

Gestion des adventices dans les systèmes rizicoles des bas-fonds en Afrique¹

Jonne Rodenburg – AfricaRice

Introduction

La croissance incontrôlée des adventices dans la riziculture de bas-fond en Afrique est l'une des contraintes biophysique le plus fréquent qui cause des pertes économiques considérables pour les riziculteurs ainsi que pour l'économies africaines. Les pratiques courantes de gestion des adventices dans la riziculture de bas-fonds comprennent : le labour du sol, le défrichage sur brulis, le désherbage manuel ou à la houe, les herbicides et la submersion des parcelles, et ceux-ci sont souvent combinées. Le déficit de la main-d'œuvre et l'accès limité à l'information, aux intrants et aux crédits sont les contraintes les plus rependus pour les rizicultures africains. Les six principales catégories de gestion des adventices dans le riz de bas-fond que nous allons distinguer et discuter ici sont: (1) culturelle, (2) mécanique, (3) variétale (génétique), (4) biologique, (5) chimique et (6) gestion intégrée.

1 Lutte culturelle

1.1. Méthodes de semis

La mise en place de la culture est un facteur clé déterminant les résultats dans les interactions adventices-cultures, et des mesures préventives de gestion des adventices. Une culture de riz vigoureuse avec une canopée fermée laisse moins d'espace et de lumière aux adventices. Une mise en place de la culture implique plusieurs étapes de préparation des parcelles et de semis selon le système agricole. La mise en place de la culture peut être améliorée à travers le labour, le planage du sol, l'utilisation de «semences propres», le repiquage de plantules saines et la submersion à temps opportun, de même que la gestion des éléments nutritifs. Ces pratiques de gestion intégrée des cultures peuvent résoudre les problèmes d'avertices en riziculture de bas-fond et ont montré qu'elle accroissent la productivité de 4-25 %, selon le niveau de l'eau qui est maîtrisé (Becker et Johnson, 1999, 2001 ; Haefele et al., 2000).

Comparé au semis direct, le repiquage permet d'économiser les semences, de réduire la période que le champ sera occupé, et plus important, il offre à la culture un avantage compétitif par rapport à sa taille vis-à-vis des adventices. En outre, le sol peut être submergé immédiatement après le repiquage; ce qui élimine l'émergence de la majorité des espèces d'avertices potentielles. Le repiquage en ligne facilite l'utilisation de la main-d'œuvre et permet ainsi de gagner du temps pour les équipements de désherbage tels que la houe ou le désherbeur manuel. De plus, les graminées ayant une apparence similaire à celle du riz, surtout

¹ Adaptation de: Rodenburg J, Johnson DE, 2009. Gestion des adventices dans les systèmes à base-riz en Afrique/Weed management in rice-based cropping systems in Africa. *Advances in Agronomy* 103, 149-218

aux stades de croissance, sont plus faciles à reconnaître si elles poussent en dehors du modèle cultural.

En semis direct, les graines peuvent être semées sèches comme semence non germées ou mouillée comme semences prégermées qui sont souvent semées en eau peu profonde pour réduire les problèmes des adventices. Si les champs ne sont pas bien planés, cette méthode ne peut pas entraîner une maîtrise efficace des adventices étant donné que le niveau d'eau sera d'une profondeur variable (Diallo et Johnson, 1997). Le riz semé directement et le riz repiqué ont des rendements équivalents lorsque les adventices sont correctement maîtrisées (De Datta et al., 1968) ainsi, le semis direct peut permettre d'économiser la main-d'œuvre comparativement au repiquage (Akobundu et Fagade, 1978). Une étude agro-économique sur le riz pluvial de bas fond menée au sud du Sénégal a toutefois conclu qu'en général, le repiquage prend moins de temps, cadre mieux avec les autres activités agricoles, et demande moins d'engrais que le riz semis direct (Posner et Crawford, 1991).

Variation de la densité de la population des plantes est une option en vue de l'amélioration de sa compétitivité. Une augmentation du taux d'ensemencement a été proposée et testée comme composante pour améliorer la gestion des adventices (Akobundu et Ahissou, 1985; Cousens, 1985; Fagade et Ojo, 1977). Dans les périmètres du riz irrigués au Sahel, des densités de semis (direct) allant jusqu'à 200 kg de semences par ha ont été observées (Diallo et Johnson, 1997). Lorsque la densité de semis dépasse un certain niveau, une augmentation de la compétition intraspécifiques peut résulter d'une croissance faible de la culture (par exemple Rao et al., 2007).

1.2. La submersion

La submersion des parcelles est une des plus importantes options de gestion des adventices en riziculture de bas-fond (Diallo et Johnson, 1997) car la plus part des adventices ne germeront pas dans les conditions anaérobiques. Maintenir une couche d'eau d'au moins 5-10 cm inhibe la croissance de la plupart des espèces (Akobundu, 1987), et c'est cette méthode de limitation de la croissance des adventices qui a permis la durabilité du riz de bas-fond repiqué. Même la submersion superficielle (une lame d'eau de 2 cm d'épaisseur) peut réduire la croissance de l'une des adventices le plus nuisible *Echinochloa crus-gallii* (Kent et Johnson, 2001). Cela pourrait toutefois nécessiter que le sol reste submergé pendant de longues périodes lorsque la culture est mise en place, car le drainage et la submersion peu profonde pourraient encourager la levée de graminées telles que *Leptochloa chinensis* (Hill et al., 2002).

