

**Proposition pour la construction des  
systèmes de culture durables en semis  
direct sur couverture végétale au Maroc,  
dans les régions de Settat, Khemisset,  
Meknès**

***CIRAD***

***Mission du 07 au 13 mars 2005***

***Lucien Seguy  
Jean-Claude Quillet***

**Mai 2005**

## SOMMAIRE

<b>AVANT PROPOS</b>	<b>3</b>
<b>1. Objectifs</b>	<b>4</b>
<b>2. Stratégies</b>	<b>4</b>
<b>3. Méthodes d'intervention opérationnelle de la recherche – action participative, pour, avec et chez les agriculteurs, dans leurs unités de production.</b>	<b>5</b>
<b>3.1. Choix des sites d'intervention : les toposéquences représentatives</b>	<b>5</b>
<b>3.2. Exemples de systèmes SCV à construire</b>	<b>6</b>
3.2.1. systèmes SCV visant l'optimisation de la production céréalière, sa stabilité interannuelle (maximiser l'efficacité de l'eau)	7
3.2.2. Systèmes visant la productivité maximale de biomasse aérienne et souterraine (impact maximum des SCV sur la protection-régénération des sols)	7
3.2.3. Les cultures composantes de ces soles « jachère SCV » (1), (2) et (3), sont exposées dans les Tableaux 1, 2 et 3 et peuvent être très diversifiées, contribuant ainsi à un regain de biodiversité utile dans l'assolement.	7
<b>4. Les équipements spécifiques aux SCV</b>	<b>11</b>
<b>5. Suivi-évaluation comparé des systèmes de culture (SCV x Traditionnels)</b>	<b>11</b>
<b>6. Appui technique au projet</b>	<b>12</b>
<b>7. En conclusion</b>	<b>12</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>16</b>

## AVANT PROPOS

Cette mission a été réalisée entre le 7 et le 13 mars 2005, à la demande de l'AFD, pour faire des propositions concrètes aux Autorités marocaines sur la possibilité d'implantation des techniques conservatoires des sols en «semis direct sur couverture végétale permanente» (SCV).

La mission a été très soigneusement préparée par l'AFD en concertation avec les Autorités marocaines en particulier pour ce qui concerne le choix des régions qui pourraient accueillir, dans un premier temps, le projet agroécologie, à partir de critères pertinents pour stratifier les milieux physiques et socio-économiques.

Que soient ici très sincèrement et chaleureusement remerciés tous les organisateurs et participants qui ont contribué à l'excellent déroulement de cette mission, en particulier :

- **M. Mohamed Laklalech**, Chef de la division des améliorations foncières,
- **M. El Hassan Bourarach**, génie mécanique, IAV Hassan II à Rabat,
- **M. Oussama El Gharras**, chercheur au CRRA de Settat,
- **M. Hassane Ljabri** de l'Administration du Génie Rural,
- **M. Chiliah Rafik**, de la Scet,
- **Mme Constance Corbier Barthaux** de l'AFD, Paris,
- **M. Philippe Collignon**, chargé de mission AFD à Rabaj,
- **Toutes les équipes des services de l'agriculture : à Settat, Khemisset et Meknès.**

Ce rapport, rédigé après un « survol » très court de 5 jours, des 3 régions pré-sélectionnées, sera volontairement court. Son ambition majeure est de soumettre à l'analyse des Autorités marocaines et de l'AFD, de manière la plus simple, concise et concrète possible :

- Des objectifs,
- Des stratégies,
- Des méthodes d'intervention de la recherche-action participative au service du développement de l'agro-écologie,
- Des moyens spécifiques et des possibilités d'appui scientifique et technique possibles pour démarrer ce projet dans les meilleures conditions possibles.

## 1. Objectifs

En tenant compte que 3 régions ont déjà été sélectionnées :

- Settat,
- Khemisset,
- Meknès,

adapter aux conditions physiques et socio-économiques de ces régions et diffuser des systèmes de culture en semis direct sur couverture végétale (SCV) qui permettent à la fois :

- De protéger totalement la ressource sol et l'environnement (*agricole, infra-structures, eaux*) contre l'érosion, en contrôlant totalement les externalités,
- D'augmenter-optimiser l'efficacité de l'eau,
- De produire plus, de manière plus stable et durable, dans les variations climatiques et économiques, tout en régénérant la fertilité des sols d'origine organo-biologique (composantes : matière organique, activité biologique, qualité biologique, résilience), au cours du processus de production.
- De réduire progressivement, au fur et à mesure de l'incorporation de SCV de plus en plus performants dans les systèmes de production, les coûts de productions des systèmes céréaliers – élevage ovins, des oliveraies et cultures fruitières.

## 2. Stratégies

### • Au plan de l'adaptation – diffusion des SCV :

- Dans une première étape, « habiller » en semis direct les systèmes de culture actuellement en vigueur (*donc partir de cette réalité*).
- Ensuite, construire progressivement les scénarios SCV du futur, à partir d'une offre technologique SCV plus diversifiée, construite sur des scénarios qui optimisent la gestion de la biomasse végétale entre la ressource sol, l'homme et les animaux.

### • Au plan du type de public utilisateur des SCV, intégrer à la fois :

- Les grands agriculteurs dotés de moyens financiers conséquents et capables d'investir dans le changement ; ils sont, en général, et notre expérience Tunisienne le confirme, des vecteurs de diffusion rapide, très démonstrative et entraînant et concourent à la création d'un environnement économique plus favorable, profitable aux exploitations agricoles moyennes et petites.
- Les petites agricultures familiales, même les plus défavorisées, souvent rejetées, marginalisées sur les pires unités de paysage pour la mise en valeur agricole durable : pentes très fortes, sols très dégradés soumis à un processus d'érosion intense et continu.

*Dès le départ, il est important, dans chaque région, d'identifier les grands agriculteurs « formateurs d'opinion » et de pouvoir disposer du concours de tous les acteurs de la recherche et du développement.*

### **3. Méthodes d'intervention opérationnelle de la recherche - action participative, pour, avec et chez les agriculteurs, dans leurs unités de production.**

*A noter, qu'il existe un gradient positif de pluviométrie en allant de Settat vers Meknès et que la construction-adaptation des SCV tiendra compte de cette donnée pour les bâtir.*

#### **3.1. Choix des sites d'intervention : les toposéquences représentatives**

Dans chaque région, on retiendra 3 toposéquences qui encadrent la variabilité du facteur sol :

- Sols les plus pauvres,
- Sols les plus riches,
- Sols intermédiaires.

*Si ce choix doit être réduit, retenir les 2 extrêmes : sols pauvres et sols riches.*

Les toposéquences complètes, prises de haut en bas de la topographie, permettent de prendre en compte dans la création – évaluation des SCV, l'ensemble des flux déterminants pour leur impact sur la ressource sol et l'environnement en général :

- Flux hydriques,
- Transit des machines et leur opérationnalité,
- Flux de biomasse,
- Flux d'animaux.

Sur ces toposéquences représentatives régionales, les terres seront louées pour laisser toute la liberté de création des SCV, leur évaluation, en particulier dans toutes leurs potentialités, y compris en préservant totalement toute la biomasse produite (*impact maximum sur la ressource sol et l'efficience de l'eau*).

*4 à 6 ha au minimum seront retenus pour chaque type de sol, dans chaque région, soit un total de 12 à 20 hectares par site d'intervention régional.*

Sur chaque toposéquence, sera réunie l'offre technologique, la « vitrine des systèmes de culture » comprenant :

- Le(s) système conventionnel(s) (*référence*),
- Les systèmes en semis direct, dont :
  - Une partie ( $\frac{1}{2}$ ) soumise au passage des troupeaux (*tradition*),
  - Une autre partie ( $\frac{1}{2}$ ), avec toute la biomasse protégée, conservée sur le sol (*potentiel d'impact maximum sur la ressource sol, les performances des cultures, la réduction des coûts de production,...*).

Ces toposéquences seront le lieu de :

- Travail en commun des divers acteurs de la Recherche - Développement : chercheurs, agronomes, techniciens et agriculteurs,

- D'évaluation des performances agronomiques et technico-économiques annuelles et interannuelles comparées des systèmes de culture et de leurs impacts sur les sols,
- D'évaluation des performances techniques des machines de semis direct (*semoirs locaux et importés*),
- De démonstration régionale de les agriculteurs et de formation - professionnalisation de l'ensemble des acteurs,
- De multiplication de semences,
- D'observatoire scientifique de référence sur les trajectoires d'évolution des impacts des systèmes sur la ressource sol et l'environnement, en fonction de leur nature.

Parmi les systèmes de culture en semis direct sur couverture végétale permanente (SCV), seront construits – adaptés :

- Ceux qui maximisent la production maximale et stable des céréales (*optimisation prioritaire de l'efficacité de l'eau annuelle et interannuelle*),
- Ceux qui maximisent la production totale de biomasse au-dessus du sol et dans le profil cultural (*optimisation des fonctions agronomiques des SCV sur le sol et la productivité totale de biomasse annuelle*),
- Et, dans tous les cas, les SCV seront soumis à la fois :
  - a une gestion chimique classique des cultures,
  - et a une gestion «au plus près du biologique» qui vise la substitution progressive des molécules chimiques «polluantes» par des molécules organiques qui doivent conduire à la production d'aliments exempts de résidus agrotoxiques, à haute valeur ajoutée (*préférer la stratégie de la production de qualité à celle du productivisme*).

Parmi les acteurs – agriculteurs, retenir dans chaque région :

- De grands agriculteurs, « formateurs d'opinion » qui peuvent faire progresser rapidement le niveau d'échelle d'application des SCV (*vecteurs de conviction, d'appropriation des SCV*) ; ils représentent les sols riches et intermédiaires .
- Des agriculteurs moyens et petits, qui seront représentatifs des sols intermédiaires et des sols pauvres sur les unités de paysage les plus accidentées (*sols très dégradés*).

### **3.2. Exemples de systèmes SCV à construire**

A noter que sur l'ensemble des 3 régions, les systèmes de culture traditionnelles sont assez homogènes et bâtis sur les rotations :

*Céréales / Légumineuses / céréales*

*Ou*

*Jachère travaillée*

*ou*

*Céréales / céréales / Légumineuse / etc...*  
*/ ou jachère travaillée*

### **3.2.1. systèmes SCV visant l'optimisation de la production céréalière, sa stabilité interannuelle (*maximiser l'efficacité de l'eau*)**

Ces systèmes SCV sont décrits dans le **Tableau 1**, et s'adressent en priorité aux régions où le risque climatique est le plus élevé (*Settat, Khemisset ± 350 mm annuels en moyenne*) ; ils sont bâtis sur une sole de jachère « en SCV » en rotation avec les céréales en semis direct 1 an sur 2 ou sur 3, qui permet d'exprimer les fonctions agronomiques à fort impact du semis direct (*jachère SCV  $\hat{a}$  et  $\tilde{a}$  du Tableau 1*) :

- Protection totale du sol,
- Restructuration du profil cultural (*maximiser l'infiltration de l'eau*),
- Fixation du sol par des enracinements puissants qui injectent du carbone en profondeur et recyclent efficacement les nutriments lixiviés (*fermeture du système sol-plante*),
- Création d'un mulch en surface pour stocker les pluies de printemps qui pourront se reporter sur la réserve utilisable d'eau de l'année suivante (*productivité céréalière plus stable*).

Cette sole « jachère SCV »  $\hat{a}$ , sera pâturée en janvier-février, puis desséchée à l'herbicide total pour stocker l'eau de fin d'hiver-printemps et la protéger contre l'évaporation.

### **3.2.2. Systèmes visant la productivité maximale de biomasse aérienne et souterraine (impact maximum des SCV sur la protection-régénération des sols)**

Ces systèmes sont décrits dans le **Tableau 2**, et s'adressent en priorité à la région de Mekhnès, où la moyenne pluviométrique est plus élevée (*entre 400 et 550 mm annuels*).

La sole « jachère SCV » est composée, cette fois, d'une succession annuelle de cultures en semis direct, pour maximiser à la fois, (*jachère SCV  $\hat{a}$  du Tableau 2*) :

- Production de biomasse totale,
- Impacts régénérateurs sur la fertilité des sols.

Cette sole « jachère SCV »  $\hat{a}$  visant la maximisation de la productivité de biomasse totale annuelle, peut être mise en rotation avec la sole jachère SCV  $\tilde{a}$  précédente, pour mieux répartir les risques climatiques et économiques.

### **3.2.3. Les cultures composantes de ces soles « jachère SCV » $\hat{I}$ , $\tilde{I}$ et $\hat{D}$ , sont exposées dans les Tableaux 1, 2 et 3 et peuvent être très diversifiées, contribuant ainsi à un regain de biodiversité utile dans l'assolement.**

Parmi les espèces intéressantes (*Cf. notre expérience tunisienne*) à introduire, on citera :

- En provenance de France<sup>1</sup> :
  - *Vicia villosa*, Radis fourrager, les *Amaranthus* et les *Echinochloa* alimentaires, sorghos Muskwari, mils, sarrazin.
- En provenance d'Australie<sup>2</sup> :
  - Lucerne super 7, Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*), cv. Whittet,
  - *Cencharus Ciliaris*, cv. *Biloela*,

<sup>1</sup> Cf. Hubert Charpentier – la Boisfarderie – Brives 36100.

<sup>2</sup> Héritage seeds en Australie.

- *Kenya white clover (Trifolium semipilosum)*
  - *Greater Lotus (Lotus Uliginosus cv. Maku)*
  - *Desmodium greenleaf (Desmodium Intortum),*
  - *Desmodium silverleaf (Desmodium uncinatum),*
  - *Serradella (Ornithopus spp.),*
  - Berseem clover,
  - Purple pigeon grass,
  - Birwood grass.
- En provenance de Tunisie<sup>3</sup> :
- *Sulla (hedisarum cororarium)*, légumineuse fourragère d'hiver à développement exceptionnel.
- En provenance du Brésil<sup>4</sup> :
- *Brachiaria decumbens, Arachis pintoï (amarillo), Paspalum notatum cv. Pensacola, Macrotylona (légumineuse résistante à la sécheresse, à stolons), bermuda grass.*
- En provenance de Madagascar<sup>5</sup> :
- *Bana Grass, Cynodon Tifton 85.*

Toutes ces espèces sont fourragères, bien maîtrisées en semis direct et bien adaptées aux zones sèches du Maghreb.

L'acquisition rapide de ce matériel génétique, et sa multiplication au cours de la prochaine année (2005/2006), permettrait d'accélérer la création des SCV diversifiés au Maroc à partir de l'année agricole 2006/2007.

*Les Sorghos Muskwaris méritent une mention spéciale : ils sont originaires du Nord Cameroun et du Bassin du Tchad ; leur écologie est celle des vertisols, où ils produisent un énorme quantité de biomasse en pleine saison sèche et très chaude (>40° à l'ombre) à partir des seules réserves en eau du sol ; gros prévoyeurs de biomasse aérienne et souterraine, ils offrent une excellente qualité de grains, sans tanins et à haute teneur en protéines pour l'alimentation humaine.*

Il est également très important de rappeler que l'implantation définitive des systèmes de semis direct doit obéir à 3 préalables incontournables :

- Décompacter le profil cultural, s'il y a compaction diagnostiquée,
- Eliminer les adventices vivaces,
- Corriger les principales carences nutritionnelles du profil cultural.

Il est enfin utiles de se souvenir que le prélèvement de biomasse sèche par les animaux en saison sèche, après la récolte, peut être très largement minimisé si on installe des broyeurs de paille sur les moissonneuses-batteuses ; les moutons ne consomment pas la paille broyée fin posée sur le sol. On peut également éviter tout prélèvement de biomasse, en cultivant dans la jachère, des espèces améliorantes pour le sol, mais non par les ovins : *Dyptérix odorata* est une légumineuse locale qui appartient à cette catégorie de culture, de même que le genre *Crotalaria*.

---

<sup>3</sup> Consulter J. François Richard de l'AFD Tunis pour les contacts.

