

L'intensification agricole au Mali et au Soudan à travers l'amélioration de la fertilité du sol et la mécanisation

Agricultural Intensification through Soil Fertility Improvement and Mechanization in Mali and Sudan

Aune Jens Bernt¹, Tadesse Belachew Asalf¹, Coulibaly Adama², Borgvang Stig¹

¹Département des Études Internationales pour le Développement et l'Environnement, Noragric, Université des Sciences de la Vie, Ås, Norvège

²Laboratoire Sol, Eau, Plantes, Institut d'Économie Rurale - BP 258, Bamako, Mali

*Auteur pour la correspondance : jens.aune@nmbu.no

Résumé

Le semis mécanisé a été introduit en Afrique de l'Ouest dans les années 1920 et 1930 pour la culture de l'arachide et du coton. Des usines nationales de production de semoirs ont été établies au Sénégal telles que la Société Industrielle Sénégalaise de Construction de Matériels Agricoles et au Mali, la Société Malienne d'Équipements et de Construction de Matériels Agricoles. Cependant, ces usines qui étaient semi-publiques n'ont pas pu résister aux conditions économiques et politiques difficiles des années 1980 et 1990. Les forgerons locaux ont dans une certaine mesure repris en charge l'entretien et la production de cet équipement.

Dans ce document, les auteurs relatent les effets des techniques d'intensification sur l'amélioration de la productivité des cultures en zones semi-arides du Mali et du Soudan. Ces techniques portent sur le traitement des semences avec un fongicide/insecticide, le trempage des semences dans de l'eau et le microdosage de l'engrais minéral. Ce type d'intensification peut être décrit telles les marches d'un escalier. L'idée était de développer un ensemble de technologies simples et peu onéreuses qui s'emboîtent et se renforcent mutuellement pour augmenter la production agricole au niveau des exploitations sahéliennes. Au cours des 10 dernières années, la recherche a également inclus la mécanisation en combinaison avec ces technologies.

En outre, il est montré comment les différentes technologies peuvent être combinées pour une plus grande productivité des terres et un allègement du travail. Il est aussi signalé les avantages en termes de rendement et d'économie de main-d'œuvre dus à la mécanisation en combinaison avec le trempage et le traitement phytosanitaire des semences et le microdosage des engrais minéraux. Ces technologies assurent en plus, une

densité optimale, une amélioration de la levée des cultures et une récolte plus précoce. La mécanisation motorisée semble être une option réalisable par les agriculteurs qui cultivent plus de 5 hectares. L'accès au crédit sera nécessaire pour une mise à échelle rapide de cette mécanisation.

Les Organisations non gouvernementales (ONG) impliquées dans le processus de transfert de ces technologies ont été, entre autres, CARE International (*Cooperative for Assistance and Relief Everywhere*), Sasakawa Global 2000, ADRA (Agence Adventiste d'Aide et de Développement/*Adventist Development Relief Agency*), YAGTU (Association pour la Promotion de la Femme), AMAPROS (Association Malienne pour la Promotion du Sahel), ADAF/Gallè (Association pour le Développement des Activités de Production et de Formation), AFAD (Association de Formation et d'Appui au Développement) et CARE-Mali. Ces organisations ont reçu des fonds de l'USAID (Agence Américaine pour le Développement International), du Gouvernement Australien, du Fonds International pour le Développement Agricole (FIDA), de l'Union Européenne (UE), de l'ASDI (Agence Internationale pour le Développement International, Suède), du JIRCAS (*Japan International Research Center for Agricultural Sciences*) et du Ministère des Affaires Étrangères du Royaume de Norvège. Les technologies de trempage, de microdosage et de mécanisation des semis ont été également recommandées par le Comité National de la Recherche Agricole au Mali. Au Soudan, ces technologies ont reçu une recommandation du Comité National de Recherche sur les Cultures. Cela donne aux technologies une crédibilité supplémentaire facilitant leur diffusion.

Mots-clés : intensification, microdosage, trempage, semences.

Abstract

Mechanized seeding was introduced in West Africa in the 1920s and 1930s for groundnut and cotton production. National seeder factories have been established in Senegal such as Société Industrielle Sénégalaise de Construction de Matériels Agricoles and in Mali, Société Malienne d'Équipements et de Construction de Matériels Agricoles. However, these semi-public factories failed to withstand the adverse economic and political conditions of the 1980s and 1990s. Local blacksmiths have to some extent taken over the maintenance and production of this equipment.

The authors report on the impacts of intensification techniques on improving crop productivity in the arid zones of Mali and Sudan. These techniques include seed treatment with fungicide/insecticide, seed priming and micro-dosing. This type

of intensification can be described as ladder steps. The idea was to develop a set of simple and low-cost technologies that fit together and reinforce each other to increase agricultural production in Sahelian farms. Over the last 10 years, research has also included mechanization in combination with these technologies.

In addition, the study shows how different technologies can be combined to improve land productivity and ensure labor saving. The benefits in terms of yield and labor saving of the introduction of mechanization, in combination with the priming and phytosanitary treatment of seeds, and the micro-dosing of mineral fertilizers, are also reported. These technologies also ensure optimal seeding, improved crop emergence and earlier harvesting. Motorized mechanization seems to be a feasible option for farmers who farm more than 5 hectares. Access to credit will be necessary to quickly scale up such mechanization.

