

Développement de modèles informatiques pour la compétition riz-adventices au Sahel

LES ADVENTICES jouent un rôle majeur dans la réduction des rendements de riz en Afrique de l'Ouest et du Centre. Maintenant que de nouveaux types de riz sont disponibles par le biais des activités de sélection d'interspécifiques, l'ADRAO a adapté un modèle de compétition contre les adventices pour mieux comprendre ce qui rend le riz plus compétitif.

La consommation totale de riz dans le Sahel a fortement augmenté au cours de ces dernières décennies à cause de la croissance démographique et de l'augmentation de la consommation par habitant, en particulier dans les centres urbains. Parmi les pays sahéliens, c'est le Sénégal qui a la plus forte consommation de riz et environ 75 % de ce riz est importé. Des investissements importants ont été faits pour essayer de répondre aux besoins, mais les rendements restent relativement faibles (environ 4 t/ha). La gestion inappropriée des adventices est l'un des facteurs qui réduisent le rendement de riz au Sénégal (voir, par exemple, le point 5 de la Figure 6, page 41 : le non désherbage d'un champs d'une variété améliorée populaire résulte en des pertes de rendement de 50 %).

Un sol relativement bon, un ensoleillement intense, de hautes températures presque tout au long de l'année et la disponibilité d'eau d'irrigation sont les conditions idéales pour une abondance des adventices. Comme au Sahel, le riz irrigué fait en général l'objet de semis direct et n'est pas transplanté, le riz et les adventices commencent à concurrencer au stade de plantules et les pertes de rendement tendent à être plus élevées que dans les systèmes de transplantation. Des études menées par l'ADRAO dans les champs paysans en 1998, ont montré que les bénéfices générés par une lutte améliorée contre les

adventices étaient de l'ordre de 1 t/ha, soit près de 25 % de plus que la pratique paysanne. (« Les éléments nutritifs du sol et la fertilisation du riz irrigué au Sahel », *Rapport annuel de l'ADRAO 1998*, pp. 16-22). Pourtant, les paysans ont tendance à attendre que les adventices soient clairement visibles et entrées en compétition avec les riz avant de les éliminer. Lorsque des herbicides sont appliqués tard, le contrôle des adventices est moins efficace car elles deviennent moins sensibles aux herbicides en grandissant. Les périodes étendues de compétition, aussi bien avant le contrôle des adventices qu'après à cause de l'efficacité réduite des mesures de lutte, provoquent une augmentation des pertes.

Des cultivars de riz plus compétitifs contre les adventices seraient appropriés dans toutes les écologies riz de la région, y compris, les systèmes d'irrigation du Sahel. L'accès au pool génique *Oryza glaberrima* par le biais du développement de descendances d'hybrides interspécifiques (les NERICA) a élargi les horizons pour le développement de types de plantes de riz peu exigeantes en termes de gestion (faible taux d'intrants). « Une des caractéristiques les plus importantes des NERICA », explique Monty Jones, Directeur adjoint de la recherche, « c'est la compétitivité contre les adventices qu'elles ont héritée de leur parent *O. glaberrima*. En fait, c'était l'un des objectifs

Indices de croissance des plantes utilisées dans INTERCOM

Cet encadré a trait à trois indices relatifs aux caractéristiques de croissance des plantes qui sont utilisées dans les études de l'ADRAO sur la compétitivité contre les adventices et dans le modèle INTERCOM adapté aux systèmes irrigués du Sahel.

Indice de surface foliaire, *LAI*, c'est la surface foliaire totale d'une plante divisée par la surface de sol qu'elle occupe : c'est donc une fonction directe de l'espacement des plantes dans la parcelle. *LAI* est connu pour être un bon indicateur de la compétitivité contre les adventices bien avant le début des études de l'ADRAO.