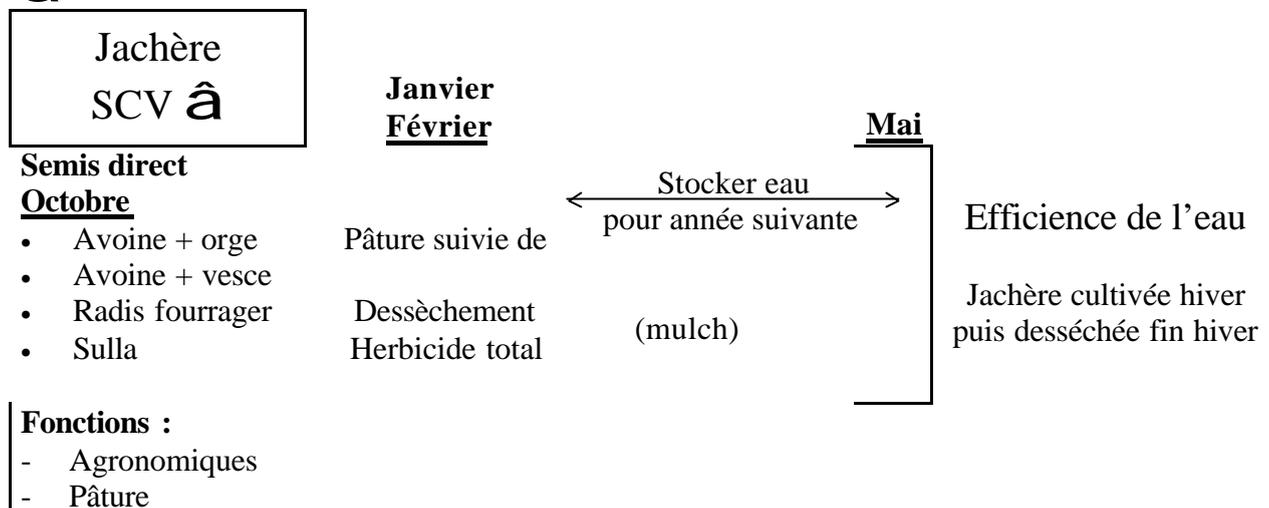
<sup>4</sup> Consulter entreprise Matsuda e-mail : [mtsd.sp@uol.com.br](mailto:mtsd.sp@uol.com.br)

<sup>5</sup> Consulter Olivier.Husson@cirad.fr

**Tableau 1. Système SCV, visant l'optimisation de la production céréalière (zone 350 mm/an – Settat, Khemisset)**

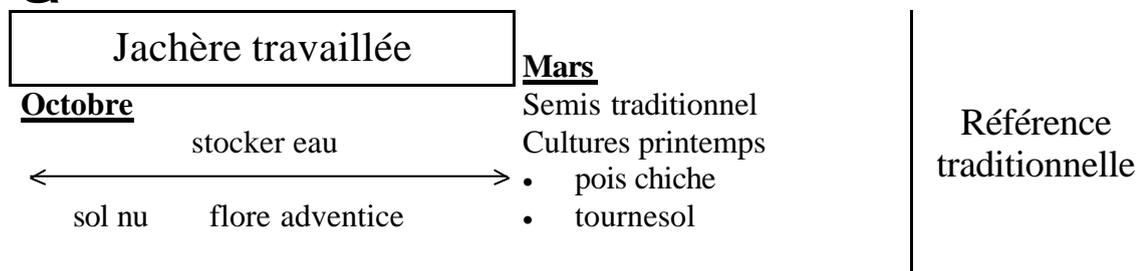
Jachère **â**, **ã** et **ä** en rotation avec céréales et/ou légumineuses.

**â**

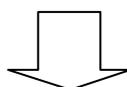
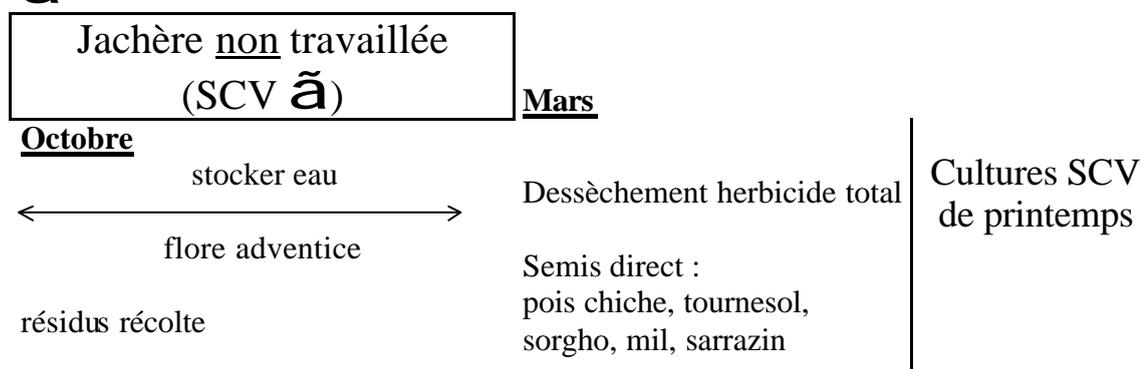


## COMPAREE A

**ã**



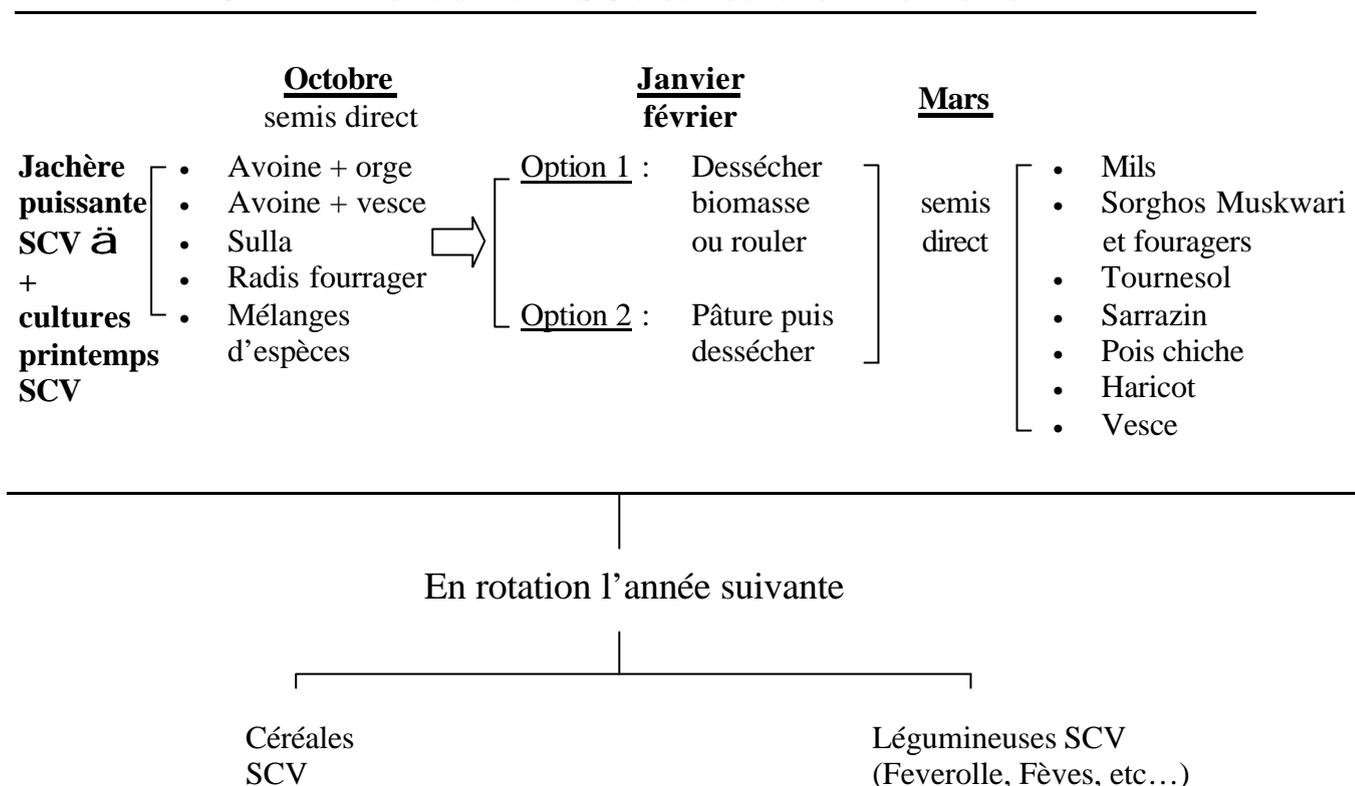
**ä**



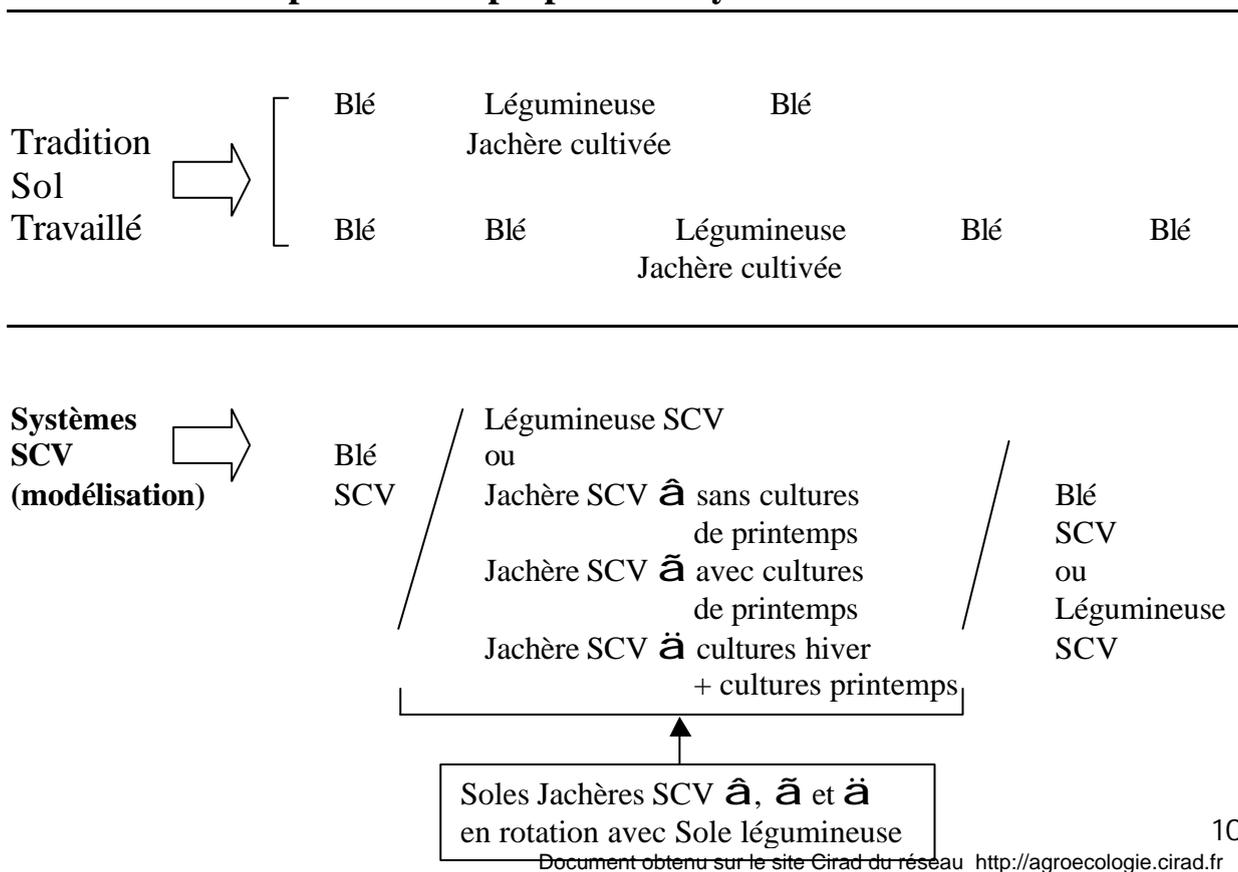
Jachères **â**, **ã** et **ä** en rotation l'année suivante,  
avec Céréales ou/  
Féverole, pois

**Tableau 2. Système SCV, visant l'optimisation de la production de biomasse**

**TOTALE + effets maxi. SCV sur sol et environnement.**



**Tableau 3. Récapitulatif des propositions systèmes**



## 4. Les équipements spécifiques aux SCV

Le Maroc a eu le grand mérite, à partir de ressources financières limitées de concevoir et fabriquer un semoir de semis direct pour les céréales.

Le Brésil, qui compte aujourd'hui environ 50% de sa SAU en semis direct (*en moins de 15 ans*), soit plus de 20 millions d'hectares, a développé toute une gamme d'équipements pour le semis direct qui s'adresse aussi bien aux grands agriculteurs qu'aux petites agricultures familiales les plus démunies.

Dans le cadre de ce projet, il paraît intéressant d'acquérir également ces équipements pour, à la fois :

- Diversifier l'offre,
- et surtout alimenter le perfectionnement du semoir marocain.

Parmi les équipements très intéressants pour le semis direct, on citera, les semoirs polyvalents qui sèment toutes les graines possibles en culture pure ou en mélange et dans toutes les conditions de sols (*textures les plus variées*). Cf les équipements de la marque SEMEATO en annexe et les équipements pour la petite agriculture.

## 5. Suivi-évaluation comparé des systèmes de culture (SCV x Traditionnels)

**En milieu réel sur les toposéquences, dans chaque région, serait évalués :**

- Productivité des cultures, de biomasse totale, stabilité interannuelle, (*composantes du rendement*),
- Coûts de production, analyse économique comparée des systèmes, valeur économique de la ressource sol,
- Analyse du fonctionnement agronomique comparé des systèmes de culture (cf. **annexe 2**), avec mentions spéciales pour le bilan hydrique, la qualité biologique des sols (*externalités, fertilité, résilience*), des productions et des eaux (*de ruissellement, de percolation*),
- Evolution des états de surface du sol et opérationnalité des équipements (*performances, accès à la parcelle, etc...*),
- Réaction des utilisateurs, analyse de la diffusion des SCV : encadrée, spontanée.

*Une proposition ultérieure précisera les indicateurs les plus pertinents pour tous les termes du suivi-évaluation (au démarrage effectif du projet).*

## 6. Appui technique au projet

Même si le Maroc dispose déjà de solides compétences en matière de semis direct, il est important pour un projet consistant et ambitieux, de disposer de l'appui, sur place d'un spécialiste du semis direct qui possède l'expérience de la création des SCV et surtout de leur diffusion à grande échelle avec la participation de tous les acteurs (*créer des synergies opérationnelles*).

Un profil brésilien d'expérience conviendrait parfaitement à ce type d'appui qui pourrait être complété :

- Par des missions d'appui de spécialistes des SCV pour la professionnalisation des acteurs,
- Des missions d'appui scientifiques, à la demande pour répondre efficacement au cahier des charges du suivi-évaluation,
- Des échanges entre pays qui pratiquent le semis direct sur des échelles convaincantes (*Brésil, Tunisie, France...*).

## 7. En conclusion

Ces propositions visent à montrer comment construire rapidement un projet agro-écologie Maroc.

Il est évident que sa construction et sa réussite sont subordonnées à la participation active de tous les acteurs de la recherche – développement.

Les quelques exemples donnés de SCV, ne tiennent pas compte des oliveraies et cultures fruitières, de la vigne ; mais il est évident que ces productions doivent également bénéficier des techniques de semis direct sur couverture végétale pour mieux gérer à la fois la ressource sol et l'efficacité de l'eau.

Bon nombre d'espèces proposées pour être introduites au Maroc visent cet objectif de SCV sur les cultures arbustives pérennes, et seront développées dès le démarrage effectif du projet.

## **Des unités de paysage représentatives**

**Toposéquences représentatives de la Région de Meknès (grands et moyens agriculteurs)  
(Photo 1 et 2)**



**Photo 1**



**Photo 2**

**Unité de paysage très accidentée caractéristique des petits agriculteurs  
Région de Meknès**



**Photo 3**

## ANNEXES

### Annexe 1

**Méthodologie : Résumé de la Recherche – Action**

### Annexe 2 :

**Analyse du fonctionnement agronomique des systèmes de cultures**

### Annexe 3 :

**matériel brésilien de semis direct**

## Annexe 1 :

### Méthodologie : Résumé de la Recherche – Action

**La méthodologie de recherche-action participative** utilisée permet de concilier les exigences de la société civile, de la recherche et des professionnels de l'agriculture. Elle met en évidence les recherches fondamentales à conduire, les replace *in situ* dans la dynamique des réalités agricoles d'aujourd'hui et dans ses perspectives d'évolution de demain. Cette démarche expérimentale s'appuie sur un réseau régional d'unités expérimentales et de fermes de référence qui constitue un support de formation, où la recherche pratique et maîtrise une agronomie préventive qui modélise le fonctionnement comparé des systèmes, évalue leurs performances agronomiques et technico-économiques et leurs impacts sur le milieu physique avant qu'ils ne soient diffusés à grande échelle.