C'est la période, la durée et la profondeur de la submersion qui déterminent l'étendue de la suppression des adventices par cette méthode (Mortimer et al., 2005). Les adventices ont tendance à proliférer dès les premiers stades de développement de la culture du riz, et la gestion d'eau à ces stades reste critique pour déterminer la nature et l'abondance de la flore des adventices. Dans une étude sur les semences de riz prégermées semées sur un sol mis en

boue, où le sol avait été inondé 10-15 jours après le semis (JAS), la prolifération des cypéracées et des adventices à larges feuilles apparaissent aux premiers stades de la culture, alors que les adventices graminées continuent à s'augmenter en terme de densité jusqu'à 60 jours après le semis (Hill et al., 2002). Dans le riz non germé, le mode de germination est probablement déterminé par l'hygrométrie, et le moment de la submersion. Étant donné que les plantules d'adventices dépendent principalement des tissus de réserves de leurs semences qui permettent leur levée en condition de submersion, la quantité de semences va influencer la capacité des espèces à s'établir en condition inondée. Par exemple *Cyperus difformis* peut être éliminé par 0,8 cm d'eau turbide alors que pour la suppression de *Leptochloa chinensis*, au moins 1,5 cm sera nécessaire, et *Echinochloa crus-galli* a des réserves suffisantes dans ses semences pour une levée sur 8 cm d'eau (Chauhan et Johnson, 2008; Mortimer et al., 2005). Une autre variable est la dormance, et alors qu'elle peut être prononcée ou variable pour quelques espèces, d'autres adventices (ex. *Fimbristylis miliacea* et *Echinochloa colona*, n'ont pas de dormance et germent rapidement à la surface du sol mis en boue (Kim et Moody, 1989).

En vue d'une lutte efficace des adventices par submersion, les champs doivent être bien planés pour assurer l'uniformité de la lame de l'eau. Un bon planage effectué manuellement demande du savoir-faire et des équipements souvent peu accessibles à la porte du pauvre agriculteur de la région. Comme résultats, une submersion uniforme est souvent difficile à réaliser et de ce fait, d'autres méthodes de lutte doivent être intégrées pour assurer une lutte appropriée contre les adventices (Akobundu, 1987).

1.3. Gestion de la fertilité des sols

Le temps de l'application des engrais peut être très important du fait de son influence sur le résultat de la compétition. Des applications d'engrais un peu tôt stimulent la croissance des adventices, notamment ceux qui ont des semences de petite taille, et de ce fait, peu de réserves (Liebman et Davis, 2000). Une fertilité du sol améliorée est importante pour la gestion efficace des adventices parasites tels que *Striga* spp. (par exemple Ransom, 2000) et *Rhamphicarpa* (Rodenburg et al., 2011).

2. Lutte mécanique

Le désherbage mécanique des adventices peut être appliqué comme une intervention dans la culture, comme mesure préventive sous forme de préparation du sol pour la précampagne ou encore à contre-saison lors du labour du sol sec. Les mesures préventives du désherbage mécanique des adventices peuvent se différencier comme labour du sol à contre-saison – entre la récolte et la mise en place de la prochaine culture ou encore la préparation des parcelles se déroule avant la mise en place de la culture qui peut inclure le labour, le planage et la mise en boue. Le labour d'un sol sec à contre-saison à une profondeur suffisante pourrait

contribuer à détruire et à sécher les rhizomes souterrains des adventices pérennes. Le labour sur un sol sec reste souvent trop superficiel pour enfouir les semences d'adventices ou lutter contre les adventices pérennes particulièrement là où la mécanisation reste limitée. Lorsque le sol est suffisamment humide, par exemple après les premières pluies au début de la saison pluvieuse, plusieurs labours réalisés avec un intervalle de temps suffisant pour permettre aux semences d'adventices de germer, peuvent limiter la croissance des adventices (Diallo et Johnson, 1997).

La mise en boue ou le labour rigoureux du sol submergé, outre la lutte contre adventices déjà établies favorise une croissance vigoureuse du riz, et améliore la compétitivité des cultures vis-à-vis des adventices (De Datta et Baltazar, 1996). La mise en boue n'est pas une pratique courante en Afrique comme c'est le cas en Asie, ce qui est peut être principalement dû au manque d'animaux de trait et de petits motoculteurs.

À condition que la main-d'œuvre requise soit disponible, le désherbage manuel reste une méthode efficace pour empêcher aux adventices de produire des semences. Dans la riziculture en eau profonde, par exemple, il a été suggéré comme la méthode la plus efficace de gestion chez *O. barthii* (Catling, 1992). Cependant, pour la plupart des adventices pérennes telles que *Oryza longistaminata* et *Imperata cylindrica*, le désherbage manuel uniquement ne permet pas de fournir un contrôle adéquat (Akobundu, 1987), car ils sont capable de repousser à partir des rhizomes. Un autre inconvénient du désherbage manuel est que les adventices auront besoin d'atteindre une taille assez grande pour être arrachés alors qu'à ce stade, la compétition pour les ressources; les extractions des métabolites ou les effets phytotoxiques, dans le cas des adventices parasites, aura déjà commencé. Pour prévenir la perte de rendement due aux adventices, trois opérations de désherbage sont nécessaires pour le riz hydromorphe et le riz de submersion (Ampong-Nyarko et De Datta, 1991).