The Non-governmental organizations (NGOs) involved in the transfer process of these technologies have been, among others, CARE International (Cooperative for Assistance and Relief Everywhere), Sasakawa Global 2000, ADRA (Agence Adventiste d'Aide et de Développement/Adventist Development Relief Agency), YAGTU (Association pour la Promotion de la Femme), AMAPROS (Association Malienne pour la Promotion du Sahel), ADAF/Galle (Association pour le Développement des Activités de Production et de Formation), AFAD (Association de Formation et d'Appui au Développement) and CARE-Mali. These organizations have received funding from USAID (United States Agency for International Development), the Australian Government, IFAD (International Fund for Agricultural Development), the European Union (EU), SIDA (Swedish International Development Cooperation Agency) (Sweden), JIRCAS (Japan International Research Center for Agricultural Sciences) (Japan) and the Ministry of Foreign Affairs of the Kingdom of Norway. Seed priming, mineral fertilizer micro-dosing, seed treatment and seeding mechanization technologies were also recommended by the National Committee for Agricultural Research in Mali. In Sudan, these technologies have been recommended by the National Crops Research Committee. This gives the technologies additional credibility to facilitate their dissemination.

Key words: *intensification, micro-dosing, priming, seeds.*

Introduction

La présente étude porte sur l'utilisation de la mécanisation en combinaison avec des techniques d'amélioration des rendements en zones arides du Mali et du Soudan. Elle discute la durabilité de ce type d'intensification de l'agriculture. Elle aborde les perspectives de la mécanisation agricole en examinant l'effet de la mécanisation associé à la rapidité des travaux, les niveaux de rendement avec et sans pratiques agronomiques améliorées, les besoins en main-d'œuvre, en investissement et les avantages économiques et sociaux.

Mécanisation et utilisation des animaux de trait

Il existe une grande variabilité en Afrique subsaharienne en ce qui concerne la mécanisation agricole. Dans de nombreuses parties de l'Afrique, jusqu'à 80 % de la préparation des terres est réalisée à l'aide de la force musculaire humaine (Mrema, 2011; Clarke et Bishop, 2002). Les animaux de trait n'étaient pas utilisés avant les années 1920-1930 en Afrique subsaharienne. La seule exception est l'Éthiopie où le labour est utilisé depuis des millénaires (McCann, 1995). Les animaux de trait sont habituellement les premiers à être utilisés pour le labour car c'est la tâche la plus exigeante en énergie et en main-d'œuvre dans l'agriculture. Les animaux de trait peuvent également être utilisés pour semer, désherber et battre la récolte. L'utilisation d'animaux ayant souffert de la sécheresse a été fréquente en ce qui concerne les cultures de rente comme l'arachide et le coton. Ces cultures génèrent souvent un surplus qui peut être utilisé pour l'achat et l'entretien des équipements agricoles et des animaux de trait.

Mécanisation agricole et utilisation de tracteurs

La mécanisation et l'utilisation de tracteurs sont beaucoup moins répandues en Afrique qu'en Asie. L'introduction de technologies améliorant le rendement a été lente en Afrique, ce qui peut expliquer la lente adoption de la mécanisation dans ce domaine. La question principale dans la mécanisation agricole est celle de savoir s'il est possible de sauter la phase de traction animale et de passer directement à la motorisation.

Les premiers tracteurs ont été importés en Afrique entre les deux guerres mondiales, le siècle dernier. Ils étaient principalement utilisés dans les champs des colons blancs. Il y avait une forte poussée pour la mécanisation en Afrique dans les années suivant les indépendances, mais le taux de réussite était faible. À l'époque, la traction animale était considérée comme une technologie dépassée et rétrograde. Le Soudan est l'un des nouveaux exemples où l'introduction de tracteurs a été couronnée de succès en raison des subventions gouvernementales et du fait de la nécessité de dessoucher les terres à moindre frais (Pingali, 1987).

Mécanisation de l'agriculture pluviale

L'étude se focalise sur le développement de la mécanisation de l'agriculture pluviale en Afrique de l'Ouest et en particulier la mécanisation des semis. En Afrique de l'Ouest francophone, la mécanisation agricole a été favorisée par les projets sur le coton et l'arachide (Ashburner et Kienzle, 2011). Ces projets accordaient des crédits aux agriculteurs, qui devaient être remboursés après la récolte et le prêt pour les machines agricoles était remboursable sur plusieurs saisons. Ils ont également fourni une formation et un soutien aux artisans ruraux soutenant ces chaînes de valeur. Cependant, ces projets ont rencontré des difficultés pendant la période du programme d'ajustement structurel dans les années 1980 et 1990 et le soutien à la mécanisation a été abandonné. La recherche française en Afrique de l'Ouest s'est concentrée sur le développement de charpentes d'équipements agricoles allégées sur lesquelles des semoirs, des sarclours et des corps billonneurs ont été développés.

La première opération agricole mécanisée est normalement le labour. Dans les zones arides de l'Afrique de l'Ouest, le labour a augmenté le rendement de l'arachide, du sorgho et du mil respectivement de 19, 29 et 21 % (Pingali, 1987). L'augmentation du rendement est toutefois plus faible sur les sols sablonneux et dans des conditions plus sèches que dans des conditions plus humides avec des sols plus lourds. La rentabilité du labour dépend non seulement de l'augmentation du rendement, mais aussi du prix de vente de la récolte. Le mil labouré (culture à bas prix) a donc été moins rentable que le labour d'une culture de riz (culture à prix élevé). Les études réalisées en milieu paysan ne montrent en général aucune différence de rendement entre le travail à la houe et le labour effectué avec la traction animale (Pingali, 1987).

Dans les régions où la saison de culture est courte et où le sol est sablonneux, des semis mécanisés ont été introduits mais pas le labour. Le moment disponible pour le semis est court et si le labour retarde le semis, l'avantage de rendement pour le labour est réduit. Le retard dans le labour peut être causé par le manque d'animaux de trait et ou par les faibles conditions physiques des animaux et la pénurie de fourrage. Le rendement du labour sur un sol lourd est plus élevé que sur un sol sablonneux. Le semis mécanisé a été introduit dans la culture de l'arachide au Sénégal dans les années 1920 et 1930. L'utilisation des semoirs a permis de semer de grandes surfaces en peu de temps. Les semoirs ont été introduits au Sénégal en 1920 et 1930 (Pingali, 1987). Des usines nationales de production de semoirs ont été établies au Sénégal (Société Industrielle Sénégalaise de Construction de Matériels Agricoles, SISCOMA) et au Mali (Société Malienne d'Équipements et de Construction de Matériels Agricoles, SMECMA). Le nombre de semoirs au Sénégal est passé de 20 000 en 1940 à environ 220 000 en 1980.

