs chimiques permettent la localisation et la reconnaissance d'un partenaire sexuel, d'une proie, d'un hôte ou encore d'une ressource alimentaire. Ils sont donc utilisés dans le contrôle des populations d'insectes par la méthode de confusion sexuelle et le piégeage. Le but est de perturber la rencontre entre le mâle et la femelle par confusion.

Les substances d'origine naturelle : Utilisées comme produits de biocontrôle, elles sont composées de substances présentes dans le milieu naturel et peuvent être d'origine végétale, animale ou minérale. Il en existe de différents types : les extraits (par infusion, macération...), les huiles et huiles essentielles (origan, ail...), les poudres et parties de plantes (écorces, feuilles, bulbes...) et les substances actives purifiées (saccharose, pyréthre...). Leur mode d'action peut être direct, en détruisant la cuticule des ravageurs, en les paralysant ou en perturbant leur alimentation et respiration par exemple, mais aussi indirect, en jouant un effet répulsif et anti-appétant chez les ravageurs ou en stimulant les défenses naturelles des plantes. L'utilisation de ces pesticides naturels nécessite de disposer de références techniques suffisantes, sur leur efficacité mais aussi sur l'identification de leur besoin ou non grâce à un suivi des populations de ravageurs sur la parcelle. La plupart du temps, elles sont utilisées sous forme de préparation maison par macération puis pulvérisation sur la parcelle.

Une pratique qui répond au code de bonnes conduites

Le respect et l'amélioration de la qualité des sols

Les pesticides de synthèse sont néfastes pour l'ensemble de la biodiversité, y compris celle des sols. Privilégier des méthodes plus naturelles permet de préserver la biodiversité souterraine, et donc les divers services écosystémiques qu'elle fournit.

La protection et la restauration de la biodiversité

En évitant de recourir à des pesticides chimiques, les producteurs favorisent le développement de la biodiversité, la plupart des pesticides chimiques n'étant pas spécifiques à un ravageur. En Inde, les groupes de producteurs ont observé un niveau plus élevé de biodiversité dans les exploitations cotonnières utilisant ces méthodes de gestion des ravageurs [1].

Le respect du cycle de l'eau

Contrairement aux produits phytosanitaires, ces méthodes ne rejettent pas de polluants qui pourraient, par ruissellement en surface ou par infiltration dans les sols, se retrouver dans les eaux.

L'équité sociale

Dans la même idée que pour les engrais chimiques, réduire les apports en pesticides de synthèse permet d'éviter le surendettement des producteurs, le coton biologique coûtant 90% moins cher en intrants que le coton conventionnel. Cette pratique facilite également l'installation de femme à la tête d'exploitation agricole. En 2012, la certification biologique a permis une augmentation de 68% du nombre de productrices [27].

En plus, la plupart des méthodes utilisées ne constituent pas un danger pour la santé des cotonculteurs, certains extraits de plantes composant les préparations maisons étant même utilisés en médecine traditionnelle. Lors de l'enquête réalisée par Helvetas au Burkina Faso en 2009, 90% des agriculteurs biologiques interrogés estimaient que la santé de leur famille s'était améliorée [27].

En réduisant les problèmes de santé des agriculteurs et donc les dépenses médicales, les producteurs disposent de plus de ressources pour augmenter leur niveau de vie.

Les pratiques selon les zones géographiques étudiées (Inde, Afrique de l'Ouest, Amérique du Sud)

Inde :

Avant le semis, un traitement des semences est nécessaire. En Inde, ce traitement se fait à base de fumier de mouton ou de sable de termitière, mélangé à de l'eau afin d'obtenir une pâte où incorporer la semence. Après séchage, on mélange avec du fumier de vache. On prévient également les maladies fongiques en traitant la semence au trichoderme viride (une moisissure) que l'on trouve sur le marché. Pour éviter l'utilisation de pesticides de synthèse, les cotonculteurs indiens pratiquent la lutte biologique. Ils attirent notamment les oiseaux, excellents prédateurs des insectes, en répandant sur la parcelle du riz cuit mélangé à du curcuma et en installant des perchoirs. Des pièges à phéromones sont aussi utilisés. En complément, des lâchers d'insectes prédateurs sont réalisés (*Chrysoperla* spp., *Habrobracon hebator*) [20].