Les houes ou les désherbeurs manuels sont souvent utilisées dans les cultures semées en lignes à condition que les rangées soient suffisamment espacées (Rijn, 2001), et que les équipements soient disponibles pour les paysans. Un inconvénient de tels dispositifs est qu'ils ne ciblent pas les adventices qui se trouvent dans les rangs, et une fois utilisés à côté du plant de riz, ils peuvent l'endommager (Navasero et Khan, 1970). L'utilisation de motoculteurs ou de tracteurs pour le désherbage mécanique n'est pas courante. Dans les systèmes irrigués des deltas fluviaux, tel que les fleuves Sénégal et Niger, les sols argileux limitent sérieusement l'efficacité du désherbage mécanique lors de la saison culturale. Les tentatives de mécanisation dans la Vallée du fleuve Sénégal, ont échoué du fait de cette contrainte et des faibles ressources financières pour la plupart des riziculteurs (Diallo et Johnson, 1997).

3. Amélioration variétale du riz en vue du renforcement de la lutte contre les adventices

3.1. Compétitivité des adventices

Dans les systèmes rizicoles où les agriculteurs ont peu de ressources et utilisent peu d'intrants, comme c'est souvent le cas en Afrique, les variétés de riz qui suppriment les adventices, maintiennent des rendements élevés dans les conditions d'enherbement et sont bien adaptés aux conditions locales en ramenant des avantages considérables en ressource aux pauvres agriculteurs.

Sur les sols hydromorphes du Nigeria, une variété de grande taille OS6, a enregistré 24% moins de rendement due aux adventices en compétition comparé au cultivar semi-nain ANDNY11 (Akobundu et Ahissou, 1985). Au Sénégal, Haefele *et al.* (2004) ont rapporté que la variété de riz de bas-fond Jaya était compétitive vis-à-vis des adventices et avait un rendement élevé comparé à une gamme de variétés. Jaya a reçu des pertes de rendement due aux adventices (<20%), moins importantes comparé à la variété populaire Sahel 108 (>40 %). Cette performance supérieure de Jaya, dans des conditions désherbés et n'ayant reçu aucun désherbage, a été confirmée dans une étude menée au Bénin (Rodenburg *et al.*, 2009). Cette étude a également testé des variétés de NERICA de bas-fond, des croisements interspécifiques entre *O. sativa* et *O. glaberrima*, pour la compétitivité face aux adventices. Neuf de ces variétés de NERICA de bas-fond (NERICA-L-6, -32, -35, -37, -42, -53, -55, -58 et 60) ont obtenu des rendements significativement plus élevés que les deux parents NERICA de bas-fond en conditions désherbés et n'ayant reçu aucun désherbage, et comparables aux rendements performants et compétitif vis-à-vis des adventices au témoin Jaya (Tableau 1). L'utilisation des variétés compétitives aux adventices est peu plausible en tant que technologie autonome, mais peut être une composante de grande valeur pour des mesures intégrées.

3.2. Résistance et tolérance aux adventices parasites

L'amélioration variétale du riz pourrait contribuer à la gestion des adventices parasites en riziculture. Les différences entre *O. sativa* et *O. glaberrima* en terme d'interactions avec *Striga* spp. ont été observées, et une sélection d'espèces de riz africains (*O. glaberrima*) a manifesté une plus grande résistance au *Striga* que les variétés *O. sativa*. Par exemple, le cultivar *O. glaberrima*, CG14 a montré une résistance à *S. aspera* (Johnson *et al.*, 1997). La variation génétique a également été observée pour la résistance et la tolérance contre *Rhamphicarpa fistulosa*, une adventice parasite adaptée aux inondations temporaires dans le bas-fonds (Tableau 1). Les cultivars les plus résistants identifiés par Rodenburg *et al.* (2011) étaient (par ordre décroissant) Gambiaka, TOG5681, IR64 et NERICA-L-32, alors que NERICA-L-32 et NERICA-L-39 ont montré un niveau de tolérance plus élevé que d'autres variétés, y compris leurs deux parents génétiques (IR64 et TOG5681).

Tableau 1. La sélection des variétés de riz avec un niveau élevé de compétitivité face aux adventices, résistant ou tolérant contre *Rhamphicarpa fistulosa*.

Variété	Espèces	Caractéristiques	Source
Jaya	<i>O. sativa</i>	Rendements en conditions d'enherbement et exemptes d'adventices; suppression des adventices	1,2
TOG5681	<i>O. glaberrima</i>	Suppression des adventices	2
NERICA-L -6, -32, -35, -37, -42, -53, -55, -58 et 60)	interspécifiques	Rendements en condition d'enherbement et exemptes d'adventice	2
Gambiaka et IR64	<i>O. sativa</i>	Résistance à <i>R. fistulosa</i>	3
TOG5681	<i>O. glaberrima</i>	Résistance à <i>R. fistulosa</i>	3
NERICA-L-32	interspécifiques	Résistance et tolérance à <i>R. fistulosa</i>	3
NERICA-L-39	interspécifiques	Tolérance à <i>R. fistulosa</i>	3

1= (Haefele et al., 2004), 2= (Rodenburg et al., 2009), 3= (Rodenburg et al., 2011)

