

Le sel : un herbicide populaire sur riz pluvial au nord de la Thaïlande

Les agriculteurs du nord de la Thaïlande ont mis au point un mode de désherbage original sur riz pluvial. L'application d'une solution de sel détruit certaines adventices majeures et permet de limiter les contraintes de travail. Cette pratique innovante a aussi pour avantage de contribuer à la lutte contre l'érosion des sols cultivés en riz sur des pentes très fortes. Cet épandage, limité à un seul passage, est même bénéfique à la croissance du riz et ne semble pas préjudiciable pour l'environnement dans les conditions pratiquées actuellement.

Des systèmes de culture à riz pluvial en mutation rapide

K. VAN KEER

Laboratoire de fertilité et biologie des sols,
K.U. Leuven, K. Mercierlaan 92
3001 Heverlee, Belgique
Mél : vbkarstproject@hn.vnn.vn
Fax : 84 48 54 21 25

G. TREBUIL

IRRI, programme riz pluvial et
Cirad-ca, BP 5035,
34032 Montpellier Cedex 1, France
Mél : guy.trebuil@cirad.fr
Fax : + 33 (0)4 67 61 55 12

A. THIRATHON

Département d'agronomie, université Maejo,
Sansai 50290 Chiang Mai, Thaïlande
Mél : apichai@maejo.mju.ac.th
Fax : + 66 (0)53 49 81 68

Remerciements :

Les auteurs remercient les étudiants AN DEPAUW, CHALANTHON BUDD et DJEN KRAJEWPHA pour leurs contributions significatives à cette recherche. Cette étude a pu être menée grâce au soutien financier des organisations belges VLIR et VVOB, ainsi que de l'université Maejo.

Au nord de la Thaïlande, l'accélération de l'intégration au marché des systèmes de culture auto-subsistants montagnards, durant la décade de forte croissance économique de 1986 à 1996, a profondément transformé les pratiques paysannes. La mise en défens des hauts de bassins versants pour des raisons de protection de l'environnement, ajoutée à la forte croissance démographique et aux migrations de population ont considérablement réduit la durée des jachères des anciens systèmes sur abattis-brûlis. Cette durée est généralement passée d'une dizaine d'années à deux ou trois seulement dans les systèmes de transition. En certains endroits, ce sont de véritables systèmes de culture permanente ou semi-permanente qui apparaissent (FUJISAKA *et al.*, 1992). De

façon encore plus nette que pour les systèmes de culture sur abattis-brûlis moins bouleversés d'Asie du sud-est, la compétition des adventices est ici le premier facteur limitant la croissance et le développement du riz pluvial (RODER *et al.*, 1995).



Agricultrice Lahu sarclant manuellement son champ de riz pluvial.
Cliché Guy Trébuil

De nouvelles pratiques de lutte contre l'enherbement

Diminution de la main-d'œuvre disponible pour le sarclage

Dans les pratiques antérieures de la jachère dorénavant écourtée, du brûlis et du sarclage manuel, les agriculteurs ont tout d'abord introduit le labour à la houe afin de tenter de maîtriser un enherbement de plus en plus important et agressif vis-à-vis de la culture. Simultanément, les systèmes d'activités sur les exploitations agricoles se sont rapidement diversifiés (THONG-NGAM *et al.*, 1997). Les cultures de rente tendent à supplanter celles d'auto-subsistance et sont prioritaires dans l'affectation de la main-d'œuvre. Les opportunités de nouvelles activités rémunérées — depuis la collecte de produits forestiers, à des emplois salariés agricole ou non — se sont multipliées et, avec elles, les migrations de main-d'œuvre, saisonnières ou de longue durée, se sont accélérées. Très souvent, la pratique commune d'un ou deux sarclages manuels du riz pluvial en tout début de cycle est devenue de plus en plus difficile à réaliser, soigneusement et à temps. Les agriculteurs ont alors recherché des solutions adaptées à leur situation.

Absence d'épandage d'herbicides de synthèse sur le riz

L'usage d'herbicides de synthèse du commerce pour le contrôle des adventices du riz pluvial n'est pas encore répandu au nord de la Thaïlande, cette culture est, jusqu'à présent, conduite sans intrants. Le

paraquat, en général le premier herbicide commercial introduit dans les villages, est cependant de plus en plus fréquemment utilisé sur maïs et dans les vergers.

Une nouvelle pratique : l'épandage d'une solution de sel

Sur riz pluvial, un nombre important et croissant d'agriculteurs a adopté une solution herbicide de fabrication locale à base de sel de cuisine non purifié (NaCl). Cette pratique non conventionnelle, apparue au cours des vingt dernières années, est utilisée à travers l'ensemble du nord de la Thaïlande, principalement sur riz pluvial et sur maïs (CHINCHAO, communication personnelle ; LAMAR *et al.*, 1989 ; FUJISAKA *et al.*, 1992 ; RERKASEM et RERKASEM, 1993). Elle serait aussi répandue au nord de l'Inde (KEITZAR, communication personnelle). Plusieurs types de substances minérales, d'origine naturelle ou industrielle, ont ainsi été utilisées pour lut-

ter contre les mauvaises herbes, avant la diffusion des herbicides composés de molécules organiques de synthèse (ROSS et LEMBI, 1999). Certaines d'entre elles (comme le sulfate d'ammonium, la cyanamide de calcium ou l'acide sulfurique) conserveraient un certain intérêt pour l'agriculture tropicale (AKO-BUNDU, 1987).

Les effets encore méconnus de l'épandage de sel

Pratique paysanne encore ignorée par une recherche peu présente dans ce type d'agrosystème montagnard, l'application de solutions de chlorure de sodium pour le contrôle de l'enherbement en culture pluviale n'a pas encore été étudiée dans cette région. En particulier, les effets éventuellement néfastes sur le sol ainsi que sur la culture ne sont toujours pas connus.

