

Augmenter les rendements rizicoles et économiser l'eau : leçons en matière de politiques et de pratiques – Le système de riziculture intensive (SRI)

Erika Styger, SRI-Rice (Réseau international et Centre de ressources SRI), Université de Cornell, Ithaca, NY, États-Unis (eds8@cornell.edu)

Le défi

On prévoit que d'ici 2050 la production agricole devra augmenter de 70 % afin de nourrir une population humaine de 9 milliards d'individus. À cette date, 47 % de la population mondiale connaîtra de sérieux problèmes d'approvisionnement en eau, selon les prévisions de l'OCDE (OCDE, 2012). La compétition pour le captage de l'eau agricole va s'intensifier avec l'urbanisation et l'industrialisation. Des phénomènes météorologiques de plus en plus extrêmes, dus au changement climatique, vont aggraver l'incidence des sécheresses et des crues. La sécurité alimentaire dépendra d'une augmentation de la production agricole et d'une réduction de la consommation d'eau. Comment obtenir une meilleure récolte avec chaque goutte d'eau ?

Ce défi intéresse plus spécialement la riziculture, très exigeante en eau, et fournissant la denrée de première nécessité de plus de la moitié de la population mondiale. La culture du riz représente entre un quart et un tiers de la consommation mondiale d'eau douce (Bouman *et al.*, 2007). Avec la pratique actuelle de l'inondation continue des rizières, la riziculture reçoit deux à trois fois plus d'eau que les autres céréales irriguées, même si le riz présente un taux de transpiration (l'eau interne utilisée par la plante pour la croissance et la production) égal à celui du blé et d'autres céréales (Tuong *et al.*, 2005, cité par Bouman *et al.*, 2007).

Le développement de méthodologies améliorant l'efficacité de l'usage de l'eau, ou sa productivité, dans la production du riz permettrait de réaliser des économies d'eau, laquelle pourrait être redirigée vers d'autres usages. La productivité de l'eau se définit ainsi : quantité de production agricole (rendement en grain) par quantité d'eau utilisée, mesurée en kg/m^3 (= kilo de riz produit par mètre cube d'eau, ou 1 000 litres).

Comment l'eau est-elle utilisée dans la riziculture irriguée ?

Considérons le cycle de l'eau dans une rizière irriguée. Il consiste en *afflux* (irrigation + pluie) et en *reflux* : transpiration, évaporation, débordement, infiltration et percolation. Les trois derniers types de reflux concernent les mouvements d'eau soit en surface, soit latéraux, soit par le sol lui-même. Bien que de tels mouvements soient considérés comme perdus pour l'irrigation, l'eau n'est pas perdue pour la nappe aquifère puisque soit elle retourne aux réserves souterraines, soit elle peut être recaptée en aval. L'eau n'est perdue pour la nappe aquifère que quand elle entre dans l'atmosphère par évaporation (l'eau s'évapore des eaux stagnantes que l'on trouve dans les rizières, le sol, les rivières, les lacs, les roches et les surfaces bétonnées ou bitumées) ou par transpiration (perte de vapeur d'eau des plantes). Comme il est difficile de mesurer séparément l'évaporation et la transpiration, on les réunit sous le terme d'« évapotranspiration ».

Combien faut-il d'eau pour produire 1 kg de riz ?

Pour produire 1 kg de riz avec le système conventionnel de riziculture, il faut en moyenne 2 500 l/kg (soit une productivité de l'eau de 0,4 kg/m³), ce chiffre variant fortement entre 800 l et 5 000 l/kg (ceci comprend la transpiration, l'évaporation, la percolation et l'infiltration). La seule transpiration exige entre 500 l et 1 000 l d'eau par kg. L'évapotranspiration compte pour en moyenne 1 430 l/kg (dans une fourchette de 600 l à 1 700 l), ce qui est équivalent à d'autres céréales telles que le blé (Bouman *et al.*, 2007).

Quelles sont les possibilités de réduire la consommation d'eau de la riziculture ?

Il existe plusieurs possibilités offertes aux agriculteurs pour économiser l'eau dans les rizières irriguées, entre autres : labour réduit, bon nivellement du sol, utilisation de la méthode d'arrosage et d'assèchement en alternance, travail sur des billons surélevés, paillis pour recouvrir le sol et culture de riz aérobie (Bouman *et al.*, 2007 ; Thakur *et al.*, 2011). La Banque mondiale (2012) préconise, pour améliorer l'irrigation, d'accorder la priorité à la réduction du gaspillage dû à l'évaporation, puisque l'infiltration et la percolation contribuent au renouvellement des nappes phréatiques.