4. Lutte biologique

La lutte biologique pourrait jouer un rôle dans la gestion des adventices envahissants, par exemple, certaines méthodes de lutte biologique testées sur *Striga* spp. dans les systèmes céréaliers de plateau (maïs et sorgho) pourraient être appliquées pour lutter contre les adventices parasites du riz de bas-fonds et des zones hydromorphes telles que *S. aspera* et *Rhamphicarpa fistulosa* (Rodenburg et al., 2010). En dehors de l'Afrique, des pathogènes appropriés ont été identifiés, en vue de la lutte biologique contre les adventices, qui se trouvent également dans les systèmes rizicoles africains, tels que *Dactylaria higginsii* contre *Cyperus rotundus* et *C. iria* (Kadir et Charudattan, 2000) et *Alternaria alternata* pour lutter contre *Sphenoclea zeylanica* (Masangkay et al., 1999). Hong et al. (2004) ont découvert des propriétés allélopathiques chez certaines plantes sauvages au Viet Nam qui pourraient être utilisées pour la lutte biologique. Deux de ces plantes (*Bidens pilosa* et *Euphorbia hirta*) sont également des adventices du riz de plateau en Afrique, et pourraient par conséquent être pertinentes pour la lutte biologique dans les systèmes rizicoles. L'adventice du riz *Ageratum conyzoides* pourrait être utilisée comme bioherbicide (Xuan et al., 2004). Cependant, aucun rapport n'est disponible sur l'utilisation de tels agents biologiques dans les systèmes rizicoles de bas-fonds en Afrique.

5. Lutte chimique

Lutte chimique conventionnelle

Les herbicides constituent une importante méthode de lutte dans les bas-fonds (Johnson, 1997). L'utilisation d'herbicides est intéressante sur le plan économique, car ils demandent généralement moins de temps pour le désherbage, et ils permettent au producteur d'utiliser des méthodes peu exigeantes en main-d'œuvre tels que le semis direct (à la volée) (Akobundu et Fagade, 1978; Riches et al., 2005). Les herbicides sont probablement plus utiles dans les zones où la main-d'œuvre est rare. Les producteurs devraient avoir des ressources financières suffisantes pour investir dans des herbicides et le retour sur investissements devrait être assez élevé. Dans les systèmes de production rizicole de bas-fond pluvial de la Casamance (sud du Sénégal), il a été montré que les herbicides constituaient un investissement rentable sur les sols fertiles (Posner et Crawford, 1991). Les herbicides sont souvent associés à d'autres options de lutte, à titre d'exemple, dans les systèmes irrigués au Sénégal, la plupart des producteurs utilisent la lutte chimique contre les adventices suivie du désherbage manuel (Haefele et al., 2002).

En vue d'une utilisation efficiente et sécurisée des herbicides, le produit approprié, l'équipement d'application et les taux d'application sont importants (Zimdahl, 2007). De plus, l'application d'herbicide requiert le choix d'une période respectueuse des cultures et tenant compte du stade de croissance des adventices (King et Oliver, 1992), des conditions climatiques (Hammerton, 1967) et de la submersion. Les interactions entre la submersion et les herbicides semblent être spécifiques au produit (Ampong-Nyarko et De Datta, 1991). Une lutte chimique efficace contre les adventices même en cas de mauvaise gestion de l'eau a été rapportée pour différents mélanges de propanil avec du thiobencarb, de l'oxadiazon et du fluorodifène (Akobundu, 1981). Les herbicides les plus couramment utilisés se trouvent dans le tableau 2.

Tableau 2. Herbicides (par ordre alphabétique) utilisés en riziculture en Afrique ; Nom courant, noms du produit, temps, taux d'application et adventices ciblés.

Nom courant	Exemple de produit	Taux (kg a.i. ha ⁻¹)	Temps	Cible
2,4-D	Dacamine	0.5-1.5	post tardif	B/S
2,4-D + dichlorprop	Weedone	1-1.5 (l ha ⁻¹)	Post	B/S
bensulfuron	Londax	0.05-1.0	Post	B/S
bentazone	Basagran	1.0-3.0	Post	B/S

bifénox	mélange= Foxpro D	1.5-2.4	Pré	B/(G)
butachlore	Machete	1.0-2.5	Pré/précoce post	AG/(B) ^b
dymrone (K-223)	Dymrone	3.0-5.0	Pré	S/(G/B)
fluorodifène	Preforan	2.0-3.5	Pré	AB
glyphosate	Round-up	1.5-3.0	Pré/post	G
MCPA	Herbit	0.5-1.5	Post	B/S
molinate	Ordram	1.5-4.0	Pré/précoce post	G/S/(B)
oxadiazon	Ronstar 25EC	0.6-1.5	Pré/précoce post	G/B/S
paraquat	Gramoxone	0.5-1.0	Pré/post	A
pendiméthaline	Stomp 500	0.5-1.5	Pré	G/B/S
piperophos	Rilof 500	0.5-2.0	Pré/précoce post	G/S
prétilachlore + diméthamétryne	Rifit extra 500 EC	1.5/0.5	Pré	G/B
propanil ^c	Stam F34	2.5-4.0	Précoce post	A
propanil + bentazone	Basagran PL2	6-8 (l ha ⁻¹)	Post	B/S
triclopyr	Garil	5 (l ha ⁻¹)	Post	G/S/(B)
oxadiazon	Ronstar PL	5 (l ha ⁻¹)	Post	G/B/S
quinclorac	Facet	0.25-0.5	Pré/post	G
thiobencarb	Saturn	1.5-3.0	Pré/précoce post	G/B/S

Sources : (Akobundu, 1987; Akobundu et Fagade, 1978; Ampong-Nyarko, 1996; Babiker, 1982; Diallo et Johnson, 1997; Grist, 1968; Johnson, 1997; Okafor, 1986; Rijn, 2001; Wopereis et al., 2007; Zimdahl, 2007)

^aB=adventices aux feuilles larges, S=cypéracées, G= graminées, A=annuelles

^b Les types d'adventice entre parenthèses indiquent que le produit peut lutter contre certaines espèces de ce groupe ou à certains stades (précoces).

