

# UN DOSSIER DU SEMIS DIRECT

## SYSTÈMES DE CULTURE SUR COUVERTURE VÉGÉTALE

- Stratégies et méthodologie de la recherche-action
- Concepts novateurs de gestion durable de la ressource sol
- Suivi-évaluation et analyses d'impacts

**L. Séguy**  
**S. Bouzinac**



**CIRAD-CA/GEC**

# **SYSTÈMES DE CULTURE SUR COUVERTURES VÉGÉTALES**

- . STRATÉGIES ET MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE-ACTION**
- . CONCEPTS NOVATEURS DE GESTION DURABLE DE LA RESSOURCE SOL**
- . SUIVI-ÉVALUATION ET ANALYSE D'IMPACTS**

**L. Séguy**

# I INTRODUCTION : DES RAISONS MAJEURES ET VITALES POUR GÉRER AUTREMENT LE CAPITAL SOL DES TROPIQUES.

## 1.1. UN CONSTAT DE GESTION DÉSASTREUSE DU CAPITAL SOL, GÉNÉRALISABLE SOUS LES TROPIQUES

- ◆ L'interdépendance entre l'agriculture et l'environnement, est évidente
- ◆ Le transfert Nord-Sud des modes de gestion mécanisée des sols a eu des effets négatifs permanents, voire désastreux :
  - Sur la dégradation et l'érosion des sols,
  - Sur leur qualité biologique,
  - Sur la contamination de l'eau par les sédiments (*externalités*), les éléments minéraux (*eutrophisation des milieux, pollution des nappes par les nitrates*), et les pesticides,
  - Sur le climat global (*renforcement de l'effet de serre*),
  - Sur la biodiversité (*monocultures dominantes, disparition de la faune*),
  - Sur le paysage (*disparition de l'arbre*).
- ◆ La terre va mal partout dans le monde et encore plus sous les tropiques où les excès climatiques sont plus sévères et monnaie courante, et s'exercent sur des milieux physiques extrêmement fragiles, très vite déstabilisés sous une démographie galopante, par des sociétés rurales pauvres qui n'ont pour toute ressource le plus souvent, que celles du milieu naturel pour survivre.
- ◆ Les nombres déjà publiés sur l'érosion sous les tropiques<sup>(1)</sup> et en climat tempéré<sup>(2)</sup> sur le rythme de disparition des forêts humides, des espèces animales, sur l'avancement des déserts, sur les impacts de ces catastrophes sur la pollution globale de la planète et la Santé de ses habitants, sont monstrueux et effrayants pour l'avenir :
  - La bataille de l'eau a déjà commencé,
  - Celle relative à la préservation de la forêt est aussi très engagée au niveau international,
  - La conquête des dernières terres arables (*hors forêt*) se poursuit à un train d'enfer (*Amérique du Sud*) ... et le long cortège de destruction de l'environnement continue de s'agrandir...
- ◆ Pourtant, une conscience collective est en train de se développer rapidement au niveau planétaire et agit déjà pour infléchir au moins localement, très significativement les courbes catastrophes : c'est le cas de l'agriculture de conservation<sup>(3)</sup> qui permet de gérer les sols pour des utilisations agraires altérant au minimum la biodiversité naturelle en les préservant de l'érosion et de la dégradation, et qui peut garantir des productions alimentaires saines, dans un environnement protégé.

---

(1) - World development report 1992 (BIRD)

(2) - ECAF, APAD - 1999

(3) - L'exemple du Brésil est le plus significatif de la dernière décennie de ce siècle.

## 1.2 LA LIAISON ENVIRONNEMENT ET PAUVRETÉ

Si l'interdépendance entre agriculture et environnement est aujourd'hui de plus en plus évidente dans les pays du Nord (*les catastrophes écologiques sont là pour maintenir la mémoire vive*), la liaison entre protection de l'environnement et lutte contre la pauvreté doit s'inscrire dans les priorités d'intervention chez les pays tropicaux au Sud<sup>(4)</sup>. "On peut en effet douter de l'efficacité à long terme de projets d'amélioration des conditions de vie en milieu rural, si dans le temps, un effort significatif n'est pas fait pour garantir une préservation durable du capital environnemental. La sauvegarde, sur une base concertée et pérenne du potentiel de production est donc un élément essentiel d'amélioration de la sécurité à long terme des populations rurales défavorisées, et, à ce titre, s'intègre à la lutte contre la pauvreté". La relation entre lutte contre la pauvreté et protection de l'environnement est aussi justifiée par un raisonnement économique<sup>(5)</sup>. Si l'agriculture est classiquement classée dans le secteur primaire (*activité minière*), "l'agriculture durable entre dans le secteur secondaire, car elle devient une activité économique qui ne consomme pas son capital Sol - Matière Organique, mais au contraire, gère un capital de production dans lequel elle investit pour l'entretenir l'améliorer et le faire produire = c'est une activité économique durable".

L'agriculture de conservation, et en particulier, la gestion du capital - Sol en semis direct sur couvertures végétales permanentes, développée au Brésil par le CIRAD et ses partenaires de la recherche<sup>(6)</sup> et du développement<sup>(7)</sup> depuis plus de 20 ans, offre à cet égard, au-delà de l'innovation agronomique et de ses effets protecteurs sur l'environnement, tous les éléments d'une véritable révolution vers une agriculture durable.

## 1.3. DES ÉCHELLES CONVAINCANTES EN SEMIS DIRECT AVEC UNE ADOPTION EXPONENTIELLE EN AMÉRIQUE DU SUD AU COURS DES 15 DERNIÈRES ANNÉES = DES NOUVELLES MOTIVATIONS FORTEMENT MOBILISATRICES POUR LES AGRONOMES, LES CHERCHEURS ET LES AGRICULTEURS DU MONDE ENTIER.

Les pays du MERCOSUL (*Brésil, Argentine, Paraguay, Uruguay, Chili*) avaient, en 1987, seulement 870.000 ha en Semis Direct ; aujourd'hui, ils totalisent 23,7 millions ha<sup>(8)</sup> en 13 ans. Rien qu'au Brésil (*13,7 millions ha*), tous les spécialistes s'accordent pour avancer, qu'en 10 ans, ce pays<sup>7</sup> a préservé plus de 1 milliard de tonnes de sol arable, économisé plus de 11 milliards de dollars, 1,3 milliards de litres de combustible, et séquestré plus de 500 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>.

La surface occupée par les techniques de semis-Direct dans le monde, est de 58,106 millions d'hectares en 1999/2000. Aux U.S.A., le semis-direct<sup>(8)</sup> représente 16% de la surface totale cultivée, 25% au Brésil, 37% en Argentine et 52% au Paraguay.

Parmi les principaux facteurs qui ont provoqué une telle révolution en Amérique Latine =

- Contrôle efficace et économique de l'érosion, augmentation de la fertilité du sol (*matière organique, vie biologique*),

<sup>(4)</sup> Denis Loyer (AFD) Nov. 2000, cité in extenso.

<sup>(5)</sup> Denis Loyer (AFD) et Claude Bourguignon (LAMS) - Nov. 2000.

<sup>(6)</sup> IAPAR, EMBRAPA, Fondation ABC, AGRONORTE, COOPERLUCAS, PREFECTURE DE SINOP, Groupe MAEDA.

<sup>(7)</sup> FEBRAPDP, APDC, POTAFOS, Revues "Informações Agronômicas" et "Plantio direto". Partenaires agriculteurs dont Munefumi Matsubara et Paulo Machado.

<sup>(8)</sup> FEBRAPDP, 2000; AAPRESID, 2000; Projeto conservação de solos MAG-GTZ, Rolf Derpsch, 1999; Carlos Cravetto, 1999; AUSID, 1999; NO TILL FARMER, 1999; Hebblethwaite, CTIC, 1997; Patrick Wall, CIMMYT, 1999.

- Connaissances disponibles (*agriculteurs pionniers et leaders, recherche*),
- Productivité plus stable, itinéraires techniques plus simples, plus faciles à réaliser (*flexibilité*),
- Secteurs publics et privés ont, d'un commun accord exprimé, sans contradictions, leur adhésion au système,
- Très forte diffusion d'agriculteur à agriculteur par les associations de semis direct et par la qualité des publications pratiques, mises à leur disposition,
- Performances économiques toujours nettement supérieures à celles des systèmes conventionnels (*moins de machines, moins d'engrais, moins de pesticides*),
- Nécessité absolue pour les producteurs sud-américains d'être très compétitifs dans le marché globalisé, car ils ne disposent d'aucune subvention -

Au-delà de la préservation des sols, de l'eau, de la fertilité, et de l'augmentation régulière de la productivité dans un environnement protégé, **le système de Semis Direct a été un facteur déterminant pour l'établissement d'un nouveau profil de l'agriculture plus propre dans les pays du Sud (*Amérique Latine*), les rendant plus aptes à affronter les défis économiques et techniques de cette fin de siècle, caractérisée par la globalisation des marchés et de la connaissance.**

En réalité, aucun autre système depuis l'ère de l'agriculture moderne et intensive, n'a été capable de conquérir un espace aussi considérable en si peu de temps. Cette révolution technologique a été possible parce que c'est la seule qui réponde efficacement aux exigences écologiques et aux contraintes socio-économiques d'aujourd'hui.

Il existe un énorme potentiel pour l'utilisation du Semis Direct comme technologie de conservation des sols en Europe, mais aussi et surtout, en Afrique et Asie où ce mode de gestion conservatoire de la ressource sol constitue également la première garantie de lutte durable contre la pauvreté.

## II STRATÉGIES ET MÉTHODOLOGIE DU PROGRAMME SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES VÉGÉTALES DU CIRAD CA (PROGRAMME GEC/SCV)

### 2.1 LES GRANDS ENJEUX

#### 2.1.1 Les enjeux pour l'environnement

- montrer que l'on peut stopper immédiatement l'érosion, partout et rapidement.
- que l'on peut restaurer rapidement la fertilité des sols même les plus dégradés, tout en pratiquant une agriculture durable sans intrants chimiques ou avec un minimum d'intrants, à partir de systèmes intégrant l'agriculture et l'élevage, facilement appropriables, moins contraignants pour les agriculteurs (*pénibilité, temps de travaux*) et plus productifs (*et plus stables*),
- que l'on peut : reconstruire de la biodiversité, concilier agriculture, élevage et reboisement en bocage des espaces cultivés (*remettre de l'arbre dans les paysages, comme régulateur biologique, source de revenus et surtout production de bois de chauffe qui constitue un motif de plus de déforestation*),
- que l'on peut parfaitement protéger les infrastructures hydrauliques, les routes et pistes, les rivières (*minimiser, écrêter donc les ondes de ruissellement sur les pentes et de crues en zones de bas fonds, en favorisant l'infiltration des eaux*),
- que l'on peut protéger la qualité des eaux (*nappes, rivières*) notamment de la pollution par les débits solides (*externalités*), les nitrates et les pesticides (*Xénobiotiques*)

#### 2.1.2. Les enjeux pour le développement

##### ➔ Dans les écologies forestières:

- ◆ il faut protéger la forêt, donc fixer les agricultures sur les zones déjà défrichées, même si la densité d'occupation s'accroît,
- ◆ partant de l'écosystème forestier, montrer :
  - que l'on peut le défricher de manière non destructive pour la fertilité des sols (*cf. défrichement moins destructeur de L. Séguy, S. Bouzinac et al., 2000, en Amazonie*) ;
  - que l'on peut préserver la capacité des sols à produire durablement en leur assurant un statut organique qui supporte une agriculture durable à faible niveau d'intrants chimiques (*systèmes agriculture-élevage*) ;
  - que l'on peut, partant des unités de paysage déjà les plus fortement dégradées et abandonnées à la jachère, restaurer très vite leur fertilité au moindre coût (*ce scénario permettra de faire face à une densité croissante d'occupation de l'espace déjà cultivé → scénarios de prévention bon marché, plutôt que curatifs, inadaptés et onéreux*) ;
  - que l'on peut construire des scénarios diversifiés de développement facilement appropriables par des publics variés d'utilisateurs (*ethnies de traditions diverses et conditions socio-économiques différenciées*), qui intègrent l'agriculture l'arbre et l'élevage → offrir donc des choix de développement éprouvés à grande échelle, au niveau des unités de paysage, des terroirs et des régions ;

- que l'on doit et peut former tous les acteurs du développement à la maîtrise d'un large choix de scénarios d'agricultures durables, pour faciliter leur appropriation, leur adaptation et leur diffusion.

### ➔ Dans les écologies de savanes :

En partant des terroirs les plus dégradés par les techniques de travail du sol et une densité croissante d'occupation des sols (*jachères de très courte durée ou absentes*) :

- Restaurer leur fertilité au moindre coût grâce aux techniques de semis direct, avec des scénarios de production sans jachère (*répondre à la densité croissante d'occupation des terres*) ;
- Concilier agriculture durable et élevage ; en particulier, dans une première étape promouvoir le semis direct tout en maintenant la tradition d'élevage nomade et/ou sédentaire qui se nourrit sur les parcelles de culture en saison sèche (*il ne fait aucun doute que la diffusion rapide du semis direct chez les agricultures les plus déshéritées en Afrique se fera d'abord à partir de systèmes de culture "agriculture - élevage" qui pourront intégrer la gestion actuelle des troupeaux*) ;
- Remettre l'arbre à sa place dans les parcelles de culture (*vocations fourragère, bois de chauffe, fruitiers, etc... → embocagement, régulateur biologique et produit de diversification.*).