Surface foliaire spécifique, *SLA*, c'est la surface foliaire par unité de poids foliaire. Donc, une feuille mince a une haute *SLA* et une feuille épaisse une *SLA* plus basse. Une feuille fine (haute *SLA*) présente une plus grande surface pour absorber la lumière solaire qu'une feuille plus épaisse (*SLA* plus faible) de même poids. Ainsi, pour le même poids, une plante aux feuilles minces donne plus d'ombre pour étouffer les adventices qu'une plante aux feuilles épaisses. Cet indice est mesuré (ou simulé) pour chaque feuille de la plante pour les besoins de la modélisation INTERCOM. Comme l'indice de surface foliaire, la surface foliaire spécifique était connue pour être un bon indicateur de la compétitivité contre les adventices bien avant le début des études de l'ADRAO.

Vitesse de croissance relative des feuilles, *RGRL*, c'est le taux de croissance quotidienne des feuilles d'une plante exprimé en pourcentage aux premiers stades de croissance (jusqu'à *LAI* = 1).

principaux de tout le programme de sélection interspécifique ». Des études ont montré que, comparativement aux variétés traditionnelles *Oryza sativa*, *O. glaberrima* produit plus de biomasse et de talles, a des indices foliaires plus élevés (pour la définition des indices voir encadré « Indices de croissance des plantes utilisées dans INTERCOM ») et investit une part plus importante de sa biomasse croissante dans les feuilles aux premiers stades de la croissance. Par la suite, il a été démontré que dans une large gamme de cultivars, les indices foliaires et la capacité de tallage augurent de la compétitivité contre les adventices. Les premières lignées NERICA étaient mieux adaptées aux conditions de plateaux, mais récemment, du matériel vraisemblablement adapté aux conditions de bas-fonds a été généré. Avec ce matériel, il est approprié d'examiner l'impact de différents types de plantes sur les pertes dues à la compétition des adventices.

Des modèles mathématiques de simulation des cultures peuvent nous donner une meilleure perception des mécanismes complexes d'interactions culture-adventices. Plus encore, ces modèles peuvent être utilisés comme outil pour guider les sélectionneurs dans la conception et l'évaluation de nouveaux types de plantes.

« Notre point de départ », explique David Johnson, malherbologue « était INTERCOM, un modèle informatique développé par l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI) et l'université agricole de Wageningen (Pays-Bas) et qui utilise des paramètres écologiques et physiologiques pour simuler la compétition entre la culture et les adventices dans les champs ». Le modèle était déjà utilisé au siège de l'ADRAO et en cours d'adaptation pour le riz de plateaux (« Profil d'un pays donateur : le Canada », dans ce rapport). « Il fallait reconfigurer le modèle pour les conditions de riz irrigué au Sahel avec les variétés et adventices appropriées, de sorte à de pouvoir manipuler le type de plante requis », continue Johnson.

Dans la seconde moitié de 1999, Petra Hogervorst, étudiante néerlandaise en maîtrise de l'université de Wageningen est venue à la Station Sahel, où elle a collecté les données nécessaires pour configurer INTERCOM pour le riz irrigué au Sahel. Pour étudier l'effet de la compétition des adventices sur la croissance du riz, le riz et les adventices ont été cultivées en populations mixtes à différentes densités d'infestation d'adventices. La variété de riz utilisée était la Sahel 108, maintenant très populaire (voir encadré « Sahel 108 et autres variétés de riz du Sahel », page 11), tandis que deux adventices très répandues ont été choisies pour représenter les groupes d'adventices les plus importants infestant le riz irrigué au Sahel, *Echinochloa colona* pour les graminées et *Cyperus difformis* pour les cypéracées pérennes. Hogervorst a déterminé les paramètres de croissance et de développement de deux espèces d'adventices et de la variété de riz, ainsi que la hauteur de la plante et les indices foliaires. Ensuite, les données ont été introduites dans INTERCOM pour fournir le modèle de compétition riz-adventices dans les systèmes irrigués au Sahel.