^c le Propanil est le plus souvent appliqué en tant que mélange avec les produits suivants: MCPA, molinate, oxadiazon, 2,4-D, fluorodifène, thiobencarb, bentazone et butachlor.

Les producteurs doivent savoir comment et quand est ce qu'il faut appliquer les herbicides pour une lutte efficace (Haefele et al., 2000; Hill et al., 2002). En Afrique, les producteurs ont généralement un accès limité aux informations et les taux d'alphabétisation sont faibles, de ce fait l'utilisation appropriée des herbicides est souvent mal connue. A cet effet, il est plus courant que les applications d'herbicides soient trop tardives, que les herbicides soient mal

épandues, que les taux soient incorrects ou que les applications soient devenues inefficaces du fait d'une mauvaise gestion de l'eau. Cela peut rendre la lutte contre les adventices inefficace (Haefele et al., 2000), accroître les coûts, de même que les dommages phytotoxiques causés aux cultures (Johnson et al., 2004; Riches et al., 2005). À son tour, cela pourrait réduire la vigueur de la culture ou la densité des populations végétales, et un accroissement de la compétitivité des adventices. L'utilisation inappropriée des herbicides, causée par les problèmes mentionnés précédemment, pourrait également accélérer l'évolution de la résistance des adventices aux herbicides (Johnson, 1995).

Comme mentionné précédemment, une bonne maîtrise de l'eau dans la riziculture de bas fond est essentielle en vue d'une utilisation efficace des herbicides. L'association d'un herbicide de pré-levée ajouté à une gestion efficace de l'eau peut conduire à lutter efficacement contre les adventices tout au long de la saison (Ampong-Nyarko, 1996). Dans les sols à inondation incontrôlés, à l'instar des zones hydromorphes et les bas fond non aménagés, l'efficacité des herbicides peut toutefois s'avérer être très faible (Akobundu, 1987).

Les herbicides ciblant les espèces d'adventices aux feuilles larges de la riziculture en Afrique sont 2,4-D et MCPA, alors que, le butachlor, le molinate, l'oxadiazon et le thiobencarb sont communément utilisés contre les graminées (Johnson, 1997; Rao et al., 2007). L'herbicide 2,4-D s'avère efficace contre *Striga* spp. et *Rhamphicarpa fistulosa* (par ex. Rodenburg et al., 2010). Le glyphosate, un autre herbicide commun dans la préparation de la riziculture est efficace contre *O. longistaminata* et *O. barthii* en tant que traitement de pré-levée (Davies, 1984; Riches et al., 2005). Le propanil est un herbicide populaire à utiliser dans les mélanges de produits phytosanitaires et l'une des combinaisons les plus fréquemment utilisée dans les périmètres de production du riz de la Vallée du fleuve Sénégal est le propanil et 2,4-D + dichlorprop (par ex. Haefele et al., 2000). Les applications de post-levée du propanil mélangé au piperophos (Imeokparia, 1994), molinate (Babiker, 1982), thiobencarb, fluorodifen ou oxadiazon (Akobundu, 1981; Okafor, 1986), se sont avérées efficaces en riziculture irriguée dans plusieurs autres pays africains. En riziculture irriguée (semis direct), une bonne maîtrise des adventices a été obtenue avec l'application de prélevée de dymrone ou de thiobencarb dans le Bassin du lac Tchad au Nigeria (Okafor, 1986), et de bifenox ou d'oxadiazon au Soudan (Babiker, 1982). La lutte chimique est mieux utilisée lorsqu'elle est associée avec d'autres composantes de la gestion des adventices dans le cadre d'une approche intégrée (Rijn, 2001).

5.2. Technologies rizicoles résistantes aux herbicides

Les variétés de riz résistantes aux herbicides de post-levée généraux ou d'herbicides à large spectre pourraient faciliter la gestion améliorée des adventices dans certaines situations (Fernandez-Quintanilla et al., 2008). Il existe trois technologies résistantes aux herbicides à l'échelle mondiale (HR). L'une d'entre elle, connue sous l'appellation commerciale de Clearfield®, a été développée par mutagenèse, et est dotée de la résistance à un large spectre

d'herbicides à l'imidazolinone. La mise au point de riz transgénique a engendré deux autres technologies rizicoles HR, notamment Liberty Link® (compatible avec le glufosinate) et Roundup Ready® (compatible avec le glyphosate).