Dans les fermes expérimentales, les systèmes de culture sont organisés en matrice sur des toposéquences représentatives du milieu (*types de sols, états de dégradations, etc...*). [figure 1].

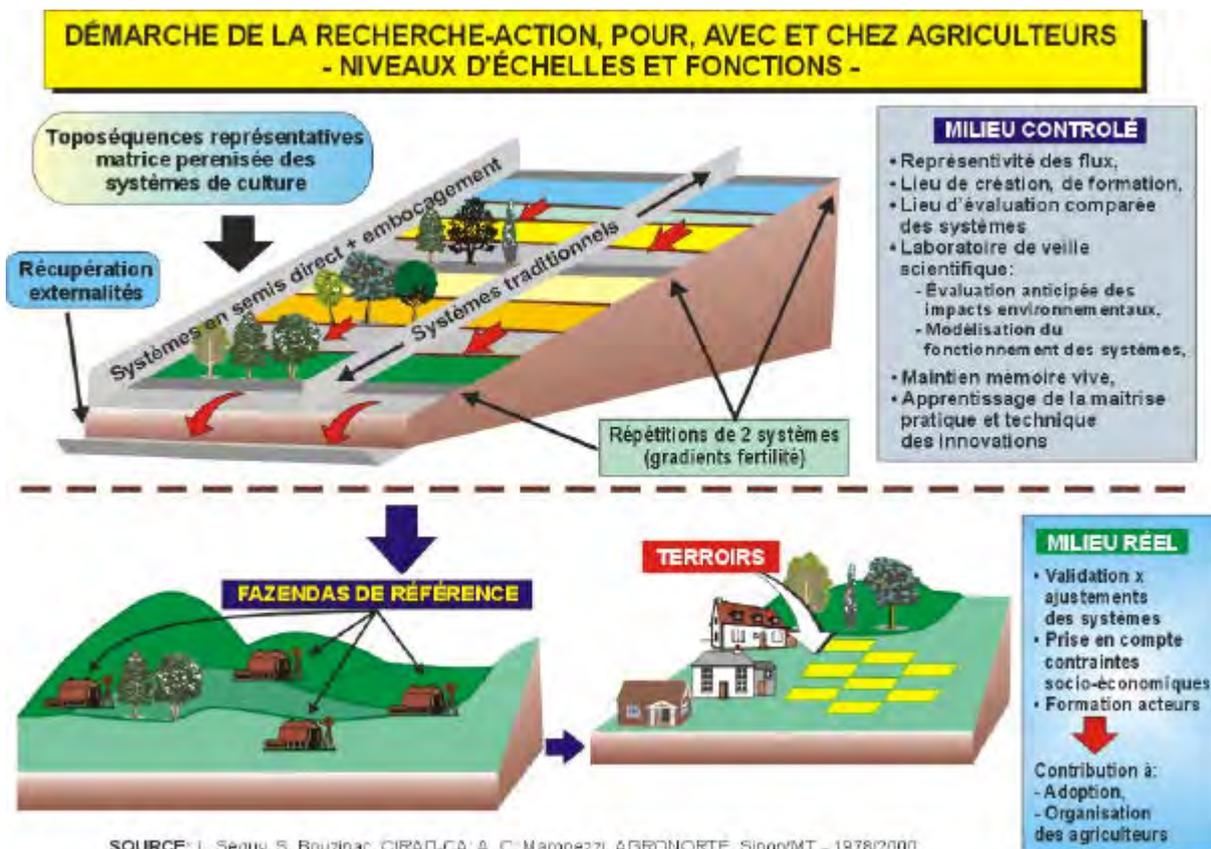
Partant des systèmes traditionnels, les nouveaux systèmes sont élaborés par l'incorporation progressive, organisée et contrôlée de facteurs de production plus performants ; la construction des matrices obéit à des règles précises, qui permettent l'interprétation des effets directs et cumulés des composantes des systèmes au cours du temps. Les matrices et les fermes de référence sont des lieux d'action, de création de l'innovation et de formation ; elles constituent un laboratoire de veille précieux pour les scientifiques, et un vivier de systèmes de culture diversifiés (SCV de production exclusive de grains, ou intégrant l'élevage, ou l'élevage plus l'arbre dans le paysage cultivé) [Figure 2].

**L'objectif du projet est d'assurer la progression continue de systèmes novateurs en semis direct** par l'amélioration de leurs performances agro-économiques - en particulier par la réduction des coûts de production, leur capacité à séquestrer le carbone et à minimiser les impacts sur l'environnement - la création de matériels génétiques spécifiques à ces systèmes et la formation des acteurs du développement. Les travaux sont essentiellement orientés vers les cultures de céréales et légumineuses, mais incluent également de nouvelles espèces pour la production de biomasse. Ces biomasses doivent répondre à la fois :

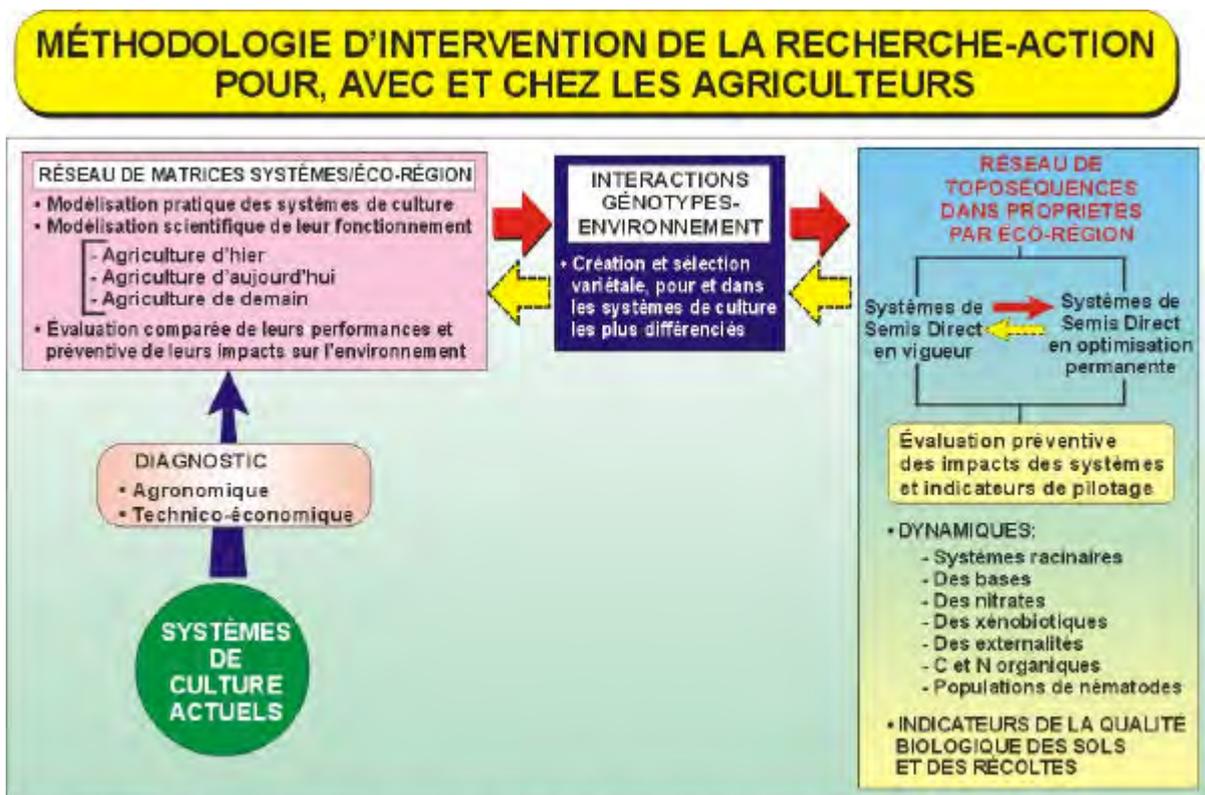
- Aux critères de multifonctionnalité des plantes de couverture (**Figure 3 Concepts L. Séguy, 2001**), qui doit assurer la progression de la capacité de production des écosystèmes cultivés avec moins d'intrants et minimiser leurs impacts négatifs sur l'environnement (*qualité biologique des sols, des eaux de drainage et externalités, et des productions*) ;
- A l'accroissement des revenus, compatible avec une prise de risque économique minimum ;
- A l'augmentation régulière (*et gratuite*) de la fertilité des sols qui permet d'accroître leur capacité de production par voie organo-biologique avec moins d'intrants chimiques au cours du propre processus de production.

Les systèmes construits, maîtrisés et évalués, en semis direct, doivent pouvoir intégrer l'élevage tous les ans.

**Figure 1**

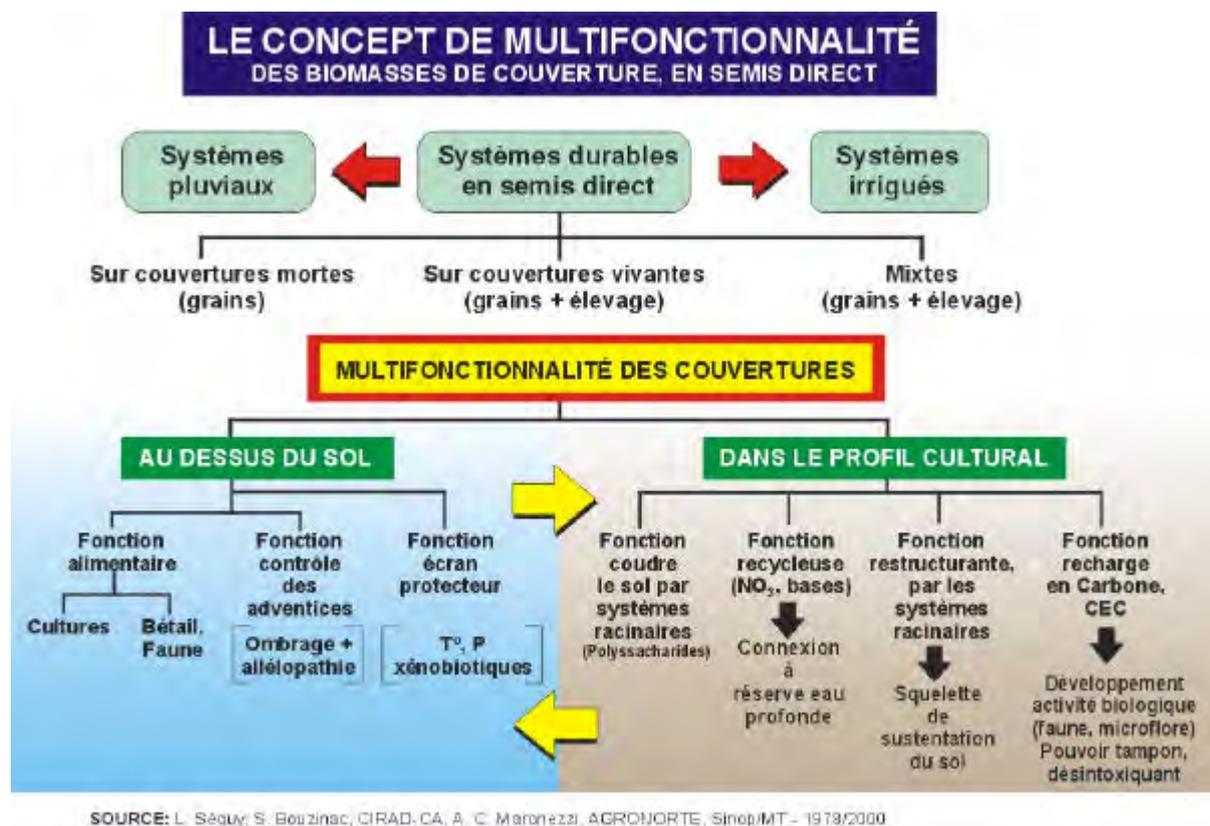


**Figure 2**



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, E. Scopel, J. M. Douzet, J. L. Belot, J. Marin, M. Corbeels, CIRAD-CA

**Figure 3**



## **Annexe 2 :**

### **Analyse du fonctionnement agronomique des systèmes de cultures**

## OUTILS DE CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT AGRONOMIQUE DES SYSTEMES DE CULTURE

### *Quelques propositions*

L. Séguy, Décembre 2004

#### I) INTRODUCTION

Un des rôles fondamentaux de la recherche finalisée, est, au même titre que la création de l'innovation technologique pour, avec et chez les acteurs, de perfectionner ses outils, ses méthodes de travail pour gagner en rigueur scientifique, efficacité d'intervention aussi bien au Nord qu'au Sud.

Dans le cadre de l'UR 1 qui a pour mandat d'œuvrer au Sud, dans des milieux physiques et des conditions socio-économiques souvent dégradées, il s'agit, en priorité, d'imaginer – adapter des outils et des méthodes fiables rigoureux dans ces conditions difficiles, soit de s'engager dans une véritable démarche « d'excellence » qui doit d'abord répondre à la question = comment faire de la science vraiment utile et de qualité pour les agricultures du Sud, avec et chez elles, lorsque l'on ne dispose que de moyens dérisoires, en tout cas, très loin des moyens matériels, humains et financiers du Nord.

A l'évidence, pour ceux qui ont contribué à transformer les agricultures du Sud à des niveaux d'échelle convaincants, la source de cette science, son opérationnalité, donc ses outils, doivent être d'abord puisés dans des méthodes d'intervention directement engagées dans la transformation *in situ* des agro systèmes et écosystèmes cultivés avec la participation active des agriculteurs. La démarche d'intervention fait plus appel à celle du naturaliste, qui, en adéquation avec les problématiques et aspirations des sociétés rurales du Sud, construit et étaye ses cheminements scientifiques dans les réponses de la propre nature elle-même, soumise à des modes de gestion systématisés, modélisés, plus qu'à un simple transfert Nord – Sud de moyens matériels, financiers, de formation, le plus souvent hors de portée des pays du Sud et inadaptés (*efficacité chronique, dérisoire, dans la résolution des problématiques majeures au Sud*).

Il faut donc, comme nous l'avons toujours fait pour bâtir l'agriculture de conservation en milieu tropical (GEC), continuer à perfectionner nos méthodes, outils, indicateurs pour les rendre accessibles aux plus démunis ; c'est l'objet essentiel des propositions pragmatiques qui suivent.

#### II) OBJECTIFS

- Développer, valider au niveau du réseau tropical « Systèmes SCV x Traditionnels » des outils performants et des indicateurs pertinents, puissants et accessibles à tous les acteurs, et en particulier aux agriculteurs les plus démunis (*analphabètes*), de caractérisation scientifique du fonctionnement agronomique comparé des systèmes de culture.
- Les outils et indicateurs privilégiés seront ceux qui s'adressent en priorité à la compréhension-caractérisation *in situ* du fonctionnement différencié des systèmes « SCV x Traditionnels »
- Ces outils devront satisfaire aux exigences des conditions économiques de nos partenaires du Sud, soit être à la fois :
  - Très bon marché,
  - Faciles à utiliser,
  - Très discriminants et en particulier à partir de la seule lecture visuelle si possible.

### III) EXTERNALITES ET BILAN HYDRIQUE

#### 3.1 Représentativité des mesures

Les sols sont des milieux anisotropes ; mêmes ceux qui paraissent les plus homogènes comme les vieux sols ferrallitiques sont par nature anisotropes ; leur anisotropie s'accroît très fortement sous l'influence des modes de gestion inadaptés à la conservation de toutes leurs potentialités originelles (*travail du sol intensif, systèmes des monocultures, ...*).

L'hétérogénéité du profil cultural s'accroît encore davantage lorsque ces modes de gestion destructeurs s'exercent sur des unités de sols, en pente : doigts basaltiques, colluvions sur grès, karst, zones montagneuses.

Même les sols couverts de pâturages (*hors espèces vivaces à stolons, rhizomes*) révèlent lorsqu'ils sont constitués d'espèces annuelles, un microrelief souvent important de surface, de touffes perchées sur monticules de sols structurés séparés par des chemins d'eau de ruissellement, plus ou moins profonds suivant la pluviométrie, la pente, le type de sol où le profil présente un état de dégradation net.