Comme dans les autres aires géographiques étudiées, les pulvérisations de préparations maisons sont très répandues. La pulvérisation d'extrait de graines de Neem est la plus pratiquée mais d'autres préparations existent (*Andrographis panicula*, *Sida Spinoza*...). La décoction ail/gingembre/piment éloigne efficacement le ver américain et la chenille du tabac. [32]



Fig. 6: Préparation maison d'un biopesticide à base de neem

Enfin, d'autres bio pesticides comme le virus de la polyhedrose nucléaire peuvent être achetés dans le commerce. Pulvérisé sur les cotonniers, il tue rapidement les chenilles sans avoir de conséquences sur l'environnement, les autres organismes ou la récolte.

Selon l'Institut central de recherche cotonnière (CICR), ces méthodes ont permis de répondre efficacement aux infestations de jassidés et ont montré une bonne accumulation d'ennemis naturels des prédateurs du cotonnier [33].

Afrique de l'Ouest :

Pour lutter contre les maladies et attaques de ravageurs au semis et lorsque les mesures préventives ne sont pas suffisantes, des traitements alternatifs des semences peuvent être utilisés. Celles-ci peuvent être plongées dans l'urine de vache, ou encore enrobées de déjections animales, de sol de termitière ou d'argile. Des produits achetés sur le marché comme *Trichoderma* ou *Bacillus subtilis* empêchent les maladies des racines.

D'autres méthodes sont employées en Afrique de l'Ouest pour lutter contre les ravageurs, notamment l'utilisation de pièges de phéromones, dans le but de perturber la communication entre insectes et empêcher la production d'œufs (chenille américaine du cotonnier, chenille tête noire). Les phéromones



Fig. 7 : Piège à phéromones en culture cotonnière au Nord du Bénin

ne sont pas toxiques et n'ont aucun impact sur les insectes utiles. D'autres pièges comme les pièges lumineux ou pièges gluants contribuent à réduire la population de ravageurs.

Une autre méthode préventive, l'écimage du cotonnier, est appliquée en Afrique de l'Ouest. Abandonnée au cours du 20^{ème} siècle, cette pratique a repris au Mali en 2002 et s'est diffusée dans la région. L'écimage est réalisé en pinçant manuellement la tige principale d'un cotonnier au niveau des feuilles terminales et en la sectionnant par tension et pression. Cela va permettre de lutter contre les populations de chenilles de la capsule par l'émission de composés volatiles. Cette technique n'est pas appliquée à tous les cotonniers, les composés volatiles engendrant une réaction en chaîne chez les cotonniers non écimés. Sur 50 exploitations étudiées, cette pratique a permis de réduire de 24,5% le taux de plants

attaqués par la chenille de la capsule et a procuré un gain de production de 8,1% en coton graine [34]. Des bio pesticides sont également utilisés. Ils affectent pour la plupart aussi bien les ravageurs que les auxiliaires. Leur usage doit donc être strictement limité et répondre à une réelle nécessité. La pulvérisation de neem (*Azadirachta indica*) est très souvent pratiquée en Afrique de l'Ouest. L'avantage de ce pesticide naturel est, contrairement à beaucoup d'autres, qu'il n'est pas dangereux pour la majorité des insectes utiles ni pour la santé des producteurs. Ces derniers estiment qu'ils souffrent moins de maladies comparées aux effets induits par les intrants chimiques. Au Bénin, la lutte contre les insectes dans tous les systèmes de cultures de coton biologique étudiés par Debru et Al. est constituée du filtrat de feuilles de neem. Seuls les produits additifs varient selon les communes et ethnies (papaye, piment, savon, ail).

Au-delà des bienfaits sur la santé des producteurs, d'autres observations révèlent qu'au Bénin, les cours d'eau situés près des champs de coton privilégiant les bio pesticides sont moins pollués, favorisant ainsi la qualité des ressources halieutiques [4] [30].