Entre 1993 et 1996, une série d'enquêtes agronomiques et des



Application de la solution salée sur les adventices du riz pluvial par un agriculteur Lahu. Cliché Koen Van Keer

Aspects techniques de la méthode utilisée

Lors d'une enquête agronomique en parcelles paysannes, l'application d'une solution de chlorure de sodium en post-émergence contre les adventices du riz pluvial, plus particulièrement *Ageratum conyzoides*, a été observée dans 15 des 65

champs enquêtés, soit 23 % du total. Cette adventice dominante est fréquemment présente à des densités élevées pouvant parfois dépasser le millier de plantules par mètre carré.

Une seule application

Au cours d'un cycle cultural, une seule application est réalisée, entre le 30^e et le 65^e jour après semis. Elle constitue la première intervention, souvent tardive, de l'agriculteur contre l'enherbement de sa parcelle. L'opération n'est actuellement pas répétée sur le même champ lors de cycles annuels successifs et demeure une pratique adoptée en situation d'urgence face à un enherbement important et une indisponibilité en main-d'œuvre pour le sarclage manuel. Parfois, un sarclage manuel des espèces non détruites par voie chimique complète le traitement herbicide au chlorure de sodium, dont l'effet a une durée estimée à trois semaines. Ensuite, les niveaux d'enherbement observés au stade initiation paniculaire du riz pluvial ou plus tard redeviennent parfois aussi importants, voire supérieurs, à ceux ayant justifié le traitement herbicide durant la phase végétative.

Caractéristiques de la solution herbicide

La solution herbicide salée est préparée avec de l'eau à laquelle est ajoutée une petite quantité de poudre de lessive, qui est un produit surfactant réduisant la tension superficielle des gouttes de bouillie salée (tableau 1). La bouillie est ensuite épanchée au moyen d'un pulvérisateur portable à pression entretenue. Le jet est dirigé sur les adventices, au ras du sol, afin de limiter le contact de la solution herbicide avec la culture.



Agriculteur Lahu préparant une solution herbicide de chlorure de sodium. Cliché Koen Van Keer

Tableau 1. Description de la technique paysanne d'utilisation du sel comme herbicide sur riz pluvial observée dans le village de Mae Haeng entre 1993 et 1996.

Paramètres	Quantités
Concentration en cations des granulés de sel ¹	Na : 25-35 % K < 0,2 % Mg < 0,5 % Ca < 0,4 %
Concentrations de la solution salée ²	36-120 g Na/l soit 100-300 g sel/l
Doses de sel épanché par unité de surface ³	35-450 kg Na/ha (moyenne = 184) soit 90-1 150 kg NaCl/ha (moyenne = 467)
Volumes de bouillie épanchés ⁴	1 500-3 000 l/ha
Période de réalisation du traitement	Entre 30 et 60 jours après semis du riz pluvial
Etat de la culture lors du traitement	4-9 feuilles, hauteur des plants : 20-80 cm
Conditions climatiques lors du traitement	Journée ensoleillée, de préférence précédée d'un à plusieurs jours secs
Degré d'infestation par les adventices ⁵	Couverture du sol : 15-90 %
Densité : de 30 à plus de 1 000 plantes/m ²	Hauteur des plants : 5-30 cm Poids sec des adventices : 10-150 g/m ²

1. Analyses de quatre échantillons en provenance de quatre exploitations différentes.
2. Analyses de quatre échantillons de solution en provenance de quatre exploitations différentes.
3. Calculées au moyen de la différence de teneur en sodium des zones traitées et non traitées sur 18 exploitations agricoles.
4. Estimations à partir des données de quatre exploitations agricoles différentes.
5. Basés sur des mesures effectuées avant traitement.

expérimentations complémentaires en milieu contrôlé ont été réalisées sur le terroir du village de l'ethnie Lahu à Mae Haeng dans le district de Fang, province de Chiang Maï (altitude de 600 à 800 m). Le riz pluvial y est généralement cultivé sur des acrisols pentus dérivés du granite. Selon les parcelles, les pentes varient de 0 à 70 %. La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 1 500 mm, avec pour les quatre années d'enquêtes, un minimum de 1 375 mm en 1995 et un maximum de 2 292 mm en 1994 ; 90 % des précipitations tombent entre mai et octobre.

Introduit par un jeune agriculteur en 1992, l'usage de l'herbicide de fabrication locale, à base de sel, s'est rapidement répandu. Une série d'enquêtes préliminaires et des expérimentations exploratoires simples sur cette pratique ont été menées. Les résultats concernant les aspects techniques de cette pratique, ses effets sur les peuplements d'adventices, le sol et le riz pluvial sont successivement présentés.

Effets de la solution salée sur les adventices

Une excellente efficacité pour le contrôle d'*Ageratum conyzoides*

Les expérimentations ont été effectuées en pots, au Département des sols et fertilisants de l'université Maejo de la province de Chiang Maï. Un premier essai a été mis en place sur des plantules d'*Ageratum conyzoides*, à raison de 20 plantes par pot (environ 400 plantes/m² et 3 répétitions), non arrosées la veille du traitement ainsi que durant les trois jours suivants, afin de simuler le temps sec préféré par les agriculteurs pour ce traitement herbicide.

Les résultats montrent l'excellente efficacité de cette technique pour le contrôle de cette adventice majeure des systèmes pluviaux de petite montagne en Asie du sud-est péninsulaire (tableau 2). De très bons résultats sont obtenus, même pour des quantités de chlorure de sodium ne dépassant pas 150 kilos par hectare. Le type de symptômes observés, la meilleure efficacité de la technique par temps sec, l'effet conjugué du surfactant et l'absence de différence entre les effets selon les doses appliquées montrent que le traitement agirait surtout par déshydratation osmotique des tissus végétaux sensibles. Le même type de résultat peut être obtenu avec d'autres types d'ions.

Comparaison de la solution de sel (NaCl) avec l'action herbicide d'autres solutions à base d'engrais

Recherchant une solution à coût réduit au problème du contrôle des adventices sur riz pluvial, les agriculteurs ont testé les effets de différents ingrédients et de produits déjà disponibles sur les exploitations, en particulier l'urée, utilisée sur les cultures de rente récemment introduites dans les assolements.