La première question fondamentale qui se pose pour une caractérisation rigoureuse des propriétés du profil cultural en milieu tropical où les sols sont plus fragiles, plus affectés par des conditions climatiques plus agressives, est bien de déterminer la surface et la profondeur minimums représentatives du comportement général du profil cultural (*diagnostic-prédiction du comportement*) :

- **Etats de surface** (*rugosité, indice de couverture, dynamique d'évolution*)
- **Propriétés hydrodynamiques** (*importance des externalités, capacité et vitesse d'infiltration de l'eau et des fluides, en général*),
- **Résistance à la pénétration racinaire** (*état structural, porosité: quantité et qualité, humidité*),
- **Dynamique racinaire des espèces cultivées** comme résultante des propriétés physico-chimiques et biologiques

**Par exemple:** sur sols de pente fortement dégradés, présentant une rugosité et hétérogénéité marquées des états de surface, quelle signification peut avoir la mesure du ruissellement sur 1 m<sup>2</sup>, 5 m<sup>2</sup>, 10 m<sup>2</sup> ? Même si les conditions de mesures et les mesures elles mêmes sont contrôlées et rigoureuses, leur représentativité par rapport au comportement réel du sol, est dérisoire, car elle ne prend pas suffisamment en compte, à la fois, ni la variabilité du sol, ni la réalité des flux de surface, donc leurs effets réels sur le profil cultural.

Or, les mesures qui doivent permettre de caractériser la nature et l'importance des externalités, constituent des indicateurs précieux du comportement différencié du profil cultural en fonction de son mode de gestion : par exemple, sur SCV continu avec couvert permanent, qui conduit à une macroporosité élevée, le stockage de l'eau de pluie est pratiquement total et l'évaporation réduite au minimum. Dans ces conditions, une pluviométrie faible de 600 à 700 mm (*zone soudanienne*), permet des productivités élevées, stables, à l'abri des accidents climatiques, même pour des cultures exigeantes en eau telles que le riz pluvial et le maïs ; à contrario, une pluviométrie élevée de 1.200 à 1.400 mm, sur sol nu travaillé, compacté, à microporosité dominante, le ruissellement peut atteindre 50 à 70%, réduisant fortement la réserve utile d'eau et exposant les cultures à un risque climatique très élevé qui peut conduire à un choix de cultures résistantes à la sécheresse.

Il est donc très important de prendre en compte une surface minimum qui soit représentative de la dynamique « Flux hydriques – Sols – Cultures » sur les unités de sol et de paysage sur lesquelles nous intervenons.

### 3.2 Mesure simple des externalités

Si, dans le cas de sols où la pente est très faible, 10 m<sup>2</sup> suffisent pour évaluer les externalités, il en va tout autrement dans le cas de sols sur pentes supérieures à 3-4%, où les sols ont déjà subi une dégradation visible importante: une surface de 50 m<sup>2</sup> est alors recommandée.

Cette surface importante, sur laquelle s'exerce les flux hydriques, nécessite alors d'une capacité importante de réception des externalités ; je propose, pour éviter des travaux de terrassement et réceptacles importants de prévoir (*Fig. 1*) :

- une surface importante à l'aval de la parcelle système, réservée à la réception à plat des externalités ;
- une bâche imperméable (*de camion*), déformable et modulable, facile à manipuler (*récupération des eaux, dépôts solides*), pour récupérer les externalités.

L'eau de ruissellement peut être très rapidement récupérée par ce dispositif, sa quantité mesurée, un échantillon<sup>1</sup> prélevé pour analyse des nutriments majeurs (*NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, P, K, Ca, Mg, SO<sub>4</sub>*) et des oligo-éléments (*Zn, Mn, B, Cu,...*) par réflectométrie (*réflectomètre calibré au préalable – mesures rapides et bon marché*).

Les dépôts solides peuvent être stockés dans des fûts adjacents au cours de la saison des pluies ; en saison sèche, le total sera séché et pesé. Quelques échantillons moyens seront analysés par réflectométrie sur les mêmes éléments nutritifs majeurs et les oligo-éléments.

L'analyse globale des pertes de nutriments dans les compartiments « sol-eau » permettra de calculer l'importance des restitutions de compensation nécessaires (*correspondants en engrais*) : quantité et coût.

### 3.3 Lysimétrie « bon marché » installable partout

La conception et la réalisation de ces lysimètres date de 1974 dans l'Ouest Cameroun<sup>2</sup> pour caractériser l'importance du drainage interne des sols ferrallitiques en zone tropicale humide et évaluer l'influence de certaines pratiques culturales (*écobuage, phosphatage, techniques de travail du sol*) sur la lixiviation des éléments minéraux et colloïdaux.

La figure 2 décrit comment installer ces lysimètres « bon marché », en partant de fûts d'huile de 200 l., présents partout au Sud.

Il est recommandé (*expérience du Cameroun*) de mettre en place 2 lysimètres par système de culture retenu (*un de chaque côté de la parcelle système*). Il est évident que seuls les systèmes de culture les plus différenciés au plan de leur fonctionnement (*L. Ségué et al. 1996, 2001, 2003, 2004*) seront sélectionnés pour cette évaluation.

Au cours de l'enfoncement du fût dans le sol en place, prélever des échantillons sur la terre retirée sur le pourtour du fût, sur toute sa hauteur, pour mesurer la réserve d'eau utile du fût.

Les fûts en place devront présenter les mêmes états de surface (*même culture, couverture ou sol nu*) que la parcelle système correspondante, adjacente.

---

<sup>1</sup> Il est souhaitable de conserver de petits échantillons en boîtes plastiques hermétiques bien identifiées pour faire analyser les résidus de pesticides (*grands groupes chimiques*)

<sup>2</sup> Rapport de synthèse IRAT – Dschang – Ouest Cameroun - 1974– Dispositif conçu et mis en place par L. Ségué.

On disposera donc, à peu de frais, en couplant ces mesures de drainage interne du profil cultural avec celles des externalités des parcelles adjacentes, de tous les termes du bilan hydrique dont l'ETR des cultures dans divers systèmes comparés.

Sur les eaux de drainage, on analysera, comme dans les eaux de ruissellement:

- NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>, P, K, Ca, Mg, Na, oligo-éléments (*réflectométrie*),
- Les xénobiotiques (*familles chimiques principales*).

(\*) *Ces analyses de drainage sont plus rigoureuses et plus complètes que celles obtenues avec les bougies poreuses qui présentent 2 défauts majeurs :*

- *En sols ferrallitiques, dépôt de fer colloïdal en surface, qui peut jouer le rôle de membrane sélective d'ions ;*
- *Ne renseigne pas sur l'importance du drainage interne et nécessite une bonne syntonie entre la mise sous dépression et les pluies importantes.*

#### IV) PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES *In situ* ET COMPORTEMENT HYDRODYNAMIQUE DU PROFIL CULTURAL

(\*) **Rappel: le sol est un milieu anisotrope, et ce d'autant plus qu'il a été dégradé par le travail intensif du sol, sous les tropiques.**

**Les paramètres:** densité apparente, infiltrométrie (*méthode du double anneau*), pénétrométrie (*couplée avec H°*), densité racinaire, couplés à la lecture fine du profil cultural (*sur fosse*) constituent des indicateurs précieux pour caractériser le comportement du profil cultural en fonction des modes de gestion des sols et des cultures.

Lorsque la mesure relative à chaque paramètre s'effectue sur des échantillons différents, on accroît artificiellement l'hétérogénéité des mesures qui ne reflètent pas rigoureusement le fonctionnement global du profil cultural.

De plus, l'évaluation de la densité racinaire par examen et comptage du nombre d'interceptions racinaires sur une grille quadrillée constitue également un outil très approximatif d'appréciation du profil racinaire ; la répétition de 5 ou 6 tranchées d'observation (*fortement et définitivement perturbatrices des parcelles d'étude*) à courte distance montrent toujours des réponses très différentes du profil racinaire ; une meilleure approche de la réalité de répartition du système racinaire dans la matrice organo-minérale (*en surface*) et minérale (*en profondeur*) consiste à ramener l'observation racinaire sur un volume de sol, à l'image de sa propre structure dans le profil, plutôt que sur un plan dont la position par rapport au rhizocylindre n'est pas souvent prise en compte. Pour effectuer cette transformation plus rigoureuse, il faut laver le profil doucement à l'eau sur la moitié d'un interligne (*1/2 rhizocylindre*) qui reflète alors plus réellement la densité racinaire par volume de sol ; Des photos de ce nouveau plan (*effectuées à la floraison*), couplées avec le prélèvement d'un parallélépipède correspondant à 1/2 interligne de part et d'autre de la ligne de semis sur 40 cm de longueur et 40 cm de profondeur constituent des outils de comparaison plus fiables de l'enracinement en fonction des systèmes de culture.

Pour contourner les difficultés précédentes, qui pénalisent la caractérisation rigoureuse du fonctionnement de divers compartiments du profil cultural (*dynamique Sol-Racines*), j'ai imaginé, il y a plus de 15 ans déjà, deux outils plus performants pour la mesure de ces paramètres :

- A) **Des cylindres compartimentés, démontables** qui permettent, à la fois (*Fig. 3*):
- De prélever des échantillons de sol non remaniés (300 cc) ;
  - D'effectuer la mesure de plusieurs paramètres explicatifs du fonctionnement du profil cultural, sur un même échantillon non remanié:

- Densité apparente,
- Densité racinaire,
- Coefficient K de la loi de Darcy,
- MWD (*caractérisation de l'état d'agrégation*).

On pourrait rajouter à cette liste de paramètres effectués sur le même échantillon, d'autres indicateurs précieux :

- La faune du sol,
- Les propriétés chimiques analysées par réflectométrie: NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>, P, K, Ca, Mg, Na, oligo-éléments,
- La biomasse microbienne

(\*) *Réflectomètre MERCK, préalablement calibré, étalonné en laboratoire par rapport aux analyses conventionnelles :*

- *Même rapport sol/volume eau*
- *Agitation (centrifugeuse manuelle)*
- *Analyses chimiques sur liquide surnageant, au réflectomètre.*

Les prélèvements d'échantillons de sols non remaniés avec les cylindres sont réalisés à la floraison des cultures, systématiquement, horizon par horizon, de 10 en 10 cm jusqu'à 40 cm (*limite inférieure de travail des outils mécanisés*).

## **B) L'injection, à différentes profondeurs, de micro doses d'herbicides à forte absorption racinaire, fixés par les colloïdes du sol**

Cette méthode, appliquée à la caractérisation de la dynamique racinaire du riz pluvial, qui a fait l'objet d'une publication (*Cf. annexe*), a été mise au point pour les sols ferrallitiques profonds sur roches acides ou basiques, soit sur le réservoir de sols le plus important de la planète, et qui constitue la composante dominante de notre réseau SCV.

Cette méthode présente divers avantages comparatifs, sous réserve de bien l'utiliser, soit, entre autre, de bien vidanger et rincer l'aiguille d'injection à l'eau distillée avant de la retirer du sol pour ne pas polluer le sol au-dessus du plan d'injection:

- **Non destructive pour le profil cultural** ; c'est un argument important pour ne pas perturber-transformer très rapidement les parcelles systèmes, qui ont souvent des surfaces limitées ;
- **Facile à utiliser**, elle permet de faire de nombreuses répétitions (*une couleur différente pulvérisé avec un aérosol pour chaque profondeur d'injection*) et d'évaluer ainsi très vite l'homogénéité physique du profil cultural traduite par la cinétique de descente du front racinaire ; elle constitue aussi un outil précieux de sélection pour le critère vitesse d'enracinement en profondeur de lignées F3, F4, F5, de cultivars de riz pluvial ;
- **Permet également de mesurer, en temps réel**, grâce à la vitesse d'avancée du front racinaire, **la réserve utile d'eau et de nutriments** ; c'est donc un outil important d'évaluation de l'influence différenciée des modes de gestion des sols et des cultures sur la dynamique racinaire (*outil de modélisation du fonctionnement agronomique différencié des systèmes de culture*).

Les limites d'utilisation de ce test sont liées, soit à des structures de sol qui rendent plus difficile la pénétration des aiguilles : sols très caillouteux, horizons à concrétions, etc...., soit à des textures très sableuses, friables, à très faible teneur en colloïdes, dans lesquelles les herbicides sont peu ou pas fixés et à des profondeurs imprécises, liées à la forte dispersion du produit.

## V) OUTILS ET INDICATEURS DE DIAGNOSTIC VISUEL SUR LE FONCTIONNEMENT AGRONOMIQUE DES SYSTEMES.

(\*) *Seuls quelques exemples succincts sont exposés ici, il ne sera pas fait état des antagonismes entre plantes, sujet trop vaste pour être développé dans ce cadre indicatif.*

### 5.1 Les Adventices

Enrichir la liste des espèces d'adventices indicatrices :

- Genre *Sida* et malvacées, *Waltheria* => **Compaction du profil**
- Genre *Chrysopogon* => **Compaction du profil**
- Cypéracées et Genre *Aeschynomene* => **Hydromorphie de surface**
- *Ipomea fistulosa* => **Hydromorphie et Richesse en éléments fins (colloïdes), Ca, Mg**
- etc...

### 5.2 Les Plantes Cultivées indicatrices

- Déficience en calcium: *Arachis pintoi* ;
- Forte acidité ( $H + Al$  Saturation > 60%): genres *Brachiaria*, *Cassia rotundifolia* ;
- Sensibilité croissante des cultures à l'acidité : Riz pluvial, Soja, Maïs, Coton.

### 5.3 Détermination rigoureuse des besoins en N

(\*) *Cette méthode a été imaginée en 1994 par L. Séguy et S. Bouzinac dans les Cerrados du Centre-Ouest brésilien, mais n'a pas été publiée.*

Sur céréales pour lesquelles l'azote est le moteur du rendement, installer des bandes de semis à double densité (*entrée, milieu et fin de la parcelle*) pour lesquelles la demande en N est plus forte.

Cette méthode simple et pratique permet :

- de déterminer le moment exact des besoins en N en conditions réelles (*fonction complexe : Reliquats N x Etat du profil cultural x conditions climatiques*) ;
- l'intensité et la vitesse d'apparition du jaunissement sur ces bandes indiquent l'importance du besoin.

### 5.4 Indicateurs de l'état physique du sol sur la culture de riz

Les déterminants du profil cultural pour cette culture, au cœur des SCV de la ZTH très représentée sur notre réseau tropical, sont : la macroporosité et la nutrition N (*en dehors de tout problème sanitaire Sol-Plante*).

Le diagnostic visuel des conditions de croissance du système racinaire : on peut installer au centre de chaque parcelle système, deux (2) mini-parcelles additionnelles de variétés référence (*quelques m<sup>2</sup>*) à réaction différentielle à l'exploitation de l'espace poral, qui permettent d'évaluer le comportement de nouveaux cultivars :

- 1 variété de type Cabassou, CIRAD 141 par exemple qui possèdent un enracinement extrêmement puissant (*pouvoir pénétrométrique élevé*),

- 1 variété indica, d'origine irriguée, qui, au contraire, est très sensible à des conditions de porosité délicate

Les variétés exceptionnellement rustiques, telles que Cabassou (*ou IRAT 101, makouta*), CIRAD 141 sont également très résistantes aux maladies et à la sécheresse, et servent aussi de référence pour ces critères fondamentaux d'adaptation du Riz Pluvial.

## VI) EXPORTATIONS DE NUTRIMENTS

[*Cf. Annexe sur les exportations des différentes cultures en sols ferrallitiques*]

Ces données relatives aux exportations de nutriments par les cultures sont fondamentales pour les SCV.

En effet, ces derniers fonctionnent en circuit fermé, à l'image de l'écosystème forestier, sans perte notable de nutriments (*L. Séguy et al., 2003*), et ces derniers sont concentrés dans la phytomasse ; cette propriété fondamentale des SCV, permet, partant d'objectifs de rendement de gérer parfaitement la restitution de nutriments à partir des exportations par les cultures.

Ce mode de fonctionnement des SCV peut être validé scientifiquement à partir de nos matrices systèmes de culture SCV x Traditionnels, où des niveaux d'intrants croissants (*dont la fumure minérale*) sont expérimentés : du minimum à l'expression du potentiel génétique des cultivars sur l'ensemble du réseau SCV tropical.

L'ensemble métrologique: externalités, drainage interne, exportations des nutriments par les cultures, mis en regard avec l'évolution de la productivité agronomique des systèmes de culture doit permettre d'apporter des éclairages scientifiques rigoureux sur la capacité du sol à produire durablement et à quel prix, en fonction des modes de gestion des sols et des cultures utilisés (*gestion du capital sol et évaluation des conséquences*).