Les technologies rizicoles HR ont le potentiel de lutter contre une large gamme d'adventices (larges feuilles, graminées et cypéracées) qui constituent des contraintes dans les bas-fonds rizicoles en Afrique, y compris les adventices à problèmes tel que *Echinochloa* spp. et le riz sauvage (Rodenburg et Demont, 2009). Le glyphosate et le glufosinate sont considérés comme relativement inoffensifs à l'environnement, et en tant qu'herbicides de post-levée, les taux d'application peuvent être ajustés à la population d'adventices, et la technologie a une plage d'application plus large que celle des technologies conventionnelles; ce qui est une caractéristique attirante pour les producteurs qui ont besoin un certain flexibilité en termes de besoin en main-d'œuvre (Olofsdotter et al., 1999). Un cas d'étude récente sur l'impact économique potentiel du riz HR dans la production de riz irrigué au Sénégal, a souligné que les producteurs pouvaient significativement bénéficier de l'accès à ces technologies (Demont et al., 2009). Malgré l'intérêt potentiel des options HR, il existe des préoccupations relatives sur la possibilité d'un transfert de gènes du riz HR aux espèces de riz sauvage. Si le riz HR est cultivé à proximité des populations de riz sauvage envahissantes avec des périodes de floraison qui se chevauchent, la question qu'on peut se poser, est qu'à quelle vitesse les transgènes responsables de l'amélioration de la vigueur peuvent s'accumuler dans ces populations? Et dans quelle mesure il pourrait y avoir des répercussions non désirées sur l'environnement? (Chen et al., 2004; Lu and Snow, 2005) Une autre préoccupation reste l'évolution de la tolérance ou de la résistance aux herbicides chez d'autres adventices qui s'est produite dans les systèmes rizicoles (Rao et al., 2007), suite à l'utilisation répétée du même herbicide. La capacité à lutter de façon efficiente contre les espèces d'adventices nocives, fait du riz HR une technologie prometteuse et les producteurs pourraient rapidement l'adopter dans plusieurs cas. Toutefois, les considérations précédentes relatives au transfert de gènes suggèrent également que l'utilisation de la technologie HR pour une lutte efficace contre les adventices pour le riz pourrait avoir une durée limitée, pour une localisation particulière, à moins que son introduction et son utilisation soient rigoureusement géré (Rodenburg et Demont, 2009).

6. Lutte intégrée

Plusieurs des technologies discutées précédemment peuvent être combinées pour une stratégie de gestion intégrée des adventices. La gestion intégrée des adventices pourrait associer des mesures préventives avec interventions, et des approches à court et à long terme en vue de réduire durablement les pertes de rendement induites par les adventices. Cela peut contribuer à la réduction des achats d'intrants et à la durabilité de la gestion des adventices à

long terme (Swanton et al., 2008). Des combinaisons évidentes utilisent des herbicides prélevée avec une mise en place des cultures améliorée et des variétés compétitives.

En Côte d'Ivoire, dans les champs de riz de bas-fond avec une mauvaise maîtrise d'eau, des options telles que le repiquage des jeunes plantules et interventions de lutte contre les adventices rapidement effectuées ont conduits aux investissements dans les herbicides additionnels ou l'amélioration de la maîtrise de l'eau était moins urgents (Becker et Johnson, 1999). La combinaison d'un génotype, supprimant les adventices, à une densité de semis optimale (par exemple 300 semences viables par m²) améliore la gestion des adventices (Zhao et al., 2007). Les approches intégrées sont tout particulièrement utiles pour lutter contre le riz sauvage envahissant dans les systèmes rizicoles africains. A titre d'exemple, le labour en saison sèche et la méthode de préparation d'un *faux lit de semences* (ou la mise en place de riz et retardé pour permettre le premier sarclage des adventices qui émergent avant le vrai semis) en utilisant la houe rotative, peut être utilisée pour la gestion de l'adventice pérenne *O. longistaminata* (Johnson et al., 1999). Les producteurs au Mali, lorsqu'ils font face à des niveaux élevés d'infestation de *O. longistaminata* en riziculture de bas-fond, brûlent la paille de riz dans leur champ juste après la récolte, puis labourent le sol méticuleusement avant la saison pluvieuse suivante pour détruire les rhizomes. Le désherbage manuel en plus des herbicides, la pré-irrigation, l'utilisation de semences propres, le repiquage dans un lame d'eau et la rotation des cultures ont été utilisés par les riziculteurs sénégalais dans des champs fortement infestés par le riz sauvage (Diallo, 1999). D'autres exemples de pratiques intégrées dans les systèmes rizicoles africains sont: le labour réduit combiné aux herbicides (Kegode et al., 1999) et le «sarclage sous l'eau» traditionnel de *O. longistaminata* pendant les périodes des jachères au Mali (Nyoka, 1983).

References

- Akobundu, I.O., 1981. Weed control in direct-seeded lowland rice under poor water control conditions. *Weed Res.* 21, 273-278.
- Akobundu, I.O., 1987. *Weed science in the tropics - principles and practices*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Akobundu, I.O., Ahissou, A., 1985. Effect of interrow spacing and weeding frequency on the performance of selected rice cultivars on hydromorphic soils of West Africa. *Crop Prot.* 4, 71-76.
- Akobundu, I.O., Fagade, S.O., 1978. Weed problems of African rice lands, In: Buddenhagen, I.W., Persley, G.J. (Eds.). Academic Press, London, pp. 181-192.
- Ampong-Nyarko, K., 1996. Weed management in rice in Africa, In: Auld, B.A., Kim, K.U. (Eds.). FAO, Rome, pp. 183-191.
- Ampong-Nyarko, K., De Datta, S.K., 1991. *A handbook for weed control in rice*. IRRI, Los Banos.
- Babiker, A.G.T., 1982. Chemical weed control in irrigated direct-seeded rice in the Sudan Gezira. *Weed Res.* 22, 117-121.
- Becker, M., Johnson, D.E., 1999. Rice yield and productivity gaps in irrigated systems of the forest zone of Côte d'Ivoire. *Field Crop. Res.* 60, 201-208.