Une seconde expérimentation a été conduite afin de comparer l'efficacité d'une solution de NaCl (200 g/l) à

Tableau 2. Effets de l'application d'une solution de chlorure de sodium à 200 g/l sur des plantules d'*Ageratum conyzoides* âgées de 45 jours et pour des quantités épandues de 150, 400 et 650 kg/ha.

Durée après traitement	Statut morphologique et physiologique des plantules	Pourcentage de plantules affectées ¹
0	Plantes érigées, vert foncé, limbes étalés turgescents	100
1 heure	Tiges courbées, feuilles vertes mais flétries et enroulées	100
1 jour	Feuilles flétries, vert pâle, bord de limbe couleur gris-marron	100
2 jours	Limbes et tiges décolorés en marron sur toute leur surface	100
3 jours	Plantules desséchées et ne récupérant pas après arrosage	100

1. Les mêmes séquences et intensité des symptômes ont été observées pour les trois doses de solution appliquées. En revanche, le témoin sans traitement herbicide n'a montré aucun effet de l'absence d'arrosage durant les quatre jours de l'expérience sur l'appareil végétatif d'*Ageratum conyzoides*.



Ageratum conyzoides, adventice majeure du riz pluvial au nord de la Thaïlande. Cliché Guy Trébuil

Tableau 3. Comparaison de l'effet herbicide de solutions de chlorure de sodium et d'engrais minéraux appliquées à concentration osmotique équivalente sur des plantules âgées de 45 jours d'*Ageratum conyzoides*.

Matière active	Concentration absolue (g/l)	Concentration osmotique (atm)	Plantules ayant survécu en % moyenne (n=3)
NaCl	200	- 165	15
KCl	225	- 165	23
(NH ₄) ₂ SO ₄	301	- 165	17
CO(NH ₂) ₂	411	- 165	12

1. Aucune différence significative n'est observée pour un risque de 5 %.

des applications de solutions d'engrais (chlorure de potassium, KCl ; sulfate d'ammonium, (NH₄)₂SO₄ ; urée, CO(NH₂)₂) ayant une pression osmotique équivalente à celle de la solution de NaCl (165 atmosphères). Les solutions à base de ces produits ont été appliquées au même volume sur 35 plantules d'*Ageratum conyzoides* par pot (soit environ 1 080 plantules/m² et 3 répétitions).

Aucune différence significative n'a été obtenue, entre les effets des solutions à base des ions testés, sur la mortalité des plantules d'adventices (tableau 3). Cependant, les symptômes de flétrissement de l'appareil végétatif sont apparus tout d'abord sur les plantules traitées avec la solution de NaCl, puis ensuite sur les trois autres traitements. Le seuil d'efficacité du traitement (donc la concentration osmotique nécessaire) est atteint pour une moins grande quantité de matière active de chlorure de sodium en comparaison des autres produits. C'est aussi le produit le moins cher. Des résultats similaires ont été obtenus sur l'adventice *Bidens pilosa* et des effets semblables ont été observés après l'application d'une solution de KCl sur *Crassocephalum crepidioides* et sur *Sipilanthès paniculata*.

Concentration minimale de sel (NaCl) efficace

Une expérience complémentaire en pots a été conduite afin d'estimer la concentration minimale en chlorure de sodium de la solution herbicide, en-dessous de laquelle la technique

n'est plus efficace. La concentration minimale serait d'environ 60 g NaCl/l (- 50 atmosphères) et le potentiel osmotique des cellules foliaires des plantules d'*Ageratum conyzoides* serait compris entre - 5 et - 40 atmosphères (tableau 4). D'après la littérature (SALISBURY et ROSS, 1985), ces résultats sont plausibles. Des investigations supplémentaires sont nécessaires pour préciser ces valeurs dans le cas d'*Ageratum conyzoides* et des autres adventices dominantes contrôlées par le sel. Le rôle majeur joué par la concentration en sel dans l'effet herbicide de la bouillie appliquée est confirmé.

Spectre d'espèces adventices contrôlées ou affectées par cette technique

Les peuplements d'adventices des champs de riz pluvial au nord de la Thaïlande sont dominés par les dicotylédones annuelles, plusieurs d'entre elles appartenant à la famille

des Asteraceae (tableau 5). L'efficacité de l'effet herbicide d'une solution de 200 g/l de chlorure de sodium appliquée à la dose de 400 kg NaCl/ha sur une gamme d'espèces adventices locales a été testée au champ (en petites plaquettes) et en pots (avec 10 plantules par pot, soit environ 200 plantules/m² et 3 répétitions).

Les adventices sensibles à l'application de sel

Plusieurs Asteraceae adventices majeures du riz pluvial sont ainsi efficacement contrôlées (tableau 6). Quelques autres espèces d'adventices sont aussi légèrement affectées par la solution mais beaucoup moins contrôlées. C'est notamment le cas des Poaceae. *Mimosa invisa*, adventice mineure sur notre site mais majeure sur d'autres sites au nord de la Thaïlande, serait aussi sensible à ce type de traitement herbicide (RERKASEM et RERKASEM, 1993).

Durant les quatre années d'enquêtes agronomiques réalisées sur le site de Mae Haeng, aucun changement dans la flore adventice du riz pluvial

Tableau 4. Action herbicide du chlorure de sodium à différentes concentrations sur des plantules de 45 jours d'*Ageratum conyzoides*.

Concentration de la solution de chlorure de sodium (g NaCl/l)	Concentration osmotique de la solution de chlorure de sodium (atm)	Moyenne (n = 3) du pourcentage de plantules ayant survécu ¹
6	-5	100 a
36	-30	50 b
61	-50	5 c
122	-100	0 c

1. Les chiffres suivis d'une lettre différente sont significativement différents pour un risque de 5 %

n'a été décelé entre les parcelles traitées chimiquement et celles sarclées manuellement, la domination de la flore par les Asteraceae restant la règle.