Amérique du Sud :

Les cultures de coton d'Amérique du Sud sont principalement soumises à la pression des insectes comme le charançon *picudo A. grandis*, aux coléoptères Curculionidae *Eutinobothrus brasiliensis* Hambleton et *Conotrachelus denieri* Hustache, aux chenilles phyllophages dont *Alabama argillacea* Hübner, aux chenilles carpophages qui s'attaquent aux organes florifères et fructifères *Heliothis virescens* F. et *Pectinophora gossypiella* Saunders. Les maladies du cotonnier sont gérées au semis. Les semences sont enrobées d'une préparation composée de cendres, d'urine de vache et d'eau.

Afin de prévenir l'arrivée des ravageurs, et notamment celle du charançon, les producteurs paraguayens installent des pièges à phéromones 60 jours avant le semis du coton et les retirent 40 jours après, afin de détecter ou non la présence des ravageurs, de les éliminer, et d'agir en conséquence si la population est trop importante [7].

Pour gérer les ravageurs, si les méthodes préventives ne sont pas suffisantes, certains producteurs utilisent des insecticides biologiques et des « préparations maison » à base d'extraits de plantes ou d'insectes malades macérés dans de l'eau ou de l'urine de bovin. Les plantes utilisées sont connues sous le nom de vernaculaires au Paraguay. La préparation la plus employée est un mélange fermenté d'urine de bovin, de feuilles et graines de lilas des Indes et de *güembé*. D'autres recettes maison sont également fabriquées pour repousser le *picudo* : urine de vache et ricin, *güembé*, *candelon* et *kaa-tay*, *pyno guazú* ou ortie, oignon, ail, *paraíso*, *ajenjo*. Ces préparations sont soit appliquées rapidement après 24h de maturation, soit à appliquer durant tout le cycle cultural après 50 jours de maturation. Ces méthodes résultent de connaissances empiriques des plantes insecticides et leur efficacité reste à prouver rigoureusement.

D'autres traitements aériens sont pratiqués en Amérique du Sud, à base de bio pesticides ou d'ennemis naturels. Certains producteurs utilisent la formulation BT2X® à base de bactérie *Bacillus thuringiensis* Berliner contre les chenilles. Ils ramassent également les chenilles mortes suite à l'action naturelle d'agents pathogènes, les font macérer dans de l'eau et pulvérisent la préparation sur les cotonniers. Certains producteurs pratiquent également la libération d'ennemis naturels sur la parcelle, technique appelée contrôle biologique. *Trichogramma* spp. sera par exemple utilisée contre les chenilles phyllophages et carpophages [7].

Conclusion

Les pratiques développées dans cette étude offrent divers avantages environnementaux, sociaux et économiques.

Conservation des eaux et des sols, amélioration de leur fertilité, préservation et stimulation de la biodiversité sont des bénéfices retirés de ces méthodes. Les 4 leviers d'action identifiés doivent être actionnés simultanément pour maximiser les chances de réussite des cultures sur le long terme. D'autres pratiques, plus marginales, sont rencontrées sur le terrain pour limiter l'érosion des sols et préserver les ressources en eaux notamment. Sites antiérosifs en forme de cordon pierreux, haies vives, bassin de rétention des eaux pluviales, digues filtrantes et micro-barrages pour la gestion des eaux pluviales et l'entretien des nappes phréatiques sont des pratiques courantes chez les producteurs.



Fig. 8: Bassin de rétention des eaux pluviales

En plus des bénéfices environnementaux, la non-utilisation d'intrants chimiques sur l'exploitation réduit les problèmes de santé chez les producteurs qui se traduiraient directement en perte de productivité et en coûts médicaux. Les pratiques régénératrices ont un vrai impact social et constituent un moyen d'empowerment des femmes. Elles leur permettent effectivement de disposer de leur propre exploitation cotonnière car n'ayant que très peu de revenus pour l'achat d'intrants, la culture conventionnelle leur est impossible. La place de la femme pour le succès et la promotion de cette approche agronomique auprès des hommes a d'ailleurs été montré comme déterminante.