Cependant, ces usines qui étaient semi-publiques n'ont pas pu résister aux conditions économiques et politiques difficiles des années 1980 et 1990. Les forgerons locaux ont dans une certaine mesure repris en charge l'entretien de cet équipement. Ces artisans peuvent produire de l'équipement de 30 à 50 % du prix des grandes industries (Pingali, 1987). En 1990, il a été estimé que 70 % des ménages agricoles étaient équipés de traction animale dans le Sud du Mali.

Le Gouvernement du Mali a récemment subventionné l'achat de tracteurs pour les jeunes agriculteurs. Cependant, le remboursement des prêts a été faible bien que les prêts aient été accordés à un taux d'intérêt subventionné (Fonteh, 2010).

Le travail peut être fait plus rapidement si les animaux de trait sont utilisés. La vitesse de travail de la plupart des animaux de trait est d'environ 3,5 km/heure et les animaux peuvent tirer 13 à 15 % de leur poids (Aschburner et Kienzle, 2011). Il faut environ un an pour entraîner un animal de trait. Différents types d'animaux de ferme peuvent être utilisés dans la traction animale. Le coût de traction asine équivaut à 30 à 40 % de la traction bovine (Williams, 1997). La traction asine est particulièrement utile dans le cadre d'une tâche plus légère comme le désherbage. Il y a un coût considérable pour garder les animaux de trait, lié aux aliments pour animaux, aux services vétérinaires et à la formation. La rentabilité des animaux de trait peut être augmentée si les animaux sont utilisés à des fins multiples telles que le transport, le labour, le semis, le désherbage et le battage. Il existe un besoin de matériel agricole particulièrement adapté à la traction animale.

Malgré quelques réussites avec la mécanisation, son introduction n'a pas été sans problème et son adoption a été lente. Les premières formes de mécanisation en milieu rural en Afrique étaient liées à des tâches stationnaires telles que le pompage de l'eau et le labour. Les avantages de la mécanisation augmentent si l'équipement peut être utilisé à différentes fins telles que le travail du sol, le semis et le désherbage.

Jusqu'en 1990, il y avait un fort intérêt pour la traction animale en Afrique de l'Ouest comme en témoignent de nombreux articles écrits et le nombre d'ateliers organisés. Cependant, comme la traction animale était souvent liée aux cultures de rente comme le coton et l'arachide, il devenait difficile de développer davantage la traction animale en raison du faible rendement économique de ces cultures dans les années 1990. Le soutien à ces chaînes de valeur a également été réduit à la suite des programmes d'ajustement structurel mis en œuvre au cours des années 1990. Les centres de recherche internationaux ont également abandonné dans une large mesure la recherche sur la traction animale et les centres nationaux de recherche sur la mécanisation ont également

connu un soutien limité. La recherche non plus n'a pas pu avoir d'impact significatif sur l'agriculture. Il apparaît également que la recherche biologique/économique a plus de prestige et qu'il existe un grand nombre d'articles sur les problèmes biologiques/économiques dans l'agriculture tropicale que sur la mécanisation. Il n'y a pas non plus de journal sur la traction animale avec un facteur d'impact élevé, mais certaines revues peuvent encore accepter des documents sur la traction animale.

Mécanisation agricole et changements climatiques

Les changements climatiques contribuent également à rendre la mécanisation indispensable en Afrique. La variabilité du climat devrait augmenter à la suite des changements climatiques et cela fait que les opérations culturales dans les exploitations doivent être effectuées plus rapidement. Le moment est indiqué pour avoir une vision claire sur la mécanisation agricole. Les prix des denrées alimentaires augmentent, les jeunes partent à la recherche d'emplois dans les villes, les compétences techniques en milieu rural augmentent, les motocyclettes et les voitures sont devenues plus courantes même dans les zones rurales. Le développement de technologies biologiques à faible coût peut faciliter l'utilisation de la traction animale. Aussi, la mécanisation peut rendre l'agriculture, actuellement associée à la corvée, plus attrayante pour les jeunes en tant que travail agricole.

Facteurs de la mécanisation et de l'intensification

Il y a plusieurs raisons à l'intérêt grandissant pour la mécanisation. Comme dans d'autres pays, les jeunes en Afrique aussi ne sont pas intéressés par l'agriculture (Leavey et Hussain, 2014). Ils ont vu et utilisent les technologies modernes comme le téléphone mobile, l'ordinateur portable et les moyens de transport modernes comme les vélomoteurs ou les voitures. Cependant, l'agriculture est encore principalement pratiquée en utilisant le travail manuel. La mécanisation peut rendre l'agriculture plus attrayante pour les jeunes agriculteurs. Lorsque les producteurs constatent que les opérations agricoles comme le semis et le désherbage peuvent être effectuées en utilisant la traction animale ou motorisée, ils deviennent plus intéressés. L'avantage de la mécanisation est la réduction du temps de travail à faire au moment du pic de la demande en main-d'œuvre. À la période du semis et du désherbage, il n'y a pas de surplus de main-d'œuvre dans l'agriculture en Afrique. La mécanisation peut donc équilibrer la demande en main-d'œuvre tout au long de la saison.