Origine de la sensibilité au traitement

Les variations de sensibilité au traitement observées entre espèces pourraient être liées à des différences, de nature anatomique, structurale ou chimique, de la surface de la feuille. Ces caractéristiques influencent de manière importante l'efficacité des herbicides (AKOBUNDU, 1987). Dans le cas de l'irrigation par aspersion, BRESLER *et al.* (1982) ont montré que les dégâts causés par les applications foliaires de sel dépendaient plus des caractéristiques de la feuille et de ses mécanismes d'absorption que de la tolérance à la salinité de la plante. Ainsi, *Imperata cylindrica*, espèce peu sensible à la solution salée, possède des dépôts denses de cires cuticulaires sur son feuillage. Ces dépôts sont totalement absents chez *Ageratum conyzoides* et *Chromolaena odorata*, deux espèces très sensibles à l'application de chlorure de sodium (NODA *et al.*, 1985). Des recherches complémentaires et élargies à d'autres espèces d'adventices sont encore nécessaires afin d'approfondir la compréhension des mécanismes d'action.

Tableau 5. Flore adventice moyenne d'une parcelle de riz pluvial en début de cycle cultural.

Nom de l'espèce	Famille	Fréquence ¹ (%)
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Asteraceae	96
<i>Crassocephalum crepidioides</i> Benth. S.Moore	Asteraceae	65
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae	35
<i>Spilanthus paniculata</i> Wall. ex. DC.	Asteraceae	31
<i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum.	Rubiaceae	30
<i>Lygodium flexuosum</i> (L.) Sw.	Schizeaceae	30
<i>Conyza sumatrensis</i> (Retz) E.H.Walker	Asteraceae	29
<i>Cyperus</i> sp.	Cyperaceae	26
<i>Dioscorea</i> sp.	Dioscoreaceae	22
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) P.Beauv. var. major (Nees) C.E.Hubb. ex C.E. Hubb. & Vaugh	Poaceae	20
<i>Sellaginella delicatula</i> (Desv.) Alst.	Selaginellaceae	14
<i>Torenia violecea</i> (Aza. ex Blanco) Penn.	Scrophulariaceae	14
<i>Sorghum nitidum</i> (Vahl) Pers.	Poaceae	8
<i>Mucuna</i> sp.	Fabaceae	7
<i>Blumea membranacea</i> DC.	Asteraceae	6
<i>Mitracarpus villosus</i> (Sw.) DC.	Rubiaceae	6
<i>Amaranthus gracilis</i> Desf	Amaranthaceae	5
<i>Hedyotis ovatifolia</i> Cav.	Rubiaceae	4
<i>Microstegium vagans</i> (Nees ex Steud.) A.Camus	Poaceae	4
<i>Phyllanthus urinaria</i> L.	Euphorbiaceae	4
<i>Themeda triandra</i> Forssk.	Poaceae	4
<i>Laggera alata</i> (D.Don) Sch. Bip. ex Oliv.	Asteraceae	2
<i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schult.	Poaceae	1

1 : pourcentage du nombre de placettes où cette espèce est présente par rapport au nombre total de placettes enquêtées (n = 254).

Synthèse des observations réalisées sur 254 placettes durant la période 1993-1996. En caractères gras figurent les espèces de la famille des Asteraceae qui sont bien contrôlées par le sel.

Tableau 6. Effet de l'action herbicide d'une solution de chlorure de sodium à 200 g/l appliquée à la dose de 400 kg NaCl/ha sur des jeunes plantules de différentes espèces d'adventices du riz pluvial au nord de la Thaïlande.

Nom botanique	Famille	Sensibilité ¹	% contrôle ²
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Asteraceae	1	100
<i>Conyza sumatrensis</i> (Retz) E. Walker	Asteraceae	2	100
<i>Crassocephalum crepidioides</i> Benth. S. Moore	Asteraceae	2	100
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M. King & H. Rob.	Asteraceae	2	100
<i>Spilanthus paniculata</i> Wall. ex. DC.	Asteraceae	2	100
<i>Bidens pilosa</i> L. var. minor (Bl.) Sherff	Asteraceae	2	100
<i>Laggera alata</i> (D.Don) Sch. Bip. ex Oliv.	Asteraceae	3	100
<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae	3	40
<i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum.	Rubiaceae	3	30
<i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schult.	Poaceae	4	40
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) P.Beauv. var. major (Nees) C.E.Hubb. ex C.E. Hubb. & Vaugh.	Poaceae	4	20

1. Sensibilité appréciée selon la vitesse d'apparition des symptômes de flétrissement

(1 = flétrissement sévère après 30 minutes, 2 = flétrissement moyen à sévère après 30 minutes, 3 = flétrissement moyen après 30 minutes, 4 = léger flétrissement après 30 minutes).

2. % de mortalité maximale des plantules.

Effets de la solution salée sur le sol

Absence d'effet sur la surface du sol en fin de cycle

Le protocole de mesure

Des échantillons (obtenus par mélange de 20 sous-échantillons) de l'horizon de surface du sol (0-5 cm) ont été prélevés en 1994 et 1995 dans 18 parcelles paysannes, sur des zones traitées et non-traitées, un à sept jours après l'application de l'herbicide au chlorure de sodium. Dans sept champs, les échantillons de sol ont été prélevés selon le même protocole à la récolte du riz pluvial.

La conductivité électrique (CE1:5) des échantillons de sol a été mesurée au laboratoire et la relation avec la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée (CEe), vérifiée sur des échantillons de sol utilisé pour l'étude ($CEe = CE1:5 \times 6,4$). Les quantités de chlorure de sodium appliquées par unité de surface ont été estimées à partir des différences de teneur en sodium enregistrées entre les zones

traitées et non-traitées et la densité volumétrique moyenne du sol ($1,2 \text{ g/cm}^3$). La teneur en sodium est mesurée au spectrophotomètre d'émission de flammes après extraction à l'acétate d'ammonium à pH 7.