Pour valider le modèle nouvellement configuré, des essais de compétition riz-adventices ont été menés dans les champs paysans du delta du fleuve Sénégal (en fait dans un rayon de 1 km autour de la Station du Sahel de l'ADRAO à N'diaye, Sénégal) durant l'hivernage 1999 et la saison sèche 2000. Ces essais ont été menés par l'étudiant sénégalais en maîtrise, Daouda M'Bodj, de l'Ecole nationale des cadres ruraux de



Souleymane Diallo (ISRA, à l'extrême droite), Marco Wopereis (ADRAO, au milieu à droite) et Yaya Sané (ADRAO, extrême gauche) discutent des essais de compétition adventices-riz avec Daouda M'Bodj à la station Sahel de l'ADRAO, N'diaye, Sénégal

Bambey (ENCR). Les traitements expérimentaux consistaient à soumettre le riz à différentes périodes de compétition pour en identifier les périodes cruciales. Plus précisément, on laissait pousser les adventices de la date de semis du riz à une certaine période (14, 28, 42, 56, 70 jours), après laquelle les champs étaient désherbés manuellement. Les tests comprenaient en outre, deux parcelles témoins, une maintenue sans adventices durant toute la saison culturale et l'autre non désherbée du tout. Les tests ont été menés dans cinq champs paysans durant l'hivernage et sept durant la saison sèche. On a utilisé le semis direct dans les champs avec des semences pré-germées Sahel 108. Lorsque les données de terrain ont été comparées aux données simulées du modèle, les deux courbes étaient très proches (Figure 6). Ainsi, avec INTERCOM, on peut prédire les caractéristiques essentielles de la compétition riz-adventices dans le contexte sahélien. Sans contrôle des adventices, les rendements tombent à 3,2 t/ha, soit 50 % des rendements des champs maintenus sans adventices à partir de quatorze jours après le semis. Au fur et à mesure que la date du premier désherbage est retardée, il y a un déclin régulier du rendement, en d'autres mots, plus le début du désherbage est tardif, plus grandes sont les pertes de rendements. Ceci souligne

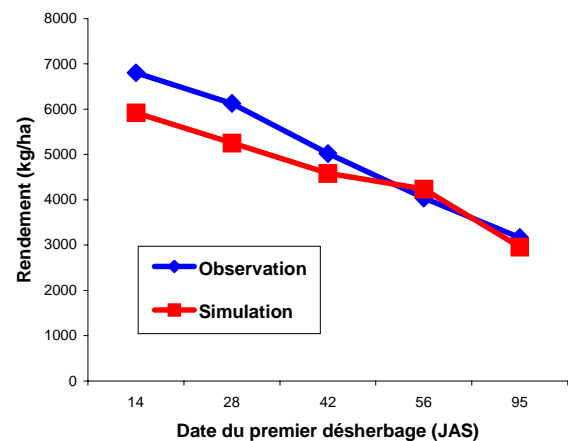
l'importance d'un désherbage précoce. Des périodes prolongées de compétition des adventices diminuent aussi le nombre de talles et de panicules par unité de surface. Il y avait des écarts entre les rendements simulés et les rendements observés lorsque le désherbage commençait tôt dans le cycle de culture, le désherbage précoce avait une plus grande influence sur la performance de la culture que ne le prédisait le modèle. La simulation exacte des résultats des essais de terrain valident l'utilisation du modèle pour les études de modélisation à venir.

Modélisation

INTERCOM a été utilisé par la suite, pour analyser comment d'autres types de riz aurait réagit. « C'est là le charme de la modélisation », assène avec enthousiasme l'agronome Marco Wopereis. « Il permet l'expérimentation sur ordinateur, une fois le modèle correctement validé. » Les objectifs étaient de mieux comprendre la compétition des adventices dans les systèmes de riz irrigué de la vallée du fleuve Sénégal à travers l'utilisation de modèles informatiques et de voir comment les nouveaux types de plantes seraient affectés par la compétition des adventices.

« Nous savons qu'*Oryza glaberrima* fait meilleure concurrence aux adventices qu'*O. sativa* », poursuit Wopereis.

Figure 6. Validation du modèle calibré INTERCOM : effet de la compétition des adventices sur le rendement du riz (données effectives de la saison des pluies 1999 contre données simulées INTERCOM)



Note : 95 JAS = pas de désherbage.

