

Végéphy – 24^e CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLEANS – 3, 4 ET 5 DÉCEMBRE 2019

GESTION DE *STRIGA ASIATICA* PAR L'UTILISATION DU 2,4-D
EN CULTURE DE RIZ PLUVIAL AU MOYEN OUEST MALGACHE

A. RIPOCHE ^{(1),(2)}, P. AUTFRAY ^{(1),(2)}, P. MARNOTTE ^{(1),(3)}

⁽¹⁾ Cirad, UPR AIDA, UPR AIDA, F-34398 Montpellier, France.

AIDA, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France (aude.ripoche@cirad.fr)

⁽²⁾ Fofifa, SRR FOFIFA, BP 230, Antsirabe, Madagascar

⁽³⁾ Cirad, UPR AIDA, La Réunion (France)

RÉSUMÉ

Dans les parcelles de riz pluvial du Moyen Ouest malgache, région du Vakinankaratra, la plante semi-parasite *Striga asiatica* compte parmi les adventices les plus dangereuses pour le riz selon les agriculteurs. Dans les cas les plus extrêmes, la récolte de riz peut être totalement perdue. L'effet du 2,4-D appliqué avant l'émergence du parasite, a déjà été démontré dans le cas d'une autre espèce, *Striga hermonthica*, affectant le sorgho. Afin de savoir si un effet similaire serait observable dans le cas de *Striga asiatica*, ce produit a été appliqué à 4 dates sur des parcelles semées avec une variété de riz pluvial sensible au striga. Un traitement T1 de pré-émergence du striga à 30 jours après semis (JAS) et 3 traitements de post-émergence à 45 (T2), 60 (T3) et 75 JAS (T4), ont été mis en place et comparés à des témoins adjacents non traités dans un dispositif à 4 répétitions. Des comptages de striga ont été effectués tous les 7 jours jusqu'à récolte, et le rendement a été mesuré à récolte. Le traitement T1 permet de diminuer de 80% l'infestation de striga en moyenne jusqu'à 75 JAS en comparaison des témoins non traités tandis que T2 diminue de 50% l'infestation ce qui se traduit par des rendements en riz supérieurs. Ces résultats prometteurs méritent d'être confirmés lors d'une prochaine campagne.

Mots-clés : herbicide, 2,4-D, riz pluvial, plante semi-parasite, *Striga asiatica*, Madagascar.

SUMMARY

CONTROL OF *STRIGA ASIATICA* USING 2-4-D IN RAINFED RICE IN MIDDLE-WESTERN MADAGASCAR

In the Middle-West of Madagascar, Vakinankaratra Region, the hemi-parasite plant *Striga asiatica* is one of the most dangerous weeds causing dramatic yield losses in upland rice fields. In the most extreme cases, rice harvest may be null. Trials testing 2,4-D effect before *Striga hermonthica* emergence showed that this herbicide can mitigate striga impact in the case of sorghum. In order to know if this effect is also observed on *S. asiatica* in rice fields, 2,4-D was applied at 4 periods in rice fields sown with a sensitive rice cultivar, B22. T1 treatment was applied before striga emergence 30 days after sowing (DAS) ; T2, T3 and T4 treatments were applied after striga emergence, respectively at 45, 60 and 75 DAS. Control plots without herbicide were systematically located near plots receiving herbicide, every control plot being shared by two treatment plots. Striga shoots were counted every 7 days all cropping season long and rice yield was measured at harvest. T1 and T2 allowed to reduce striga number by 80 and 50 % on average until 75 DAS respectively compared to the control. Consequently yields were higher in these treatments. These results should be confirmed in further studies.

Key words: herbicide, 2,4-D, upland rice, hemi-parasite weed, *Striga asiatica*, Madagascar

INTRODUCTION

Le Moyen-Ouest malgache, qui se situe dans la Région du Vakinankaratra entre les Hautes Terres centrales et le littoral occidental de la grande île (altitude de 900 à 1300 m), est une zone de plateaux ondulés (appelés « tanety ») entaillés de bas-fonds et de zones profondément érodées. La pluviométrie annuelle est de l'ordre de 1200 mm, qui se répartissent pendant la saison chaude d'octobre à avril. Les sols ferralitiques des « tanety », sont moyennement désaturés et acides (pH en moyenne à 5,3 en surface). Ces terres sont couvertes naturellement d'une végétation herbacée, composée notamment de « danga » (*Heteropogon contortus*) et de « bozaka » (*Aristida multicaulis*).