### 2.1.3. Les enjeux pour la recherche

- ◆ Des stratégies qui anticipent : prévenir plutôt que guérir, anticiper plutôt que "autopsier", subir =
  - Le rôle le plus important, le plus prolifique et le plus responsable de la recherche - action est celui d'anticiper, construire à l'amont des réalités agricoles actuelles, en partant d'elles, des scénarios d'agricultures durables et diversifiées, dans un environnement totalement protégé, et avec les acteurs du développement.
  - Cet exercice opérationnel réel et en vraie grandeur (*critères agronomiques mais aussi techniques et économiques*) préfigure les performances des scénarios "futurs possibles" que les acteurs apprennent à bâtir ensemble, à maîtriser - Toujours en avance sur les systèmes en vigueur, il permet ainsi d'infléchir, moduler les scénarios du futur, pour répondre à tout changement brusque d'ordres économique ou climatique (*réponse de réaction rapide aux changements*) et d'évaluer préventivement les impacts des systèmes sur l'environnement (*avant leur adoption par les agriculteurs*).
- ◆ Les objectifs sont, simultanément et dans une démarche à la fois holistique et heuristique :
  - de bâtir avec les agriculteurs des solutions pratiques et appropriables pour surmonter les obstacles à la fixation des agricultures tropicales (*critères des agriculteurs, développeurs et chercheurs, mais aussi du monde scientifique et de la société civile*),
  - d'expliquer et de modéliser le fonctionnement des agro-systèmes cultivés durables, pour pouvoir les adapter rapidement à d'autres écosystèmes et agrosystèmes tropicaux,

- d'analyser et d'évaluer leurs impacts : sur l'évolution de la fertilité des sols à l'échelle d'unités de paysage représentatives, des terroirs et des bassins versants, sur le comportement et la mentalité des agriculteurs et des sociétés rurales,
- de former les acteurs à la maîtrise de ces systèmes durables, de contribuer à l'amélioration de l'organisation des producteurs, en les aidant à s'approprier les systèmes de culture de leur choix (*filères commerciales, crédit, etc...*).

## 2.2 LA SOURCE

Le Brésil est la source actuelle la plus performante (*diversité des situations, échelles d'adoption*) pour alimenter le transfert Sud-Sud des technologies de Semis Direct.

C'est à partir du Brésil, que le CIRAD a acquis son expérience du Semis Direct, où il a bénéficié de partenariats exceptionnels<sup>(6,7)</sup> dans une agriculture particulièrement dynamique qui a dû entrer dans le marché globalisé, sans bénéficier de subventions.

L'équipe CIRAD-SCV-Brésil a pu ainsi créer ces techniques et contribuer très largement à leur diffusion dans les zones tropicales chaudes et humides du Brésil Central (*Cerrados, forêt*) ; elle a également, à partir du Brésil, piloté et animé scientifiquement les adaptations de ces techniques à MADAGASCAR depuis 1990 et plus récemment en Asie (*Laos, Vietnam*), en Afrique du Nord (*Tunisie*) grâce au plan d'action financé par la coopération française (*AFD, FFEM, MAE - 1999*).

L'originalité de l'intervention de l'équipe SCV au Brésil, réside dans la mise en œuvre de ses moyens de travail pour réaliser ses recherches, qui ont été financés majoritairement par le secteur privé brésilien ; l'équipe a donc utilisé les moyens des plus aisés pour en faire bénéficier les plus démunis (*transfert Sud-Sud → adaptation du semis direct*) ; c'est une forme de coopération intéressante à développer au profit des pays du Sud les plus pauvres.

## 2.3 LES TYPES DE PUBLICS ET LES AGROSYSTÈMES

Les technologies de Semis Direct présentent une très large adaptabilité aux plans agronomique et technique, aussi bien dans les pays tropicaux et subtropicaux du Sud que dans les pays développés du Nord (*des possibilités de coopération Sud-Nord peuvent s'envisager pour la construction de scénarios efficaces et écologiques de production durable en Europe*).

Il faut cependant les adapter aux conditions socio-économiques des agricultures du Sud.

Parmi les priorités, compte tenu de l'importance du Semis Direct pour la lutte pressante contre la pauvreté, les agricultures les plus démunies dans les environnements pédoclimatiques les plus défavorisés devraient être privilégiées. C'est en effet à partir d'exemples les plus difficiles à résoudre que le semis direct montrera ses capacités à construire des agricultures durables dans un environnement protégé, et par la même son importance socio-économique pour la lutte contre la pauvreté, là où tous les autres systèmes ont déjà échoué et très largement contribué à détruire les ressources naturelles (*les sols, l'arbre*).



## 2.4 LA MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE-ACTION

- ◆ L'essentiel du travail de Recherche-Action consiste, en partant de diverses situations pédoclimatiques et socio-économiques régionales (*diagnostic initial, typologie des exploitations qui conduisent à l'analyse des contraintes majeures pour la fixation d'agricultures durables*), à adapter, construire, pour et avec les agriculteurs, dans leurs milieux, des systèmes de culture durables bâtis sur des techniques de Semis direct facilement appropriables par les agriculteurs (*Fig. 2*). Ces systèmes doivent d'abord améliorer, restaurer puis maintenir la capacité de production du sol à long terme avec l'utilisation d'un minimum d'intrants, voire sans intrants, dans un environnement totalement protégé (*échelles des unités de paysage, des terroirs, des bassins versants*).

(\*) *Ce dernier objectif ne peut être atteint qu'en augmentant la teneur en matière organique des sols (Matière organique efficace), que seules, les techniques de semis direct permettent d'obtenir<sup>(9)</sup>, en l'absence de tout apport exogène de matière organique (fumier, compost) ou de présence de prairies naturelles et de jachères de longue durée.*

- ◆ **La démarche de Recherche-Action** comporte 3 étapes étroitement imbriquées<sup>(10)</sup> (*Fig. 1*):

- Un diagnostic initial (*situation de départ*), puis permanent (*analyse des impacts des innovations sur le milieu*),
- La création de systèmes de culture plus performants avec les agriculteurs, en partant des systèmes traditionnels (*vitrines de l'offre technologique = critères simultanément agronomiques, techniques, socio-économiques*),
- La contribution à l'appropriation des systèmes de culture choisis par les agriculteurs (*diffusion à l'échelle de Fazendas de référence et des terroirs avec appui à l'organisation des agriculteurs = filières commerciales, crédits, intrants, transformation des produits, gestion du foncier, création d'associations de producteurs en semis direct, etc...*),
- Et la formation continue de tous les acteurs du développement (*agriculteurs, vulgarisateurs, agronomes, chercheurs*).

- ◆ **Les échelles d'intervention de la Recherche-Action**

- D'abord 2 échelles complémentaires pour construire, dès le départ, les conditions de reproductibilité régionale des résultats appropriables par les agriculteurs (*Fig. 3 et 4*):
  - + Les systèmes de culture, au niveau de la parcelle cultivée,
  - + Les toposéquences ou transects des unités de paysage représentatives, encadrant la variabilité du facteur état de fertilité du sol, dans lesquelles sont inclus les systèmes de culture traditionnels (*référence*) et les nouveaux systèmes (*novateurs*) en semis direct, plus performants. Ce niveau d'échelle d'intervention constitue la "vraie grandeur" opérationnelle, qui permet de prendre en compte

<sup>(9)</sup> cf. Travaux Semis Direct Brésil (L. Ségué, S. Bouzinac, 1996-2000; Revue Plantio Direto n° 59).

<sup>(10)</sup> cf. L. Seguy, 1994; L. Ségué, 1996; L. Seguy, 1999.

les flux et transferts de matières qui conditionnent le potentiel de production des unités de paysage (*flux hydriques, transports solides et en solution, gradients de fertilité, histoires parcellaires, etc...*).

- On déduit de cette première étape de construction des systèmes de culture à l'échelle des toposéquences représentatives, avec les producteurs, tous les éléments nécessaires à la fixation de scénarios d'agriculture durable au niveau de fazendas de référence et des terroirs. Ce niveau d'échelle d'application aux fazendas de référence et terroirs permet d'éprouver l'offre technologique (*systèmes de culture diversifiés en semis direct*), en prenant en compte les contraintes socio-économiques des sociétés rurales et de contribuer à la diffusion en intervenant alors, si nécessaire, sur l'organisation des agriculteurs (*filières commerciales, crédit, intrants, gestion du foncier, création d'associations de producteurs en semis direct*),
- Cette dynamique de création-diffusion et formation permet, grâce à ces différents niveaux d'échelle :
  - + l'apprentissage de la maîtrise technique des systèmes par les agriculteurs et l'incorporation de la praticabilité dans les innovations,
  - + de faciliter la diffusion spontanée des systèmes en semis direct,
  - + d'amplifier la diffusion et de contribuer efficacement à l'appropriation des systèmes par les producteurs en révélant des agriculteurs créateurs de l'innovation, charismatiques et souvent leaders influents, qui jouent le rôle de consultant-adaptateur des technologies au sein des communautés villageoises et réalimentent efficacement l'appareil de recherche (*feed-back*).

#### **2.4.1 LA CREATION DE L'OFFRE TECHNOLOGIQUE "SYSTEMES DE CULTURE" AVEC LES AGRICULTEURS**

- Les systèmes de culture (traditionnels + novateurs) sont organisés en "matrices des systèmes", sur toposéquences représentatives. Partant des systèmes traditionnels, les nouveaux systèmes sont élaborés par l'incorporation progressive, systématique et contrôlée de facteurs de production plus performants (*modes de gestion des sols et des cultures, produits thématiques tels que variétés, niveaux de fumure, etc. ...*), [Cf. Séguy L., 1994, 1996].
- La construction de la matrice systèmes de culture obéit à des règles précises ( Séguy L. , 1994 ; Séguy L. et al., 1996) qui permettent l'interprétation des effets directs et cumulés des composantes des systèmes au cours du temps aussi bien sur leurs performances que sur leurs impacts sur la fertilité des sols, la biologie des adventices, etc...  
( Cf. Fig. 5, 6 et 7).

#### **◆ LA MATRICE "SYSTEMES DE CULTURE", qui est pérennisée (pour au minimum 4 ou 5 ans), constitue à la fois =**

- **Un lieu d'action, de création de l'innovation et de formation des acteurs**, dans lequel le montage matriciel des systèmes permet d'évaluer leurs performances comparées agronomiques, techniques dans les mêmes conditions de sol et climat, et de les classer au cours du temps (*réponses de leur stabilité ou fluctuations par rapport aux risques*)

*climatique et économique*), d'extraire des lois de fonctionnement des systèmes (*conditions de reproductibilité → modélisation*) ;

- **Un laboratoire de veille, précieux pour les scientifiques**, en permettant d'évaluer, de manière anticipée par rapport à l'adoption des systèmes, leurs impacts sur l'environnement (*érosion, qualité biologique des sols*<sup>(11)</sup>, *externalités, xénobiotiques*). C'est donc un lieu privilégié pour mettre en regard = performances de production des systèmes, modes de fonctionnement et impacts environnementaux, dans une démarche préventive qui offre des solutions réelles aux agriculteurs et décideurs pour concilier les exigences de la société civile (*impacts environnementaux*) et les objectifs des agriculteurs (*Productivités des systèmes, du travail, des marges, etc. ...*).
- **Le maintien de la mémoire vive** = les systèmes traditionnels et leurs évolutions y sont maintenus pour mesurer les progrès accomplis (*performances agronomiques et technico-économiques, impacts sur l'environnement*) au cours du temps. De même, les systèmes les plus destructifs de la ressource sol doivent être représentés tout au long de l'étude ; ils sont les témoins vivants de ce qu'il ne faut pas faire, et indispensables à la formation (*chronoséquences d'évolution des systèmes contrôlés*).
- **Un vivier de systèmes de culture qui réunit l'agriculture d'hier** (*avec travail du sol*), **l'agriculture d'aujourd'hui** (*les cultures des agriculteurs conduites en système de Semis Direct*) **et l'agriculture de demain** (*systèmes en Semis Direct construits sur une plus grande diversité de cultures, sur l'intégration de l'agriculture, de l'élevage et de l'arbre dans l'espace cultivé*).

◆ Tous les systèmes de culture sont conduits avec 3 niveaux de fumure :

- La fumure traditionnelle ou recommandée par la recherche, les organismes de développement, celle qui est utilisée par la majorité des agriculteurs de la région
- Un niveau de fumure faible, qui correspond, en gros, seulement aux exportations par grains des cultures,
- Une fumure non limitante (*expression du potentiel agronomique dans l'offre pédoclimatique locale*).

◆ Ces 3 niveaux de fumure combinés aux modes différenciés de gestion des sols et des cultures doivent permettre de mettre en évidence<sup>(12)</sup> au cours du temps :

- L'importance des possibilités de restauration de la fertilité au sens large **par la voie organo-biologique** (*Vitesse de restauration, importance → productivité de matière sèche totale en fonction des niveaux de fumure minérale, expression du potentiel de production du sol au cours du temps \**) et la preuve de la fermeture du système "sol-cultures"<sup>(12)</sup> sans pertes de nutriments, grâce aux systèmes de culture en Semis Direct conduits avec la fumure faible qui couvre seulement les exportations par grains.
- L'importance capitale et prépondérante de la gestion prioritaire des propriétés physiques et agro-biologiques (*étroitement liées*) dans l'expression des performances agronomiques des systèmes de culture au cours du temps, par rapport à celle des propriétés chimiques, dans les

<sup>(11)</sup> cf. concepts de R. Chaussod (afes, vol. 3 - n° 4, 1996).

<sup>(12)</sup> Concepts L. Ségué, S. Bouzinac 1990/2000.

sols tropicaux (*ferrallitiques et ferrugineux dominants, plus ou moins dégradés*).

(\*)*En résumé : la gestion agrobiologique des sols (Semis Direct) constitue la seule voie actuelle<sup>(13)</sup> qui peut conduire à des rendements élevés et stables avec un minimum de fumure minérale, ce qui relativise beaucoup l'importance, souvent prioritaire et exclusive, donnée à l'heure actuelle aux engrais minéraux dans le processus de fixation d'agricultures durables (Importance négative de la géochimie de l'Aluminium surestimée, utilisation non nécessaire d'amendements, etc. ...).*

**2.4.2 LA VALIDATION DES SYSTEMES DE CULTURE** choisis par les agriculteurs (*unités de recherche ouvertes en permanence aux acteurs*), au niveau de la région se fait dans des "fazendas de référence" représentatives (*milieu physique x milieu socio-économique*) et sur des terroirs, qui sont pilotés par des agriculteurs leaders, charismatiques ; ces derniers, si nécessaire, ajustent encore, affinent les systèmes par rapport à leurs objectifs et surtout amplifient la diffusion régionale (*agriculteurs consultants*). C'est à ce niveau des fazendas de référence et des terroirs que sont recueillies les performances des systèmes novateurs en milieu réel par rapport aux systèmes en vigueur (*critères agronomiques, techniques, économiques*) et que peuvent être aussi évalués les impacts sur l'environnement (*sols, externalités, etc. ...*), sur la mentalité des acteurs, ainsi que les possibilités d'évolution de l'économie régionale. Des banques de données de références sont ainsi établies dans chaque région.

**2.4.3 LA FORMATION** des divers acteurs du développement s'effectue tout au long du processus de création-diffusion en milieu contrôlé et milieu réel.