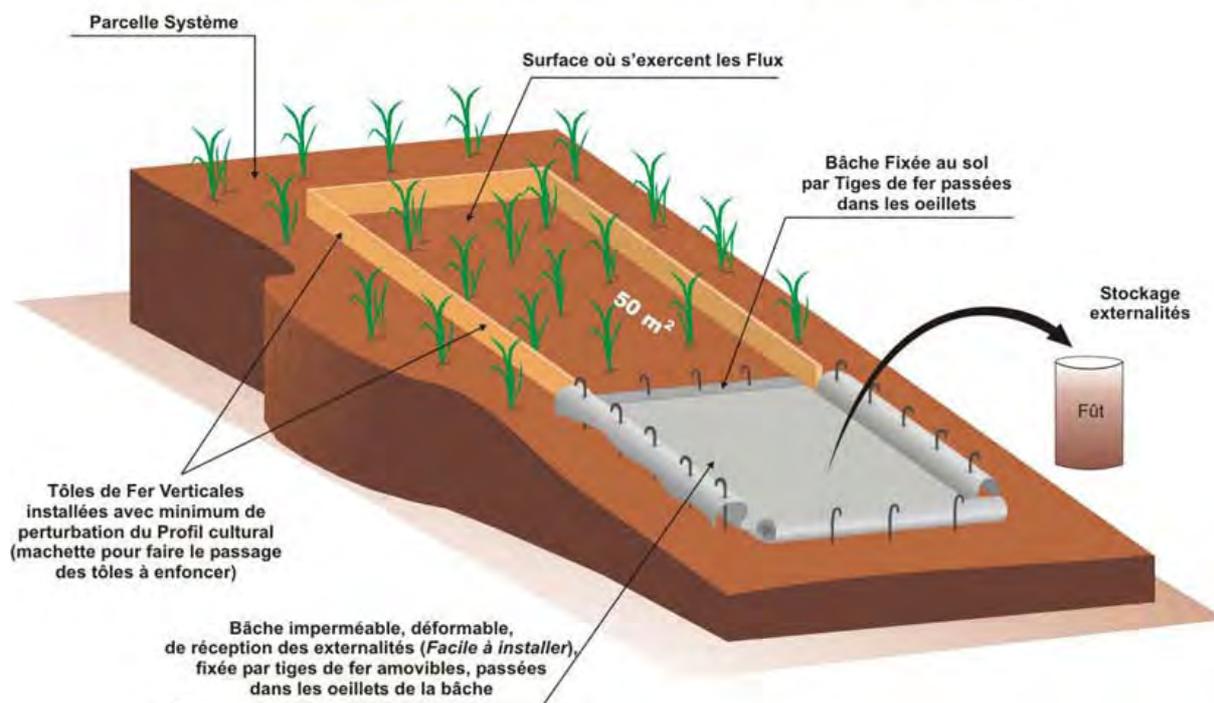
## VII) LES INDICATEURS DE DURABILITE

Notre rôle principal d'agronomes intégrateurs - créateurs de l'innovation technologique pour, avec et chez les acteurs, consiste à bien maîtriser le continuum « Diagnostic – Création des systèmes de culture innovants – Pré-diffusion jusqu'à l'échelle des terroirs villageois et des unités de paysage – Formation des acteurs » ; il est évident qu'au cours de ce processus de Recherche-Action participative, au même titre que le développement de produits appropriables « Systèmes SCV » toujours plus performants, de variétés adaptées à ces systèmes (*optimisation des relations Géotypes x Modes de gestion des sols et des cultures*), la production de connaissances scientifiques occupe une place déterminante, notamment pour ce qui concerne l'énorme chantier de Récupération – Restauration au moindre coût de la fertilité et de la qualité biologique des sols tropicaux (*état sanitaire, externalités, résilience*), compatible avec la pratique d'une agriculture lucrative et durable.

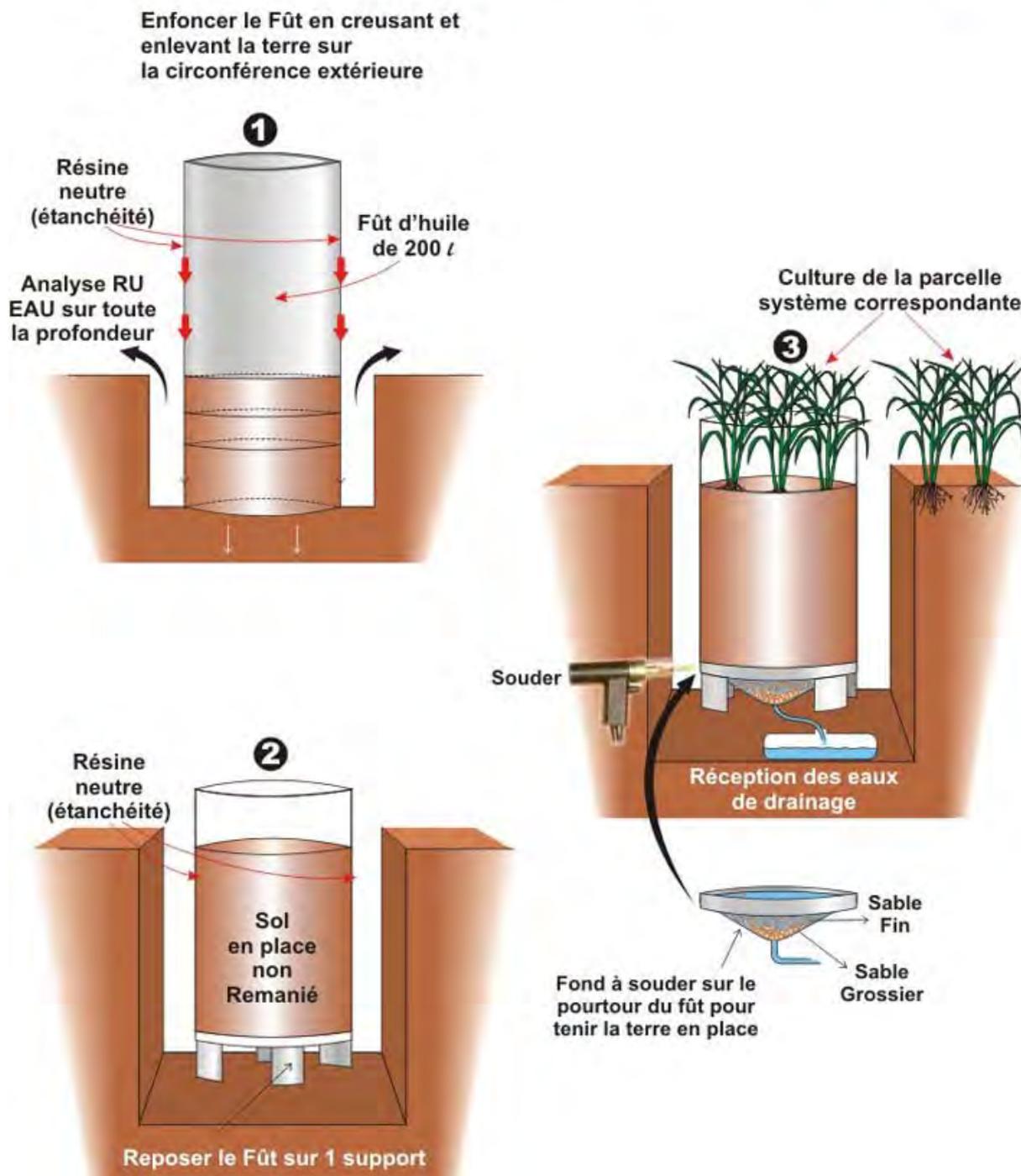
Il est également évident qu'au-delà de notre échelle maximale d'intervention des terroirs et des unités de paysage, il faut pouvoir ensuite, avec des collaborations efficaces, évaluer les impacts de notre action intégrée jusqu'au niveau des bassins versants, unités physiographiques qui permettent d'estimer la gestion de l'environnement, car leur dimension intègre l'ensemble des processus naturels, sociaux et politiques.

A cet égard, des travaux remarquables, réalisés par l'EMBRAPA /CNPMA, tant au plan conceptuel très bien documenté des indicateurs de durabilité, qu'au plan de leur maîtrise pratique, sont réunis dans l'ouvrage du CNPMA: « Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas », et peuvent servir de guide à des actions intégrées d'équipes scientifiques à l'échelle des bassins versants. [*ouvrage à consulter absolument au [sac@cnpma.embrapa.br](mailto:sac@cnpma.embrapa.br) et [www.cnpma.embrapa.br](http://www.cnpma.embrapa.br)* ]

**FIG. 1 RÉCUPÉRATION DES EXTERNALITÉS SUR SURFACE REPRÉSENTATIVE**

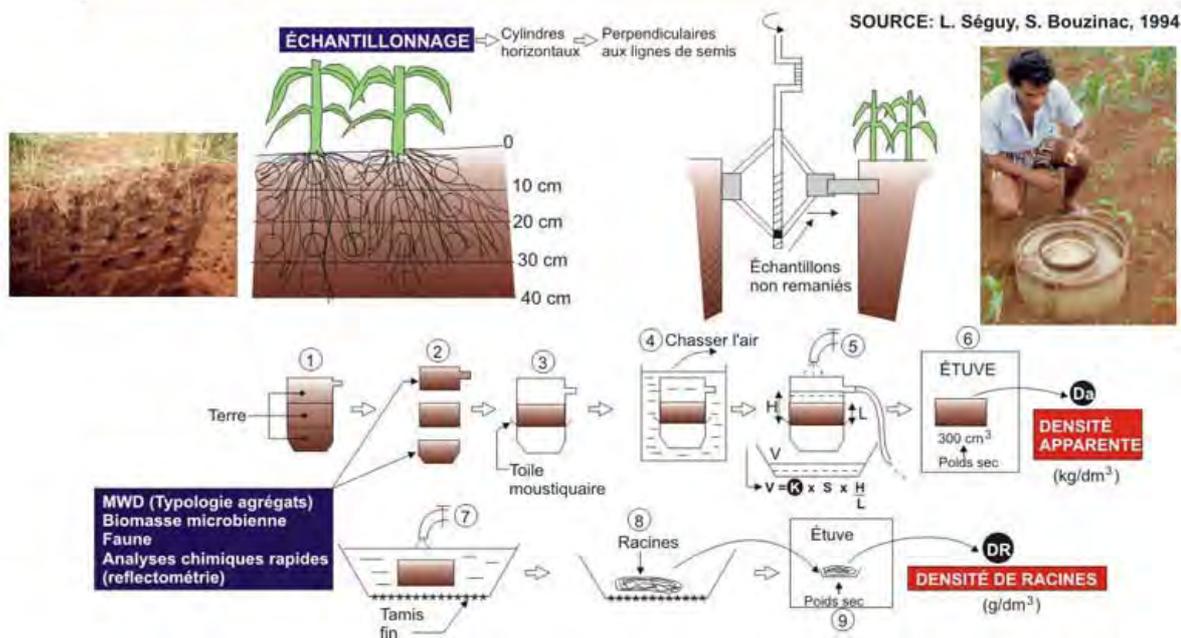


## Fig. 2 INSTALLATION DE LYSIMÈTRES BON MARCHÉ



### FIG. 3 PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS DE SOL NON REMANIÉS SUR LE PROFIL CULTURAL POUR ANALYSES DES PARAMÈTRES

- Da - (densité apparente)
- DR - (densité de racines)
- K - (conductivité hydraulique)
- MWD - (Typologie agrégats)
- Biomasse microbienne
- Faune
- Analyses chimiques rapides (reflectométrie)



## LE POINT SUR...

synthèses, notes techniques et actualités

Cette rubrique est consacrée des articles qui offrent au lecteur des mises au point, des notes techniques, des travaux de synthèse, dans le domaine de l'agronomie tropicale, s'ajoutant aux travaux originaux de recherche publiés par la revue.

### Un test simple à l'usage des agronomes et des sélectionneurs pour évaluer l'enracinement du riz pluvial

L. SEGUY (1), S. BOUZINAC (1), A. PACHECO (2)

**RESUME** — Un système d'injection d'herbicides par aiguilles flexibles, simple et facile d'utilisation, permettant de nombreuses répétitions *in situ*, à été mis au point. Il permet de suivre la dynamique de colonisation racinaire du riz pluvial, dès le début du cycle végétatif, par l'injection, à différentes profondeurs, d'herbicides non sélectifs du riz, l'atrazine et le diuron, à la concentration de 5 grammes de matière active par litre. Ces deux matières actives sont absorbées par les racines dans le profil et provoquent une chlorose très caractéristique sur les feuilles dès le 7<sup>e</sup> jour après l'injection; les symptômes sont cependant reconnaissables à la pointe des feuilles dès le 4<sup>e</sup> jour. Ce test facilement répétitif, sans destruction du profil cultural, est basé sur l'absorption effective par les racines, indépendamment de leur nombre, de leur longueur, de leur surface, de leur poids ou de toute autre caractéristique morphologique.

**Mots clés:** *riz pluvial. dynamique racinaire. absorption. lixiviation. chlorose*

La capacité du riz pluvial à développer un système racinaire puissant dans tous les compartiments du profil cultural et surtout dans les horizons profonds constitue sans aucun doute la meilleure garantie d'une alimentation minérale et hydrique compatible avec de hauts niveaux de rendement. Cette aptitude à produire un fort enracinement dépend à la fois du génotype (AHMADI, 1983) et des modes de gestion du sol et des cultures (Nicou *et al.*, 1970 CHOPART et Nicou, 1976 SEGUY *et al.*, 1989).

Diverses méthodes analytiques permettent de caractériser *in situ* le système racinaire:

- le nombre de racines par horizon (DREW et SAKER, 1977; KOPKE, 1979,1981);

- leur poids total (BOHM, 1979 ; SEGUY *et al.*, 1989);

- leur surface (BOHM, 1979; EVANS, 1977; KOLESNIKOV, 1971);

- leur volume (AYCOCK et MAC KEE, 1975 ; ATKINSON *et al.*, 1976);

- leur diamètre (WIERSUM, 1957);

---

(1) CIRAD-CA, Programme Cl, a/c Dr. Tasso de Castro, BP 504, Agencia Central CEP 74000 Goiânia Goiás, Brésil

(2) CNPAF/EMBRAPA, CP 179, Goiânia 74001-970, Brésil

- leur longueur, considérée comme un des meilleurs paramètres pour les études de nutrition minérale et hydrique (NYE et TINKER, 1969; MOLZ, 1971; TAYLOR *et al.*, 1973 ; TAYLOR et KLEPPER, 1975 ; TENNANT, 1975).

Cependant, toutes ces méthodes présentent des limites à la fois d'ordre pratique et théorique quant à leur capacité explicative des phénomènes de croissance de la partie aérienne. Sur le plan pratique, ces méthodes sont destructrices, coûteuses en temps de travail et nécessitent de nombreuses répétitions, si l'on veut avoir une vue représentative du système racinaire dans le profil cultural. Elles ne sont donc adaptées que si l'on veut étudier l'effet sur l'enracinement d'une technique culturale, pour un milieu donné. Dans le cas de la sélection variétale, ces méthodes sont trop lourdes et ne peuvent pas être utilisées par le sélectionneur quand il veut cribler ses lignées pour l'aptitude à l'enracinement. Certaines de ces techniques restent cependant utilisables lorsque l'on veut comparer les performances racinaires d'un nouveau cultivar par rapport à celles des variétés déjà cultivées.

D'autres techniques non destructrices ont été proposées. C'est le cas notamment des méthodes qui font appel aux marqueurs, tels que  $^{86}\text{Rb}$  (ELLIS et BARNES, 1973),  $^{32}\text{P}$  (REYNIERS *et al.*, 1979) et  $^{15}\text{N}$  (MASSE *et al.*, 1989). Depuis quelques années, de nouvelles techniques apparaissent, comme l'endoscopie à observation visuelle (MAERTENS et CLAUZEL, 1982), ou le rhizoscope avec traitement d'image par caméra vidéo et ordinateur (FOUERE et PICARD, 1989). Ces techniques restent le fait de quelques spécialistes pour ce qui concerne les marqueurs, ou sont souvent difficiles à mettre en oeuvre sans une logistique importante et nécessitent un gros investissement, dans le cas de l'endoscopie avec traitement d'image.

D'autre part, la plupart de ces méthodes ne permettent de caractériser les relations sol-plante que de façon très approximative.

Il était donc important de développer un outil de diagnostic basé sur l'absorption racinaire effective, qui soit non destructif pour le sol et facile d'utilisation, permettant notamment de nombreuses répétitions afin de mieux caractériser le système racinaire dans le profil cultural de la parcelle expérimentale, quelle que soit sa taille.