Cette région agricole a vu ses bas-fonds « tany-bary » rapidement saturés par la culture de riz irrigué suite à la pression démographique, ce qui s'est traduit par une extension du domaine pluvial sur les « tanety » sur lesquelles sont cultivées en plus du riz de nombreuses cultures vivrières.

Les parcelles des « tanety » sont cultivées de 3 à 5 années successives avant d'être mises en jachère de courte durée. Les sols y sont en général peu fertiles et carencés en N et P. Faute d'accès et de moyens suffisants, les agriculteurs n'utilisent que rarement l'engrais minéral et se contentent d'apports de matières organiques de qualité très inégale d'un agriculteur à l'autre (teneurs en azote très variables de 0.5 à 3-4%).

La plupart des parcelles sont labourées en culture attelée en début de cycle et les semis sont réalisés manuellement en poquets creusés à l'« angady », sorte de bêche traditionnelle (Autfray *et al.* 2016). La maîtrise de l'enherbement est réalisée 1 à 2 fois en moyenne durant le cycle par des sarclages manuels avec ou sans « angady ». La pression d'adventices est une contrainte forte à l'élaboration du rendement sur ces parcelles (Autfray *et al.* 2016). De plus, la présence de *Striga asiatica*, adventice semi-parasite du riz présente dans 44 pays, majoritairement en Afrique de l'Est (Rodenburg *et al.* 2018), entraîne de fortes pertes de rendement. Les parcelles trop fortement infestées sont rapidement abandonnées car la récolte peut être totalement anéantie. Un essai réalisé au Mali sur sorgho infesté par *Striga hermontica* avait permis de montrer l'efficacité du 2,4-D pour limiter les infestations et maintenir un niveau de rendement acceptable (Hoffmann *et al.* 1997). Afin d'évaluer l'efficacité de cet herbicide sur *Striga asiatica* en culture de riz pluvial, un essai a été mis en place durant la campagne 2018/2019 afin de tester quatre dates d'applications, 1 en pré-émergence du striga et 3 autres en post-émergence.

MATERIEL ET MÉTHODE

L'expérimentation a été mise en place en 2018 sur la station de recherche établie près du village d'Ivory dans le Moyen Ouest de Madagascar (19°33' lat. S, 46°25' long. E, 930 m d'altitude) dans le cadre du dispositif en partenariat SPAD (Systèmes de Production d'Altitude et Durabilité, <https://www.dp-spad.org/>). Les données climatiques sont enregistrées quotidiennement grâce à une station climatique automatique (CIMEL) située non loin de la parcelle expérimentale. La saison des pluies, qui démarre en octobre et se termine en mars/avril, correspond à la saison de culture du riz pluvial. Durant la saison 2018/2019, la température moyenne a été de 24,9°C et la pluviométrie totale de 1186 mm.

La parcelle a été labourée à l'angady en novembre puis semée le 10/12/2018 avec le cultivar sensible B22, semé à 250 000 poquets.ha⁻¹, équidistants à 20 x 20 cm. Dans chaque poquet fait à l'angady, 5 à 8 graines ont été disposées et l'équivalent de 80 kg.ha⁻¹ de N,P,K 11/22/16 et 5 t de MS.ha⁻¹ de fumier ont été appliqués. Un complément de 50 kg.ha⁻¹ d'urée a aussi été appliqué en surface environ 30 Jours Après Semis (JAS).

Quatre traitements utilisant le 2,4-D ont été testés en comparaison de témoins non traités (TM), à raison d'une parcelle témoin pour deux parcelles traitées (témoins partagés). Ainsi quatre parcelles traitées et leurs deux témoins constituaient un bloc de six parcelles élémentaires faisant chacune 3,2 x 10 m. Chaque traitement était répété 4 fois. L'essai a été implanté sur un précédent manioc auparavant cultivé

en riz pluvial fortement infesté par *Striga asiatica* de manière assez homogène. Les quatre traitements consistaient à appliquer le 2,4-D à différents stades de développement du riz et du striga, avec une première date en pré-émergence du striga 30 jours après le semis du riz (30 JAS, T1), et trois dates en post-émergence du striga, à 45 (T2), 60 (T3) et 75 JAS (T4). Le 2,4-D a été appliqué à une dose de 2 l.ha⁻¹ en utilisant un appareil à pression entretenue équipé d'une rampe de pulvérisation à jets plats.