- ◆ L'ensemble du dispositif de Recherche-Action sert de support à la formation de jeunes agronomes des pays tropicaux, des chercheurs, des vulgarisateurs et des producteurs.
- ◆ LES MÉDIAS sont constamment sollicités (*journaux spécialisés, presse et TV locales*) pour aider à diffuser l'innovation.
- ◆ Toutes les activités de Recherche-Action du CIRAD en partenariat avec les pays du Sud constituent un véritable réseau d'adaptation et de validation des techniques de gestion conservatoire de la ressource sol (*Semis Direct sur couverture végétale*) dans le monde rural tropical et subtropical ; la démarche générale d'adaptation-validation repose surtout sur l'exploitation des lois de fonctionnement des systèmes de large applicabilité (*Travailler plutôt sur les points communs entre les divers écosystèmes et agrosystèmes que sur leurs différences*).

---

<sup>(13)</sup> Résultats L. Séguy, S. Bouzinac 1990/2000; R. Michellon, A. Chabanne 1990/98; H. Charpentier, 1999 ; Documents internes CIRAD-CA 34398 Montpellier Cedex 5 France.

### III LES CONCEPTS NOVATEURS DE GESTION DURABLE DE LA RESSOURCE-SOL, DÉVELOPPÉS PAR LE CIRAD CA (Séguy L. et al. 1983/2000)

- ◆ Les techniques de semis direct (*sans aucun travail du sol*) développées en zones sub-tropicales (*Brésil*) et tempérées (*U.S.A.*), qui sont construites sur les seuls résidus de récolte, sont insuffisantes<sup>(13)</sup> en climat tropical pour restaurer rapidement, puis maintenir la fertilité globale du sol, au moindre coût :
  - Le "réacteur = minéralisation de la M.O.", consomme davantage d'humus qu' il n'en reçoit par les systèmes de culture (*hors prairies et apports exogènes de M.O.*) ;
  - La restructuration de l'espace poral est insuffisante pour le développement favorable de la plupart des cultures ;
  - La couverture du sol n'est plus assurée au bout de quelques semaines, le laissant exposé à l'agression climatique, au passage des outils, et facilitant son envahissement par les adventices.
  
- ◆ A partir de ce constat, le CIRAD-CA<sup>(12)</sup> a alors conçu et mis en pratique de nouvelles techniques de Semis Direct, inspirées directement du fonctionnement de l'écosystème forestier = le semis direct sur couverture permanente du sol (*Fig. 18 et 19*).
  
- ◆ Si, dans la construction de ces systèmes, la recherche CIRAD<sup>(12)</sup> a pris pour modèle global de fonctionnement celui de l'écosystème forestier, elle a dû, pour y parvenir, développer une série de concepts fondamentaux complémentaires :

**3.1- LE CONCEPT DE BIOMASSE RENOUELABLE, APPELÉ «POMPE BIOLOGIQUE »** ; Cette biomasse "d'intercultures" garantit la couverture permanente du sol, même dans les conditions les plus propices à la minéralisation active de la M.O. (*pluviométrie et températures élevées de la ZTH*) et possède de multiples fonctions essentielles et complémentaires qui font appel au **Principe, concept de multifonctionnalité des couvertures**<sup>(12)</sup> (*Fig. 20 à 25*) :

#### ⇒ Au-dessus du sol

- ⊕ **Protection totale** et permanente de la surface contre les excès climatiques (*Rôle d'écran régulateur pour l'eau et la température, et d'écran protecteur pour la faune et les molécules de pesticides, d'amortisseur pour le passage des engins et animaux lourds*) ;
- ⊕ **Fonction alimentaire** pour la culture principale (*réglée par C/N et teneur en lignine*<sup>(13)</sup> *des parties aériennes et racinaires*) et fonction alimentaire pour les animaux (*intégration de l'élevage, vocation fourragère des biomasses*) ;
- ⊕ **Fonction de contrôle des adventices** par effets d'ombrage et/ou allélopathiques

#### ⇒ Au-dessous du sol

- ⊕ **Restructuration du sol par un puissant pouvoir agrégeant du système racinaire** (*Trame racinaire = trame de sustentation du sol* → à l'image du fer dans le béton armé), qui lui confère des propriétés physiques et

biologiques très performantes<sup>(14)</sup> (*qualité de l'espace poral = très filtrant, aéré, et en même temps très résistant à la déformation par la pression des machines et des animaux*) ;

- ⊕ **Recyclage des nutriments lixiviés** en profondeur, en particulier les nitrates, la potasse et le calcium (*fermeture du système "sol - Cultures"*), qui sont remontés en surface grâce aux systèmes racinaires des biomasses "pompes biologiques" très puissants à la fois dans leur capacité de développement en profondeur<sup>(15)</sup>, et dans leur fort pouvoir d'interception des nutriments et molécules organiques ;
- ⊕ **Utilisation de l'eau profonde** du sol, en dessous de la zone de pompage des cultures commerciales à l'image de l'écosystème forestier en saison sèche. Cette capacité de se connecter à la réserve d'eau profonde permet de produire de la biomasse verte en saison sèche, d'injecter du carbone en continu dans le profil cultural et d'entretenir une activité biologique soutenue.
- ⊕ **Capacité à mobiliser de la fertilité** (*extraction de nutriments par le système racinaire, puis remise à la disposition des cultures par minéralisation de la matière sèche*). Et ceci, surtout en conditions de sols considérées comme improductives pour la plupart des cultures commerciales et/ou alimentaires, industrielles (*selon les seuils critiques classiques de carences*).
- ⊕ **Développement d'une forte activité biologique** soutenue toute l'année (*les puissants systèmes racinaires de sustentation du sol constituent des milieux privilégiés, car protégés et jamais remaniés, et sont ainsi propices au développement et à l'activité de la faune et de la microflore*).
- ⊕ **Pouvoir désintoxiquant des biomasses végétales** de couverture<sup>(15)</sup> = contre la toxicité aluminique par exemple (*le genre Brachiaria*) ou contre la salinité (*acides organiques divers libérés lors de la minéralisation des biomasses de couverture*).

(\*) Il est évident que toutes les biomasses de couverture renouvelables ne possèdent pas forcément l'ensemble de ces qualités et ne peuvent assurer toutes les fonctions décrites, à l'optimum. La recherche doit et peut, grâce à ce canevas de propriétés requises pour le fonctionnement du Semis Direct:

- Les identifier dans la nature (*plantes natives ou améliorées*) ;
- Définir leurs qualités et fonctions, dans les systèmes de culture en Semis Direct, de même que leurs nuisances ;
- Les maîtriser, au moindre coût ;
- Recommander ensuite leur utilisation optimale dans les systèmes de culture des agriculteurs en fonction des problèmes à résoudre (*conseil de gestion*).

À l'évidence l'identification de ces biomasses d'intérêt fondamental pour les systèmes de semis direct, passe nécessairement par des relations très étroites, intimes, entre les chercheurs, agronomes et les écosystèmes et agrosystèmes = ces biomasses sont dans la nature ; des critères d'observation et d'évaluation précis permettent de les repérer<sup>(16)</sup> : par exemple, le formidable système racinaire (*production instantanée de M.S. très élevée*) du genre *Eleusine*, est

---

<sup>(14)</sup> Production de substances très efficaces pour l'agrégation = les polysaccharides, les endomycorhizes (*cas exemplaire d'Eleusine coracana, des Brachiarias*) - L. Séguy, S. Bouzinac 1998/2000. Le sol même très argileux, très intimement cousu par le système racinaire ne colle pas aux pièces travaillantes au semis (*disques ouvreurs du sillon, angady, cannes planteuses*) même en sol très humide, d'où capacités de semis accrues, même en conditions climatiques excessives (L. Séguy, S. Bouzinac 1996/2000).

<sup>(15)</sup> Désintoxication des sols pollués par la molécule sulfentrazone sous cotonnier (L. Séguy, S. Bouzinac - 1998).

<sup>(16)</sup> L. Séguy, S. Bouzinac - 1994/2000.

*facilement repérable par le geste d'arrachage qui est la fonction manuelle de désherbage des cultures ; l'exclusivité de certaines espèces dans la colonisation du profil cultural est aussi un critère de choix, etc. ... Il faut vivre dans la dynamique de la nature, repérer les espèces et les modes de fonctionnement intéressants qui peuvent être reproduits ou adaptés au profit de l'agriculture de conservation.*

- **Le concept de MULTIFONCTIONNALITÉ des biomasses végétales** de couverture renouvelables, qui a été développé au fur et à mesure de la construction de systèmes de culture de plus en plus performants et à vocations multiples<sup>(17)</sup>, a permis de forger des principes originaux de gestion de la fertilité et de l'enherbement au moindre coût, qui sont des atouts décisifs du Semis Direct, à la portée des agricultures les plus démunies.

### 3.2 LES PRINCIPES DE GESTION DE LA FERTILITÉ,

appliqué à l'agriculture manuelle, sur sols très pauvres ferrugineux, ferrallitiques (*ou/et très dégradés*) avec un minimum d'engrais minéraux<sup>(18)</sup>, voire sans engrais minéraux :

#### + **Simultanément** =

- Utiliser des biomasses capables d'extraire de la fertilité de sols improductifs pour les cultures (*grâce à l'activité de leurs excréments racinaires → fortes biomasses pour le semis direct*) ;
- Les associer à la pratique de l'écobuage, limitée à la ligne de semis sur culture à large espacement.

#### + **Les biomasses végétales capables de mobiliser de la fertilité sur sols très pauvres** existent dans la nature, il faut :

- Les identifier (*genres Brachiaria, Stylosanthes, Cassia rot. pour les sols acides, à forte saturation en Al, supérieure à 50-60%, carencés en P, K, oligo-éléments*), grâce à leur capacité de concurrence vis à vis de la flore locale et des cultures (*espèces dominantes, parfois "pestes végétales", puissance des systèmes racinaires, etc. ....*).
- Les incorporer et les maîtriser, au moindre coût, dans les systèmes de culture actuels (*coût inférieur à tout travail du sol, moindre pénibilité*).

(\*) *Ce principe est applicable à tous les types d'agriculture, aussi bien manuelles que mécanisées.*

- + **L'écobuage**<sup>18</sup>, technique ancestrale (Ouest Cameroun, vallée du Niari en Afrique) est utilisé pour contrôler les adventices et mobiliser les nutriments essentiels non utilisables par les cultures avec travail du sol. Sa pratique, modérée et localisée seulement sous la ligne de semis des cultures semées à grand espacement (*maïs, mil, coton, riz en doubles lignes*), oxyde fortement la M.O. et accélère sa minéralisation ; quand elle est associée au Semis Direct

---

<sup>(17)</sup> Au Sud de l'Amazonie, en ZTH, on est ainsi passé en 10 ans du système de monoculture de soja à 1 seule culture par an à des systèmes diversifiés à 2 cultures par an (*soja, maïs, riz + pampes biologiques*) puis des systèmes de 2 cultures/an + élevage en saison sèche - L. Séguéy, S. Bouzinac et al. 1990/2000.

<sup>(18)</sup> cf. expériences de Madagascar. ONG TAFA, L. Séguéy 1991-1996 ; H. Charpentier, R. Michellon 1996 - 2000.

Définition écobuage = Cuisson localisée du sol, sous la ligne de semis, avec des pailles enterrées comme combustible. Cette opération libère une forte fertilité qui correspond à l'application d'une fumure de fond importante.

sur couvertures végétales à partir de systèmes forts producteurs de biomasse (*systèmes Agriculture-élevage*), la technique de l'écobuage permet immédiatement, sans aucun apport d'engrais ou un minimum (*fumier traditionnel, compost, faible niveau NPK*), d'atteindre des niveaux de productivités élevés et rémunérateurs<sup>(16)</sup>, même sur des sols très pauvres que la tradition n'a pas su exploiter. Cette technique n'est pratiquée que comme effet starter pour mettre en route la minéralisation de la M.O. ; même s'il y a effectivement une perte notable instantanée de M.O. très localement sous la ligne de semis au cours de cette opération, la pratique associée du Semis Direct sur fortes biomasses permet de regagner cette perte très rapidement et assure ensuite un bilan M.O. positif<sup>(18)</sup>.

+ **Supprimer la jachère.** Le semis direct sur couverture végétale permanente permet de supprimer totalement la jachère, remettant ainsi dans le circuit de production agricole tropical, un énorme réservoir de terres improductives aujourd'hui. La remise en production de ce potentiel immobilisé se fait à partir d'espèces fourragères qui restaurent rapidement la fertilité (*physique, biologique*), dominant totalement les adventices (*perte de fertilité naturelle et pression des adventices sont les 2 facteurs principaux d'abandon des terres à la jachère, en milieu tropical*). Ces espèces fourragères, très largement ubiquistes<sup>(19)</sup> ouvrent la voie immédiate à la construction de systèmes agriculture-élevage en Semis Direct, répondant de ce fait à la tradition d'élevage sous les tropiques.

### 3.3 LES PRINCIPES DE GESTION DE L'ENHERBEMENT EN SEMIS DIRECT

+ **Revoir, nuancer la notion de "mauvaise herbe"** (*ne pas éliminer systématiquement toutes les espèces dans les cultures*).

+ **Utiliser des biomasses de couverture qui sont, toutes, exclusives des autres espèces** (*relations dominantes de concurrence sur les adventices*) ; ces biomasses ont développé des capacités exceptionnelles de compétition vis à vis des autres espèces, notamment par leur vitesse de croissance, leur aptitude à se nourrir préférentiellement et donc à exploiter, mobiliser efficacement les conditions de fertilité existantes. Au lieu de scénarios très diversifiés d'adventices concurrentes des cultures, on passe à un seul scénario avec une seule espèce à contrôler (*forts atouts pour la formation et la diffusion*).

Ces biomasses, exclusives des autres espèces, sont la plupart du temps des espèces fourragères, des espèces alimentaires dominantes en conditions marginales d'alimentation hydrique (*mil, sorgho, Eleusine*), ou des pestes végétales (*qui peuvent être des alliées précieuses<sup>(20)</sup> pour le Semis Direct, à condition de savoir les maîtriser au moindre coût*)

Leur contrôle s'effectue avant l'implantation de la culture en Semis Direct :

- Soit sans herbicide, par roulage et/ou fauchage,
- Soit avec des herbicides totaux (*glyphosate seul ou associé au 2-4D, flumioxazin, etc. ...*)

Les adventices sont maintenues sous contrôle, sous les fortes biomasses desséchées, par effets d'ombrage et allélopathiques (*les travaux de recherche*

---

<sup>(19)</sup> cf. résultats Brésil; L. Séguy, S. Bouzinac et al 1996/2000 - cf. résultats Vietnam, O. Husson 1998/2000 - cf. Résultats Madagascar, H. Charpentier, R. Michellon, ONG TAFE 1996/2000.