Un autre objectif important de la mécanisation est la réduction de la charge de travail et la corvée du travail agricole. Pour le mil et le sorgho, il y a 25 000 poquets par hectare

(centre et Sud du Mali). Le processus de semis a quatre opérations: l'ouverture du poquet avec une houe, le placement des graines dans le poquet, l'application d'engrais dans le poquet et le recouvrement des graines. Au total, il y a donc 100 000 opérations (25 000 x 4) pour semer un ha. La taille moyenne des exploitations au Mali est d'environ 4 hectares et il y aura donc 400 000 opérations pour semer tous les champs de l'exploitation. Afin de placer la graine et l'engrais correctement dans le poquet, les semeurs doivent se baisser. L'arachide est une culture avec une plus forte demande de main-d'œuvre pour semer que les céréales car la densité est supérieure à 66 000 plants/ha (Ousman et Aune, 2011). Ces opérations manuelles peuvent être évitées si le semis mécanisé est pratiqué. Les avantages supplémentaires des opérations mécanisées incluent une profondeur de semis précise, une distance précise entre les plantes et un nombre approprié de graines par poquet.

Effets des technologies sur les rendements et la demande en main-d'œuvre

Toute une gamme de technologies a été introduite pour augmenter la production agricole au Mali. Le développement des technologies présentées dans la présente synthèse se poursuit depuis le début du siècle. Au cours des premières années, l'accent était mis sur le traitement des semences avec un fongicide/insecticide, le trempage des graines et le microdosage. Ce type d'intensification agricole peut être décrit telles les marches d'une échelle (Aune et Bationo, 2008). Au cours des 10 dernières années, la recherche a également inclus la mécanisation en combinaison avec ces technologies. L'idée était de développer un ensemble de technologies qui peuvent se renforcer mutuellement et qui s'emboîtent. La technologie la plus économique est le trempage des semences. La méthode consiste à tremper les graines dans l'eau avant le semis. Le temps optimal de trempage pour les cultures a déjà été développé (Harris, 2006).

Pour le mil et le sorgho, la durée optimale de trempage est de 8 heures tandis que pour le niébé et l'arachide, la durée de trempage est de 4 heures. Des expériences sur le terrain ont montré que l'augmentation de rendement due au trempage des graines est en moyenne de 30 %. Le trempage des graines se fait dès qu'il y a suffisamment de pluie pour semer. Les graines doivent être séchées à l'ombre pendant deux heures au moins avant le semis afin de réduire le caractère collant des graines trempées. Ceci est particulièrement important si le semis mécanisé est pratiqué. L'effet du trempage des semences varie d'une année à l'autre, mais il est particulièrement important lorsque les conditions d'établissement des cultures sont difficiles. Il peut également être très utile si le semis est retardé et qu'il est nécessaire de stimuler l'établissement de la culture. Le trempage

des graines réduit le temps de germination de 2 à 1 jours et assure un peuplement plus uniforme. Le traitement des graines doit être combiné avec un insecticide/fongicide comme Apron Plus. Ce traitement peut assurer l'établissement des cultures et permet d'augmenter les rendements de l'ordre de 15 % dans les expérimentations menées au Mali (Aune *et al.*, 2012).

Le microdosage d'engrais minéraux est une autre technologie qui peut augmenter le rendement. Il existe différentes formes de microdosage. L'ICRISAT recommande des doses de 2 g d'engrais par poquet si l'on utilise du phosphate d'ammoniac (DAP) alors que 6 g sont recommandés si l'engrais NPK (15-15-15) est utilisé (ICRISAT, 2009). Dans les parties les plus sèches du Sahel, les agriculteurs utilisent 10 000 poquets par hectare ou moins tandis que dans les zones humides du Sahel (pluviosité annuelle moyenne supérieure à 600 mm), les agriculteurs utilisent environ 25 000 poquets par hectare. Il en résulte des doses d'engrais de 50 et 150 kg par hectare respectivement si 2 g de DAP ou 6 g de NPK sont appliqués par poquet. Une collaboration de recherche au Mali entre l'Institut Économie Rurale, la Station de Recherche El Obeid au Soudan et l'Université Norvégienne des Sciences de la Vie a montré que de bons résultats peuvent être obtenus avec des microdoses aussi basses que 0,3 g d'engrais par poquet (Aune et Ousman, 2011). Lorsque les doses d'engrais sont si basses, il est également possible de mélanger les graines et l'engrais et de semer ce mélange directement. Au Soudan, on a montré que 0,25 g d'engrais était suffisant pour le mil, tandis que pour le sorgho, la dose optimale était de 0,8 g d'engrais par poquet. Dans le Sud du Mali, avec des précipitations de l'ordre de 800 à 900 mm, on a constaté que l'apport en couverture de 1 g par poquet d'urée donne un avantage supplémentaire de rendement. Dans les zones les plus sèches du Sahel où il n'y a pas de réponse à l'apport d'urée au tallage, la mécanisation des technologies, le trempage des semences, le traitement des semences et le microdosage doivent être combinés afin d'obtenir un bon rendement.

Les rendements ont plus que doublé lorsque le trempage des semences et le microdosage ont été combinés (Aune et Ousman, 2011). Un autre effet de ces technologies est la levée certaine des cultures, un temps de maturation plus court et une moindre attaque du parasite striga. Il semble que les plantes qui ont reçu du microdosage grandissent plus vite que le striga et réduisent l'effet de celui-ci (Aune *et al.*, 2012). L'effet du microdosage est réduit si la culture est faible à la suite d'attaques ou de maladies. Il est donc plus sûr d'utiliser le microdosage si les graines sont trempées et traitées avec un insecticide/fongicide. L'avantage de la mécanisation est également réduit si la densité n'est pas optimale car le rendement sera faible.