Les résultats sur la conductivité électrique de la surface du sol

En fin de cycle cultural, la conductivité électrique de l'horizon de surface des parcelles ayant reçu la solution herbicide est revenue à un niveau équivalent à celui mesuré dans les parcelles non traitées (figure 1). Quelles que soient les quantités de chlorure de sodium appliquées (pour une gamme de 190 à 572 kg/ha), et quelle que soit la pente du champ (entre 0 et 65 %), les résultats sont similaires. La concentration en sel de l'horizon de surface mesurée après traitement varie de 0,2 à 1,9 g NaCl/kg (avec une moyenne de 0,8 g NaCl/kg pour les 18 champs enquêtés). Elle reste toujours inférieure au seuil critique — le plus bas trouvé de la littérature, soit 2 g NaCl/kg —, au-delà duquel la salinité affecterait la culture de riz. Même pour les doses de sel élevées, la conductivité électrique observée juste après le traitement demeure en-dessous de la valeur de 3 500 micro S/cm, considérée dans la littérature



Sarclage manuel d'*Ageratum conyzoides* sur riz pluvial. Cliché Guy Trébuil

comme le seuil le plus bas au-delà duquel la salinité affecte le riz (YOSHIDA, 1981 ; LANDON, 1991).

Les effets sur la structure du sol

Pour des teneurs élevées en sodium échangeable, la structure du sol est affectée par dispersion des argiles,

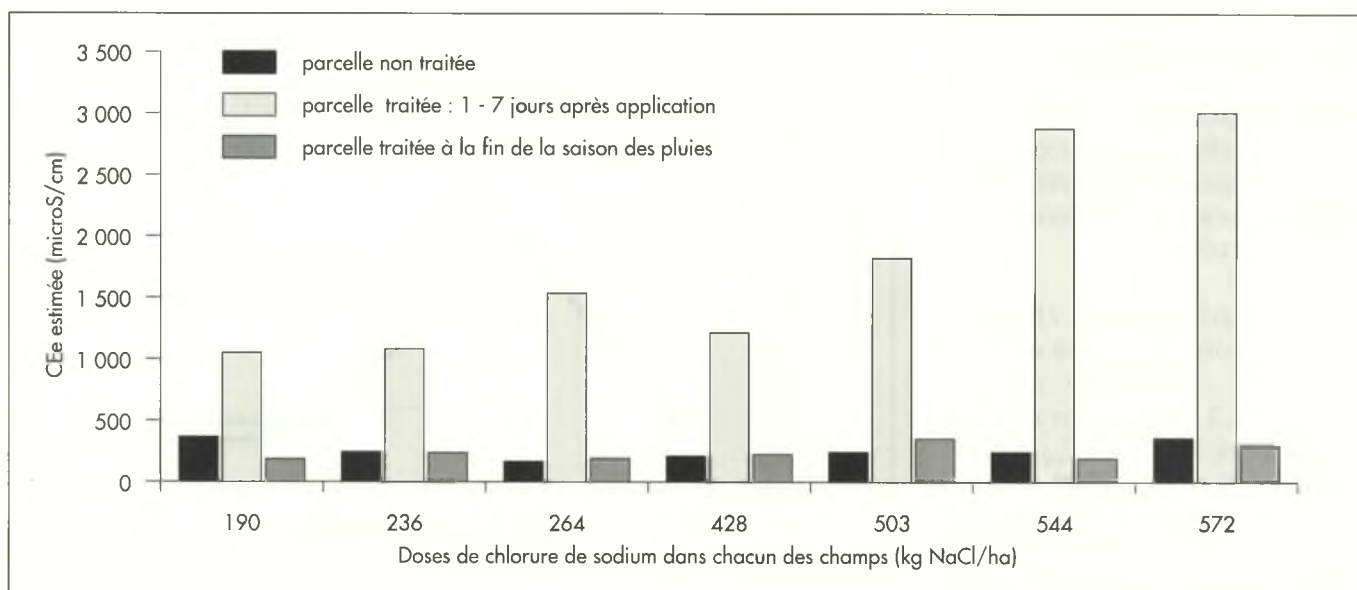


Figure 1. Evolution de la conductivité électrique de l'horizon de surface (0-5 cm) de parcelles paysannes de riz pluvial ayant été traitées par différentes doses d'une solution herbicide de chlorure de sodium, village de Mae Haeng, saisons des pluies 1994 et 1995.

les agrégats sont détruits, les pores obstrués par du matériel fin et l'infiltration considérablement réduite (BRESLER *et al.*, 1982). Dans les parcelles étudiées, aucun effet du traitement sur la structure superficielle du sol n'a été observé. Il semble donc que le sel épandu soit assez rapidement éliminé de l'horizon de surface par l'action combinée du lessivage, du ruissellement et de l'érosion.

Elimination rapide du sel par lessivage, ruissellement et érosion

Mesure de l'évolution de la teneur en sel à la surface du sol

Une expérimentation complémentaire a été conduite durant les saisons des pluies 1995 et 1996, afin d'évaluer plus précisément l'évolution de la conductivité électrique après le traitement herbicide, sur la station du projet royal de Mae Sa Mai (district de Mae Rim, province de Chiang Mai). Les évolutions des conductivités électriques ($CE_{1,5}$) de l'horizon de surface du sol (0-5 cm), de l'eau de ruissellement, ainsi que des sédiments transportés, ont été mesurées durant les quatre semaines après l'application répétée sur la même parcelle d'une solution herbicide de chlorure de sodium (300 kg NaCl/ha) durant deux saisons de culture consécutives.

Les caractéristiques du champ et de l'horizon de surface sont les suivantes : pente de 30 % ; $pH_{eau} = 5,3$; teneur en matière organique de 2,8 % ; CEC_{sol} (à pH 7) égale à 5,9 $cmol_c/kg$ sol sec. Les teneurs en cations sont de 0,03 pour Na ; 0,24 pour K ; 0,82 pour Ca et 0,26 $cmol_c/kg$ sol sec pour Mg. Les précipitations mesurées sur la station durant les quatre semaines de l'expérimentation sont de 149 mm en 1995 et de 178 mm en 1996.

Peu de risques pour le milieu dans les conditions actuelles de traitement

Après un pic de la conductivité électrique de l'horizon de surface du sol durant les jours suivant le traitement, celle-ci décroît ensuite rapidement au cours des trois semaines suivantes et revient au niveau initial, mesuré juste avant l'application de la bouillie salée (figure 2). Même lors du pic observé, les niveaux de la CE_e (= $CE_{1,5} \times 6,4$) atteints restent inférieurs au seuil critique de 3 500 micro S/cm.