A l'exemple du  $^{32}\text{P}$  qui a, lui, une portée répétitive très limitée dans un essai expérimental, et n'est donc pas utilisable pour la sélection, un système simple a été mis au point, qui permet, sans perturber les relations sol-racines, d'injecter dans le profil cultural des solutions herbicides à une profondeur fixée entre zéro et un mètre de profondeur. Ces matières actives détruisent rapidement le système pigmentaire, ce qui a pour effet de provoquer le jaunissement puis le dessèchement des feuilles, dès lors que l'herbicide a été effectivement absorbé et que le système racinaire est donc présent à ce niveau, indépendamment de son poids, du nombre de racines, de sa surface et d'autres paramètres.

## **Matériel et méthode**

La mise au point du test analytique a été réalisée en serre dans des pots contenant 25 kg de terre de bonne fertilité, ayant reçu une forte fertilisation minérale.

L'irrigation a été régulièrement assurée, à la demande, sans limitation; les pots ont été percés à la base pour laisser s'écouler l'eau excédentaire.

## **Le matériel expérimental**

### **Matériel d'injection**

Il est constitué d'aiguilles d'un millimètre de diamètre, de différentes longueurs, 20, 40, 60, 80 et 100 cm, percées, un peu au-dessus de leur extrémité pleine, par trois orifices horizontaux, ce qui permet au liquide d'être injecté à l'horizontale dans trois directions à 60°. Le plan "mouillé" par l'injection est ainsi très proche de la profondeur d'injection en sol humide.

Les aiguilles s'adaptent sur une seringue classique en verre gradué, disponible dans le commerce.

Pour faciliter la pénétration de l'aiguille dans le sol, et éviter toute pollution du profil, les orifices de sortie du liquide sont obturés avec de la graisse pour machine, appliquée sur toute la surface de l'aiguille.

A chaque profondeur, 20 cm<sup>3</sup> de solution sont injectés en plusieurs applications, ce qui permet de balayer un plan de surface plus vaste à la profondeur d'injection.

La pénétration des aiguilles est extrêmement facile sur ce type de sol sans cailloux.

Après chaque injection, on exerce deux à trois pressions sur le piston de la seringue, à vide, pour bien vider l'aiguille et ne pas polluer le profil en retirant l'aiguille, il est recommandé d'injecter quelques cm<sup>3</sup> d'eau distillée ensuite.

### **Herbicides**

Deux herbicides réunissent les conditions complémentaires suivantes:

- ils sont absorbés par le système racinaire en priorité ou exclusivement;
- ils sont énergiquement fixés par les colloïdes du sol, et sont donc peu mobiles dans le sol;
- ils bloquent très vite la réaction de Hill sur les cultures pour lesquelles ils ne sont pas sélectifs, ce qui se traduit par l'apparition d'une chlorose, qui ne peut être confondue avec d'autres symptômes tels que carences en N, S ou autre élément.

Les deux Matières actives qui répondent à ces critères sont le diuron et l'atrazine.

### **Matériel végétal**

Trois génotypes différents ont été retenus pour établir que les conditions d'absorption et les manifestations des symptômes pour une même dose d'herbicide sont indépendantes de la nature du génotype et sont similaires sur toutes les variétés de riz;

- Metica 1, type *indica* (riz irrigué);
- Rio Paranaiba, type *japonica* (riz pluvial);
- IRAT 216, intermédiaire.

### **Protocole expérimental**

Le dispositif mis en place avait pour but de déterminer la dose minimale efficace qui provoque l'apparition la plus rapide des symptômes caractéristiques et de montrer que la

vitesse de réaction est indépendante de la partie supérieure ou basale du système racinaire. L'échelle des concentrations, pour les deux matières actives, a été conçue à partir des doses normales utilisées pour les herbicides: 0,5 g l<sup>-1</sup>; 2,5 g l<sup>-1</sup>; 5g l<sup>-1</sup> et 25 g l<sup>-1</sup>.

Les injections ont été réalisées 60 jours après le semis (début de l'initiation paniculaire).

Deux profondeurs d'injection pour chaque niveau de concentration ont été retenues en surface (5-8 cm) et à 20 cm de profondeur.

Chaque traitement a été répété quatre fois.

Les plantes ont été examinées quotidiennement après les injections et les jaunissements dès leur apparition.

Les résultats sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Test d'enracinement sur trois variétés de riz: délai d'apparition (en jours) des premiers symptômes de chlorose après l'injection (application au début de l'initiation) selon deux profondeurs d'application.

Produit et dosage (g l <sup>-1</sup> )	Rio Paranaíba		Metica 1		IRAT 216	
	5 cm	20 cm	5 cm	20 cm	5 cm	20 cm
Diuron						
0,5	-	-	-	-	-	-
2,5	9	8	8	9	7	7
5,0	9	8	8	8	7	5
25,0	8	8	9	8	7	7
Atrazine						
0,5	10	-	-	-	-	-
2,5	9	9	6	8	10	8
5,0	8	9	10	8	8	7
25,0	7	7	8	8	7	6

## Résultats et discussion

On constate que le temps de réaction est le même pour toutes les variétés et que les symptômes très caractéristiques de chlorose apparaissent entre sept et huit jours après l'injection. Quinze jours après l'absorption, le riz se dessèche complètement.

Les deux matières actives testées fournissent des résultats très voisins et peuvent être utilisées de façon similaire.

La dose minimale la plus sûre, qui garantit l'apparition des symptômes de chlorose significatifs, est la dose de 5 g l<sup>-1</sup> pour les deux produits.

## Conclusion

Compte tenu de sa facilité et de sa flexibilité d'utilisation, ce test analytique pourra être utilisé par les sélectionneurs pour le criblage selon le critère d'enracinement au champ. Dix à quinze jours après le semis, il suffira simplement d'injecter l'herbicide sur des lignées fixées à partir de F4\*, sur cinq plants différents correspondant aux profondeurs de 20, 40, 60, 80 et 100 cm, chaque profondeur d'injection sera repérée par une couleur spécifique (bombe spray de peinture) et les lectures seront faites ensuite régulièrement.

Ce test analytique, qui permet des répétitions très nombreuses, pourra être aussi extrêmement précieux pour aider les agronomes à préciser la cinétique de descente des racines, qui conditionne la réserve utile d'eau au cours du cycle de la plante. Il pourra donc servir également à différencier l'influence des modes de gestion des sols et des cultures selon le critère de la profondeur d'enracinement, mais aussi selon le volume latéral d'enracinement, en injectant l'herbicide à des profondeurs différentes dans l'interligne des cultures. Le test permettra de suivre à la fois la dynamique et la cinétique de colonisation racinaire.

Les limites d'utilisation de ce test semblent essentiellement liées aux imprécisions dans l'injection des herbicides: si le sol est caillouteux ou d'une structure très grossière, les profondeurs d'injection ne seront pas très précises. Enfin, quelques risques de contamination du profil lors du retrait de l'aiguille existent, mais ils paraissent limités, compte tenu des précautions de vidange de la seringue.

L'intérêt principal de cette méthode reside dans sa facilité de mise en oeuvre, lui permettant de nombreuses répétitions et ainsi de mieux approcher la dynamique réelle d'enracinement dans le profil cultural, aussi bien à l'échelle de la parcelle expérimentale, même petite, qu'à celle de la grande culture.

### Références bibliographiques

AHMADI N., 1983. Variabilité génétique et hérédité des mécanismes de tolérance à la sécheresse chez le riz (*Oryza sativa* L.). I. Développement du système racinaire. L'Agron. Trop., 38 (2) 110-117.

ATKINSON D., NAYLOR D., COLDRUCK G.A., 1976. The effect of tree spacing on the apple root system. Hortic. Res., 16 89-109.

AYCOCK M.K., MAC KEE OG., 1975. Root size variability among several cultivars and breeding lines of Maryland tobacco. Agron. J., 67: 604-606.

BOHM W., 1979. Methods of studying roots systems. New York, Springer Verlag, 189 p.

CHOPART J.-L., NICOU R., 1976. Influence du labour sur le développement radicaire de différentes plantes cultivées au Sénégal. Conséquence sur leur alimentation hydrique. L'Agron. Trop., 31(1): 7-28.

DREW M.C., SAKER L.R., 1977. Relationship between root number determined in the field on the horizontal faces of soil and the lengths and weights of roots extracted from the soil. In Annual report 1976. Agricultural Research Council, Leicomb Laboratory, p.34-35.

ELLIS F.B., BARNES B.T., 1973. Estimation of the distribution of living roots of plants under field conditions. Plant Soil, 39 : 81-91.

EVANS P.S., 1977. Comparative root morphology of some pasture grasses and clovers. New Z. J. Agric. Res., 20: 331-335.

FOUERE A., PICARD D., 1989. Pour observer la croissance des racines : le rhizoscope. In Perspectives agricoles "Les racines". Paris, ITCF, p. 17-18.

KOLESNIKOV V.A., 1971. The root system of fruit plants. Moscow, Mir Publishers, 269 p.

KOPKE U., 1979. Em Vergleich von Feldmethoden zur Bestimmung des Wurzelwachstums landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Diss. Agric., Göttingen.

KOPKE U., 1981. Methods for studying root growth. *In* The soil root system in relation to Brazilian agriculture. Russel R.S., Igue K., Metha J.R. (Eds). Londrina, APAR, p. 303-318.

MAERTENS C., CLAUZEL Y., 1982. Premières observations sur l'utilisation de l'endoscopie dans l'étude de l'enracinement *in situ* de plantes cultivées. *Agronomie*, 2: 677-680.

MASSE J., REMY J.C., MARY B., CROSSON P., 1989. Fonctionnement racinaire : l'utilisation du marquage isotopique des nitrates. *In* Perspectives agricoles : "Les racines". Paris, ITCF, p. 23-27.

MOLZ J., 1971. Interaction of water uptake and root distribution. *Agron. J.*, 63 : 609-610.

NICOU R., SEGUY L., HADDAD G., 1970. Comparaison de l'enracinement de quatre variétés de riz pluvial en présence ou absence de travail du sol. *L'Agron. Trop.*, 25 (8) 633-659.

NYE P.K., TINKER P.B., 1969. The concept of a root demand coefficient. *J. Appl. Ecol.*, 6 : 293-300.

REYNIERS F.N., TRUONG B., BOIS J.F., BONNIN E., THOMIN G., 1979. Caractérisation de l'enracinement du riz pluvial *in situ* avec le phosphore 32. *In* Isotopes and radiation in research on soil-plant relationships. International symposium, Colombo, Sri Lanka, 11-15 December 1978. Vienna, IAEA, p. 635-647.

SEGUY L., BOUZINAC S., PATCHECO A., KLUTHCOWSKI J., 1989. Des modes de gestion mécanisés des sols et des cultures aux techniques de gestion en semis direct, sans travail du sol, appliquées aux cerrados du centre-ouest brésilien. Montpellier, CIRAD-IRAT, 165 p.

TAYLOR H.M., HUCK MG., KLEPPER B., 1973. Rooting density and water extraction patterns for corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.*, 65 965-968

TAYLOR H.M., KLEPPER B., 1975. Water uptake by cotton root systems. An examination of assumptions in the single root model. *Soil Sci.*, 120 57-67.

TENNANT D.A., 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.*, 65 995-1001.

WIERSUM L.K., 1957. The relationships of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots. *Plant Soil*, 9 75-85.

## Summary

**L.SEGUY, S. BOUZINAG, A. PACHECO - A simple test for agronomists and breeders for the evaluation of rainfed rice rooting.**

A system of injection of herbicides using flexible needles has been developed. It is simple and easy to use in numerous *in situ* replicates. It is used to monitor the dynamics of rainfed rice root growth from the beginning of the vegetative cycle by the injection of 5 g active ingredient per litre of atrazine and diuron (non-selective herbicides for rice) at different depths. The two active ingredients are taken up by the roots in the soil profile and cause extremely characteristic leaf chlorosis on Day 7 after injection; the symptoms are nevertheless identifiable in leaf tips on Day 4. The test is easy to repeat and does not damage the crop profile. It is based on effective uptake by roots regardless of their number, length, area, weight or any other morphological characteristic.

**Key words:** rainfed rice, root dynamics, uptake, leaching, chlorosis.

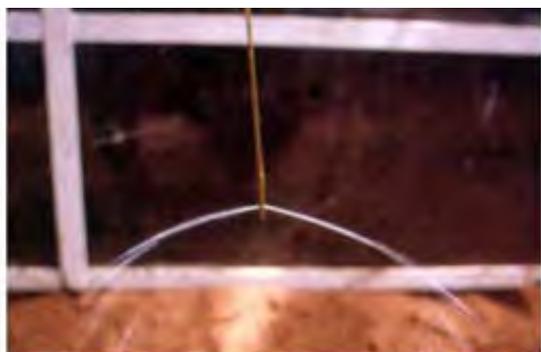
## Resumen

**L.SEGUY, S. BOUZINAC, A. PACHECO - Un método sencillo de evaluación del enraizamiento del arroz de secano destinado a los agronomos y fitogenetistas.**

Se ha elaborado un sistema sencillo y fácil de utilizar repetidamente *in situ* que consiste en la inyección de herbicidas por medio de agujas flexibles. Este sistema permite observar, desde el comienzo del ciclo vegetativo, la dinámica de colonización radicular del arroz de secano mediante la inyección a distintas profundidades de atrazines y diuron, herbicidas no selectivos del arroz, concentrados a razón de 5 gramos de materia activa por litro. Las raíces absorben en el perfil estas dos materias activas que provocan una clorosis muy característica en las hojas el 7º día consecutivo a la inyección, aunque a partir del 4º día se reconocen ya los síntomas en la punta de las hojas. Este método, que se puede repetir con facilidad y no deteriora el perfil de cultivo, se basa en la absorción efectiva de la materia activa por las raíces, independientemente del número, la longitud, la superficie, el peso o cualquier otra característica morfológica de estas

**Palabras-clave:** arroz de secano, dinámica radicular, absorción, lixiviación, clorosis.

## INJECTION D'HERBICIDES ET SYMPTÔMES



## INTERPRÉTATIONS P ET K EN SOLS FERRALLITIQUES

Fig. 1 - P et K Résine

Teneur	Production relative (%)	K échangeable $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	P Résine $\text{mg dm}^{-3}$
Très bas	0-70	0,0-0,7	0-6
Bas	71-90	0,8-1,5	7-15
Moyen	91-100	1,6-3,0	16-40
Haut	>100	3,1-6,0	41-80
Très Haut	>100	>6,0	>80

Fig. 2 - Interprétation d'analyses de sol pour recommandation de fertilisation phosphatée (*Extracteur = Mehlich 1*)

Teneur en argile	Teneur de P ( $\text{mg dm}^{-3}$ )			
	Très bas	Bas	Moyen	Adéquat
61-80	0 a 1,1	1,1 a 2,0	2,1 a 3,0	> 3,0
41-60	0 a 3,0	3,1 a 6,0	6,1 a 8,0	> 8,0
21-40	0 a 5,0	5,1 a 10,0	10,1 a 14,0	> 14,0
< 20	0 a 6,0	6,1 a 12,0	12,1 a 18,0	> 18,0

SOURCE: EMBRAPA-CPAC (SOUZA et al., 1997)

Fig. 3 - Interprétation d'analyses de sol pour recommandation de fertilisation potassique (*Extracteur = Mehlich 1*)

Interprétation	Teneur de K ( $\text{mg dm}^{-3}$ )*
Très bas	0-25
Bas	26-50
Moyen	51-80
Adéquat	> 80

\*  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3} = \text{mg dm}^{-3}/40$

SOURCE: EMBRAPA (1997)

## EXTRACTIONS DE NUTRIMENTS PAR LES CULTURES EN SOLS FERRALLITIQUES

**Fig. 1 - Quantité de nutriments exportés par les grains, pour chaque tonne de Soja produite.**

	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cl	Mo	Cu	Fe	Mn	Zn	Al	
	kg/tonne						g/tonne								
<b>Restes culturaux</b>	31	2,5	7,5	10	9,2	4,7	-	23	2	-	-	-	-	172	
<b>Grains</b>	51	5,0	17	5,4	3,0	2,0	2,0	237	5	10	70	30	40	15	

1 - Feuilles, pétioles et tiges qui sont restitués au sol  
SOURCE: embrapa (1993a)

**Fig. 2- Extraction et exportation de nutriments par tonne de grains de Haricot**

Nutriment	Extraction (kg/ha)	Exportation (kg/ha)	%
N	102	37	36
P	9	4	44
K	93	22	24
Ca	54	4	7
Mg	18	4	22
S	25	10	40
<b>Cultivar</b>	<b>Roxinho</b>		