Des mécanisations à traction animale et au semoir motorisé (Photos 1 et 2) ont été développées. L'unité de base dans le semoir est un disque qui tourne dans la trémie où les semences sont placées. Ce disque est entraîné par les roues du semoir (énergie transmise par la chaîne) qui est tiré par un animal ou propulsé par un moteur. Le disque comporte des trous reliés aux tubes à travers lesquels les graines sont distribuées. Des disques spéciaux ont été développés pour permettre le semis de différentes cultures en changeant la largeur du trou et/ou l'épaisseur du disque. La distance entre deux poquets peut être régulée par le nombre de trous dans le disque. Des disques différents sont donc disponibles pour le semis du mil, du sorgho, du coton, de l'arachide et du maïs, etc.



Photo 1 : Semoir motorisé adopté par l'IER



Photo 2 : Placement mécanique de la semence et de l'engrais en microdose, technique développée par l'IER

Si l'on compare le semis mécanisé au semis manuel, l'augmentation du rendement est de l'ordre de 15 à 20 %. Cette augmentation de rendement est liée à une profondeur de semis plus précise, à un nombre approprié de graines par poquet et à une distance de semis uniforme entre les poquets.

Au Mali, l'utilisation du semis mécanisé est faite pour la production de coton mais elle est moins courante dans la culture du mil et du sorgho. Le développement du microdosage a également rendu nécessaire la mise au point de disques adaptés au semis simultané des graines et de l'engrais.

Avantages de la mécanisation des opérations agricoles

Les semis mécanisés au Mali étaient auparavant principalement associés à la culture du coton et du maïs. Cependant, il est possible de semer toutes les cultures vivrières importantes comme le mil, le sorgho, l'arachide et le niébé en utilisant le semoir. Les principaux avantages du semis mécanisé comprennent une profondeur de semis

uniforme et appropriée, un nombre uniforme de graines appliquées dans chaque poquet et des distances uniformes entre les lignes. Le semis manuel est pratiqué en prenant une pincée entre le pouce et l'index. Une pincée de graines de mil et de sorgho contient en moyenne respectivement 35 et 11 graines. Cependant, la quantité de graines livrées par une pincée varie d'une personne à l'autre et l'utilisation d'un semoir fournit un nombre plus uniforme de graines. L'écart-type pour le nombre de graines livrées est plus élevé dans les semis manuels que dans les semis à l'aide du semoir. Un avantage du semis mécanisé par rapport au semis manuel est qu'il est difficile pour les rats et les oiseaux de localiser où les graines ont été placées lorsque le semis mécanisé est pratiqué. En effet, ces prédateurs peuvent localiser l'emplacement du poquet de semis manuel, ce qui est impossible lorsque les graines sont placées le long d'une ligne uniformément recouverte.

L'un des principaux avantages du semis mécanisé est la réduction de la demande en main-d'œuvre pour les semis et le désherbage. La demande de main-d'œuvre dépendra de la densité de semis. Il y a plus d'économie de main-d'œuvre sur les semis mécanisés dans le Sud du Mali où la densité de semis est de 25 000 poquets par hectare comparativement au Nord du Mali où la densité de semis est de 10 000 poquets par hectare {(25 000 poquets = 126 lignes; 10 000 poquets = 101 lignes) avec moins de main-d'œuvre, étant donné que la densité de semis au Nord nécessite moins de temps de travail}.

Des études effectuées au Mali ont montré que la demande de main-d'œuvre pour les semis manuels est de 96,8 heures et celle des semis avec la traction animale et motorisée est de 3,5 heures. On a calculé qu'il faut 480 heures (15 hommes jours) pour semer manuellement une exploitation moyenne au Mali en sorgho ou en mil. La plupart des agriculteurs n'ont pas assez de main-d'œuvre et les semis sont souvent retardés pour cette raison. La durée de temps optimum pour le semis par saison ne compte pas assez et la forte demande de main-d'œuvre à cette période entraîne des semis tardifs et des rendements plus faibles. Afin d'assurer un temps de semis optimal pour la plupart des cultures, l'agriculteur devrait avoir la capacité de semer toutes ses terres en 3 à 4 jours. Dans le Sud du Mali, on a constaté que le sorgho et le maïs sont plus sensibles aux semis retardés que le mil (Traoré, 2014). Si le semis est effectué à l'aide d'un semoir à traction animale, l'exploitation peut être semée en 5 jours tandis que si le semis est motorisé, l'exploitation peut être semée en 2 jours (sur une exploitation de 5 ha à 25 000 poquets/ha). Dans le cas d'un semis motorisé, le propriétaire du semoir pourra également l'utiliser pour semer chez un de ses voisins. La grande capacité de semis est particulièrement importante lorsque les précipitations du début de saison sont très irrégulières comme c'est souvent le cas dans les zones arides de l'Afrique de l'Ouest.

Le semoir peut également être utilisé pour le désherbage en montant des dents sur l'outil. La demande en main-d'œuvre pour le désherbage manuel, le désherbage à traction animale et le désherbage motorisé est respectivement 129 ; 60 et 44 heures/ha. La demande en main-d'œuvre est relativement élevée même dans le cas du désherbage motorisé car il est accompagné d'un désherbage manuel dans l'inter-poquet.

La demande totale en main-d'œuvre pour le semis et le désherbage est donc de 216 ; 68 et 48 heures par hectare pour les opérations manuelles, les opérations à traction animale et motorisées. La mécanisation doit être combinée avec des technologies agricoles améliorées pour accroître sa rentabilité. Le trempage des semences et le microdosage sont deux technologies compatibles avec la mécanisation. Les expérimentations avec le sorgho en milieu réel de 2013 à 2015 ont montré que le rendement du sorgho est passé de 705 kg/ha pour le semis manuel sans microdosage et sans trempage à 1 061 kg/ha avec le semis mécanisé combiné au trempage des semences et au microdosage de l'engrais, correspondant à une augmentation de rendement grains moyen de 51 %. Ceci a été suivi d'une augmentation correspondante du rendement en paille de sorgho.