<sup>(20)</sup> cf. Travaux de P. AUTFRAY, 1993/98; cf. travaux en cours F. TIVET au Laos, 2000



développés sur ce thème sont également fondamentaux et nombreux dans le programme SCV<sup>(21)</sup>).

+ Ce concept des biomasses de couverture, dominantes et exclusives des autres espèces d'adventices, conduit à bâtir des itinéraires techniques sans herbicide, dès lors que ces biomasses offrent un écran d'ombrage protecteur très efficace (*importance et uniformité de la couverture sèche*) et des effets allélopathiques performants (*nature des molécules à effet herbicide, durée d'actions de ces principes chimiques qui est liée à la vitesse de décomposition des biomasses, elle-même fonction de leur teneur en lignine et de leur rapport C/N*).

Cette voie de contrôle de l'enherbement constitue un mode de gestion, ou totalement naturel sans herbicide (*difficile cependant avec les pestes végétales et les espèces fourragères les plus puissantes ; possible avec des biomasses annuelles telles que mil, sorgho, Eleusine, crotalaires*), ou avec utilisation seulement d'herbicides totaux pour dessécher la biomasse avant semis ; ensuite, aucun herbicide n'est employé dans la culture (*voie de recherche très porteuse qui montre qu'il existe d'autres solutions que les OGM et qui a le mérite de la plurifonctionnalité = avec la fonction contrôle des adventices, on bénéficie de toutes les autres fonctions agronomiques positives majeures*).

+ Compte tenu des relations de dominance totale que les meilleures biomasses de couverture manifestent vis à vis des adventices, il est possible, par un choix judicieux de la nature de biomasse, de faire évoluer à tout moment<sup>(23)</sup> la flore adventice diversifiée vers un peuplement monospécifique qui soit facilement contrôlable et au moindre coût (*susceptibilité au roulage, au fauchage ou aux herbicides totaux très bon marché comme le glyphosate ou le sulfosate*) ; il y a donc possibilité d'adéquation entre choix de la biomasse de couverture et les meilleures molécules herbicides du moment (*les moins polluantes et les moins coûteuses*).

+ Il est nécessaire cependant, d'organiser dans la parcelle cultivée les peuplements des cultures commerciales, alimentaires au industrielles, de manière à pouvoir intervenir rapidement avec facilité et efficacité, si nécessaire =  
- Soit avec des herbicides totaux, les plus faciles à utiliser,  
- Soit avec des outils manuels (*machette, faux, débroussailluse*).

+ Enfin, et c'est essentiel, le maintien d'une couverture totale et permanente de la surface du sol représente la meilleure et la plus efficace protection contre la pollution par les pesticides (*xénobiotiques*) =

- **En cousant véritablement le sol** par des trames racinaires très puissantes et structurantes, le risque d'entraînement des colloïdes et des autres composants du sol est totalement éliminé (*contrôle parfait des externalités solides, exceptés les solutés*).

- **L'épais écran protecteur**, toujours maintenu au-dessus de la surface du sol, intercepte totalement les produits pesticides (*il coexiste toujours, sur la surface, même en ZTH où le réacteur "minéralisation" est le plus actif en intensité et durée, à la fois : des résidus les plus riches en lignine en voie d'humification restant des cycles précédents, et les "pompes biologiques"*

---

<sup>(21)</sup> cf. Travaux CIRAD à la Réunion, X. Fontar, L. Thomas, 1987; L. Humeau, 1993; C. Lance, 1995 ; M. E. Eveno , 2000.

<sup>(23)</sup> Dès lors que l'on a fait les recherches idoines - cf. Travaux L. Séguéy, S. Bouzinac, R. Michellon, H. Charpentier, 1993/2000.

vertes qui produisent entre 7 et plus de 15 tonnes/ha<sup>(24)</sup> de matière sèche) ; soit un écran intercepteur vert, vivant, de 35 à plus de 70 tonnes/ha au moment de l'application des herbicides totaux ; la surface du sol est ainsi totalement à l'abri du contact direct avec les pesticides.

- **Les volumes de bouillies d'herbicide total** peuvent être réduits à moins de 50 l/ha et sont absorbés en totalité par la biomasse verte avant de toucher le sol,

- **En développant une très forte activité biologique** dans l'horizon nourricier 0-5 cm, toujours protégé de l'agression anthropique, le système de Semis Direct sur couverture vivante dispose d'un puissant appareil de dégradation<sup>(25)</sup> à l'égard des quelques molécules qui pourraient éventuellement franchir l'écran protecteur de surface.

La possibilité de cultiver les sols, sans pollution par les molécules xénobiotiques dans les systèmes de Semis Direct bien maîtrisés, sur couverture permanente, constitue un atout déterminant pour intégrer le cahier des charges de l'agriculture biologique. Les Semis Direct sur couverture permanente, est sans conteste une manière de produire plus proprement et, moyennant quelques ajustements techniques<sup>(26)</sup>, les petites agricultures tropicales devraient pouvoir en bénéficier et voir ainsi leur rémunération augmenter (*argument de lutte contre la pauvreté*).

### 3.4 LE CONCEPT DE MULTIFONCTIONNALITÉ DES BIOMASSES DE COUVERTURE, EN SEMIS DIRECT, CONDUIT À BÂTIR UNE NOUVELLE ALTERNATIVE À LA RIZICULTURE IRRIGUÉE TRADITIONNELLE

. Le schéma plus que millénaire = pépinière → mise en boue des rizières, planage → Sarclages, est un consommateur énorme de main d'œuvre en riziculture irriguée tropicale (*accompagné d'une pénibilité très élevée*), et d'eau douce.

. Il peut être remplacé aujourd'hui par le schéma suivant = installation en Semis Direct d'une forte biomasse sur l'eau résiduelle de la rizière immédiatement après la récolte (*vocation fourragère ou alimentaire*) ; la rizière est donc couverte en saison sèche ; à l'entrée des premières pluies : roulage de la biomasse (*ou fauche*), semis direct en poquets dans la biomasse de couverture et en conditions pluviales, de variétés de riz de haute technologie<sup>(27)</sup> (*Productivité et qualité de grains égales à celles des meilleures variétés irriguées*), qui possèdent toutes les qualités requises pour l'obtention de hautes productivités en conditions pluviales avec un minimum d'eau<sup>(28)</sup>. D'où, d'énormes économies de main d'œuvre (*plus de 60%*), d'eau douce (*conditions pluviales dominantes*), d'infrastructures (*planage non nécessaire ; seuls les drains sont obligatoires*) avec possibilité de diversifier la production en saison sèche avec la biomasse de couverture (*fourrages, grains*) dans un calendrier très allégé (*pas de travail du sol, sarclages réduits au minimum, voire supprimés*), facile et flexible à réaliser.

---

<sup>(24)</sup> Même en conditions soudano - sahéliennes → cf. résultats de la région de Tuléar dans le Sud Ouest Malgache (ONG TAFE, D. Rollin, L. Séguy 1995/2000).

<sup>(25)</sup> Des recherches actuellement sont en cours sur l'analyse des impacts des molécules pesticides en système de Semis Direct sur couverture permanente (L. Séguy et al. 2000).

<sup>(26)</sup> La recherche devra se préoccuper de concilier les techniques de Semis Direct sur couverture permanente avec le cahier des charges de l'agriculture biologique et organique.

<sup>(27)</sup> Concepts et créations L. Séguy, S. Bouzinac, J. Taillebois 1990/2000.

<sup>(28)</sup> cf. Travaux CIRAD-Madagascar - ONG TAFE, M. Charpentier, R. Michellon, L. Séguy 1998/2000.

### **3.5 TROIS GRANDS TYPES DE SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE PERMANENTE ONT ÉTÉ CONSTRUITS À L'IMAGE DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME FORESTIER**

- Ceux sur couvertures mortes,
- Ceux sur couvertures vivantes,
- Ceux sur couvertures à vocation mixte.

Dans les systèmes avec couverture morte permanente, la couverture du sol est assurée, en plus des résidus de récolte des cultures commerciales, par une culture de biomasse végétale (*espèce à vocation de production de grains*), extrêmement puissante, qui est implantée avant ou après la culture commerciale, en conditions climatiques généralement marginales ( *Cf. Fig. 8* ). Cette forte biomasse est desséchée aux herbicides totaux immédiatement avant le semis direct de la culture commerciale qui s'effectue dans la couverture grâce à des semoirs spécialement conçus à cet effet.

Dans les systèmes avec couverture vivante permanente, cette dernière est toujours une espèce fourragère, pérenne grâce à ses organes de multiplication végétative (stolons, rhizomes) ; la culture commerciale est implantée sur la couverture dont on a seulement desséché la partie aérienne (*en préservant totalement les organes de reproduction végétative par des herbicides appropriés, peu coûteux et peu polluants*). La couverture est maintenue à l'état de vie ralentie, non compétitive pour la culture commerciale (à l'aide d'herbicides sélectifs utilisés à très faible dose), jusqu'à ce que la culture commerciale, gérée à cet effet, assure un ombrage total au-dessous d'elle. Dès que la culture commerciale mûrit, elle laisse pénétrer la lumière, et la couverture vivante recouvre rapidement le sol à nouveau et peut être pâturée par les animaux après la récolte ( *successions annuelles : production de grains + production de lait ou viande ; voir Fig. 9* )

Les systèmes mixtes sont intermédiaires entre les deux modèles précédents et sont bâtis sur des successions annuelles qui comprennent : 1 culture commerciale + 1 culture biomasse pour production de grains, associée à une culture fourragère. On récolte donc 2 cultures successives pendant la saison des pluies, suivies pendant la saison sèche d'une production de viande ou lait, qui est assurée par la culture fourragère ( *Cf. Fig. 10* ).

(\*) Ce sont les longueurs de la saison des pluies et l'importance de la pluviométrie qui déterminent les possibilités d'application de l'un ou l'autre des systèmes de culture précédents en Semis Direct sur couverture permanente des sols.

Les figures 11 à 17 montrent quelques exemples de montage de systèmes en Semis Direct préservateurs de l'environnement en fonction des écologies, créés par l'équipe SCV du CIRAD CA (Séguy L., Bouzinac S., Michellon R., Charpentier H., Julien P., Chabanne A., Husson O., Rollin D.)

## IV SUIVI EVALUATION ET ANALYSES D'IMPACTS

### 4.1. SUIVI - ÉVALUATION<sup>(29)</sup>

Il est d'abord conditionné par l'importance des moyens financiers et humains mis à la disposition des projets de Recherche - Développement. Le dossier 1, en annexe, donne un exemple de suivi-évaluation de systèmes de culture en ZTH (*les systèmes de culture constituant notre objet central d'adaptation et d'étude*).

En fonction des échelles d'interventions =

- + **Echelle de la parcelle** (*systèmes de culture en milieux contrôlé et réel*). Performances comparées = agronomiques, techniques et économiques des systèmes de culture → Evaluation annuelle et interannuelle (*classification au cours du temps* → cf. Dossier 1 en annexe).

(\*) *En cas de moyens limités (financiers, personnel qualifié), les évaluations minimums incontournables portent sur :*

- *Production de biomasse (grains, paille), de viande, C/N des biomasses au dessèchement immédiatement avant semis direct des cultures et à la récolte des cultures et teneurs en nutriments de la M.S. ;*
- *Dynamique d'avancée du front racinaire et poids de racines dans l'horizon 0-40 cm (à la floraison des cultures et au dessèchement des biomasses) ; analyse C/N et teneurs en nutriments de la M.S. racinaire ;*
- *Parasitisme sol, culture ;*
- *Evolution flore adventice ;*
- *Calendrier et temps de travaux,*
- *Coûts de production, marges et valorisation de la journée de travail.*

Le recueil de ces données minimums permet, dans tous les cas :

- de classer les systèmes de culture à partir de leurs performances inter-annuelles, aux plans agronomique, technique et économique ;
- de comparer et comprendre leurs principaux modes de fonctionnement agronomique au cours du temps (*Relations Sol-Cultures*) et de les classer face aux risques climatiques majeurs ;
- d'identifier les systèmes les plus stables et de moindre risque du point de vue de la gestion économique face aux variabilités climatique et économique.

- + **Echelle de la toposéquence** (*Transect d'une unité de paysage*)
  - *Dynamique de l'érosion et du ruissellement (qualitatif = photos),*
  - *Evaluation des externalités = charge solide, teneurs en nitrates, bases, P, molécules xénobiotiques, recueillies dans la partie aval des toposéquences.*

(\*) *Les systèmes traditionnels peuvent occuper par exemple un transect complet, comparé à un transect adjacent conduit en semis direct ; les eaux de ruissellement peuvent être collectées dans une tranchée dans la partie basse de chaque toposéquence.*

---

<sup>(29)</sup> Un diagnostic initial, un état des lieux, caractérisant les conditions agronomiques, techniques et socio-économiques de l'agriculture régionale est un préalable incontournable à l'amélioration des systèmes de culture et de production.

- + **Echelle des terroirs** (*milieu réel*)
  - Performances comparées des systèmes de culture et de production sur simultanément = critères agronomiques, techniques et économiques.
  - Diffusion spontanée des systèmes de culture en Semis Direct
  - Identification des agriculteurs leaders (*futurs consultants*).
  - Modification des systèmes de culture et de production, de l'occupation de l'espace ; place de l'arbre dans l'espace cultivé, de la jachère.
  
- + **Echelle régionale**
  - Création de références agronomiques et technico-économiques régionales (*banque de données*) sur les systèmes de culture en Semis Direct sur couverture végétale.
  - Modélisation du fonctionnement comparé des systèmes de culture (*lois de fonctionnement des agrosystèmes extrapolables pour d'autres écologies*).

## 4.2. ANALYSES D'IMPACTS

### + SUR LE SOL

**Analyses de routine : Propriétés chimiques** dont pH, S, CEC, P total et échangeable (*Résine*), oligo-éléments ; **Propriétés physiques** = M.O., N organique, propriétés hydrodynamiques = eau utilisable, sa vitesse d'infiltration sous cultures, la typologie des agrégats et de l'espace poral ; la caractérisation et suivi permanent du profil cultural et en particulier de la dynamique de colonisation racinaire (*vitesse, caractéristiques d'exploration du profil*).