Une parcelle utile (PU) de 10 m² a été délimitée au sein de chaque parcelle élémentaire de 32 m² en évitant les bordures afin d'y dénombrer les plants de striga. Afin de ne laisser émerger que le striga, les parcelles élémentaires ont été désherbées manuellement, environ tous les 10-15 jours, du semis jusqu'à la récolte. Ces comptages hebdomadaires ont été mis en œuvre à partir de l'émergence du premier plant de striga dans l'essai jusqu'à la récolte du riz.

A la récolte, 120 JAS, le rendement en grains a été mesuré sur chaque PU. Le riz a été battu sur place et la récolte en grains pesée en frais *in situ* avant d'être vannée, séchée au soleil durant une semaine, puis repesée. Un échantillon d'environ 100 g / PU a alors été prélevé pour chaque parcelle afin de déterminer le taux d'humidité et de calculer le rendement à 0% d'humidité. Les composantes du rendement ont également été évaluées à partir du prélèvement de 9 poquets par parcelle utile.

RESULTATS

EFFET DU 2,4-D SUR LE NOMBRE DE PLANTS DE STRIGA DANS LES PARCELLES

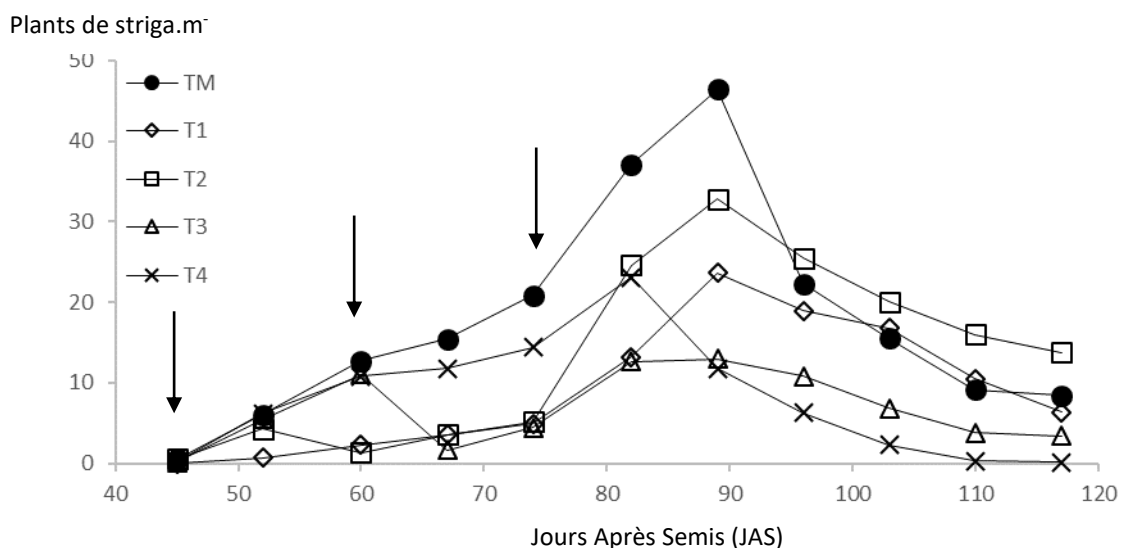
Le striga a commencé à émerger entre le 40^{ème} et le 50^{ème} JAS (cf Figure 1). Au début de la levée du striga, le riz se trouvait au stade tallage.

Les traitements T1 et T2, avec application du 2,4-D à 30 et 45 JAS, soit respectivement avant la levée du striga (T1) ou au moment de la levée du striga (T2), ont permis de limiter la population de striga à moins de 5 plants.m⁻², jusqu'au 75^{ème} JAS, alors que le témoin TM présentait 20 plants.m⁻² à cette date. Le nombre de plants de striga a ensuite augmenté à partir du 82^{ème} jour pour atteindre un pic au 90^{ème} jour de l'essai c'est-à-dire à la floraison du riz, à 20 et 30 plants.m⁻² pour T1 et T2 respectivement, tandis que la population sur le témoin atteignait 45 plants.m⁻², pour ensuite diminuer et finir entre 6 et 13 plants.m⁻² à la récolte du riz.