En termes de revenus, les résultats varient énormément selon les exploitations et les régions. Les rendements dépendent de divers facteurs et notamment des conditions climatiques de l'année. Globalement, selon les études, le passage à une culture régénératrice induit des effets variables sur les rendements. Une tendance générale semble cependant se dessiner : au cours des premières années de conversion, une perte de rendement est à noter mais après quelques années, les rendements augmentent et se stabilisent à un niveau très souvent supérieurs à ceux de l'agriculture conventionnelle. Une étude globale plus approfondie et avec des critères uniformes est nécessaire pour estimer l'effet des pratiques sur les rendements. Les résultats du projet TAZCO 2 devraient nous éclairer sur ce sujet. Concernant la rentabilité économique de l'agriculture régénératrice, les baisses de rendements occasionnelles et les demandes en main d'œuvre supplémentaire (70 jours/ha/an en biologique contre 47 jours/ha/an en conventionnel) sont compensées par une réduction des coûts des intrants (69€/ha en biologique contre 195€/ha en conventionnel) et un prix du coton graine biologique plus élevé. Une recette similaire à celle des cotonculteurs conventionnels a ainsi été calculée au Bénin sur la campagne 2015/2016 [35]. En plus de stabiliser ses revenus, le producteur utilisant des méthodes régénératrices profite de tous les bénéfices environnementaux qu'elles offrent. L'utilisation de la comptabilité multi-capitaux serait judicieuse pour mettre en avant et estimer le plus justement possibles tous les avantages retirés de l'agriculture régénératrice.

Malgré les avantages non négligeables que fournissent ces pratiques, elles restent trop peu effectives en réalité. Le projet TAZCO a montré que pour qu'une pratique soit adoptée, il fallait qu'elle réponde aux problèmes récurrents perçus par les producteurs (ex. intégration agriculture-élevage pour limiter la pression foncière et apaiser les tensions). Il est alors important de sensibiliser les producteurs aux différents bienfaits de ces méthodes sur le long terme et non pas seulement afin de répondre à un problème immédiat. La formation et l'accompagnement des producteurs sont essentiels lors des premières années de production durable. Instaurer de nouvelles pratiques nécessite la maîtrise de nouvelles connaissances, de nouvelles techniques et surtout de répondre au mieux aux baisses de rendements éventuels. Il est également important d'aider les producteurs à la commercialisation des nouvelles cultures, sur des marchés qu'ils ne connaissent pas encore. Les coopératives et ONG jouent un rôle essentiel dans ces missions.

Au-delà d'un travail de diffusion des pratiques sur le terrain, il convient de soutenir la recherche et les entreprises innovantes dans l'expérimentation de nouvelles méthodes régénératrices et dans l'évaluation de celles existantes. Les biostimulants développés par Solicaz sont une solution d'avenir pour maintenir les cultures sur une parcelle sans l'appauvrir et sans investir de nouvelles terres. Ils permettraient même d'augmenter les rendements dans une certaine mesure et de faire face à la demande croissante en coton responsable.

Bibliographie

- [1] Riar A., Joshi T., Goldmann E., Joshi S., and Tournebize M. (2020). Boosting biodiversity and improving farmer livelihoods through crop diversification: The practice and impact of scaling crop diversification in Indian organic cotton-based farming systems. OCA, Amsterdam, pp 48.
- [2] Organic Exchange (2009). Farm System Crops Baseline Report.
- [3] Jobin P., Douville Y., Engrais verts et cultures intercalaires
- [4] Ouedraogo A., Doumbia S., Eyhorn F., Dischl R., Helvetas, Association Suisse pour la Coopération Internationale, (2008). Guide de production du coton biologique et équitable : un manuel de référence pour l'Afrique de l'Ouest
- [5] Helvetas (2009). Organic Cotton changes producers' lives. Leaflet on impact study on organic and fair-trade cotton in Burkina Faso
- [6] Gomero Osorio L., Velázquez Alcántara H., Revista de Agroecología (2003). Evaluación de la sustentabilidad del sistema de algodón orgánico en la zona de trópico húmedo del Perú
- [7] Queiroga, Vicente de Paula. (2021). Sistema de producción del algodón sostenible. 1ed. / Organizadores, Vicente de Paula Queiroga, Adriana Calderan Gregolin. – Campina Grande : AREPB.
- [8] Mouinou Igué A., (2000). The Use of a Soil and Terrain Database for Land Evaluation Procedures - Case Study of Central Benin
- [9] Eyhorn, F., Ratter, S. & Ramakrishnan, M. Organic Cotton Crop Guide-A manual for practitioners in the tropics.
- [10] Singh, R. J. (2017). Sustainable intensification of transgenic cotton in India - A review. Indian J. Agric. Sci.
- [11] Azonkpin S., Chougourou D.C., Agbangba E.C., Santos C.C.J., Soumanou M.M., Vodouhe S.D., (2018). Typologie des systèmes de culture de coton biologique au Bénin, <http://www.ifgdg.org>
- [12] Lizárraga Travaglini A.D., Caldas Cueva J.F., (2020). Guía técnica para el cultivo de algodón en la costa del Perú
- [13] Joseph C., Delattre D., Sarthou J.-P. (2018). Auxiliaires des cultures : Définition. Dictionnaire d'Agroecologie, <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedia/auxiliaires-des-cultures/>