**Analyses plus fines, nécessaires pour quantifier la dynamique du carbone et des ions : la dynamique des nitrates, de Ca et K** (*Type de fonctionnement du système "Sol-cultures" : ouvert ou fermé [concept L. Séguy, 1996]*) . **Les Propriétés biologiques** = caractérisation de la faune (*macro et méso*), biomasse microbienne, biomasse microbienne/C, C et N organique, dynamique du C<sup>(31)</sup> (*C<sup>13</sup>/C<sup>12</sup>*), méthode du fractionnement granulométrique des matières organiques<sup>(32)</sup>, indice d'activité biologique globale<sup>(33)</sup>

### + SUR LES EXTERNALITÉS

- À l'échelle de toposéquences représentatives ou portions de bassins versants =
- Entretien des infrastructures = routes, pistes, aménagements hydrauliques (*opérations, coûts*) ;
  - Rivières, puits, nappes phréatiques = pollution au sens large.

### + SUR LA MENTALITÉ DES AGRICULTEURS

- Relations avec l'environnement (*culture de l'arbre, embocagement, respect de la faune*).
- Prise en compte de la qualité de la production.
- Organisation de la profession agricole (*clubs et associations de semis direct*).
- Nature de leurs décisions, vision de leur avenir.

---

<sup>(31)</sup> CERRI C. et al. (1985).

<sup>(32)</sup> FELLER C., 1995.

<sup>(33)</sup> BOURGUIGNON C. - 1995/2000 communications personnelles.

**+ SUR L'ÉCONOMIE RÉGIONALE**

- Filières commerciales, marchés, transformation de la production
- Circuits d'approvisionnements en facteurs de production, en crédits.
- Place de l'agriculture dans l'économie régionale.

**4.3. TRAVAILLER À LA RECHERCHE D'INDICATEURS SIMPLES, FIABLES, À LA PORTÉE DES DIVERS ACTEURS, EN MILIEU RÉEL.**

**+ COMME OUTILS DE DIAGNOSTIC AU DÉPART**

La flore adventice recèle de nombreux indicateurs précieux et simples de la fertilité, faciles à repérer ; la liste est trop longue pour en faire l'inventaire ici ; l'analyse agronomique comparée des systèmes de culture permet de les repérer, de même que les états très différenciés de fertilité existante dans les systèmes traditionnels et le milieu physique en général.

**+ COMME OUTILS DE DIAGNOSTIC PERMANENT ET D'ÉVALUATION**

- La flore adventice (*espèces indicatrices de diverses propriétés du sol*).
- La faune du sol (*macrofaune comme vers de terre, bousier etc...  
➤indicateurs de fertilité, de l'état de pollution du sol*).
- L'évolution de la production de biomasse sèche végétale =
  - + Au-dessus du sol → Partie aérienne + grains ;
  - + Au-dessous du sol → Vitesse de colonisation du front racinaire et biomasse des racines dans l'horizon 0-40 cm (*limite inférieure de l'action des outils*).

(\*) *Le profil cultural, comme méthode globale de synthèse pour l'appréciation de la fertilité au sens large, reste un outil indispensable et extrêmement précieux pour tous les acteurs. La méthode a été très utilement complétée et améliorée par C. Bourguignon, notamment sur l'évaluation in situ de l'activité biologique. Le réseau tropical SCV piloté par le CIRAD sur tous les continents doit devenir un support d'identification et de mise au point d'indicateurs simples et efficaces.*

## V ADEQUATION ENTRE FINANCEMENTS ET EVOLUTION DES PROJETS DE RECHERCHE - DÉVELOPPEMENT

**Le financement de la recherche adaptative** des systèmes de Semis Direct sur couverture végétale devrait être construit =

+ **EN FONCTION DU PAYS AUQUEL S'ADRESSE LE PROGRAMME** de recherche appliquée des SCV = tous les pays ne disposent pas des mêmes moyens financiers et humains, ni des mêmes milieux physiques (*conditions pédoclimatiques, états de dégradation plus ou moins avancés, etc. ...*), ni socio-économiques.

+ **EN FONCTION DE LA DYNAMIQUE D'AVANCEMENT DES PROJETS** de Recherche - développement = en effet, les 2 premières années sont consacrées à l'adaptation, la mise au point des bases systèmes de culture possibles en Semis Direct, en partant des productions locales. Cette première phase doit être discrète pour agir rapidement et efficacement, à l'abri des entraves de nature humaine (*une révolution comme les SCV rencontre des résistances multiples chez tous les acteurs du développement*) ; durant ces 2 premières années, consacrées surtout à l'adaptation agronomique et technique, les moyens sont minimums et limités au fonctionnement de l'expert sur place + homologue et quelques collègues partenaires du pays qui veulent s'investir dans le projet, plus 2 missions d'encadrement et d'appui d'agronomes généralistes qui maîtrisent parfaitement les SCV ; il s'agit, au cours de cette première phase, plus de bâtir et reproduire des systèmes SCV plus performants que les systèmes traditionnels, que de comprendre tous les rouages de leur fonctionnement (*les moyens doivent être affectés aux agents qui font et non à ceux qui savent, mais ne savent pas faire*).

En 3<sup>o</sup> et 4<sup>o</sup> année, avec l'obtention de systèmes déjà reproductibles et maîtrisés techniquement, qui doivent être testés en milieu réel chez les agriculteurs, les besoins financiers et humains augmentent, car, en plus du travail adaptatif et participatif en milieu contrôlé (*matrices, toposéquences x agrosystèmes*), il faut investir le milieu réel (*niveau parcelles des agriculteurs x diversité des situations*) et former déjà très activement les acteurs.

À partir de la 5<sup>o</sup> année (*4<sup>o</sup> année dans le meilleurs des cas*), la recherche doit évaluer ses propositions SCV avec tous les acteurs, à l'échelle des terroirs ; c'est également le moment où, **en milieu contrôlé**, la maîtrise des SCV est suffisante pour que l'évaluation des **impacts** (*fertilité au sens large, qualité biologique des sols x niveaux d'échelle*) et la modélisation du fonctionnement comparé puissent être abordés par des spécialistes thématiques de la Recherche. C'est donc à ce stade de "maturité" du projet que les moyens maximums doivent être concentrés pour satisfaire à la fois, aux besoins de la diffusion sur les terroirs (*mise en pratique à niveau d'échelle important + enquêtes sur les conditions de diffusion, changements, performances, etc. ...*), et aux besoins de la recherche thématique qui bénéficie alors d'un niveau de maîtrise compatible avec l'abordage de la modélisation rigoureuse du fonctionnement des systèmes, connectée avec leurs possibilités réelles d'application en milieu réel.

(\* *En résumé le financement de la recherche sur l'adaptation des SCV devrait être modulé à la fois en fonction des pays auxquels elle s'adresse et de l'état d'avancement des étapes de création-diffusion des SCV.*

Enfin, il est très important, essentiel, de susciter, d'inciter les communautés villageoises à s'organiser au sein de "clubs ou associations régionales" de Semis

Direct. À l'instar du Brésil, où ces associations ont montré leur pouvoir exceptionnel de diffusion, de formation, de création d'innovations, des structures construites sur le même modèle pourraient bénéficier d'appuis financiers pour exercer ces différentes fonctions, et de subventions si nécessaire pour accélérer l'adoption de ces techniques, comme une forme d'encouragement à cultiver de manière plus propre chez soi d'abord, et au bénéfice de la planète ensuite (*concilier les exigences de la société civile et celles de l'agriculture durable*).

## VI- PUBLICATIONS, SAVOIR-FAIRE, FAIRE-SAVOIR, FORMATION

### En Bref :

- + Le réseau tropical et subtropical des SCV (*CIRAD et partenaires du Sud*) est déjà très important dans sa représentation de la diversité des écosystèmes et agrosystèmes et continue de s'étoffer à grand pas grâce à l'appui financier de la coopération française (*AFD, MAE, FFEM*).
- + Ce réseau intervient dans chaque pays avec la même méthode de "construction", d'adaptation des SCV ; cet ensemble très diversifié aux plans environnements physiques et socio-économiques, rassemble une maille exceptionnelle d'unités opérationnelles de terrain pilotées avec les agricultures locales et totalement contrôlées par la Recherche, qui sont des laboratoires de veille et d'exception pour l'analyse anticipée des impacts des systèmes SCV et pour la modélisation scientifique du fonctionnement de ces systèmes ; ces unités, qui préfigurent les scénarios de l'agriculture propre de demain sont très en avance sur les scénarios actuels et constituent donc des outils précieux de pilotage de l'agriculture de demain pour concilier les exigences de la société civile (*lutte contre l'effet de serre, produits alimentaires totalement propres*) et celles des agriculteurs (*agriculture durable, au moindre coût, dans un environnement protégé et propre*).
- + Les publications issues du réseau SCV devraient être publiées également en langue anglaise, des CD-ROM doivent être produits :
  - Sur ce que **sont** les SCV, leur origine...
  - Sur ce que l'on construit, évalue dans chaque pays, qui pourrait servir de base de regroupement des résultats par écologie, agrosystème, etc..., donc de support de formation mais aussi de suivi-évaluation.
- + Au-delà de modules d'enseignement sur les SCV, qui pourraient être créés et qui mériteraient d'investir les écoles agronomiques françaises et des pays partenaires, des thèses pourraient être consacrées à de nombreux sujets scientifiques fondamentaux pour le progrès des SCV : bilan et dynamique des nitrates, bases, K dans des modèles de fonctionnement différenciés des systèmes ; recherche sur les propriétés allélopathiques des couvertures en vue de supprimer les herbicides ; dynamique du carbone avec son approche compartimentale, de l'azote organique ; modèles de fonctionnement des pestes végétales applicables aux cultures, contrôle de ces pestes au moindre coût en semis direct par les couvertures végétales, etc. ...

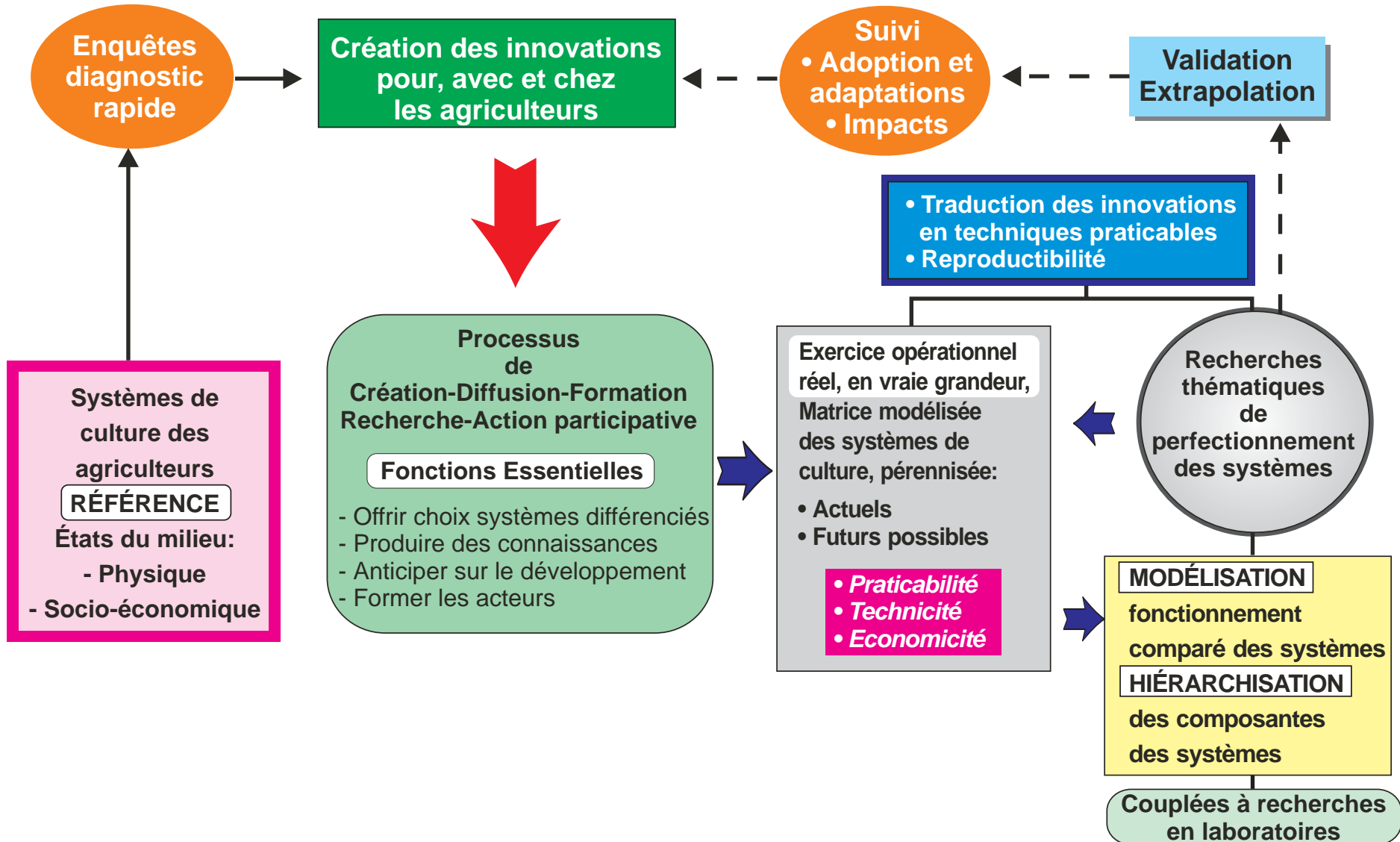


*Compte tenu de l'avance de pays tels que les U.S.A. ou le Brésil sur le Semis Direct, ces thèses pourraient être élaborées en coopération avec ces pays où il existe des professeurs d'université spécialistes du sujet ; le réseau SCV du CIRAD pourrait servir de support de terrain.*