Dans le présent article, nous nous concentrons sur la méthode d'arrosage et d'assèchement en alternance, une méthode populaire préconisée par un grand nombre d'organisations de recherche et de développement. Elle permet de diminuer directement la quantité d'eau d'irrigation destinée aux rizières. On appelle aussi cette méthode « irrigation intermittente » ou « irrigation contrôlée ». Durant la phase végétative du riz, des conditions inondées sont créées avec de l'eau d'irrigation, après quoi les parcelles sont asséchées pendant une période de 1 à 10 jours, voire plus. Il est recommandé de laisser une fine couche d'eau pendant la phase de floraison. Durant la phase de remplissage des grains, on peut reprendre l'alternance arrosage / assèchement, puis, deux ou trois semaines avant la récolte, la rizière peut être drainée. La méthode d'arrosage et d'assèchement en alternance va à l'encontre des pratiques d'irrigation conventionnelles, où les rizières sont maintenues inondées pendant toute la saison de croissance.

L'alternance de l'arrosage et de l'assèchement est aujourd'hui associée à diverses méthodes de culture du riz. Elle est intégrée à la riziculture conventionnelle mais aussi au système de riziculture intensive (SRI), dont elle est un élément essentiel. La différence entre ces deux systèmes est expliquée plus loin. Il a été démontré que, dans les deux systèmes, la consommation d'eau peut être réduite de 20 à 50 % grâce à l'alternance de l'arrosage et de l'assèchement. Toutefois, les conséquences de cette réduction d'eau sur la productivité du riz ne sont pas les mêmes dans les deux systèmes.

Dans la gestion de culture conventionnelle, on applique l'alternance de l'arrosage et de l'assèchement au lieu de l'inondation continue, qui est la méthode habituelle. Bien que la productivité de l'eau augmente, les rendements ainsi obtenus sont soit stables, soit inférieurs à ceux de l'inondation continue. Sur 31 champs expérimentaux analysés par Bouman et Tuong (2001), 92 % des applications d'arrosage et d'assèchement en alternance ont eu pour résultat des baisses de rendement allant de 0 à 70 % par rapport aux parcelles de contrôle inondées. Yao *et al.* (2012), en testant une variété « super-hybride » et une variété « économe en eau et résistante à la sécheresse », ont abouti à des économies d'eau allant de 24 % à 38 % par

l'alternance de l'arrosage et de l'assèchement, par rapport aux parcelles inondées en continu, mais aucune différence significative de rendement entre les deux traitements n'a été observée.

Par contraste, avec le système SRI, la réduction d'application d'eau, à travers l'alternance de l'arrosage et de l'assèchement, est l'un des principes majeurs. Dans ce cas, cette méthode est coresponsable d'une économie d'eau et de rendements accrus. Ceci est rapporté par de nombreuses études menées au Kenya, dans les provinces indiennes du Tamil Nadu et d'Andhra Pradesh et en Chine (Hangzhou), entre autres. Ces études font état d'améliorations en termes de productivité comprises entre 32 % et 100 % ainsi que d'augmentations de rendement comprises entre 5 % et 51 % (Zhao *et al.*, 2009 ; Chandrapala *et al.*, 2010 ; Zhao *et al.*, 2010 ; Geethalakshmi *et al.*, 2011 ; Ndiiri *et al.*, 2012).

En quoi la riziculture en SRI diffère-t-elle des pratiques conventionnellement recommandées ? Qu'est-ce que le SRI ?

Le SRI est une méthode agro-écologique et fondée sur les connaissances, visant à augmenter la productivité du riz irrigué en transformant la gestion des plantes, du sol, de l'eau et des nutriments, tout en diminuant la dépendance envers les intrants externes (SRI-Rice online, 2012). Le SRI a été inventé à Madagascar dans les années 1980 et repose sur les principes agricoles suivants :

- améliorer l'enracinement des plantes ;
- réduire considérablement la densité des plantes ;
- améliorer les conditions du sol ;
- réduire l'apport d'eau d'irrigation.