**Fig. 3 - Production et accumulation de nutriments par la culture de Riz pluvial**

Fertilité du sol	Partie de la plante	Production (kg/ha)	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
			kg/tonne						g/ha		
Basse	<i>Partie aérienne</i>	2.110	20	4	53	7,00	5,00	97	16	445	1.517
	<i>Grains</i>	1.684	51	5	3	0,69	1,86	38	26	54	120
	<i>Total</i>	3.794	71	9	56	7,69	6,86	135	42	499	1.637
Moyenne	<i>Partie aérienne</i>	2.992	28	7	72	10,00	7,00	152	20	639	1.454
	<i>Grains</i>	2.117	88	7	4	0,83	2,36	46	31	72	137
	<i>Total</i>	5.109	116	14	76	10,83	9,36	198	51	711	1.591
Haute	<i>Partie aérienne</i>	3.494	35	7	77	14,00	9,00	178	20	814	2.062
	<i>Grains</i>	2.104	106	7	4	0,84	2,40	46	32	78	119
	<i>Total</i>	5.598	141	14	81	14,84	11,40	324	52	892	2.181
Moyenne + Engrais vert	<i>Partie aérienne</i>	3.524	26	10	67	11,00	7,00	176	15	914	3.109
	<i>Grains</i>	2.403	39	15	5	0,96	2,79	63	31	113	142
	<i>Total</i>	5.927	65	25	72	11,96	9,79	239	46	1027	3.251

Les valeurs sont les moyennes de 3 cultivars

SOURCE: EMBRAPA-CNPAF - Potafos N° 9 - Juin, 1995

**Fig. 4 - Extraction moyenne de nutriments pour la culture de Maïs destinée à la production de grain et ensilage**

Type d'exploitation	Production (t/ha)	Nutriments extraits				
		N	P	K	Ca	Mg
		----- kg/ha -----				
Grains	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Exportations par les grains(%)		70-77	77-86	26-43	3-7	47-69
Ensilage (Matière sèche)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

SOURCE: COELHO & FRANÇA (1995)

**Fig. 5 - Extraction moyenne de nutriments par la culture de Sorgho**

Matière sèche totale (kg/ha)	Grains (%)	Nutriments extraits <sup>1</sup>				
		N	P	K	Ca	Mg
		----- kg/ha -----				
7.820 <sup>2</sup>	37	93	13	99	22	8
9.950 <sup>3</sup>	18	137	21	113	27	28
12.540 <sup>3</sup>	16	214	26	140	34	26
16.580 <sup>3</sup>	18	198	43	227	50	47

Pour convertir P en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K en K<sub>2</sub>O, Ca en CaO et Mg en MgO, multiplier par 2,29, 1,20, 1,39 e 1,66, respectivement

SOURCE: 2 - PITTA et al. (2001) 3 - FRIBOURG et al. (1976)

## OLIGOS ÉLÉMENTS EN SOLS FERRALLITIQUES

### Normes d'interprétation et recommandations pour la correction de déficiences

Fig. 1 - Interprétation d'analyses de sol (extraction par Mehlich 1)

Niveau	B <sup>1</sup>	Cu <sup>2</sup>	Mn <sup>2</sup>	Zn <sup>2</sup>
	mg dm <sup>3</sup>			
Bas	0-0,2	0-0,4	0-1,9	0,1,0
Moyen	0,3-0,5	0,5-0,8	2,0-5,0	1,1-1,6
Haut	>0,5	>0,8	>5,0	>1,6

1 - Eau chaude

2 - Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> mol L<sup>-1</sup>) relation sol/solution 1:10

3 - SOURCE: GALRÃO (2002).

Fig. 2 - Recommandations pour la correction de déficiences par voie foliaire

0,5% de Borax (B) ou 0,3% d'acide borique 0,5% de sulfate de Manganèse (Mn) 0,5% de Sulfate de Zinc (Zn) 0,5% de Sulfate de Cuivre (Cu)	Dans 400 l d'eau/ha
--	---------------------------

SOURCE: GALRÃO (2002).

Traitement de semences recommandé pour Mo et Co

Mo = 2-3 g ha<sup>-1</sup>      Co = 12-20 g ha<sup>-1</sup>

Source: EMBRAPA(2003).

Fig. 3 - Recommandations d'oligos éléments pour le Soja, appliqués au sol, pour un effet résiduel de 5 ans

Niveau	B	Cu	Mn	Zn
	kg ha <sup>-1</sup>			
Bas	1,5	2,5	6,0	6,0
Moyen	1,0	1,5	4,0	5,0
Haut	0,5	0,5	2,0	4,0

SOURCE: EMBRAPA (2003).

**Fig. 4 - Contenu d'oligos éléments dans les produits récoltés**

Culture	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	(g t <sup>-1</sup> )					
Coton	33,00	10,00	243,00	14,60	0,15	12,30
Riz	4,40	6,30	60,90	25,20	0,16	40,90
Pomme de Terre	2,00	2,00	20,00	20,00	1,00	4,00
Cacao	12,00	16,00	80,00	28,00	0,04	47,00
Café	25,00	16,50	105,00	25,00	0,01	39,30
Canne à sucre	2,00	1,80	25,00	12,00	0,02	5,00
Citrus	2,20	1,20	6,60	2,80	0,01	0,90
Haricot	70,00	10,00	0,00	17,00	1,00	30,00
Manioc	1,80	0,80	24,00	1,60	0,00	4,60
Maïs	1,50	8,00	40,00	8,00	1,00	40,00
Soja	30,00	15,00	100,00	20,00	3,00	42,50
Blé	3,00	8,00	50,00	55,00	0,00	17,00

SOURCE: Divers auteurs cités par Yamada et Lopes (1999)

**Fig. 5 - Interprétation des teneurs de S-SO<sub>4</sub> du sol avec 2 extracteurs**

Teneur	S-SO <sub>4</sub> (mg dm <sup>-3</sup> )	
	NH <sub>4</sub> OAc.HOAc	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 500ppm
Très bas	0,0-5,0	0-2,5
Bas	5,1-10,0	2,5-5,0
Moyen	10,1-15,0	5,1-1,0
Haut	>15,00	>10

SOURCE: VITTI, 1989

**Annexe 3 :**

**Matériel brésilien de semis direct**

# SEMEADORAS DE PLANTIO DIRETO À TRAÇÃO ANIMAL



NO-TILLAGE PLANTERS WITH  
ANIMAL TRACTION



## O IAPAR

Instituto de Pesquisa Agropecuária do Paraná

Vinculado à Secretaria da Agricultura e do Abastecimento (SEAB), é o órgão de pesquisa que dá embasamento tecnológico às políticas públicas de desenvolvimento rural no Estado do Paraná.

As tecnologias do IAPAR se distinguem pelo rigor científico e um profundo respeito à realidade dos agricultores e ao ambiente, sem perder de vista as exigências dos consumidores e necessidades da agroindústria.

Como resultado do conhecimento melhor da agricultura do Paraná, o IAPAR pode desenvolver e transferir ao sistema de agricultura tecnologias novas e adequadas

## THE IAPAR

Agricultural Research Institute of Paraná

Economic growth and social development in any field, including rural areas, have to be based on Science and Technology. In the State of Parana, Brazil, IAPAR (Agricultural Institute of Parana) promotes the technology development process for the rural sector.

IAPAR has developed a survey methodology that allow researches and policy makers to identify problems and to propose solutions for rural communities, as well as, to help fulfill the demands of agribusiness, and other private and public organizations through consulting, training, advisory, studies and projects.

As result from the better knowledge of Paraná agriculture, IAPAR has been able to develop and transfer new and appropriate technologies to the farming systems.

## SEMEADORAS DE PLANTIO DIRETO À TRACÇÃO ANIMAL

O IAPAR iniciou o desenvolvimento de semeadoras de plantio direto à tração animal tomando acessível esse sistema de cultivo para uma grande parte de agricultores familiares. A década de 90 caracterizou-se por uma verdadeira explosão desse sistema no Sul do Brasil, acompanhada por um marcante desenvolvimento de pequenas indústrias de equipamentos, principalmente nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Existem atualmente várias opções de semeadoras de plantio direto a tração animal, encontrando-se modelos para trabalho com bovinos e eqüinos, e de acordo com a declividade do terreno e a presença de obstáculos e pedras. Tendo em vista a grande diversidade de modelos, apresentamos aqui os principais utilizados no Sul do Brasil e as características construtivas de seus componentes.

## NO-TILLAGE PLANTERS WITH ANIMAL TRACTION

IAPAR started the development of no-tillage planters with animal traction making possible the use of no-tillage system by a large group of small-scale farmers. The 90's was characterized by a huge dissemination of no-tillage in the South of Brazil followed by a prominent development of small industries of equipment, mainly in Santa Catarina and Rio Grande do Sul States. Nowadays, there are several options of animal-drawn no-tillage planters. Models for working with oxen and horses and for different soil and terrain conditions are available. Because of this diversity we are presenting the main models being used in the South of Brazil and their main design characteristics.

### Ponta Grossa

Antonio Carlos Campos ([ppgiapar@iapar.br](mailto:ppgiapar@iapar.br))  
Carlos Frederico de Oliveira ([ppgiapar@iapar.br](mailto:ppgiapar@iapar.br))  
Dácio Antonio Benassi ([ppgiapar@iapar.br](mailto:ppgiapar@iapar.br))  
Dirk Claudio Ahrens ([dahrens@iapar.br](mailto:dahrens@iapar.br))  
Ednilson Pereira Gomes ([ppgiapar@iapar.br](mailto:ppgiapar@iapar.br))  
Edson Márcio de Siqueira ([ppgiapar@iapar.br](mailto:ppgiapar@iapar.br))  
Francisco Skora Neto ([skora@iapar.br](mailto:skora@iapar.br))  
Francisco de Assis e Silva ([ppgiapar@iapar.br](mailto:ppgiapar@iapar.br))  
Francisco Paulo Chaimsohn ([ppgiapar@iapar.br](mailto:ppgiapar@iapar.br))  
Giovani Luiz Thomaz ([gthomaz@iapar.br](mailto:gthomaz@iapar.br))  
Jadir Aparecido Rosa ([jrosa@iapar.br](mailto:jrosa@iapar.br))  
José Alfredo B. dos Santos ([ppgiapar@iapar.br](mailto:ppgiapar@iapar.br))  
José Augusto A. Olzewski ([ppgiapar@iapar.br](mailto:ppgiapar@iapar.br))  
Maria de Fátima dos S. Ribeiro ([mfsrbei@iapar.br](mailto:mfsrbei@iapar.br))  
Ranieri Ramos Nogueira ([ppgiapar@iapar.br](mailto:ppgiapar@iapar.br))  
Roger Daniel de S. Milléo ([ppgiapar@iapar.br](mailto:ppgiapar@iapar.br))  
Waldecir Alves de Miranda ([ppgiapar@iapar.br](mailto:ppgiapar@iapar.br))

### Londrina

Augusto Guilherme de Araújo ([agaraujo@iapar.br](mailto:agaraujo@iapar.br))  
Rubens Siqueira ([siqueira@iapar.br](mailto:siqueira@iapar.br))  
Ruy Casão Júnior ([ruycasao@iapar.br](mailto:ruycasao@iapar.br))

As informações contidas nesta publicação são somente descritivas sem qualquer garantia do IAPAR aos equipamentos apresentados. Informações adicionais sobre a especificidade de uso de cada máquina podem ser obtidas com os fabricantes ou no endereço abaixo:

This publication is made available for information only without warranty of any kind by IAPAR for the equipment presented. Further information about specific use of these equipment can be obtained with the manufacturers at:

IAPAR - Polo Regional de Pesquisa de Ponta Grossa  
Rodovia BR 376 - Km 496 CEP 84.001-970 - Cx. Postal 129  
E-mail: [ppgiapar@iapar.br](mailto:ppgiapar@iapar.br)  
Fone: 55 42 229-2829 Fax 55 42 229-2829  
PONTA GROSSA - PARANÁ - BRASIL  
Contato: Dácio Antonio Benassi

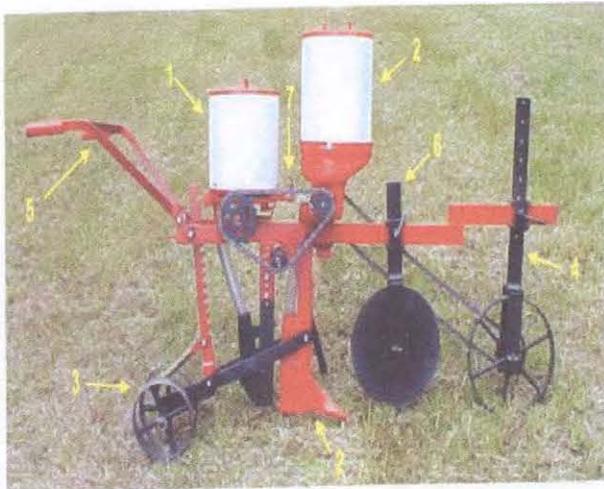


**INSTITUTO AGRÔNOMO DO PARANÁ**

VINCULADO À SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO

Rod. Celso Garcia Cid, km 375 - Fone: 55 43 376-2000 - Fax: 55 43 376-2101  
E-mail: [iapar@pr.gov.br](mailto:iapar@pr.gov.br) ou <http://www.iapar.br> - Cx. Postal 481 - 86001-970  
LONDRINA - PARANÁ - BRASIL

## CHARACTERISTICS OF THE MAIN NT EQUIPMENT USED IN THE SOUTH OF BRAZIL



- 1 - Depósito de sementes em PVC, distribuição com disco universal e disco duplo.
- 1 - PVC seed hopper; horizontal plate seed metering device; double disk furrow opener.
- 2 - Depósito de fertilizantes em PVC e fibra de vidro. Distribuição por rotor e escarificador.
- 2 - PVC fertilizer hopper; rotor-type metering device; line-type furrow opener.
- 3 - Rodas compactadora e limitadora regulável para profundidade.
- 3 - Compacting and depth control wheel.
- 4 - Roda acionadora de mecanismos dosadores e engate com ponto regulável.
- 4 - Metering devices drive wheel; adjustable hitching point.
- 5 - Rabiça regulável.
- 5 - Handler with height adjustment.
- 6 - Disco de corte com profundidade regulável.
- 6 - Coultter with depth adjustment.
- 7 - Distribuição de sementes por troca de discos e conjunto de engrenagens.
- 7 - Options for different seeding rates through sets of gears and seed plates.

Fabricante/Manufacturer: NS Mafrense Ltda

Fone: 55 47 642-1533

[www.nsmafrense.hpg.com.br](http://www.nsmafrense.hpg.com.br) e-mail: [nsmafrense@creativenet.com.br](mailto:nsmafrense@creativenet.com.br)



- 1 - Depósito de sementes em fibra, distribuição com disco universal e escarificador.
- 1 - Glass fiber seed hopper; horizontal plate-type seed metering device; line-type furrow opener.
- 2 - Depósito de fertilizantes em fibra de vidro e distribuição por rosca sem fim.
- 2 - Glass fiber fertilizer hopper; auger-type fertilizer metering device.
- 3 - Rodas limitadora regulável de profundidade e ponto de engate regulável.
- 3 - Compacting and depth control wheel; adjustable hitching point.
- 4 - Roda acionadora de mecanismos dosadores.
- 4 - Seed and fertilizer metering devices drive wheel.
- 5 - Rodas de elevação para transporte.
- 5 - Uplift wheels for transport.
- 6 - Tubo de descarga de sementes e fertilizantes acoplado no escarificador.
- 6 - Seed and fertilizer delivering tube inside the furrow opener.
- 7 - Distribuição de sementes por troca de discos e conjunto de engrenagens.
- 7 - Options for different seeding rates through sets of gears and seed plates.

Fabricante/Manufacturer: Trinton Máquinas Agrícolas Ltda

Fone: 55 49 523-1144

[www.trintonmaquinas.com.br](http://www.trintonmaquinas.com.br) e-mail: [triton@trintonmaquinas.com.br](mailto:triton@trintonmaquinas.com.br)



- 1 - Distribuição de sementes por disco específico.
- 1 - Horizontal seed plate metering device.
- 2 - Distribuição de fertilizantes por rotor. Depósito opcional para adubo orgânico.
- 2 - Rotor-type fertilizer metering device.
- 3 - Acionamento dos mecanismos dosadores por cardã e na roda traseira.
- 3 - Metering devices steered by an axle driven by the rear wheel.
- 4 - Disco de corte sem regulagem de profundidade e giro livre na horizontal.
- 4 - Coultter without depth adjustment; free rotation in the horizontal.
- 5 - Rabiça com altura regulável.
- 5 - Handler with height adjustment.
- 6 - Tubo de descarga de sementes e fertilizantes acoplado no escarificador.
- 6 - Seed and fertilizers delivery tube inside the line-type furrow opener.