- Becker, M., Johnson, D.E., 2001. Improved water control and crop management effects on lowland rice productivity in West Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 59, 119-127.
- Catling, D., 1992. *Rice in deep water*. MacMillan Press Ltd, London.
- Chauhan, B.S., Johnson, D.E., 2008. Germination Ecology of Chinese Sprangletop (*Leptochloa chinensis*) in the Philippines. *Weed Sci.* 56, 820-825.
- Chen, L.J., Lee, D.S., Song, Z.P., Suh, H.S., Lu, B.R., 2004. Gene flow from cultivated rice (*Oryza sativa*) to its weedy and wild relatives. *Ann. Bot.* 93, 67-73.
- Cousens, R., 1985. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. *The Journal of Agricultural Science* 105, 513-521.
- Davies, E.L.P., 1984. Mechanical and chemical methods for the control of annual wild rice. *Tropical Pest Management* 30, 319-320.
- De Datta, S.K., Baltazar, A.M., 1996. Weed control technology as a component of rice production systems, In: Auld, B.A., Kim, K.U. (Eds.). FAO, Rome, pp. 25-52.
- De Datta, S.K., Tauro, A.C., Balaoing, S.N., 1968. Effect of plant type and nitrogen level on the growth characteristics and grain yield of indica rice in the tropics. *Agron. J.* 60, 643-647.
- Demont, M., Rodenburg, J., Diagne, M., Diallo, S., 2009. Ex ante impact assessment of herbicide resistant rice in the Sahel. *Crop Prot.* 28, 728-736.
- Diallo, S., 1999. Problème posé par le riz rouge en riziculture au Sénégal., Global workshop on red rice control, Varadero, Cuba ed. FAO, Rome, pp. 45-49.
- Diallo, S., Johnson, D.E., 1997. Les adventices du riz irrigué au Sahel et leur contrôle, in: Miézan, K.M., Wopereis, M.C.S., Dingkuhn, M., Deckers, J., Randolph, T.F. (Eds.), *Irrigated rice in the Sahel: prospects for sustainable development*. WARDA, Dakar, pp. 311-323.
- Fagade, S.O., Ojo, A.A., 1977. Influence of plant density and nitrogen on yield and milling quality of lowland rice in Nigeria. *Experimental Agriculture* 13, 17-24.
- Fernandez-Quintanilla, C., Quadranti, M., Kudsk, P., Barberi, P., 2008. Which future for weed science? *Weed Res.* 48, 297-301.
- Grist, D.H., 1968. *Rice*. Longman, London and New York.
- Haefele, S., Wopereis, M.C.S., Donovan, C., 2002. Farmers' perceptions, practices and performance in a Sahelian irrigated rice scheme. *Experimental Agriculture* 38, 197-210.
- Haefele, S.M., Johnson, D.E., Diallo, S., Wopereis, M.C.S., Janin, I., 2000. Improved soil fertility and weed management is profitable for irrigated rice farmers in Sahelian West Africa. *Field Crop. Res.* 66, 101-113.
- Haefele, S.M., Johnson, D.E., M' Bodj, D., Wopereis, M.C.S., Miézan, K.M., 2004. Field screening of diverse rice genotypes for weed competitiveness in irrigated lowland ecosystems. *Field Crop. Res.* 88, 39-56.
- Hammerton, J.L., 1967. Environmental factors and susceptibility to herbicides. *Weeds* 15, 330-336.
- Hill, J.E., Mortimer, A.M., Namuco, O.S., Janiya, J.D., 2002. Water and weed management in direct-seeded rice: Are we headed in the right direction?, in: Peng, S., Hardy, B. (Eds.), *Rice research for food security and poverty alleviation*. IRRI, Los Banos, Philippines, pp. 491-510.
- Hong, N.H., Xuan, T.D., Eiji, T., Khanh, T.D., 2004. Paddy weed control by higher plants from Southeast Asia. *Crop Prot.* 23, 255-261.
- Imeokparia, P.O., 1994. Weed control in flooded rice with various herbicide combinations in the southern Guinea savanna zone of Nigeria. *International Journal of Pest Management* 40, 31-39.
- Johnson, D.E., 1995. Weed management strategies for smallholder rice production, Brighton crop protection conference: weeds. Proceedings of an international conference. British Crop Protection Council, Farnham, UK, pp. 1171-1180.
- Johnson, D.E., 1997. *Weeds of rice in West Africa*. WARDA, Bouaké.