En suivant les pratiques dérivées de ces principes, les agriculteurs peuvent mettre le SRI à l'épreuve, puis ajuster les pratiques afin de correspondre aux conditions locales, tant environnementales que socio-économiques. En plus du riz, des fermiers ont commencé à appliquer les principes SRI à d'autres types de plantes, telles que le blé, la canne à sucre et le tef (une culture de base en Éthiopie), et ce avec d'excellents résultats et de remarquables augmentations de rendement (SRI-Rice online, 2012).

Comment fonctionne le SRI ?

- Les semis de riz sont repiqués quand ils atteignent le stade deux-feuilles, ce qui peut varier entre 8 et 12 jours selon le climat (alors que, dans le système conventionnel, le repiquage se fait à l'âge d'un mois, voire plus tard).
- Une seule plantule est repiquée par poquet (au lieu de 3 à 5).
- Le repiquage se fait soigneusement et à faible profondeur, avec un espacement en carrés de 25 cm de côté entre chaque plant (au lieu d'un repiquage en profondeur, avec des intervalles de 10 à 15 cm, ce qui abîme souvent les racines). L'espacement peut être encore augmenté dans les sols de bonne qualité ainsi qu'avec les variétés à tallage profus, ou bien légèrement rapproché avec les variétés à tallage diffus ou dans des sols moins fertiles.
- Le sarclage se fait mécaniquement avec un sarcloir manuel (ou un sarcloir à têtes multiples motorisé) qui incorpore les mauvaises herbes au sol et en aère la surface (au lieu de l'arrachage à la main, ou de l'application d'herbicides).

- La fertilisation se fait en ajoutant des matériaux organiques au sol (détritux, compost, fumier, cultures de couverture, etc.) à raison de 10 tonnes/hectare (plus ou moins, selon leur disponibilité et le statut de fertilité du sol), complétée par des engrais chimiques au besoin (plutôt que de reposer entièrement sur des engrais chimiques).
- L'irrigation durant la phase végétative de la récolte se fait selon la méthode d'arrosage et d'assèchement en alternance ; on applique une fine couche de 2 cm d'eau dans la parcelle, on laisse l'eau disparaître pendant quelques jours jusqu'à ce que le sol se craquèle légèrement, puis on réintroduit une fine couche d'eau (au lieu d'inonder en continu). Durant la phase de floraison du riz, on maintient la fine couche d'eau, comme pendant la phase végétative, et l'alternance de l'arrosage et de l'assèchement peut être effectuée de nouveau durant la phase de remplissage des grains, suivie par un drainage des parcelles deux à quatre semaines avant la récolte.

Il existe des pratiques supplémentaires permettent d'obtenir des plants beaux et sains : la sélection des semences, le trempage des graines avant les semailles, des pépinières en parterres surélevés avec semences clairsemées sur un sol riche, une extraction soigneuse des plantules hors de la pépinière afin de les repiquer sans abîmer les racines, et la conservation des racines dans leur gangue de terre, qui les protège. Le repiquage superficiel permet aux talles d'émerger et de se développer plus facilement et plus rapidement. Afin de suivre les principes du SRI, on encourage les agriculteurs à soigner le nivellement des parcelles, afin d'éviter que les plants de petite taille se retrouvent noyés. Le nivellement des parcelles est un élément important qui contribue à économiser l'eau, puisqu'il implique une répartition égale de l'eau dans la parcelle, en plus de permettre un contrôle précis de la hauteur de l'irrigation. En conséquence, le SRI entraîne des variations dans les coûts de production et dans la répartition de la main-d'œuvre en comparaison avec le système conventionnel. En fonction des pratiques suivies avant l'introduction du SRI, les coûts de préparation des sols peuvent être identiques, inférieurs ou supérieurs ; les coûts de pépinière sont réduits ; les coûts de repiquage sont réduits dès lors que les gens prennent l'habitude de repiquer les petites plantules ; les coûts de la main-d'œuvre pour le sarclage sont réduits par rapport au sarclage à la main, mais augmentés par rapport à l'application d'herbicides ; les coûts dus aux intrants (semence, engrais, pesticide et eau) sont réduits ; au final, les coûts de production par hectare peuvent être réduits de 20 à 40 % (SRI-Rice online, 2012).

Ces pratiques permettent aux petits exploitants rizicoles d'augmenter leurs rendements de 20 à 50 %, voire jusqu'à 100 %, tout en diminuant la consommation d'eau de 30 à 50 %, l'utilisation de semences de 90 %, et l'application d'engrais chimiques et de pesticides de 30 % à 100 %.