Cependant, la mécanisation a un coût et peut ne pas être réalisable par tous les agriculteurs sans assistance. Le prix pour un semoir à traction animale est d'environ 110 euros tandis que celui du semoir motorisé est de 800 euros. Les types de coûts dans les semis manuels, mécanisés et du désherbage sont différents. Dans les opérations manuelles, la main-d'œuvre est le principal coût, tandis que dans les opérations motorisées, le coût principal est lié à l'amortissement et à la réparation de l'outil. Les coûts d'utilisation de la mécanisation à traction animale comprennent également le coût de l'alimentation, du dressage et de la garde des animaux de trait, tandis que dans la mécanisation motorisée, il y a également des coûts liés à l'achat du carburant. Cependant, la consommation d'essence pour le semis d'un hectare est assez faible car elle n'est que de 3,5 litres/ha pour les semis et le désherbage. Le coût de l'engrais est également très bas lorsque 0,2 g d'engrais est utilisé par poquet. Les coûts de carburant et d'engrais sont faibles par rapport au coût d'amortissement du semoir et au coût de réparation. Il est donc logique d'utiliser des semences traitées, les microdoses et des semences trempées lorsque la mécanisation est utilisée. Le microdosage et le trempage des semences améliorent considérablement la rentabilité de la culture.

La mécanisation appropriée varie en fonction de la taille de l'exploitation. Une analyse économique et une analyse du travail ont montré que le semis motorisé est une option intéressante pour les agriculteurs si la taille de l'exploitation est supérieure à 5 hectares. En dessous d'une superficie de 5 ha, la mécanisation la plus appropriée est la mécanisation à traction animale. Même si la taille de l'exploitation est inférieure à un hectare, il est économiquement logique d'utiliser la mécanisation avec la traction

animale en combinaison avec le trempage des semences et le microdosage au lieu du semis manuel sans trempage et sans microdoses. Ceci a pour effet un rendement élevé et une économie de main-d'œuvre en rapport avec la mécanisation.

Mise à échelle des facteurs d'intensification

Plusieurs facteurs doivent être considérés pour une intensification réussie, y compris la mécanisation (Photo 3). Une condition importante pour l'intensification est un accès facile à l'engrais. L'accès à l'engrais s'est amélioré ces dernières années au Mali et le gouvernement fournit des engrais subventionnés à crédit. Il y a aussi maintenant plus de points de vente pour les engrais dans les villages. Ces points de vente ne seraient pas là s'il n'y avait pas de demande d'engrais. C'est probablement un effet des différents projets qui ont travaillé sur la microdose d'engrais minéraux. Cela inclut des projets de AGRA, de Sasakawa Global 2000, du Groupe de coordination des Zones Arides et de CARE.



Photo 3 : Lancement de l'activité « Un semoir, un village » producteurs représentant leur village ; de gauche à droite : en haut, commune de Sandaré (Kayes) et de Kopro Pen (Mopti) et en bas commune de Dio (Koulikoro) et de Bla (Ségou)

Les semoirs sont produits par les forgerons locaux sur demande. Ces forgerons ont été formés par la Compagnie Malienne pour le Développement du Textile (CMDT). Un forgeron à Koutiala dans le Sud du Mali s'est spécialisé dans la production de semoirs motorisés. Ce semoir a d'abord été développé par l'Institut d'Économie Rurale. Le moteur du semoir est un modèle chinois. C'est un moteur de moto très utilisé au Mali et les pièces de rechange sont facilement disponibles. L'IER a formé le forgeron sur la production de ce semoir motorisé. Il est connu que le forgeron a une demande pour environ 1 000 semoirs motorisés, mais la capacité de production du semoir motorisé doit être augmentée.

Les semoirs motorisés ont jusqu'à présent été principalement distribués à travers des projets qui ont financé leur achat. Il est donc difficile de connaître la véritable demande pour un tel semoir. Ce semoir peut être utilisé pour semer et désherber et les tâches que cette machine peut effectuer sont donc limitées. Cependant, un avantage majeur de cette machine est qu'elle est assemblée au Mali et que les agriculteurs et les forgerons savent les entretenir et les réparer. Il est également possible d'acheter des motoculteurs qui peuvent être utilisés pour des opérations agricoles supplémentaires comme le travail du sol. Ces motoculteurs ont également une prise de courant qui peut être utilisée pour pomper de l'eau ou faire fonctionner un moulin. Cependant, les inconvénients sont les coûts plus élevés et le fait que la machine devient plus lourde. Le semoir motorisé sera donc un point d'entrée facile pour la mécanisation pour la majorité des agriculteurs à cause du moindre coût et de la facilité de manipulation. La mécanisation en Asie est beaucoup plus en avance que la mécanisation en Afrique.

Dans des pays comme le Bangladesh, les machines ne sont généralement pas la propriété des agriculteurs eux-mêmes mais des fournisseurs de services (Baudron, 2015). Les agriculteurs paient les prestataires de services pour entreprendre différentes opérations agricoles sur leur ferme. Une activité de recherche sur la valeur ajoutée du semoir/sarcléur motorisé a permis de constater que l'équipement peut être utilisé comme un fournisseur de services de taxi pour les opérations agricoles telles que le semis, le désherbage du sorgho, du maïs et de l'arachide (Photo 4). Cependant, cela exige que les agriculteurs soient en mesure de produire un excédent économique. Beaucoup d'agriculteurs au Mali et au Soudan ne sont pas en mesure de produire un tel surplus et auront donc des difficultés à payer pour la mécanisation. Pour ces raisons, la mécanisation ne devrait pas être introduite comme une technologie autonome, mais plutôt introduite dans des technologies combinant l'amélioration du rendement telles que le trempage des semences, le microdosage et le traitement des semences avec des fongicides/insecticides qui sont des techniques d'amélioration de la production.