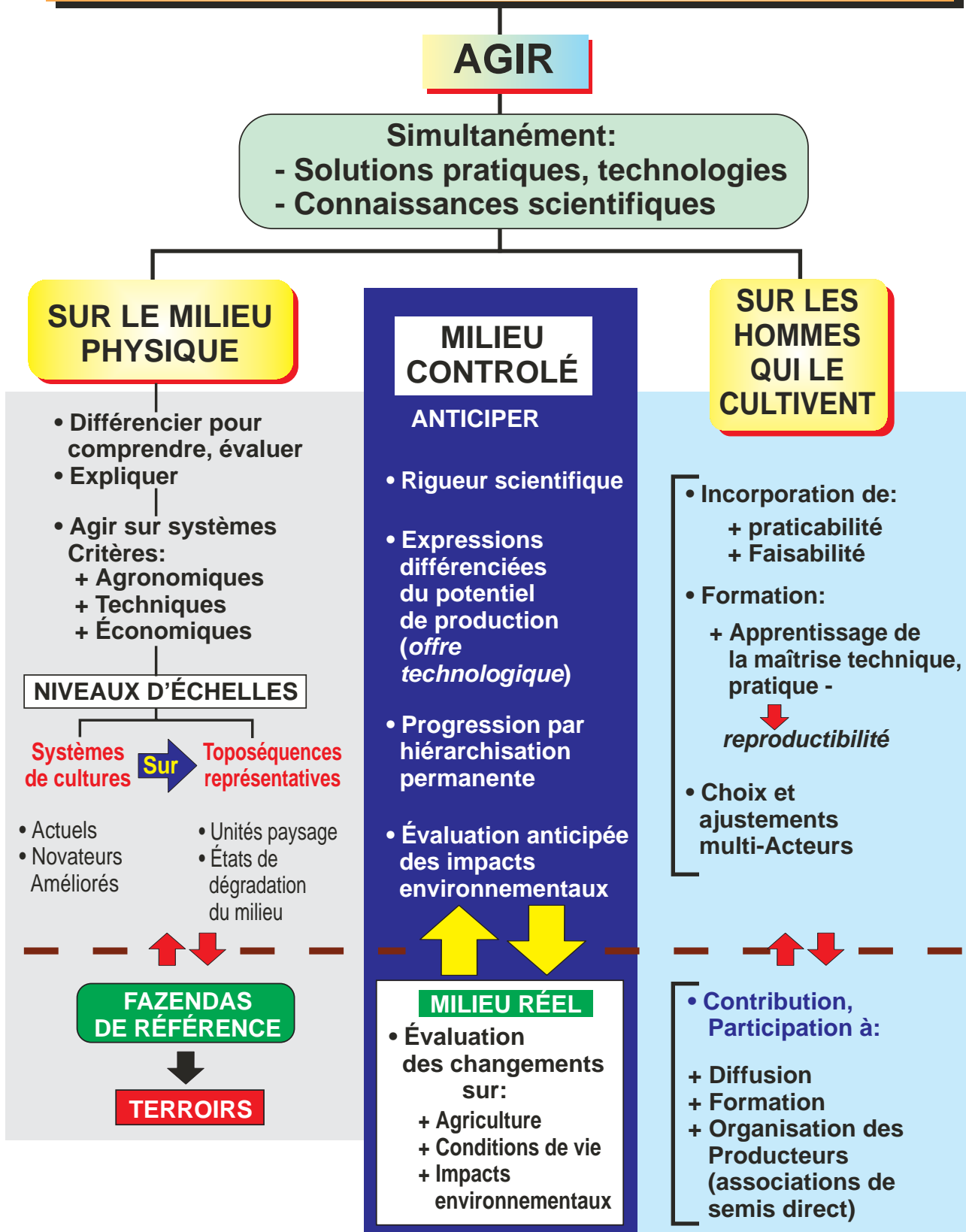
Enfin, le réseau d'unités opérationnelles pluri-écologies des SCV du CIRAD constitue, à l'évidence, un support de formation pour tous les acteurs du développement. Avec le temps, il va s'enrichir encore (*écologies, systèmes, niveau de maîtrise*) et peut devenir une référence mondiale où la recherche anticipe, crée les systèmes de demain, modélise leur fonctionnement, explique leurs points forts mais aussi leurs limites à la société civile avant qu'ils soient adoptés à très grande échelle. Cette démarche rejoint le principe salubre de précaution et la nécessité de prévenir plutôt que de guérir (*laboratoire de veille*).

# FIG. 1 RECHERCHE-ACTION, POUR AVEC ET CHEZ LES AGRICULTEURS

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA -GEC, 1997



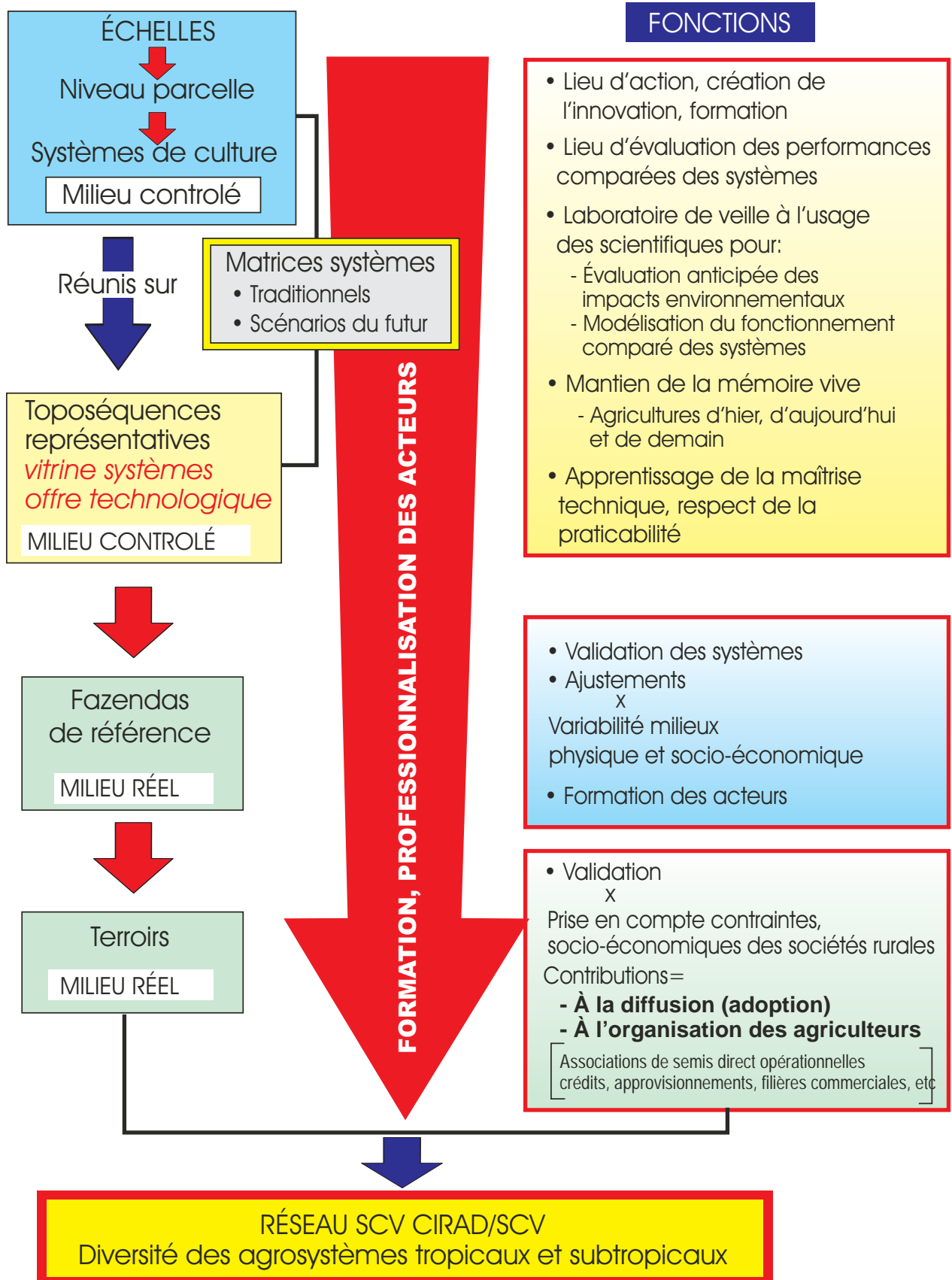
## FIG. 2 - RECHERCHE - ACTION POUR, AVEC ET CHEZ LES AGRICULTEURS



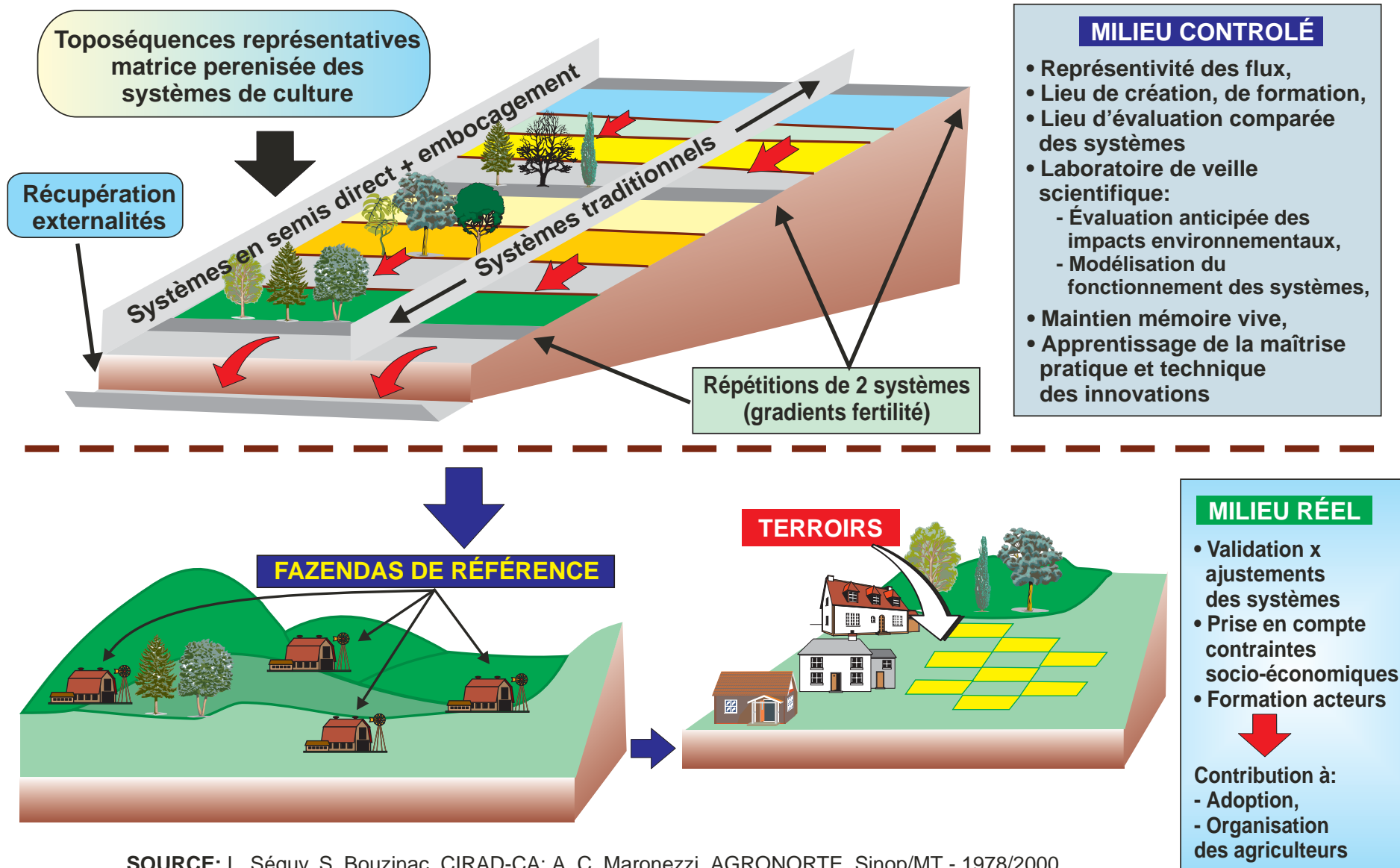
SOURCE: L. Ségué, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