« Avec nos connaissances sur le type de plante *O. glaberrima*, et nos théories sur les facteurs qui influencent la compétitivité contre les adventices, la taille de la plante et les indices foliaires étaient évidemment les cibles à manipuler par INTERCOM pour évaluer les différents types de plantes. »

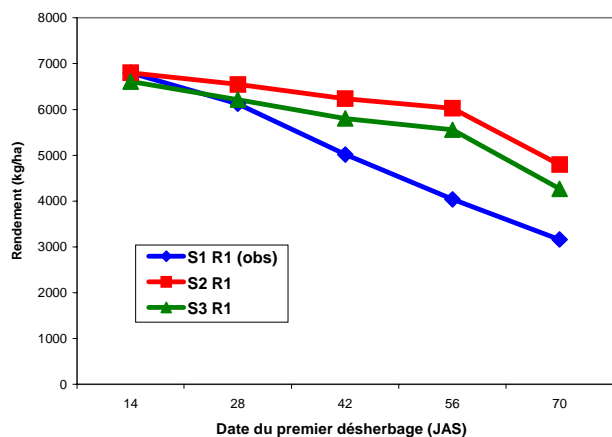
« Des valeurs de surface foliaire spécifique plus élevées (voir encadré « Indices de croissance des plantes utilisées dans INTERCOM », p. 40) permettent à la plante de produire une surface foliaire plus grande avec une biomasse donnée », explique Wopereis, « et ceci est un avantage aux stades initiaux de croissance où la compétition pour la lumière est importante ». Cependant, des valeurs élevées de surface foliaire spécifique (SLA) deviennent un désavantage plus tard dans le développement de la culture car les plantes font une surproduction de feuilles. Une fois qu'il y a environ quatre couches de feuilles (c'est-à-dire que l'indice de surface foliaire atteint 4), environ 95 % de la radiation solaire est interceptée par les feuilles. Après cela, ce n'est pas un avantage d'avoir plus de feuilles ! Ainsi, la situation idéale est d'avoir une SLA élevée au début de la croissance et une SLA faible plus tard.

Résultats – ce que INTERCOM nous raconte

Lorsqu'on compare seulement les différences SLA entre les trois types de plantes, le modèle prédit qu'aussi bien les *glaberrima* que les types de plantes intermédiaires sont plus compétitifs contre les adventices que le type *sativa* (Figure 7), avec une différence plus marquée lorsque le premier désherbage est retardé. Si l'on modifie les types *glaberrima* et « interspécifiques » pour qu'ils aient une profusion de feuilles aux stades initiaux de croissance (Figure 8), l'amélioration de la compétitivité contre les adventices est encore plus marquée : les interspécifiques ayant un rendement de 70 % plus élevé que Sahel 108 quand il n'y a pas de désherbage dans les soixante-dix jours après semis.

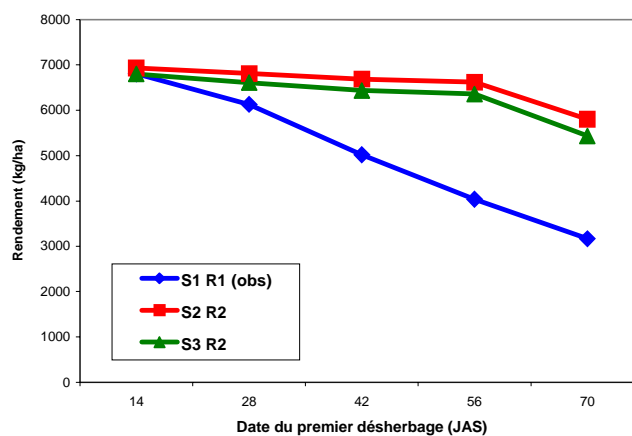
Finalement nous avons comparé les trois types de plantes (représentés par les figures des SLA) à la faible densité de peuplement pratiquée par les paysans dans la vallée et le delta du fleuve Sénégal (Figure 9). Une telle faible densité peut être le résultat d'un faible taux de semis, d'une mauvaise germination ou d'un mauvais établissement des cultures. Tous les trois types