Comment expliquer une telle disparité de performances ?

Contrairement au système conventionnel, où les conditions idéales pour la croissance du riz sont représentées par l'inondation, le SRI repose sur une aération améliorée du sol, qui favorise un développement des racines en profondeur et une prolifération capables de soutenir une forte productivité au-dessus du sol. De ce fait, l'eau économisée grâce au SRI bénéficie aux performances des plants de riz.

Le développement du système racinaire est favorisé par un certain nombre d'interventions en matière de gestion : (1) l'irrigation intermittente permet une meilleure respiration des racines ; (2) l'application de matières organiques enrichit le sol, stimule son développement microbien et

crée un environnement plus favorable à la croissance des racines ; (3) le repiquage plus précoce minimise le risque de choc dû au repiquage, puisque l'on conserve la terre autour des racines, ce qui les protège ; (4) les systèmes racinaires se développent mieux lorsqu'ils sont repiqués individuellement, éliminant ainsi la compétition induite par le système de repiquage traditionnel (3 à 5 talles par poquet et espacement plus réduit) ; (5) l'usage d'un sarcloir mécanique actionné manuellement ou motorisé contribue à l'aération du sol.

Les recherches menées par Mishra et Salokhe (2011) et Thakur *et al.* (2011) montrent que les racines, lorsqu'elles sont inondées, se développent moins bien et ont une espérance de vie plus courte. L'activité des racines inondées décline après la mi-saison, alors qu'avec le SRI elles demeurent actives jusqu'à la période de remplissage des grains. Près des trois quarts des racines inondées se sont dégradées lorsque arrive la phase de floraison (Kar *et al.*, 1974, cité par Satyanarayana *et al.*, 2007). Avec le SRI, les racines s'étendent plus en profondeur et leur volume peut atteindre le double par rapport aux poquets plantés conventionnellement (Thakur *et al.*, 2011). Grâce à leurs systèmes racinaires plus étendus, les plants peuvent atteindre des horizons de sol plus profonds, ce qui rend les cultures plus résistantes à la sécheresse, comme cela est rapporté pour la Chine, l'Inde, le Cambodge et le Sri Lanka (Satyanarayana *et al.*, 2007).

Ces phénotypes plus productifs sous SRI sont caractérisés par un nombre supérieur de talles par plant, une hauteur de plant supérieure, des feuilles plus longues et plus larges, des panicules plus longues, un plus grand nombre de grains par panicule et une qualité supérieure du grain (Mishra et Salokhe, 2011 ; Thakur *et al.*, 2011). Les mêmes recherches ont montré que l'efficacité de l'usage de l'eau par la plante s'était aussi améliorée, en assimilant plus de CO₂ par unité d'eau transpirée.

Les avantages du SRI pour la productivité du riz et l'économie d'eau se résument ainsi :

- Diminution de 30 à 50 % de l'eau d'irrigation par hectare, ce qui entraîne une baisse du coût pour le pompage, l'entretien des infrastructures et un meilleur taux d'amortissement, puisque les pompes sont moins utilisées et donc durent plus longtemps.
- Hausse du rendement du riz de 25 à 50 %, parfois plus. Ceci permet de doubler la productivité de l'eau (sorties de grains / entrées d'eau).
- Utilisation plus efficace de l'eau par la plante associée à de meilleures performances phénotypiques.

Économiser l'eau : défis et opportunités pour l'adoption des stratégies de gestion du SRI

La mise en œuvre des quatre principes interactifs de la méthode SRI (repiquage précoce de plantules saines, population de plants réduite, amélioration de la fertilité/santé du sol, diminution de l'irrigation grâce à l'alternance d'arrosage et d'assèchement) permet à la culture de se développer rapidement, limite la compétition entre les plants et augmente l'efficacité de l'eau utilisée. On observe les résultats suivants : rendements en hausse de 20 à 50 %, réduction de l'apport d'eau, réduction substantielle des semences requises, diminution des intrants chimiques. En théorie, si on l'appliquait à tout le secteur de la riziculture mondiale, l'économie d'eau réalisée (de 30 à 50 %) se traduirait par une économie de 7,5 à 15 % de l'eau douce utilisée dans le monde entier. Ce volume serait alors libéré pour d'autres récoltes, pour l'eau potable et

pour soutenir le développement économique, diminuant en même temps les risques de conflit dans les régions à faibles ressources en eau.