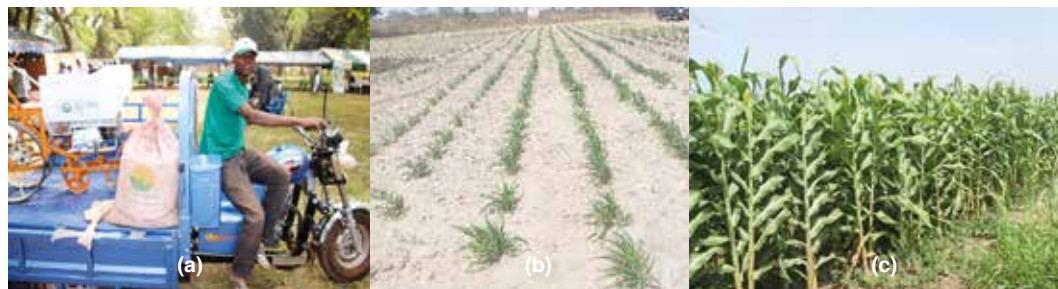


Photo 4 : a) Kit de mécanisation pour les prestataires de services agricoles à petite échelle ; (b & c) champ de sorgho planté avec le semoir motorisé (IER)

La durabilité des technologies de trempage des semences, de microdosage et de mécanisation a récemment été évaluée au Mali dans un rapport d'évaluation dans le pays (Djiga, 2015). La principale conclusion de ce rapport est que l'augmentation du rendement grains est de l'ordre de 50 à 100 % pour le trempage des semences et le microdosage. Cela permet aux agriculteurs de générer un excédent économique et d'améliorer la sécurité alimentaire. Beaucoup de familles étaient en insécurité alimentaire avant l'utilisation des nouvelles technologies. Le surplus économique généré par ces technologies a permis aux agriculteurs d'acheter plus de bétail, de charrues, d'ânes et de charrettes. Cela a permis en outre de renforcer la production agricole, d'avoir plus de fumier, d'énergie de traction et de moyens de transport. L'émigration saisonnière des jeunes filles a également été réduite en raison de l'amélioration de la sécurité alimentaire dans les ménages. Les agriculteurs ont également fourni du grain aux cantines des écoles locales. Beaucoup de ces impacts étaient au-delà de ce qui était attendu par le projet. L'adoption est le résultat de démonstrations dans les exploitations, des efforts de vulgarisation des ONG et des systèmes nationaux de vulgarisation et d'un programme de radio et de télévision mettant en évidence ces technologies.

Les ONG qui ont été impliquées dans le transfert des technologies comprennent CARE International, Sasakawa Global 2000, ADRA, YAGTU, AMAPROS, ADAF/Gallè, AFAD et CARE-Mali. Ces organisations ont reçu des fonds de l'USAID, du Gouvernement australien, du FIDA, de l'UE, de l'ASDI (Suède), du JIRCAS (Japon) et du Ministère des Affaires Étrangères de la Norvège. Les technologies de trempage, de microdosage et de mécanisation des semis ont été également recommandées par le Comité national de la recherche agricole au Mali. Cela donne aux technologies une crédibilité supplémentaire facilitant leur diffusion. Au Soudan, ces technologies ont reçu une recommandation du Comité national de recherche sur les cultures.

Les technologies proposées n'augmenteront pas seulement le rendement en grains de l'ordre de 50 à 100 %, mais aussi le rendement en paille dans le même ordre de grandeur. Cela peut être utilisé pour renforcer l'intégration de l'élevage et l'agriculture car cela se traduira par plus de fumier et des animaux de traction plus forts. L'augmentation de la production de biomasse permettra également de recycler davantage de matière organique. L'expérience montre que lorsque la production de matière organique augmente, il est possible de recycler davantage la paille.

De nombreux facteurs affectent la vitesse de l'intensification de l'agriculture dans ces pays. Une question importante est la disponibilité et le prix de l'engrais. La disponibilité est probablement un problème plus important car l'utilisation du microdosage est rentable même si les prix des engrais doublent ou triplent. Des subventions d'engrais suivies de mise en sac d'engrais ont été introduites au Mali. L'engrais est donc plus facilement disponible par rapport au passé.

Le tableau 1 résume les principaux avantages et inconvénients du semis manuel, de l'utilisation de la traction animale et de la traction motorisée. Comme le montre ce tableau, les avantages de la mécanisation sont nombreux alors que les principaux avantages du semis manuel sont le faible coût. Afin d'adapter l'agriculture face au changement climatique dans les zones arides d'Afrique, l'agriculture devrait s'orienter vers une agriculture mécanisée car cela garantira des semis plus ponctuels et plus précis. La demande de travail pour le désherbage est en outre considérablement réduite. Les légumineuses à grains ont une demande de main-d'œuvre particulièrement élevée et la mécanisation du semis rendra plus attrayante la production de ces cultures.

Tableau 1 : Avantages et désavantages de l'utilisation du semis manuel, du semoir à traction animale et du semoir motorisé

	Manuel	Traction animale	Traction motorisée
Avantages	Facile à comprendre	Densité uniforme de poquets	Densité uniforme de poquets
	Faible coût	Profondeur uniforme de semis	Profondeur uniforme de semis
		Nombre uniforme de grains par poquet	Nombre uniforme de grains par poquet
		Application précise de l'engrais	Application précise de l'engrais
		Semis et désherbage rapides	Semis et désherbage rapides
		Semis et désherbage en temps précis	Semis et désherbage en temps précis
		Quantité précise d'engrais appliquée	Quantité précise d'engrais appliquée
		Capacité élevée de semis et de désherbage	
Inconvénients	Forte demande de main-d'œuvre	Animaux faibles en début de saison	Maintenance du moteur et accessoires
	Semer tous les jours	Animal malade Animal perdu en début de saison	Achat de carburant
	Forte main-d'œuvre pour l'application de l'engrais	Nourrir et abreuver les animaux toute l'année	Prix élevé du semoir
	Attaque des semis par les oiseaux et les rats	Dressage des animaux exigé	Requiert un capital
	Non uniformité de la densité et la profondeur de semis	Problèmes techniques du semoir	
	Nombre élevé de grains/poquet	Capacité de travail limité/jour	