# FIG. 3 ÉCHELLES D'INTERVENTION ET FONCTIONS DE LA RECHERCHE-ACTION, ADAPTATIVE DES SCV

SOURCE: L. Séguéy, S. Bouzinac, CIRAD-CA - 1978/2000



## FIG. 4 DÉMARCHE DE LA RECHERCHE-ACTION, POUR, AVEC ET CHEZ AGRICULTEURS - NIVEAUX D'ÉCHELLES ET FONCTIONS -

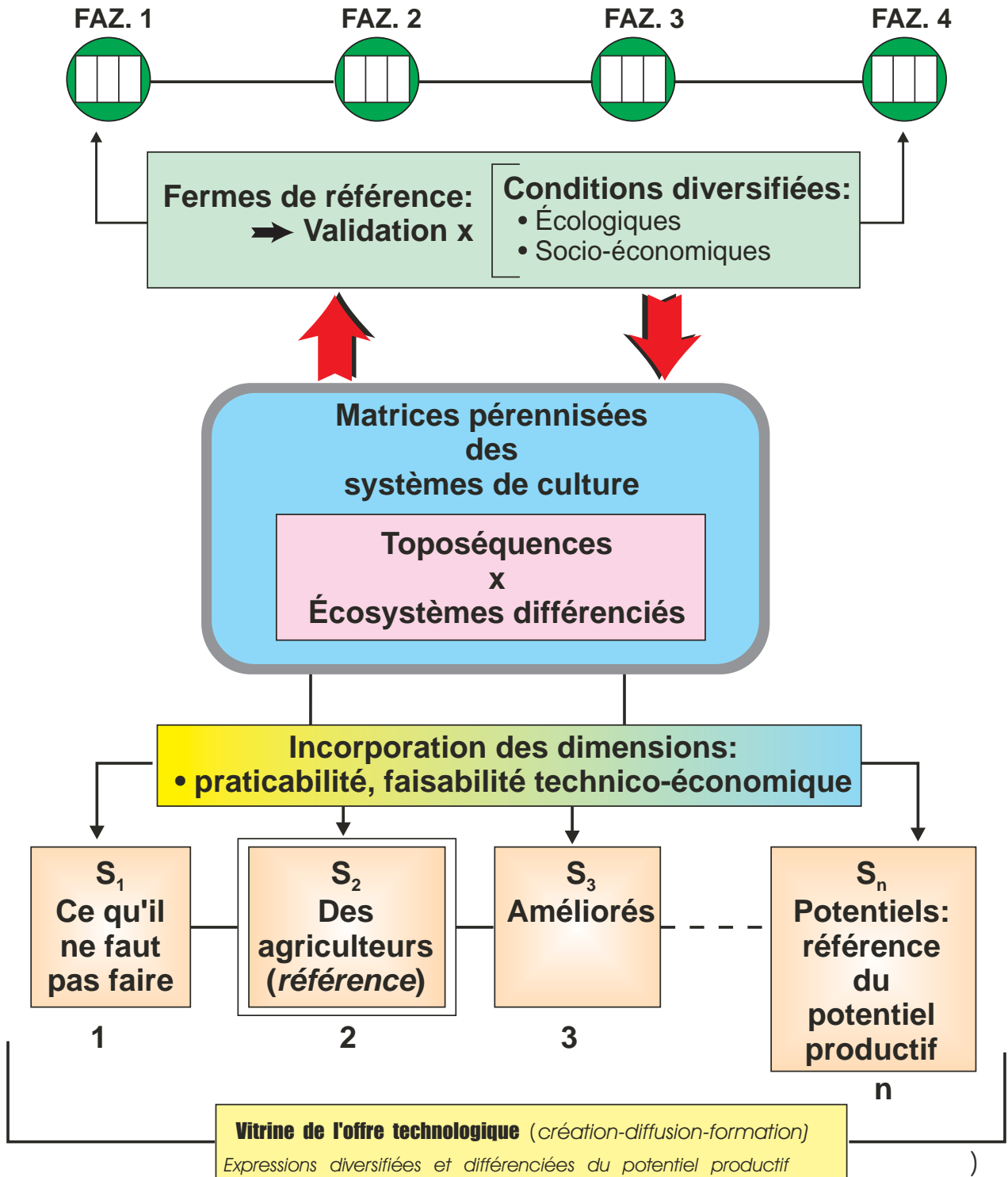


SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

# FIG. 5 DÉMARCHE OPÉRATIONNELLE DE CRÉATION-DIFFUSION DES SYSTÈMES DE CULTURE ET FORMATION

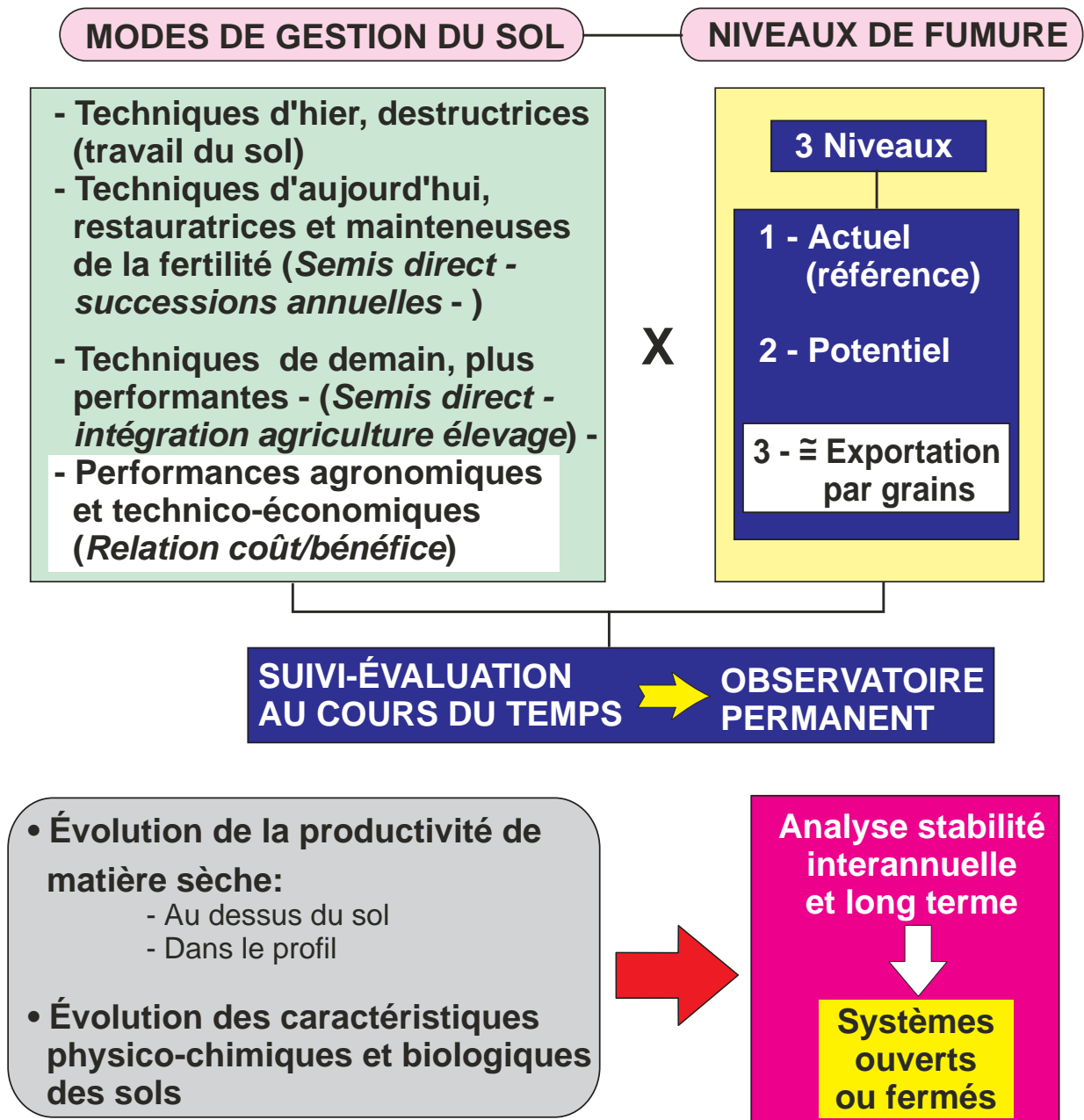
SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, 1997

## 1. Un outil régional opérationnel



## FIG. 6 MÉTHODOLOGIE D'ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES DE CULTURE

MODÉLISATION DES SYSTÈMES DE CULTURE → MATRICE  
PÉRENNISÉE DES SYSTÈMES, EN MILIEUX ÉCOLOGIQUES  
DIVERSIFIÉS, CONTRÔLÉS ET RÉELS - (Unités de paysage  
représentatives)

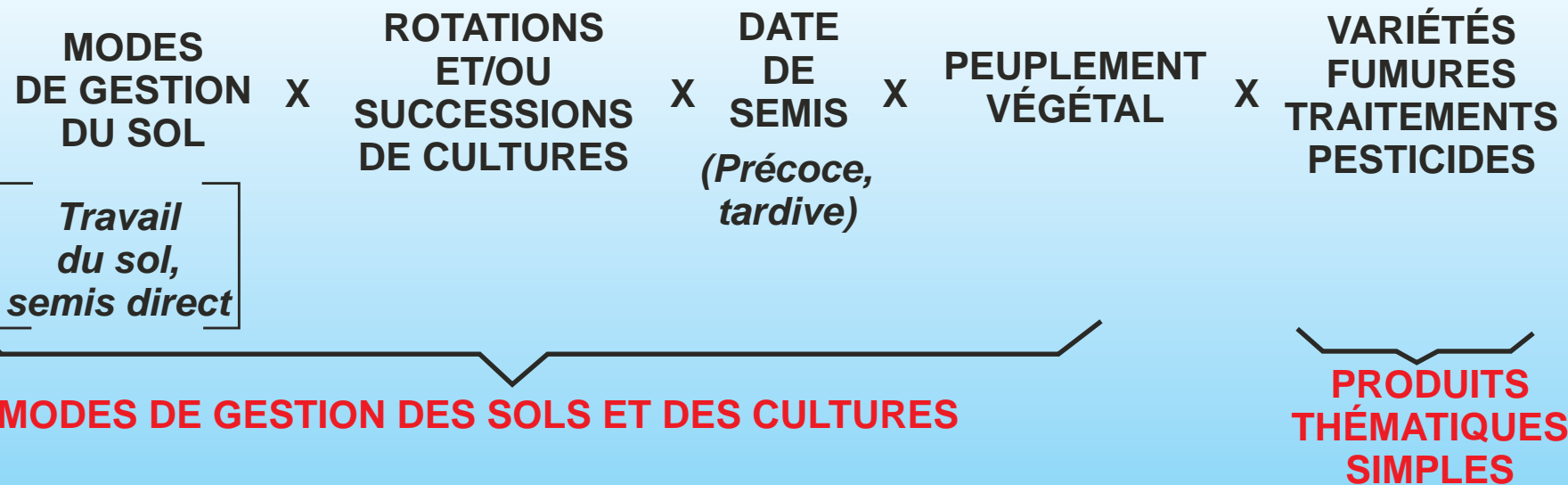


SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac CIRAD CA - GEC; Goiânia, GO - 1998

## FIG. 7 GESTION DE LA FERTILITÉ PAR LE SYSTÈME DE CULTURE

**OBJECTIF** = Exprimer le potentiel du sol, de manière durable, au moindre coût

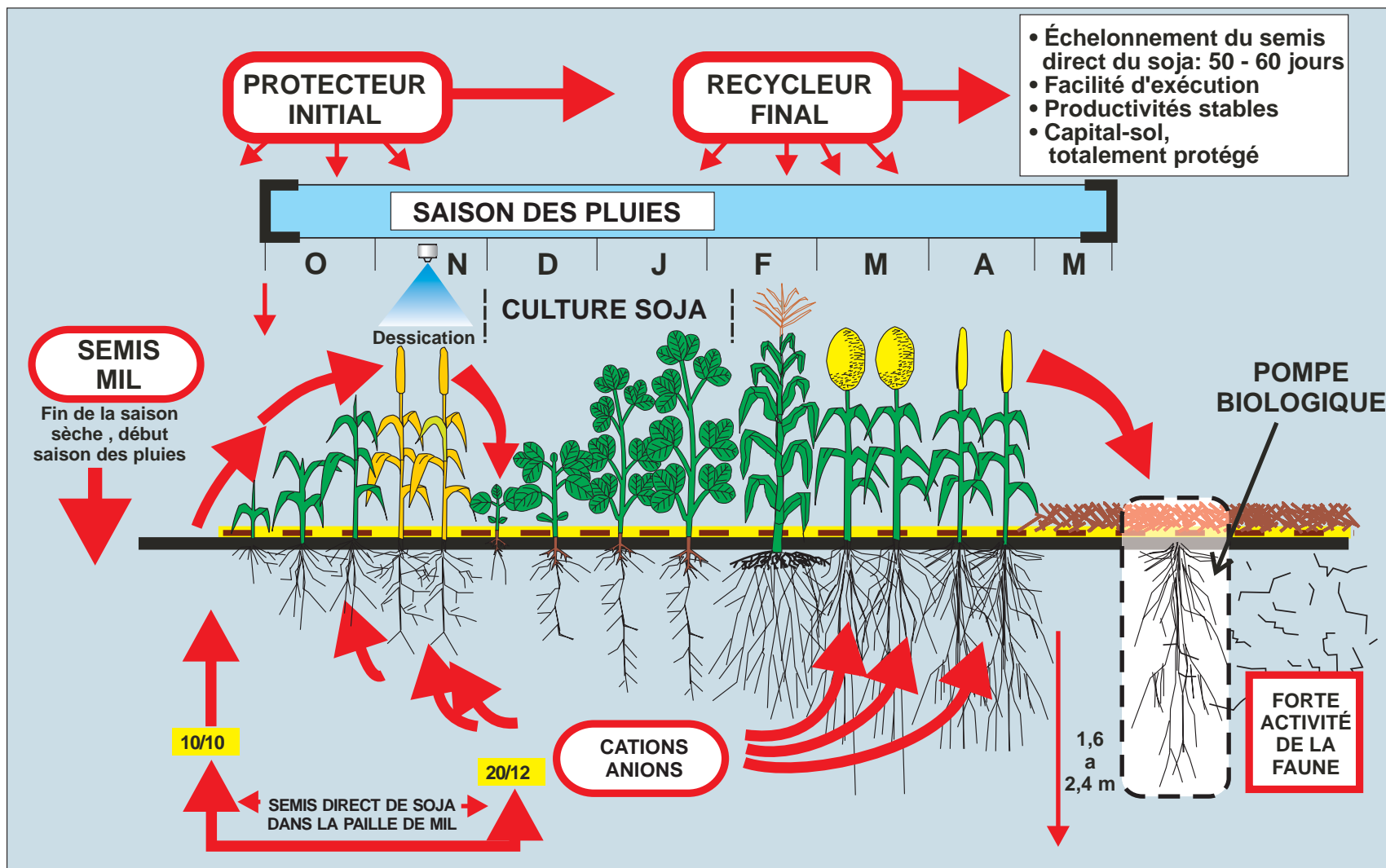
### COMPOSANTES DU SYSTÈME POUR UN TYPE DE SOL



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac CIRAD CA - GEC; Groupe Maeda - SP, 1998