Par contraste, lorsqu'on réduit l'utilisation d'eau dans les méthodes rizicoles conventionnelles (les semis sont transplantés plus tard et avec moins d'espace entre eux), on obtient des rendements égaux ou inférieurs à ceux des rizières inondées en continu. Dans ce cas, à part pour les agriculteurs qui traversent des pénuries d'eau, il est d'un intérêt limité de réduire la quantité d'eau d'irrigation, dans la mesure où des efforts supplémentaires pour appliquer correctement la méthode d'arrosage et d'assèchement en alternance n'offriront pas d'avantages directs, à quoi s'ajoute la crainte de voir les rendements baisser.

Comment intégrer les pratiques d'application du SRI ?

Partage du savoir, vulgarisation et recherche

Une bonne démarche en matière de vulgarisation est essentielle si l'on veut partager la connaissance du SRI avec les agriculteurs. La croyance selon laquelle plus le riz reçoit d'eau, mieux il se porte en fin de compte est profondément enracinée dans les mentalités, aussi la meilleure approche consiste-t-elle à laisser les fermiers constater par eux-mêmes, par des démonstrations sur le terrain, que le riz peut produire de meilleurs rendements en consommant moins d'eau. Une fois qu'un agriculteur a saisi cette relation, l'économie d'eau devient une stratégie menant à une meilleure production.

Le SRI est une occasion prête à saisir. Il ne nécessite aucun investissement majeur en infrastructures, en recherches ou en subventions pour des intrants. Les familles d'agriculteurs peuvent consommer plus de riz et augmenter leurs revenus au bout d'une ou deux saisons de culture. Ces nouveaux principes sont appliqués à l'heure actuelle par des agriculteurs dans plus de cinquante pays.

La méthode SRI permet à un agriculteur d'expérimenter, de réapprendre et de rétablir les meilleures pratiques agricoles adaptées à sa situation propre. Cette méthode a commencé avec le riz mais elle s'étend désormais à la canne à sucre, au blé, au tef, au millet, ainsi qu'à d'autres cultures, avec des résultats identiques.

La recherche est primordiale pour comprendre le processus technique qui consiste à ajuster les pratiques culturales et les avantages et les impacts que cela entraîne sur le plan économique et social. Étant donné que le SRI n'a pas été développé dans des centres de recherche mais dans des champs d'agriculteurs, la participation de ces derniers au processus de recherche est un point essentiel. Des recherches complémentaires sont encore nécessaires afin d'adapter les principes du SRI aux diverses écorégions et systèmes de culture, ainsi que pour étudier la résistance au changement climatique des systèmes agricoles où le SRI est pratiqué.

Conception des infrastructures d'irrigation

Les canaux et digues d'irrigation sont actuellement conçus pour capter et retenir des volumes d'eau suffisants pour inonder les rizières en continu ; ils sont par conséquent surdimensionnés pour les besoins plus réduits du système d'arrosage et d'assèchement en alternance.

Dans les régions fortement pluvieuses, les parcelles sont souvent inondées. Les infrastructures d'irrigation conventionnelles sont souvent conçues pour conserver l'eau de pluie (diguettes élevées, etc.). Pour le SRI, les conditions inondées réduisent le rendement ; c'est pourquoi les systèmes d'irrigation devraient être bâtis de façon à permettre le drainage et le contrôle de l'eau de chacune des parcelles.

Le drainage est souvent négligé dans la conception des systèmes d'irrigation, et il en résulte un problème général de drainage des rizières.

Politiques de soutien

Bien que la connaissance et la prise de conscience du SRI se répandent rapidement, des programmes publics de soutien restent une nécessité dans de nombreux pays.

L'adoption du SRI à grande échelle *peut entraîner des économies financières pour les États*, en réduisant le budget alloué aux importations alimentaires et aux subventions agricoles. Pour que les États puissent optimiser les dépenses et l'efficacité de leur consommation d'eau, ils devront *investir dans un meilleur contrôle du captage et de la distribution des eaux d'irrigation*. Ceci comprend la conception et la gestion des réserves et des voies d'eau ainsi que des canaux agricoles et du drainage. Cela peut aussi nécessiter des réformes institutionnelles et une augmentation de la capacité de distribution aux consommateurs, puis des programmes plus précis de répartition de l'eau dans les réseaux d'irrigation et une révision des mécanismes de distribution.