- [14] PAN Germany, PAN UK, l'OBEPAB et Enda Pronat, (2011). Fibre, nourriture et beauté pour la réduction de la pauvreté – Faites bouger les choses!
- [15] Montaigne W., Bonnie L., Brunstein E., Nicolas Coulin N., Roggy J.-C., Solicaz, INRA (2019). Guide de la fertilité organique en Guyane
- [16] Regenerative Organic Certified, (2021). Framework for Regenerative Organic Certified
- [17] ICAC, FAO, (2015). Measuring Sustainability in Cotton Farming Systems : Towards a Guidance Framework
- [18] Chambre d'agriculture des Hauts de France, Intégrer la biodiversité dans les systèmes d'exploitations agricoles n°1.
- [19] Kambire F.C., (2016). Effet combiné du travail du sol et de la gestion de la fumure organique dans l'agrosystème cotonnier au Burkina Faso
- [20] CICR – Central Institute for Cotton Research, Crop Production, <https://www.cicr.org.in/CropProduction.html>
- [21] Desouza B., ICAR, Conservation Agriculture – the BMP for Sustainable Cotton Production in Africa: Indian Experiences
- [22] Desouza B., (2003) Influence of tillage and residue management on growth and yield of cotton grown on a vertisol over 5 years in a semi-arid region of India
- [23] Silvie P., Martin J., Debru J., Vaissayre M.(2009). Le coton biologique au Paraguay. 2. Production et contraintes agronomiques
- [24] Massicotte D., (2000). Guide des pratiques de conservation en grandes cultures.
- [25] <https://www.youtube.com/watch?v=4KwhWQ-MnhY&t=318s>
- [26] Entretien avec Elodie Brunstein, gérante de Solicaz, le 9 juillet 2021
- [27] Oakland Institute, Alliance pour la Souveraineté Alimentaire en Afrique (AFSA), La production de coton biologique en Afrique de l'Ouest
- [28] Akpatcho L.H., Zoundji G.C., Vodouhê F.G., (2019). Adoption des Technologies Agro-Écologiques : Perception et Préférence des Agriculteurs de la Zone Cotonnière du Bénin
- [28] Mageshwaran V., Satankar V., Shukla S.K., Kairon M.S., (2019) Current status of organic cotton production in India

- [30] OROU N'GOBI B.M.S., (2015). Problématique de la production du coton biologique dans la commune de Banikoara.
- [31] Silvie P.-J., Delvare G., Aberlenc H.P. , Prudent P., Gil-Santana H., Gomez V.A., Cardozo R., Michel B., (2014). Diversité des Arthropodes rencontrés en culture cotonnière au Paraguay. 2. Insectes prédateurs, parasitoïdes et hyperparasitoïdes
- [32] SynAIRgis, (2006). Étude Equicoton – Partie Générale
- [33] A. T. P. Rajendran, B. M. V. Venugopalan, C. P. P. Tarhalkar, Organic Cotton Cultivation Guide & Farming Information
- [34] A. Renou, I. Téréta, M. Togola, T. Brévault, F.-R. Goebel, J. Jean, (2016). Écimage manuel des cotonniers
- [35] The economics of Land Degradation , (2017). L'initiative de l'économie de la dégradation des terres: Une étude de cas de la commune de Banikoara au Bénin : L'économie de la production du coton conventionnel et biologique