Durant la première année de l'expérience, la majeure partie du sel a été éliminée par lessivage semble-t-il. Des essais de lessivage artificiels conduits sur des colonnes de sol non remanié (0-20 cm) prélevées dans la

même parcelle ont montré que le sel était facilement lessivé, même lorsque les colonnes étaient soumises à trois applications successives d'une solution équivalente à 300 kg NaCl/ha. La seconde année de l'expérience, d'importantes précipitations ont eu lieu juste après le traitement. L'évolution de la conductivité électrique des eaux de ruissellement montre le rôle des pluies dans l'élimination du chlorure de sodium épandu. D'une année sur l'autre, aucun effet cumulatif du traitement herbicide au chlorure de sodium sur la conductivité électrique du sol de surface n'a été observé.

La texture argileuse des sols sur pentes du nord de la Thaïlande est dominée par la présence de kaolinite et une teneur importante en matiè-

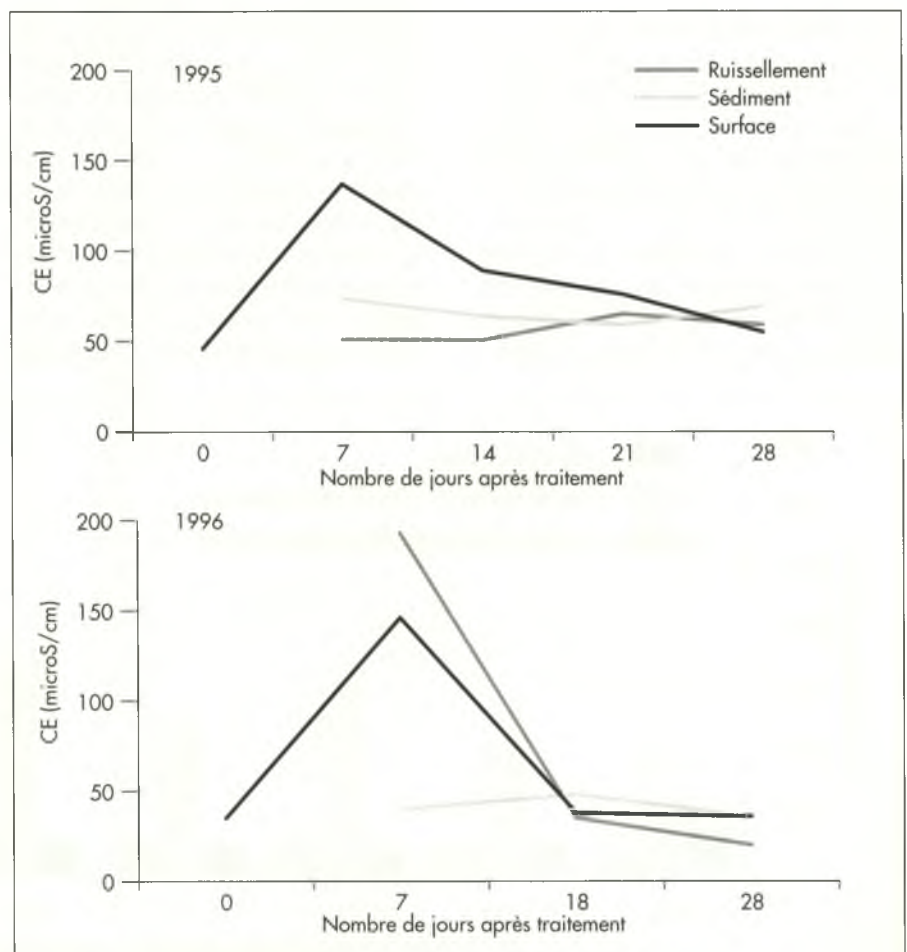


Figure 2. Evolution de la conductivité électrique de l'horizon de surface (0-5 cm), des sédiments et du ruissellement durant les semaines suivant l'application d'une solution herbicide de chlorure de sodium sur une parcelle de riz pluvial lors de deux années successives, station de Mae Sa Mai, saisons des pluies 1995 et 1996.

re organique. En conséquence, ces sols ont une stabilité structurale élevée. Par ailleurs, leur teneur naturelle en NaCl est très basse, ces deux ions étant mobiles et la pluviométrie locale très élevée (1 375 à 2 292 mm/an). Dans ces conditions, la pratique actuelle des agriculteurs appliquée à une culture modérément tolérante à la salinité ne semble pas présenter d'importants effets néfastes sur le milieu.

Effets de la solution salée sur le riz pluvial

Un effet positif sur l'accumulation de biomasse par le riz pluvial

Méthodes de mesure

Des plants de riz pluvial de la variété IRAT 104 ont été cultivés en pots (10 plantes/pot, 3 répétitions) remplis de sol de la station de Mae Sa Mai. Excepté sur les témoins non traités, les pots ont été arrosés avec des solutions de chlorure de sodium dosées à 150, 300 et 1 000 kg NaCl/ha, 40 jours après semis. L'accumulation de la biomasse sèche des pailles du riz pluvial a été mesurée à la récolte 120 jours après semis.

Effet sur la production de pailles

Un effet positif significatif sur la production de biomasse des pailles a été observé aux doses les plus élevées utilisées (figure 3). Il pourrait être imputé au rôle « d'élément minéral bénéfique » joué par le sodium (Na^+) capable, lorsqu'il est présent dans le milieu de culture à des niveaux non toxiques, de stimuler la croissance de certaines plantes (figure 3). Le sodium se substituerait ainsi à une certaine proportion du potassium dans les tissus, ayant pour effets de stimuler l'expansion des cellules et d'améliorer le bilan hydrique des

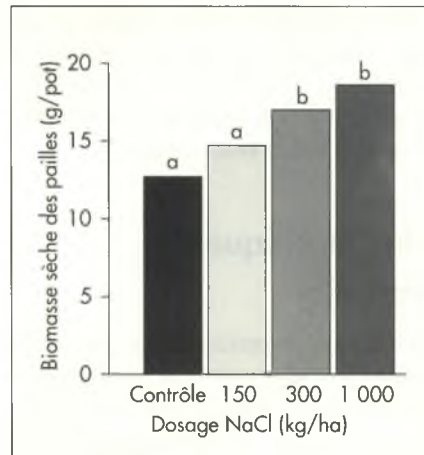


Figure 3. Effets de l'application de différentes doses de solution de chlorure de sodium sur la biomasse sèche à la récolte du riz pluvial cv. IRAT 104 cultivé en pots. Les barres de l'histogramme représentent la moyenne de trois répétitions. Les valeurs de la biomasse sèche surmontées de la même lettre ne diffèrent pas significativement pour un risque de 5 %.

plantes en situation de stress (MARSCHNER, 1998). Le cation Cl^- est un micro-élément essentiel dont les effets positifs sur certaines cultures, comme le riz, ont aussi été observés lorsqu'il est présent en quantités modérées (TISDALE *et al.*, 1993).