Fabricante/Manufacturer: Werner Implementos Agrícolas Ltda

Fone: 55 49 655-1011

[www.werner.ind.br](http://www.werner.ind.br) e-mail: [werner@werner.ind.br](mailto:werner@werner.ind.br)

## **Christine Casino**

---

**De :** "Vanessa Basegio" <vanessab@semeato.com.br>  
**À :** "bouzinac" <lseguy@zaz.com.br>  
**Cc :** <christine.casino@cirad.fr>; "Lucien Seguy" <seguy@wanadoo.fr>  
**Envoyé :** mardi 19 avril 2005 13:57  
**Joindre :** pag6.jpg; pag2.jpg; pag3.jpg; pag4.jpg; pag5.jpg; pag1.jpg  
**Objet :** Re: Fw: Informação Semeato

Prezado Sr. Bouzinac,

Estamos encaminhando novamente o prospecto do modelo SHM. Se permanecer com problemas, favor informar.

Com relação ao modelo para experimentos, SHP, se puderes informar a quantidade de linhas que necessita, podemos fazer a cotação de acordo com sua necessidade. Seguem algumas sugestões:

\* **SHPM236/06-EA**: Semeadora Linear de Parcelas, com 06 linhas para grãos finos, distribuidor de semente por cones e adubo tipo disco defasado. **U\$6.602,18.**

\* **SHPAE249/04-EA**: Semeadora Hidráulica de Parcelas, com 04 linhas para grãos graúdos, distribuição de semente por cones e adubo por rotor, com discos defasados e facão guilhotina. **U\$13.511,00**

Ficamos à disposição.

Atenciosamente,

Vanessa Basegio  
Foreign Trade Department  
SEMEATO IND. e COM. SA  
Phone: + 55 54 315-1911  
Fax: + 55 54 315-1451  
E-mail: [vanessab@semeato.com](mailto:vanessab@semeato.com)  
[www.semeato.com](http://www.semeato.com)

Vanessa Basegio a écrit:

Prezado Sr. Lucien e Sra. Chistine,

Seguem informações sobre as máquinas para plantio direto solicitadas. Em anexo, seguem fotos e prospecto com informações técnicas.

**SHMA/13-78**: Semeadora Adubadora, com 13 linhas para trigo, 05 linhas para soja e 03 linhas para milho. Reservatório da semente e adubo em aço carbono, distribuição de adubo por rotor, distribuição de semente por rotor acanalado helicoidal, discos defasados e facão guilhotina para corte na linha do adubo, com aro limitador de profundidade. Potência aproximada requerida: 75hp. **U\$ 12.712,00**

**SHMA17/17-L8**: Semeadora Adubadora, com 17 linhas para trigo, 07 linhas para soja e 04 linhas para milho. Reservatório da semente e adubo em aço carbono, distribuição de adubo por rotor, distribuição de semente por rotor acanalado helicoidal, discos defasados e facão guilhotina para corte na linha do adubo, com aro limitador de profundidade. Potência aproximada requerida: 95hp. **U\$16.404,00**

Estas são algumas opções de montagem permitidas. Como é de seu conhecimento, podemos alterar o tipo de distribuição, material do reservatório, tipos de discos, conforme necessidade do cliente.

Também, em anexo, fotos e informações técnicas do modelo **SHP** - Semeadora Linear de Parcelas (semeadora para experimentos). Pode ser montada na opção de grãos finos ou grãos grossos. Se necessitar informações adicionais, favor contatar.

\* Caso não consiga abrir os anexos, favor consultar o endereço:

[http://200.102.76.177:8081/lucien\\_seguy/](http://200.102.76.177:8081/lucien_seguy/)

Ficamos à disposição e no aguardo de seus comentários.

Atenciosamente,

Vanessa Basegio  
Foreign Trade Department  
SEMEATO IND. e COM. SA  
Phone: + 55 54 315-1911  
Fax: + 55 54 315-1451  
E-mail: [vanessab@semeato.com](mailto:vanessab@semeato.com)  
[www.semeato.com](http://www.semeato.com)



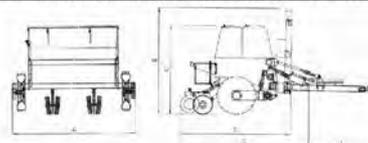




### Especificações Técnicas

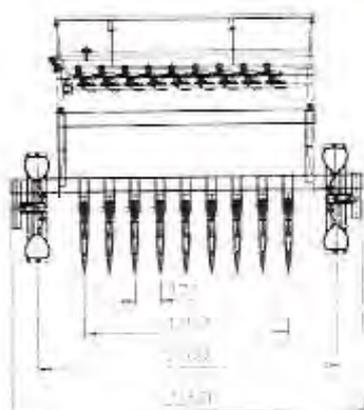
Modelos		SHM 11/13	SHM 15/17
Opções n° de linhas e espaçamentos	Grãos miúdos	13 linhas x 17 cm 11 linhas x 17 cm 11 linhas x 15,5 cm	17 linhas x 17 cm 15 linhas x 17 cm 15 linhas x 20 cm
	Grãos graúdos	06 linhas x 40 cm (máquina padrão) 05 linhas x 45 cm 04 linhas x 60 a 70 cm 03 linhas x 70 a 90 cm	08 linhas x 40 cm (máquina padrão) 07 linhas x 45 cm 05 linhas x 60 a 70 cm 04 linhas x 70 a 90 cm
Potência requerida aproximada para máquina padrão	<i>C/ disco defletado</i> <i>C/ fardo guilhotina</i>	65 HP - grãos miúdos 75 HP - grãos graúdos	80 HP - grãos miúdos 96 HP - grãos graúdos
Pneus		6,50 x 16	6,50 x 16
Capacidade da semente		2,70 litros - 203 kg	2,85 litros - 232 kg
Capacidade do adubo		300 litros - 339 kg	310 litros - 600 kg
Capacidade da caixa de pastagem		38 litros	50 litros
Peso aproximado		13 linhas (grãos miúdos) 1.870 kg 11 linhas (grãos miúdos) 1.670 kg 05 linhas (grãos graúdos) 1.730 kg	17 linhas (grãos miúdos) 2.400 kg 15 linhas (grãos miúdos) 2.300 kg 08 linhas (grãos graúdos) 2.550 kg
		6 a 8 km/h (soja e grãos miúdos)	6 a 8 km/h (soja e grãos miúdos)
		4 a 6 km/h (milho)	4 a 6 km/h (milho)

MODELOS	A	B	C	D		E		F		
				grãos miúdos	grãos graúdos	grãos miúdos	grãos graúdos			
SHM 11/13	2,97 m	2,33 m	1,80 m	2,10 m	2,20 m	1,80 m	2,45 m	2,55 m	2,20 m	1,10 m
SHM 15/17	3,94 m	2,33 m	1,80 m	2,15 m	2,25 m	1,85 m	2,50 m	2,60 m	2,25 m	1,16 m

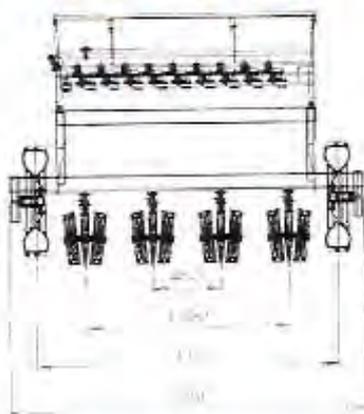


## Dimensões

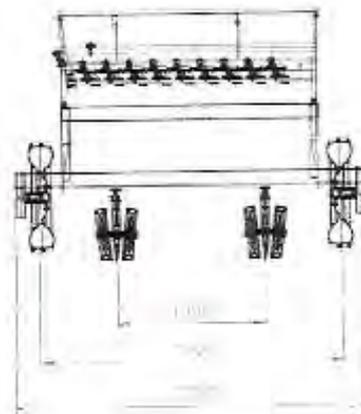
### SHP 249



09 LINHAS COM 17 cm

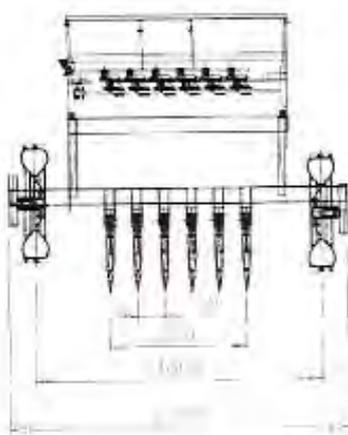


04 LINHAS COM 45 cm

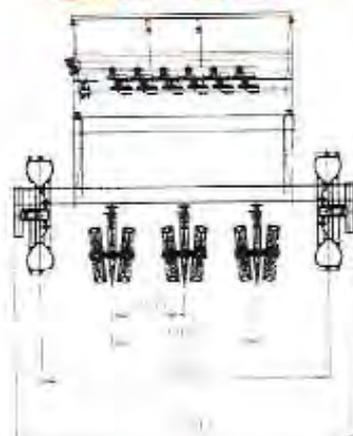


02 LINHAS COM 100 cm

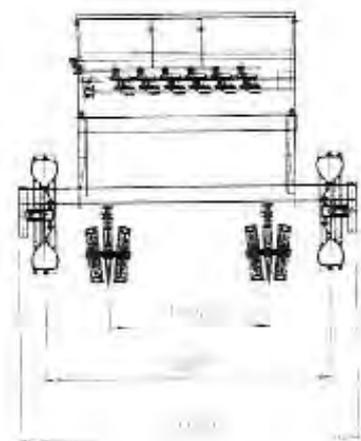
### SHP 236



06 LINHAS COM 17 cm



03 LINHAS COM 45 cm



02 LINHAS COM 100 cm



#### SEMEATO S.A. IND. E COM.

Rua Camilo Ribeiro, 190 - Cx. Postal 559 - Tel. (0xx54) 315.1911  
CEP 99060-000 - Passo Fundo - RS  
e-mail: semeato1@pro.via-rs.com.br

SAC - Serviço de Atendimento ao Consumidor Final  
Ligação Gratuita - 24 Horas - (0xx54) 800.3139

Vendas: (Discagem Direta Gratuita 24 hs)  
Máquinas Agrícolas: Fone: (0xx54) 800.3173 - Fax: (0xx54) 800.3165  
Peças Originais: Fone: (0xx54) 800-3162 - Fax: (0xx54) 800.3164

# **SHP 236-249**

## **Semeadora Linear de Parcelas**

### **Número de Linhas**

<b>NÚMERO DE LINHAS</b>	<b>SHP-236</b>	<b>SHP-249</b>
Para Milho	02	02
Para Soja	03	04
Para Cereais	06	09

### **Sistema de Engate**

Acoplamento nos três pontos (sistema hidráulico) do trato. Potência necessária:

65 HP para SHP-236

80 HP para SHP-249

O trator deve ser lastreado

### **Distribuição de Adubo**

Através de rotores dentados. Reservatório de adubo com capacidade de:

175 litros (200 kg) para SHP-236

220 litros (250 kg) para SHP-249

## **Sementes Miúdas (Cereais)**

### **Linhas de Plantio**

As linhas podem ser montadas alinhadas ou desencontradas, com espaçamentos de 17 cm entre linhas. Sulcadores com discos duplos defasados com 15" e 15.1/2" de diâmetro. Acompanha o aro limitador de profundidade fixo aos discos sulcadores, e rodas compactadoras em forma de "V".



### **Opcionais**



- Mesa Dupla

Possui dois cones giratórios, utilizado para plantio consorciado de duas variedades distintas.

### **Distribuição da Semente**

A densidade de semente e o comprimento da parcela devem ser previamente conhecidos e o distribuidor é alimentado por um único operador.

Sistema de cone giratório, acionado por um eixo cardan, acoplado a caixa de câmbio (determina o comprimento da parcela). As sementes são lançadas a um rotor, acionado por um motor elétrico que distribui as sementes no difusor, selecionado conforme o número de linhas, e conduzidas até a unidade de semeadura por meio de um condutor.

O sistema possui articulação manual, em dois sentidos, o que possibilita o nivelamento em terrenos inclinados.



O Marcador de Linhas é opcional e disponível para as duas versões: sementes miúdas e sementes graúdas.



**Plantio Direto**

A SEMEATO reserva-se ao direito de alterar seu

# SEMEATO®

## Caixa de Câmbio



Constituída de dois blocos de engrenagens (um fixo no eixo motor e outro móvel no eixo móvel) e, de um esticador móvel com mola. Possibilita 40 variações para regulagem de comprimento de parcelas, de 3 a 25 metros de comprimento.

## Para transformação da semeadora de parcelas em semeadora para plantio de multiplicação.

- Conjunto caixa de semente;
- Conjunto caixa de pastagem;
- Conjunto distribuidor vertical;
- Conjunto distribuidor disco alveolado.

## Sementes Graúdas (Milho, Soja, Feijão, ...)

### Linhas de Plantio

Espaçamento de 45 cm para soja e de 70 a 120 cm para milho. Facão com efeito guilhotina para a linha do adubo e discos duplos defasados de 14° e 15° de diâmetro para a linha da semente. Acompanham duas rodas limitadoras de profundidade, fixas ao lado dos discos sulcadores, e, rodas compactadoras em forma de "V".



### Opcionais

- Acionamento automático  
Acionamento do sistema elétrico através de cabo de aço, que atua em sincronismo com a caixa de câmbio.



## Distribuição da Semente

A densidade de semente e o comprimento da parcela devem ser previamente conhecidos e o distribuidor é alimentado por um único operador. O sistema possui um distribuidor central com 24 saídas, o qual distribui quantidades iguais de semente por unidade plantadora, mesmo em terrenos inclinados. A unidade plantadora é composta por um sistema de cone giratório com 31 células, que é acionado pela transmissão acoplada a caixa de câmbio (determina o comprimento da parcela). Desta maneira a semente é conduzida até o sulco. O operador libera a semente no distribuidor central, atingindo assim o copo móvel que está sobre o cone, a partir daí o sistema elétrico, acionado através de um botão, libera a semente até as células.



...dutos sem prévio aviso, se assim julgar necessário.

**Semeadora Linear de Parcelas**  
Plantio Direto ou Convencional

# SHP

236-249

Vendas conforme projeto  
Modelos sob consulta - várias configurações

**SEMEATO**  
Plantio Direto

The advertisement features two photographs of the SHP 236-249 linear sowing machine in operation. The top photo shows the machine from a side-rear perspective, with two operators on a tractor pulling it through a field. The bottom photo shows a similar view from a slightly different angle. Two inset images provide close-up views of the machine's sowing mechanism. The text is in Portuguese, highlighting the machine's versatility for both direct and conventional sowing.





## Sowing Wheel

This manual sower dibbles (sows) maize, soybeans, sorghum, beans, rice and all not too small grains.

The sowing depth is mostly 4,0 cm, depending on soil compaction and structure.



This machine punches holes and deposits one or more grains in it. The holes have a medium fixed distance of 23 cm.

You can not modify the seed distance within the row.



Seed distribution is done with a rotating ring, which catches the grain in its six holes, and delivers it to the beaks of the wheel.

The quantity of grains in each hole depends on the diameter of the hole and the thickness of the ring. In this way you need a proper sowing ring for each kind of grain.

In the case of corn you should make the ring exactly the thickness of the grain, with the hole about a millimeter larger than the grain diameter. This way it will dibble about 1,5 grains per hole (at 23 cm in between). Depending on seed quality you can have sometimes better results.

If you make a sowing ring yourself, you should make the six holes exactly in the same position, in relation to the three pins that hook in the wheel. If you do it a different way, grains will fall in the beaks too early, or too late, for a good distribution.

With corn you can plant about 2 hectares per day. With other cultures it mostly depends on the distance between the rows.

In 'no-tillage' this machine works well, but you need to put some weight on it, otherwise the holes it punches are too shallow. This weight (a piece of iron or a stone) you can put into the seed box.



The small rear wheel closes somewhat the holes. If you sway it to the front it becomes the transport wheel.

Always use graphite, to reduce seed damage.

Don't walk too fast; the grains fall better if you walk somewhat slower.