Figure 7. Simulation de l'effet de la SLA sur le rendement, en tant que résultat direct sur la compétitivité contre les adventices



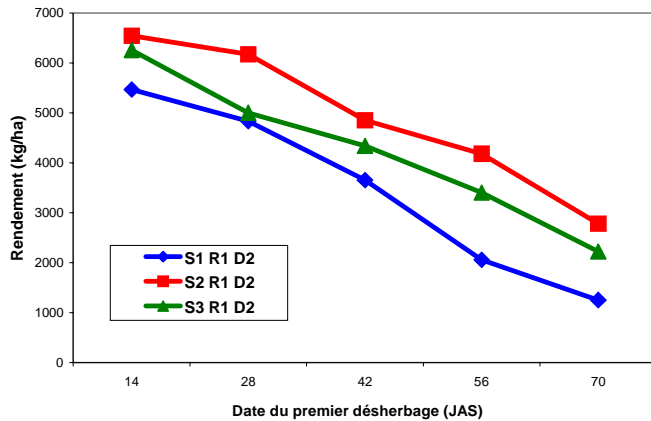
Notes : S1, S2, S3 = types de SLA : *O. sativa* (Sahel 108), *O. glaberrima* (interspécifique ; R1 = taux de croissance relative des feuilles pour le type *O. sativa* (Sahel 108).

Figure 8. Simulation de l'effet combiné de la SLA et de l'amélioration du taux de croissance relative des feuilles sur les rendements, en tant que résultat direct sur la compétitivité contre les adventices



Notes : comme en Fig. 7, R2 = taux de croissance relative des feuilles pour un type de plant hypothétique avec un taux élevé.

Figure 9. Simulation de l'effet d'une faible densité de plantes (120 plantes/m²) sur le rendement (en tant que résultat direct sur la compétitivité contre les adventices) pour 3 types de plantes : notez la réduction de rendement presque uniforme quel que soit le type de plante



Notes : comme en Fig. 7, D2 = densité de 120 plantes/m².

ont gravement souffert de la compétition des adventices et ont accusé d'importantes pertes de rendement, essentiellement parce que le riz n'avait pas assez de couvert végétal pour faire de l'ombre aux adventices par rapport à la lumière solaire. Une fois de plus, cependant, lorsque le premier désherbage a été retardé, l'interspécifique (S3) et le *glaberrima* (S2) ont eu un meilleur rendement que le *sativa*.

« Les résultats des tests de l'effet de la taille de la plante n'étaient pas spectaculaires », indique Wopereis. La plante

simulée qui était de 10 % plus haute que la plante « normale » n'était pas plus compétitive contre les adventices.

Conclusions – la valeur de la modélisation

Les simulations ont montré l'importance de la compétitivité contre les adventices dans les champs fortement infestés. INTERCOM peut être utilisé pour prédire ce que signifierait une augmentation de l'indice foliaire ou d'autres paramètres (comparativement à une variété « standard » comme Sahel 108) à un certain niveau de pression des adventices dans les champs paysans. Ainsi, les paramètres qui affectent directement la compétitivité contre les adventices et le rendement peuvent être ciblés dans les activités de sélection.

« Les indices sont relativement faciles à mesurer, et ça c'est le côté passionnant de l'affaire ! » avoue Wopereis. « Mais, ils changent avec la localité et la date de semis, en fonction des facteurs climatiques (surtout la température minimale de l'air). »

L'ADRAO a commencé à mesurer ces paramètres dans les « essais des jardins variétaux » afin d'en obtenir les valeurs à différentes périodes de l'année.

Johnson est satisfait : « Notre étude a montré la force de la modélisation à travers le test des nouveaux types de plantes », dit-il. « Elle a permis de quantifier les gains de rendements générés par une amélioration de la gestion des cultures – des semences de meilleure qualité, une densité de semis plus élevée, un désherbage à temps – et de meilleurs types de plantes. Il serait presque impossible de faire ces analyses par des essais conventionnels ».