A des niveaux élevés de teneur en NaCl du milieu de culture, la croissance des plantes peut-être limitée par la sécheresse physiologique due au potentiel osmotique élevé de la solution du sol, ainsi que par des effets de toxicité et de déséquilibre entre les éléments minéraux. De tels niveaux ne sont pas atteints dans les pratiques étudiées, même pour une courte durée. De plus, ce type d'effet dépend de l'espèce cultivée ainsi que de la période de son cycle considérée. D'après la littérature, le riz figure parmi les espèces moyennement tolérantes au sel (LANDON, 1991). Sa sensibilité à la salinité est aussi la plus élevée aux stades plantule (1 à 2 feuilles), début de phase reproductive, et floraison (YOSHIDA, 1981), c'est-à-dire en dehors des périodes de traitement herbicide pratiquées par les agriculteurs.

Dans l'analyse globale du diagnostic des effets des facteurs du milieu et des pratiques culturales sur l'élaboration du rendement du riz pluvial effectuée dans ce village durant quatre années consécutives, aucune différence pour les composantes du rendement déterminées précocement n'a été mise en évidence entre les parcelles sarclées manuellement et celles traitées au moyen de cet herbicide de fabrication locale.

Une pratique non dégradante, économique, mais seulement de transition ?

Contribution à la lutte contre l'érosion

Le riz pluvial est généralement cultivé sur fortes pentes dans la région et l'érosion accélérée des terres dans ces champs est aussi un facteur limitant majeur. Dans ces conditions, en diminuant le nombre d'opérations de travail superficiel du sol lors du sarclage manuel et en maintenant une couverture de contact du sol, la pratique décrite ici contribue à limiter l'érosion par ruissellement concentré.

Le contrôle d'adventices majeures

Les résultats présentés montrent l'excellente efficacité de la technique utilisée par les agriculteurs pour le contrôle de plusieurs adventices majeures de la famille des Asteraceae, avec des quantités épanchées de 100-150 kg NaCl/ha, une concentration de la bouillie salée dépassant 60 g NaCl/l et une application par temps sec, favorable à une meilleure efficacité de ce traitement herbicide.

Il ne semble pas que, dans les conditions d'utilisation décrites ci-dessus,

cette pratique paysanne soit dégradante pour le milieu ou défavorable à la culture. Des investigations plus détaillées sont cependant nécessaires, afin de vérifier et de connaître plus précisément, sur plusieurs sites, les quantités épandues, la fréquence des applications, la durée de la présence du sel dans le profil cultural, l'éventuelle évolution du peuplement adventice au profit d'espèces plus tolérantes à la salinité, ainsi que les avantages socio-économiques de cette pratique dans différents environnements de la production agricole. Des expérimentations complémentaires devraient aussi permettre de préciser les concentrations minimales efficaces pour différentes adventices contrôlées par ces bouillies salées.

Gain de productivité du travail familial

A court terme, même si les éléments d'un calcul économique précis ne sont pas présentés ici, il est indéniable que cette technique permet des gains considérables de productivité du travail familial. Or c'est le facteur de production le plus rare dans les exploitations agricoles concernées, son coût d'opportunité étant par ailleurs en augmentation avec la diversification des activités économiques en cours. Malgré la nécessité de transporter ces volumes de sel au champ sur des pentes importantes, la pénibilité globale du travail de sarclage est fortement diminuée, notamment pour la main-d'œuvre féminine. L'eau nécessaire au traitement est aisément disponible dans plusieurs points du terroir villageois. Alliés à son excellente

efficacité contre l'adventice cible, ces avantages importants sont sans doute à l'origine de la diffusion, d'agriculteur à agriculteur, de cette pratique sur le plan régional.

Une technique de transition

Le volume de produit à épandre rend toutefois cette pratique moins commode que le recours aux herbicides du commerce, et plus coûteuse si la dose de sel appliquée dépasse 200 kg/ha, ce qui n'est cependant pas nécessaire selon nos résultats. Par ailleurs, en saison humide, une pluie juste après le traitement limite beaucoup les effets recherchés. Dans d'autres villages mieux desservis en intrants industriels, certains agriculteurs ont, pour ces raisons, déjà délaissé cette pratique non conventionnelle, et de transition, et ont adopté les herbicides de synthèse.

Bibliographie

- AKOBUNDU I. O., 1987. Weed science in the tropics. Principles and practices. John Wiley and Sons Ltd., Grande-Bretagne, 495 p.
- BRESLER E., McNEAL B.L. and CARTNER D.L., 1982. Saline and sodic soils. Principles-Dynamics-Modeling. Advanced Series in Agricultural Sciences, Volume 10. Springer-Verlag, Berlin, Allemagne. 236 p.
- FUJISAKA S. and Survey Team, 1992. A diagnostic survey of upland agroecosystems in northern Thailand: Research priorities for an Upland Rice Consortium Site. Rice Farming Systems Technical Exchange 2 (3) : 10-12.
- LAMAR R., KUNKHAJONPHAN T., SARABOL S., KNOLL N. and PHOCHANACHAI K., 1989. Agricultural labour survey 1989. Payap University

Research and Development Institute/Thai-German Highland Development Program, Research Report No. 69/Internal Paper No. 126, Chiang Mai, Thaïlande, 104 p.

LANDON J.R., 1991. Booker tropical soil manual. A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. Longman Scientific and Technical. Essex, Grande-Bretagne, 405 p.