Figure 1 : Evolution du nombre total de plants de striga (plants.m⁻²) en fonction du traitement durant le cycle cultural du riz pluvial (en JAS).
Les flèches indiquent les dates d'application du 2,4-D pour T2, T3 et T4, celle de T1 n'apparaît pas sur la figure car effectuée à 30 JAS. TM : parcelles témoin sans herbicide

Dynamics of striga (plants.m⁻²) during upland rice crop cycle (in days after sowing, JAS).

Arrows : applications of 2,4-D for T2, T3 and T4 (arrow for T1 at 30 DAS is missing (off of scale) ; TM : control plots without herbicide



Concernant les traitements T3 et T4, avec application du 2,4-D au 60^{ème} et 75^{ème} JAS, le nombre de plants de striga avait déjà dépassé 10 plants.m⁻² au 60^{ème} JAS. Le traitement T3 avec application au 60^{ème} jour a quasiment entraîné la mort de tous les plants 7 jours après l'application, mais les levées de striga ont repris et la population de striga est remontée au même niveau dès le 82^{ème} jour, s'y est maintenue une quinzaine de jours avant de décroître progressivement jusqu'à 3,5 plants.m⁻² à la récolte.

Quant au T4 avec application du 2,4-D au 75^{ème} JAS, sa dynamique est restée similaire à celle du témoin non traité, bien qu'à un niveau inférieur à partir du 67 JAS (cet écart illustre l'ampleur de la variabilité naturelle). La population de striga a atteint 24 plants.m⁻² à 82 JAS et a décliné ensuite jusqu'à s'annuler une dizaine de jours avant la récolte. Ainsi, l'application de 2,4-D à 75 JAS a progressivement tué la totalité des plants encore en croissance quel que soit leur stade tandis que sur le témoin, la plus forte émergence observée correspondait au 90^{ème} JAS (jusqu'à 47 plants/m²) pour ensuite décroître naturellement jusqu'à la récolte.

IMPACT DES DIFFERENTS TRAITEMENTS SUR LE RENDEMENT EN RIZ

Le rendement le plus élevé a été observé sur T1 à 0,73 t.ha⁻¹, soit lorsque l'application d'herbicide a été la plus précoce avant l'émergence du striga tandis que le plus faible a été observé sur T4, à 0,3 t.ha⁻¹ (Tableau 1). T3 a également obtenu un rendement élevé (0,71 t.ha⁻¹), mais ce rendement est assorti d'une forte variabilité ce qui peut être rapproché de la très faible infestation de striga observée sur l'une des quatre répétitions de ce traitement. Sans cette répétition, le rendement de T3 tombe à 0,43 t.ha⁻¹. Le même phénomène a été observé sur la parcelle témoin adjacente à cette parcelle en T3 ; sans cette

parcelle, le rendement du témoin tombe à 0,39 t.ha⁻¹. Il s'avère donc que globalement, plus le traitement a été précoce, moins la perte de rendement a été importante.

Tableau 1 : Effet des différents traitements sur le rendement en riz en t.ha⁻¹ (0% d'humidité).
Moyenne ± écart-type (Coefficient de variation) / * rendement corrigé : calculé sans prendre en compte les parcelles où l'infestation de striga observée a été beaucoup plus faible que sur les autres répétitions du même traitement.

Effect of herbicide application on rice grain yield (t.ha⁻¹).
Mean ± standard deviation (relative standard deviation) / *Corrected yield is presented, i.e. without one of the plots where striga infestation was too low (compared to the other replications of the same treatment).

Traitement	Rendement	Rendement corrigé*
TM	0.46 ± 0.3 (0.69)	0.39 ± 0.2 (0.57)
T1	0.73 ± 0.1 (0.16)	0.73 ± 0.1 (0.16)
T2	0.56 ± 0.1 (0.17)	0.56 ± 0.1 (0.17)
T3	0.71 ± 0.6 (0.86)	0.43 ± 0.3 (0.72)
T4	0.30 ± 0.2 (0.59)	0.30 ± 0.2 (0.59)

Au regard des composantes du rendement ci-après (Tableau 2), les variations les plus importantes sont observées pour le nombre de talles.m⁻², le nombre de panicules par talles ainsi que le nombre de grains par panicules.