Conclusion

Cette synthèse montre les avantages en termes de rendement et d'économie de main-d'œuvre de l'introduction de la mécanisation en combinaison avec le trempage des semences, le traitement phytosanitaire des semences et le microdosage d'engrais minéraux. Ces technologies assurent en outre un semis optimal, une amélioration de la levée des cultures et une récolte plus précoce. La mécanisation motorisée semble être une option réalisable pour les agriculteurs qui cultivent plus de 5 hectares. L'accès au crédit sera nécessaire pour une mise à échelle rapide de la mécanisation motorisée.

Références

- Abdalla E., Ousman A.K., Maki M.A., Nur F.M., Ali S.B., Aune J.B., 2015. La réponse du sorgho, arachide, sésame et niébé à l'effet du trempage des semences et micro-dosage des engrais dans l'État du Kordofan Sud, Soudan. *Agronomie*, 5 (4) : 476-490.
- Ashburner J.E., Kienzle J., 2011. Révision des modèles de mécanisation des secteurs public et privé. Dans: Investissements dans la mécanisation agricole en Afrique. Rapport technique sur l'ingénierie agricole et alimentaire, Ashburner J.E., Kienzle, J. (Eds.), FAO, Rome, p. 51-58.
- Aune J.B., Bussa M.T., Asfaw F.G., Ayele A.A., 2001. Le système de labourage du bœuf en Éthiopie: peut-il être soutenu? *Perspectives sur l'agriculture* 30: 275-280.
- Aune J.B., Bationo A., 2008. L'intensification agricole au Sahel - L'approche par échelle. *Agr. Syst.* 98:119-125.
- Aune J.B., Ousman A., 2011. Effet du trempage des graines et du micro-dosage des engrais sur le sorgho et le millet perlé dans l'ouest du Soudan. *Experimental Agriculture* 47: 419-435. doi: 10.1017 / S0014479711000056.
- Baudron F., Sims B., Justice S., Kahan D.G., Rose R., Mkomwa S., Kaumbutho P., Sariah J., Nazare R., Moges G., Gerard B., 2015. Réexamen de la mécanisation appropriée en Afrique orientale et australe: tracteurs à deux roues, agriculture de conservation et participation du secteur privé. *Nourriture Sci.* 7: 889-904.
- Coulibaly A., Aune J.B. et Sissoko P., 2010. Création de cultures vivrières dans la région sahéenne et soudano-sahéenne au Mali. GCoZA Rapport n° 60. <http://drylands-group.org/publications/stablishment-of-food-crops>.
- Clarke L. et Bishop C., 2002. Farm Power-Present and Future Availability in Developing Countries. Invited Overview Paper Presented at the Special Session on Agricultural Engineering and International Development in the Third Millennium. ASAE Annual International Meeting/CIGR World Congress, July 30, Chicago, IL. USA.
- Djiga A., 2015. Évaluation de l'impact du projet d'établissement des cultures vivrières dans les zones sahéennes et soudano-sahéennes du Mali. Groupe de coordination des zones arides, Oslo. <http://drylands-group.org/assets/documents/Impact-Evaluation-Mali-FINAL.pdf>.
- Fonteh M.F., 2010. La mécanisation agricole au Mali et au Ghana: stratégies, expériences et leçons pour des impacts durables. Document de travail d'ingénierie agricole et alimentaire n° 8, 69 p. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/K7325e.pdf (évalué le 9.05.2016).
- Harris D., 2006. Mise au point et essai de trempage des semences «à la ferme». *Avances en Agronomie* 90: 129-178.

- ICRISAT, 2009. Microdosage d'engrais. Stimuler la production dans les terres improductives. <http://www.icrisat.org/impacts/impact-stories/icrisat-is-fertilizer-microdosing.pdf> (évalué le 9.05.2016).
- McCann, J.C., 1995. Les gens de la charrue. Une histoire agricole de l'Éthiopie, 1880-1990, University of Wisconsin Press, 298 p.
- Leavy J., Hossain N., 2014. Qui veut cultiver ? Jeunes aspirations, opportunités et hausse des prix des aliments. Document de travail IDS n° 439, 44 p.
- Mrema G.C., 2011. Développement de la stratégie du secteur public. Dans : Investissements dans la mécanisation agricole en Afrique. Rapport technique sur l'ingénierie agricole et alimentaire 8. Ashburner J.E., Kienzle J. (Eds.), FAO, Rome, p. 23-26.
- Pingali P., Bigot Y., Binswanger H.P., 1987. La mécanisation agricole et l'évaluation des systèmes agricoles en Afrique subsaharienne. The John Hopkins University Press, 216 p.
- Sime G. et Aune J.B., 2014. Réponse du maïs au dosage d'engrais sur trois sites dans la vallée centrale du Rift en Éthiopie. *Agronomie* 4: 436-451.
- Traoré B., van Wijk M.T., Descheemaeker K., Corbels M., Rufino M.C, Giller K., 2014. Évaluation des options d'adaptation climatique pour les systèmes de culture soudano-sahéliens. *Culture de fond Res* 156: 63-75. doi: 10.1016 / j.fcr.2013.10.014.
- Williams T.O., 1997. Problèmes et perspectives de l'utilisation de la traction animale en Afrique de l'Ouest semi-aride: témoignages du Niger. *Sol de till. Res.* 42 : 295-311.



Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.