MARSCHNER H., 1998. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press, London, Grande-Bretagne, 889 p.

NODA K., PRAKONGVONGS C. and CHAIWIRATNUKUL L., 1985. Topography of the seeds and leaves of tropical weeds with a scanning electron microscope. Project Manual No. 2. National Weed Science Research Institute Project, DOA, Bangkok, Thaïlande, 158 p.

RERKASEM B., RERKASEM K., 1993. Legumes for the highlands. In TA-HASD. Proceedings of completion seminar, Chiang Mai, Thaïlande, septembre 1993. P. 32-40.

RODER W., PHENGCHANH S. and KEOBOULAPHA B., 1995. Relationships between soil, fallow period, weeds and rice yields in slash-and-burn systems of Laos. Plant and Soil, 176 : 27-36.

ROSS M.A., LEMBI C.A., 1999. Applied weed science. 2nd ed. Upper Saddle River, N.J. : Prentice Hall. 340 p.

SALISBURY F.B., ROSS C.W., 1985. Plant physiology. Third edition. Wadsworth Publishing company, California, Etats-Unis.

THONG-NGAM C., SHINAWATRA B., HEALY S., TREBUIL G., 1997. Resources Management and Decision-Making in the Thai Highlands. Journal of Contemporary Asia 27 (2) : 179-197.

TISDALE S. L., NELSON W. L., BEATON J. D. and HAVLIN J. L., 1993. Soil fertility and fertilisers. Fifth Edition. Macmillan Publishing Company, New York, Etats-Unis, 634 p.

YOSHIDA S., 1981. Fundamentals of rice crop science. The International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines. 269 p.

Résumé...Abstract...Resumen

T. VAN KEER, G. TREBUIL, A. THIRATHON — Le sel : un herbicide populaire sur riz pluvial au nord de la Thaïlande.

Face à une pression croissante des adventices et une réduction de la disponibilité de la main d'oeuvre pour les sarclages dans les exploitations agricoles, des agriculteurs emploient une solution de sel de cuisine non purifié comme herbicide pour contrôler *Ageratum conyzoides* ainsi que quelques autres Asteraceae adventices majeures du riz pluvial au nord de la Thaïlande. Une excellente efficacité de la technique mise au point par les agriculteurs a été observée pour des quantités épandues de 150 kg NaCl/ha et plus avec une concentration de la bouillie salée dépassant 60 g NaCl/l. Plusieurs adventices majeures de la famille des Asteraceae peuvent être ainsi efficacement contrôlées. Dans les conditions du nord-Thaïlande, l'effet de cette pratique sur la conductivité électrique de l'horizon de surface du sol disparaît en quatre semaines par lessivage, ruissellement, érosion. Un effet positif sur l'accumulation de biomasse chez le riz pluvial a été observé en pots pour les applications de solution aux doses les plus élevées. Dans les conditions actuelles de son utilisation, avec un seul traitement par cycle, non répété l'année suivante, cette technique ne semble pas dégradante pour le milieu et permet aux agriculteurs d'économiser une quantité significative de main-d'oeuvre, le facteur le plus limitant de leurs systèmes de production. Elle constituerait aussi une étape transitoire vers l'usage d'herbicides de synthèse dans le futur.

Mots-clés : mauvaise herbe, herbicide, chlorure de sodium, riz pluvial, pratique culturale, Thaïlande, *Ageratum conyzoides* L.

K. VAN KEER, G. TREBUIL, A. THIRATHON — Salt: a popular herbicide on upland rice in northern Thailand.

While facing and increasing weed pressure and a shortage of farm labour for hoeing, unpurified cooking salt is being used by farmers as a herbicide against *Ageratum conyzoides* and other Asteraceae, which are major weeds of upland rice crop. The technique developed by farmers has proved to be highly effective using 150 kg or more of NaCl/ha, with a salt water concentration of 60 g/l. Most of major Asteraceae can be effectively controlled. Under conditions in northern Thailand, the effect of this practice on the electrical conductivity of the topsoil disappears within four weeks, due to leaching, runoff and erosion. A positive effect on biomass accumulation in upland rice plants in pots was observed for the most concentrated solutions. Under current conditions, with a single application per cycle that is not repeated the following year, the technique does not seem to harm the environment and enables farmers to make considerable labour savings. It could also be a step towards using synthetic herbicides in the future.

Keywords: weed, herbicide, sodium chloride, rainfed rice, cultural practice, Thailand, *Ageratum conyzoides* L.

K. VAN KEER, G. TREBUIL, A. THIRATHON — La sal: un herbicide populaire en arroz pluvial en el norte de Tailandia.

Frente a una presión creciente de las adventicias y una reducción de la disponibilidad de la mano de obra para las escardas en las explotaciones agrícolas, el uso de una solución de sal de cocina no purificada se somete a un test como herbicida para controlar *Ageratum conyzoides* así como otras *Asteraceae* adventicias mayores del arroz pluvial. Se observó una excelente eficacia de la técnica puesta a punto por los agricultores para cantidades esparcidas de 150 kg/ha NaCl y más con una concentración del caldo salado que supera 60g/l. En las condiciones del norte de Tailandia, el efecto de esta práctica sobre la conductividad eléctrica del horizonte de superficie del suelo desaparece en cuatro semanas por lixiviación, derrame, erosión. Un efecto positivo sobre la acumulación de biomasa en el arroz pluvial en macetas fue observado para las aplicaciones de solución con dosis más elevadas. En las condiciones actuales de su empleo, con un tratamiento único por ciclo, no repetido al año siguiente, esta técnica no parece deteriorar el medio ambiente y permite a los agricultores ahorrar de forma significativa mano de obra. Constituiría también una etapa transitoria hacia el uso de herbicidas de síntesis en el porvenir.

Palabras-claves: maleza, herbicida, cloruro de sodio, arroz pluvial, práctica campesina, norte de Tailandia, *Ageratum conyzoides* L.



Vue panoramique du village de Mae Haeng, district de Fang, province de Chiang Mai, nord de la Thaïlande. Cliché Guy Trébuil