Tableau 2 : Effet des différents traitements sur les composantes du rendement en riz.
Moyenne ± écart-type ; %GP = pourcentage de grains pleins ; P1GP = Poids moyen d'un grain plein.

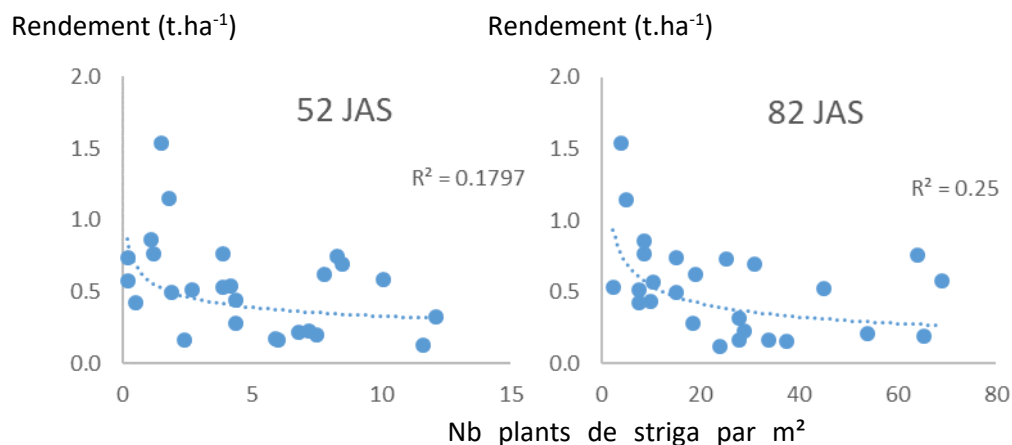
Effect of herbicide application on rice yield components.
Mean ± standard deviation ; %GP = percentage of filled spikelets ; P1GP = mean weight of one filled spikelet.

Traitement	Nb Talles.m ⁻²	NbPanicules.Talles ⁻¹	%GP	NbGrains.panicule ⁻¹	P1GP
TM	185 ± 24	0.87 ± 0.09	0.96 ± 0.01	24 ± 4	0.027 ± 0.002
T1	202 ± 18	0.81 ± 0.11	0.96 ± 0.01	26 ± 4	0.028 ± 0.002
T2	206 ± 12	0.79 ± 0.11	0.98 ± 0.01	25 ± 4	0.029 ± 0.002
T3	203 ± 25	0.78 ± 0.21	0.97 ± 0.02	27 ± 4	0.027 ± 0.003
T4	204 ± 10	0.83 ± 0.16	0.96 ± 0.01	21 ± 4	0.026 ± 0.002

RELATION ENTRE RENDEMENT EN RIZ ET NOMBRE DE PLANTS DE STRIGA

En mettant en relation le rendement en fonction du degré d'infestation par le striga (exprimé en nombre de plants de striga.m⁻²) en début et fin de période de forte croissance végétative du riz (52 et 82 JAS), on observe une tendance négative avec un impact non négligeable du striga qui explique de 18 à 25% de la variabilité du rendement du riz (Figure 2).

Figure 2 : Relation entre le rendement en riz et le nombre de plants de striga (plants.m⁻²)_observés à 52 JAS et 82 JAS
Relationship between rice grain yield (t.ha⁻¹) and striga number (plants.m⁻²) at 52 and 82 DAS



DISCUSSION

Comme observé dans le cas de *Striga hermontica* sur sorgho, le 2,4-D a bien eu un effet limitant sur l'infestation de *Striga asiatica* en parcelle de riz pluvial. Cet effet a été d'autant plus important sur le rendement que l'application a été précoce et a eu lieu avant l'émergence du striga (cf. résultats obtenus sur T1). Si l'on tient compte de la variabilité de l'infestation au sein de l'essai, le rendement diminuait d'autant plus que l'application d'herbicides était tardive.

Les traitements T1 et T2 (avec un moindre effet), ont permis d'atténuer fortement cet effet du striga en phase de croissance du riz. A contrario, bien que les traitements T3 et T4 aient permis de diminuer fortement l'infestation tardive de striga, cela n'a pas permis d'éviter de fortes baisses de rendement ; l'impact sur le rendement a été fort en lien avec la prolongation de l'infestation précoce qui a affecté la croissance du riz, puis, vraisemblablement, son développement reproducteur peu avant la floraison avec dans le cas de T4 un impact probable sur le nombre de grains par panicule (Figure 1 & 2, tableau 2).