- Johnson, D.E., Dingkuhn, M., Jones, M.P., Mahamane, M.C., 1998. The influence of rice plant type on the effect of weed competition on *Oryza sativa* and *Oryza glaberrima*. *Weed Res.* 38, 207-216.
- Johnson, D.E., Riches, C.R., Diallo, R., Jones, M.J., 1997. *Striga* on rice in West Africa; crop host range and the potential of host resistance. *Crop Prot.* 16, 153-157.
- Johnson, D.E., Riches, C.R., Kayeke, J., Sarra, S., Tuor, F.A., 1999. Wild rice in sub-Saharan Africa: its incidence and scope for improved management., in: Labrada, R. (Ed.), *Global workshop on red rice control*, Varadero, Cuba ed. FAO, Rome, pp. 87-93.
- Johnson, D.E., Wopereis, M.C.S., Mbodj, D., Diallo, S., Powers, S., Haefele, S.M., 2004. Timing of weed management and yield losses due to weeds in irrigated rice in the Sahel. *Field Crop. Res.* 85, 31-42.
- Kadir, J., Charudattan, R., 2000. *Dactylaria higginsii*, a fungal bioherbicide agent for purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). *Biological Control* 17, 113-124.
- Kegode, G.O., Forcella, F., Clay, S., 1999. Influence of crop rotation, tillage, and management inputs on weed seed production. *Weed Sci.* 47, 175-183.
- Kent, R.J., Johnson, D.E., 2001. Influence of flood depth and duration on growth of lowland rice weeds, Côte d'Ivoire. *Crop Protection*.2001; 20, 691-694.
- Kim, S.C., Moody, K., 1989. Germination of two rice cultivars and several weed species. *Korean Journal of Weed Science* 9, 122-.
- King, C.A., Oliver, L.R., 1992. Application rate and timing of acifluorfen, bentazon, chlorimuron, and imazaquin. *Weed Technology* 6, 526-534.
- Liebman, M., Davis, A.S., 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Res.* 40, 27-47.
- Lu, B.R., Snow, A.A., 2005. Gene flow from genetically modified rice and its environmental consequences. *Bioscience* 55, 669-678.
- Masangkay, R.F., Mabbayad, M.O., Paulitz, T.C., Watson, A.K., 1999. Host range of *Alternaria alternata* f.sp *sphenocleae* causing leaf blight of *Sphenoclea zeylanica*. *Canadian Journal of Botany* 77, 103-112.
- Mortimer, A.M., Namuco, O., Johnson, D.E., 2005. Seedling recruitment in direct-seeded rice: weed biology and water management, In: Toriyama, K., Heong, K.L., Hardy, B. (Eds.). *IRRI*, Tokyo and Tsukuba, Japan, pp. 202-205.
- Navasero, N.C., Khan, A.U., 1970. Use of mechanical power for rotary weeding. *Pans* 16, 87-92.
- Nyoka, G.C., 1983. Weed problems and control practices in deepwater and floating rice in Mali, in: Deat, M., Marnotte, P. (Eds.), *Proceedings of the Second Biannual Conference West African Weed Science Society*. West African Weed Science Society, Abidjan, Côte d'Ivoire, pp. 146-157.
- Okafor, L.I., 1986. Chemical weed control in direct-seeded irrigated rice in the Lake Chad Basin, Nigeria. *Crop Prot.* 5, 203-208.
- Olofsdotter, M., Valverde, B.E., Madsen, K.H., 1999. Herbicide resistant rice (*Oryza sativa* L.) - a threat or a solution, In: Labrada, R. (Ed.). FAO, Rome, pp. 123-142.
- Posner, J.L., Crawford, E.W., 1991. An agro-economic analysis of field trials from a farming systems research perspective - weed control in rain-fed lowland rice in Senegal. *Experimental Agriculture* 27, 231-241.
- Ransom, J.K., 2000. Long-term approaches for the control of *Striga* in cereals: Field management options. *Crop Prot.* 19, 759-763.
- Rao, A.N., Johnson, D.E., Sivaprasad, B., Ladha, J.K., Mortimer, A.M., 2007. Weed management in direct-seeded rice. *Adv. Agron.* 93, 153-255.
- Riches, C.R., Mbwaga, A.M., Mbapila, J., Ahmed, G.J.U., 2005. Improved weed management delivers increased productivity and farm incomes from rice in Bangladesh and Tanzania. *Aspects of Applied Biology* 75, 127-138.

- Rijn, P.J., 2001. Weed management in the humid and sub-humid tropics. Koninklijk Instituut voor de Tropen (KIT), Amsterdam, The Netherlands.
- Rodenburg, J., Demont, M., 2009. Potential of herbicide resistant rice technologies for sub-Saharan Africa. *AgBioForum* 12, 313-325.
- Rodenburg, J., Riches, C.R., Kayeke, J.M., 2010. Addressing current and future problems of parasitic weeds in rice. *Crop Prot.* 29, 210-221.
- Rodenburg, J., Saito, K., Kakai, R.G., Toure, A., Mariko, M., Kiepe, P., 2009. Weed competitiveness of the lowland rice varieties of NERICA in the southern Guinea Savanna. *Field Crop. Res.* 114, 411-418.
- Rodenburg, J., Zossou-Kouderin, N., Gbèhounou, G., Ahanchede, A., Touré, A., Kyalo, G., Kiepe, P., 2011. *Rhamphicarpa fistulosa*, a parasitic weed threatening rain-fed lowland rice production in sub-Saharan Africa - A case study from Benin. *Crop Prot.* 30, 1306-1314.
- Swanton, C.J., Mahoney, K.J., Chandler, K., Gulden, R.H., 2008. Integrated weed management: Knowledge-based weed management systems. *Weed Sci.* 56, 168-172.
- Wopereis, M.C.S., Defoer, T., Idinoba, M.E., Diack, S., Dugué, M.J., 2007. Participatory learning and action research (PLAR) for integrated rice management (IRM) in inland valleys of sub-Saharan Africa: technical manual. WARDA, Cotonou, Benin/IFDC, Muscle Shoals, USA.
- Xuan, T.D., Shinkichi, T., Hong, N.H., Khanh, T.D., Min, C.I., 2004. Assessment of phytotoxic action of *Ageratum conyzoides* L. (billy goat weed) on weeds. *Crop Prot.* 23, 915-922.
- Zhao, D.L., Bastiaans, L., Atlin, G.N., Spiertz, J.H.J., 2007. Interaction of genotype x management on vegetative growth and weed suppression of aerobic rice. *Field Crop. Res.* 100, 327-340.
- Zimdahl, R.L., 2007. Fundamentals of weed science. Academic Press, London.