La réduction des subventions pour l'eau d'irrigation entraînera d'importantes économies pour les gouvernements et incitera fortement les agriculteurs à adopter les principes du SRI. Les investissements en formation et vulgarisation sur le SRI pourront être amortis partiellement en réduisant les subventions actuelles sur l'eau, les engrais et l'électricité pour les pompes à eau.

Références

Banque mondiale. 2012. Managing water through managing evapo-transpiration (ET). Module d'apprentissage.

<http://vle.worldbank.org/moodle/course/view.php?id=345>

Bouman, B.A.M. et Tuong, T.P. 2001. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. *Agricultural Water Management*, 49 : 11-30.

Bouman, B.A.M., Lampayan, R.M. et Tuong, T.P. 2007. Water management in irrigated rice: coping with water scarcity. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines. http://www.knowledgebank.irri.org/ewatermgt/courses/course1/resources/books/water_management_1.pdf

Chandrapala, A.N.G., Yakadri, M., Mahender Kumar, R. et Bhupal Raj, G. 2010. Productivity and economics of rice (*Oryza sativa*)-maize (*Zea mays*) as influenced by methods of crop establishment, Zn and S application in rice. *Indian Journal of Agronomy*, 55 (3) : 171-176.

Geethalakshmi, V., Ramesh, T., Palamuthirsolai, A. et Lakshmanan, A. 2011. Agronomic evaluation of rice cultivation systems for water and grain productivity. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 57 (2) : 159-166.

Mishra, A. et Salokhe, M.V. 2011. Rice root growth and physiological responses to SRI water management and implications for crop productivity. *Paddy and Water Environment*, 9 : 41-52.

Ndiiri, J.A., Mati, B.M., Home, P.G., Odongo, B. et Uphoff, N. 2012. Comparison of water savings of paddy rice under System of Rice Intensification (SRI) growing rice in Mwea, Kenya. *International Journal of Current Research and Review*, 4 (6) : 63-73.

<http://www.ijcrr.com/journals/Vol 4 issue 6.pdf>

OCDE. 2012. Qualité de l'eau et agriculture : un défi pour les politiques publiques. Organisation de coopération et de développement économiques, Paris, France.

<http://www.oecd.org/fr/tad/agriculturedurable/49860058.pdf>

Satyanarayana, A., Thiagarajan, T.M. et Uphoff, N. 2007. Opportunities for water saving with higher yield from the system of rice intensification. *Irrigation Sciences*, 25 : 99-115.

SRI-Rice online: System of Rice Intensification (SRI) ; SRI International Network and Resources Centre, (SRI-Rice), Cornell International Institute for Food and Agriculture Development (CIIFAD), Cornell University, Ithaca, New York, États-Unis. <http://sri.ciifad.cornell.edu/index.html> ; SRI avec d'autres cultures : <http://sri.ciifad.cornell.edu/aboutsri/othercrops/index.html>, consulté le 2 juillet 2012.

Thakur, A.K., Rath, S., Patil, D.U. et Kumar, A. 2011. Effects on rice plant morphology and physiology of water and associated management practices of the system of rice intensification and their implications for crop performance. *Paddy and Water Environment*, 9 : 13-24.

Tuong, T.P., Bouman, B.A.M. et Mortimer, M. 2005. More rice, less water: integrated approaches for increasing water productivity in irrigated rice-based systems in Asia. *Plant Production Science*, 8 : 231-241.

Yao, F., Huang, J., Cui, K., Nie, L., Xiang, J., Liu, X., Wu, W., Chen, M. et Peng, S. 2012. Agronomic performance of high-yielding rice variety grown under alternate wetting and drying irrigation. *Field Crops Research*, 126 : 16-22.

Zhao, L., Wu, L., Li, Y., Xinghua, L., Zhu, D. et Uphoff, N. 2009. Influence of the system of rice intensification on rice yield and nitrogen and water use efficiency with different N application rates. *Experimental Agriculture*, 45 : 275-286.

Zhao, L., Wu, L., Li, Y., Sarkar, A., Zhu, D. et Uphoff, N. 2010. Comparisons of yield, water use efficiency, and soil microbial biomass as affected by the System of Rice Intensification. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41 (1) : 1-12.