Les rendements observés en T1 correspondent à la frange basse des rendements observés chez les agriculteurs (en moyenne 1-1,5t.ha⁻¹). Il subsiste donc une marge de manœuvre pour améliorer les rendements. Au vu des résultats obtenus, nous pouvons raisonnablement penser que le 2,4-D a pu avoir un impact via le plant de riz alors que le striga n'a pas encore émergé. Ainsi, avec deux applications T1 et T3 en séquence, on devrait pouvoir limiter drastiquement l'infestation de striga pendant tout le cycle du riz. En effet, l'on observe que même si le nombre moyen de plants de striga observés en T3 et T4 est resté inférieur à T1 et T2 à compter du 82^{ème} JAS, les rendements n'ont pas été supérieurs à T1.

CONCLUSION

Cette première étude sur la gestion de *Striga asiatica* en parcelles rizicoles pluviales a montré qu'il existerait un moyen de lutte chimique pour limiter fortement l'impact de cette adventice parasite sur le rendement du riz. Ceci est d'autant plus intéressant que le striga n'est qu'une adventice dangereuse parmi d'autres (Rafenomanjato, 2018) même si du fait de son parasitisme ses dégâts sont d'autant plus visibles.

Ces résultats précurseurs restent à confirmer et à compléter durant une seconde année et il semble d'ores et déjà intéressant d'étudier la possibilité d'effectuer deux traitements pour venir à bout des infestations à l'échelle annuelle. Du fait des phénomènes de résistance possible, il faudrait ensuite réfléchir à des rotations longues avec des plantes non hôtes ou entraînant des germinations suicides afin de réduire plus rapidement les stocks semenciers. Les interactions complexes existant avec la fertilisation (Rodenburg and Bastiaans, 2018) incitent également à étudier des stratégies incluant une fertilisation optimisée des parcelles rizicoles afin de gérer au mieux les risques d'infestation tout en affectant positivement les rendements en riz et l'amélioration de la fertilité du sol.

Se pose enfin la question de la transférabilité et la faisabilité de ces stratégies dans des contextes où les agriculteurs n'ont pas ou que peu de moyens pour accéder aux herbicides (ainsi qu'à la fertilisation). Dans notre cas, le coût du produit peut être rapidement compensé par le gain de rendement (ici 300 kg.ha⁻¹ avec une seule application soit environ 250 000 Ar pour un coût de produit à 12 000 Ar/l). Analyser cela en termes de coûts et de faisabilité pour les agriculteurs permettrait de proposer des solutions alternatives afin de continuer à cultiver ces terres et donc de limiter l'expansion des cultures au détriment d'autres espaces. L'introduction de l'usage d'herbicides par les agriculteurs nécessiterait cependant aussi l'accès à du matériel de qualité et la mise en place de formations à l'emploi des appareils de pulvérisation, au respect des doses préconisées et à la manipulation des pesticides dans le souci de préserver la santé des utilisateurs et la qualité de l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

Autfray P., Rakotonirina F., Ripoche Aude, Marnotte Pascal. 2016. [Gestion de l'enherbement des cultures pluviales dans le Moyen-Ouest des plateaux malgaches](#). 23^{ème} Conférence du COLUMA Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dijon, France, 6 Décembre 2016/8 Décembre 2016.

Hoffmann G., Marnotte P. & Dembele D. 1997. Emploi d'herbicides pour lutter contre *Striga hermontica*. Agriculture et Développement, n°13, pp.58-62.

Rafenomanjato A. 2018. Weed management using a no-till system with *Stylosanthes guianensis* cover crop in upland rice-based cropping systems in the Mid-West of Madagascar. PhD Thesis, Scuola Superiore Sant'Anna, 87p.

Rodenburg J. & Bastiaans L. 2018. Are *Striga* spp. and low soil fertility two sides of the same coin? 18th European Weed Research Society Symposium: New approaches for smarter weed management. June 17-21, Ljubljana, Slovenie.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les techniciens et les manœuvres, qui ont rendu ce travail possible ainsi que le CRP RICE (programme fondé par le CGIAR) qui a assuré le financement de cet essai, de même que les relecteurs pour leurs remarques permettant d'améliorer ce résumé.