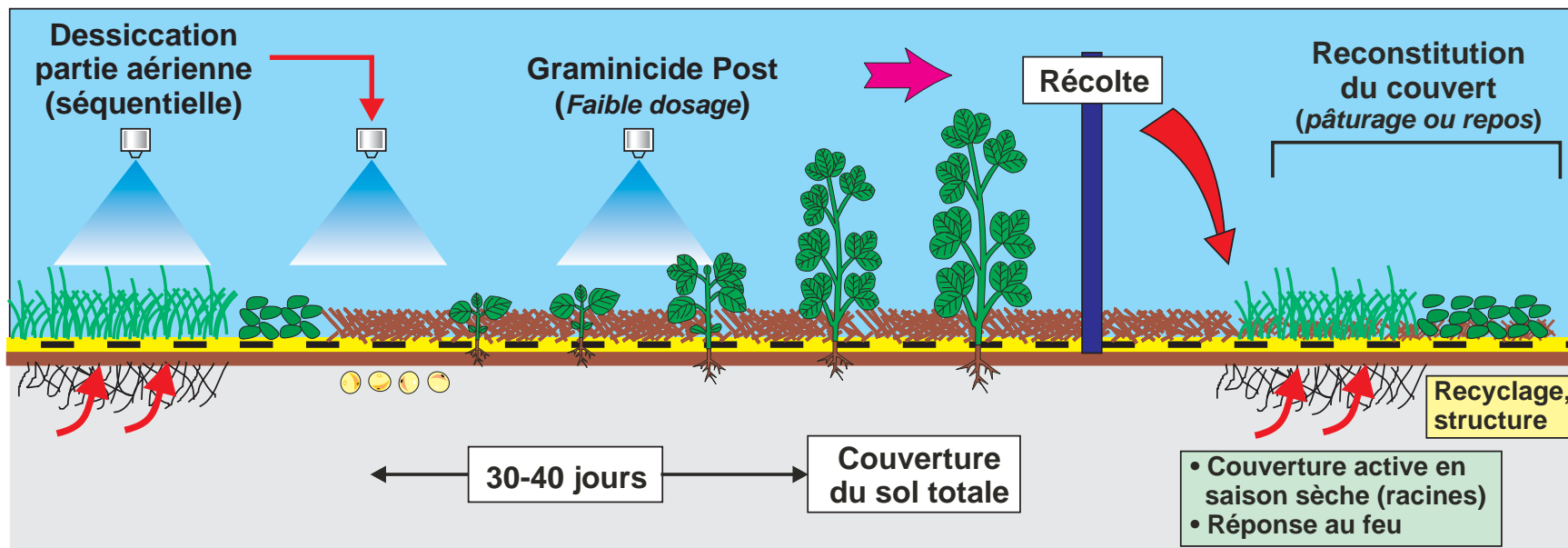
## FIG. 8 "SYSTÈME MAINTENEUR DE FERTILITÉ" POUR LA CULTURE DE SOJA LE DÉPART DU SEMIS DIRECT - 1987



L. Ségué, S. Bouzinac - MT/1993

## FIG. 9 LES SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES VIVANTES <sup>(1)</sup> - PRINCIPES DE BASE

### 1. COUVERTURES À STOLONS ET RHIZOMES

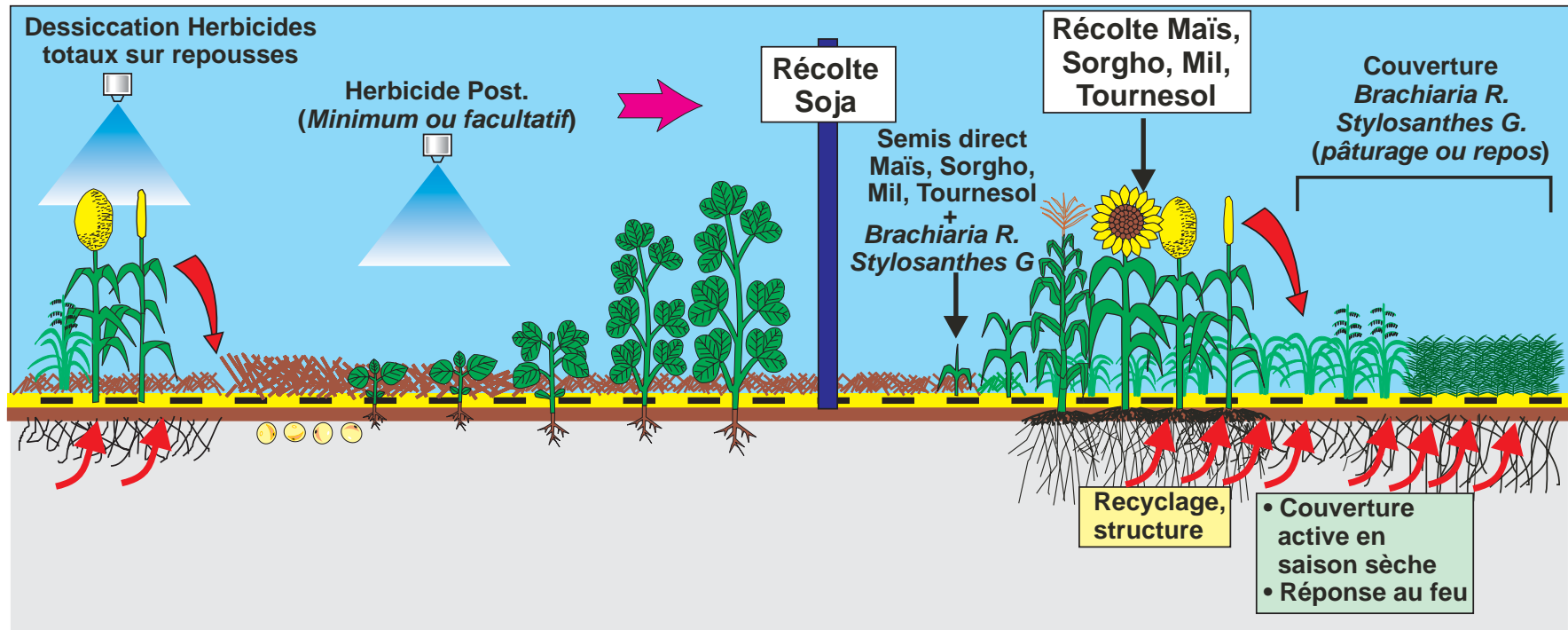


- (1)
- **Genres** *Cynodon* (Tifton), *Arachis*, *Pennisetum* C., *Paspalum*, *stentaphrum*, *Axonopus*
  - **Systèmes:** Successions annuelles  
Soja, Riz, Coton, Maïs + Pâturage

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac - CIRAD CA - GEC, 1993/98

## FIG. 10 LES SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES VIVANTES - PRINCIPES DE BASE

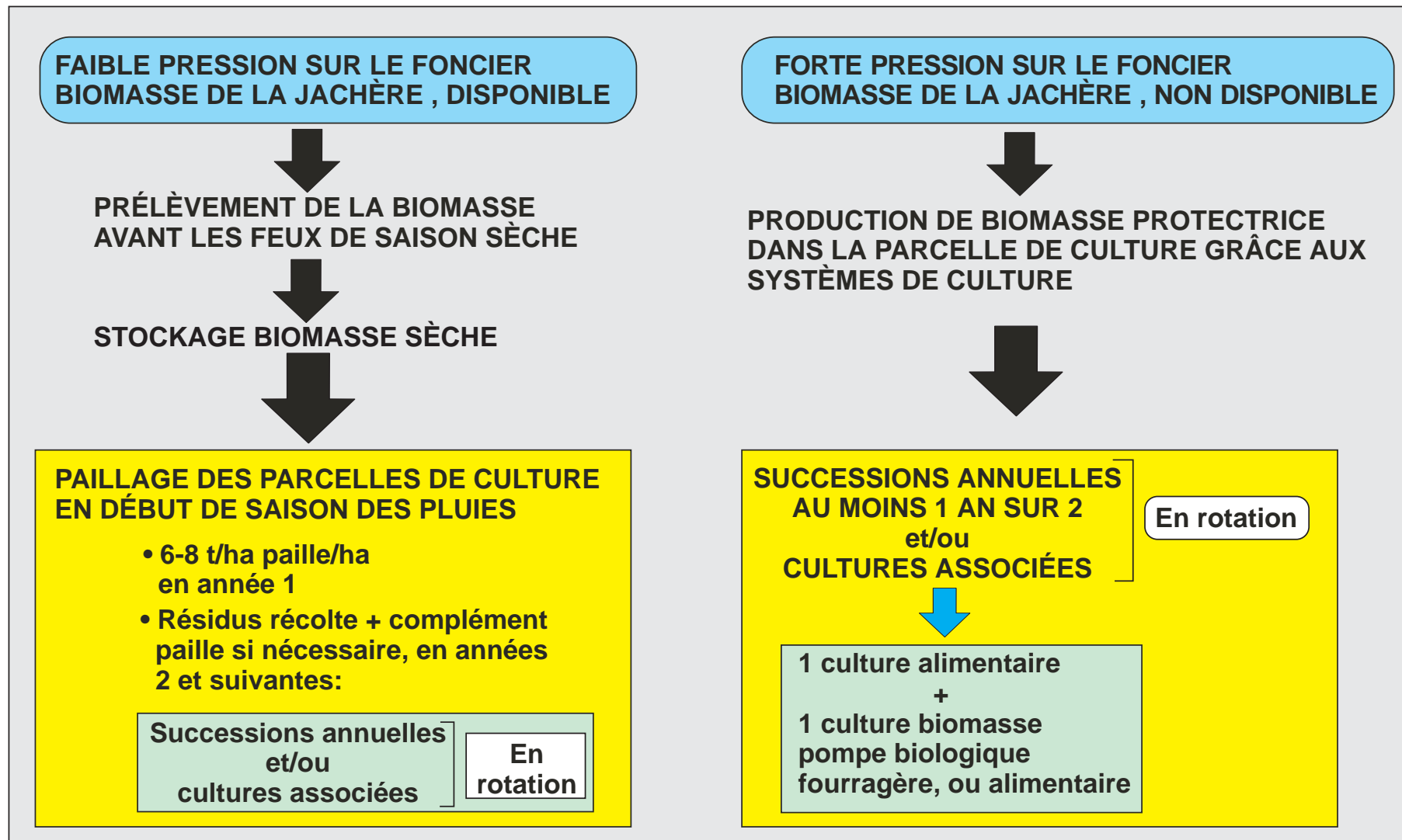
### 2. COUVERTURES ASSOCIANT POMPES BIOLOGIQUES<sup>(1)</sup> + *BRACHIARIA R.*



- (1)
- Pompes biologiques: Maïs, Tournesol, Sorghos, Mils, + *Brachiaria R. Stylosanthes G.*
  - Systèmes possibles avec: Soja, Riz haute technologie, Coton -

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac - CIRAD CA - GEC, 1993/98

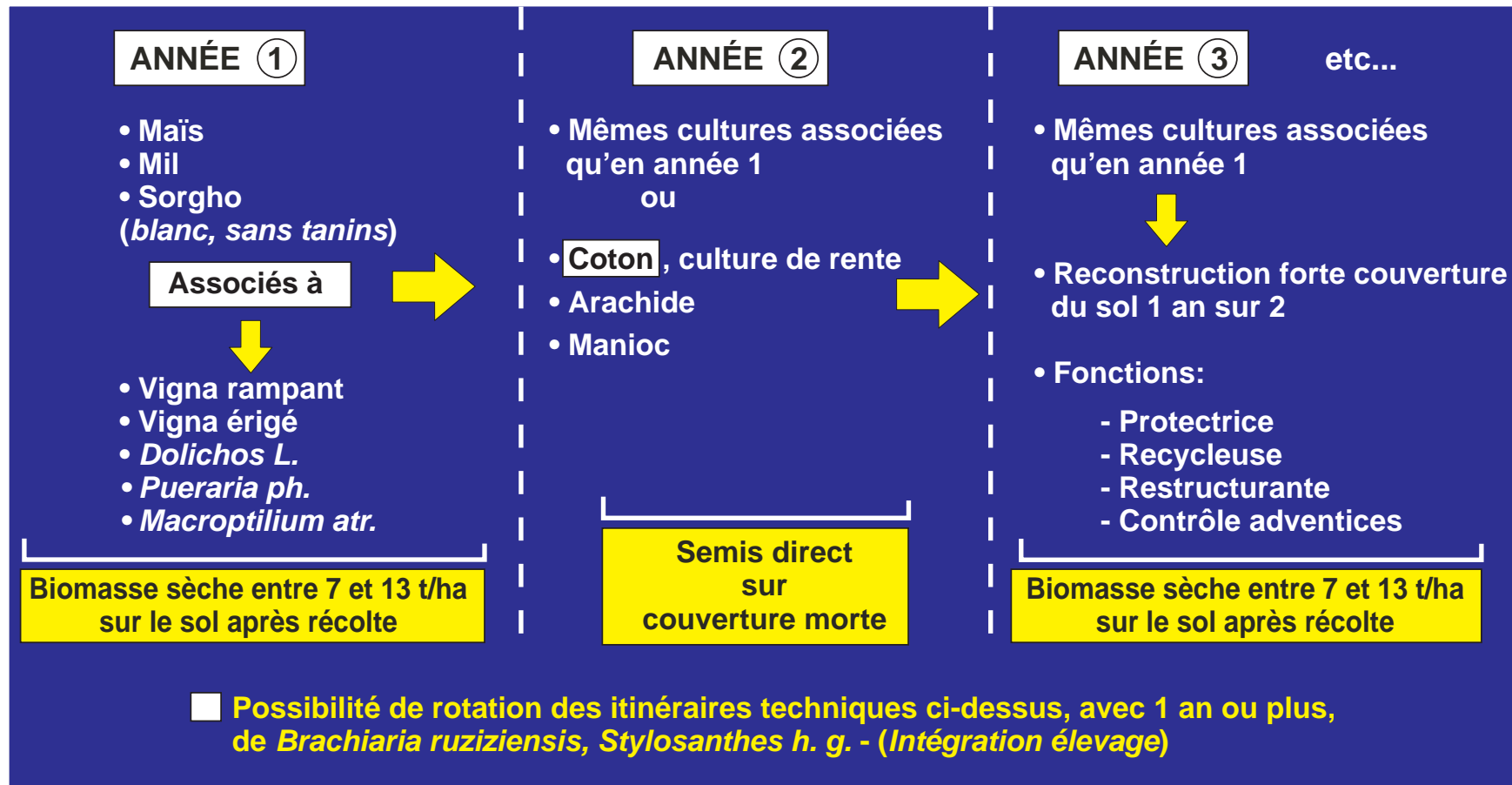
## FIG. 11 CONSTRUCTION DU SEMIS DIRECT POUR LES PETITES AGRICULTURES FAMILIALES MANUELLES OU EN TRACTION ANIMALE



SOURCE: L. Séguéy, S. Bouzinac; CIRAD - CA, ONG TAFE, ANAE, FIFAMANOR, FAFIALA, 1999

## FIG. 12 SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT, EN ZONES TROPICALE ET SUBTROPICALE SEMI-ARIDES - Petites agricultures familiales -

- P annuelle = 350 - 750 mm très inégalement répartie
- Sols ferrugineux tropicaux



SOURCE: Rollin D., Séguy L., CIRAD-CA; Razafintsalama H., ONG TAFSA., Projet Sud-Ouest ( PSO)., Tulear, 1999

## FIG. 13 SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT, AVEC UN MINIMUM D'INTRANTS

- Zones semi-arides
- P = 250 à 700 mm, sur 3-4 mois, mal répartie
- Sols ferrugineux tropicaux - Sud Ouest Malgache

	ANNÉE 1	ANNÉE 2	ANNÉE 3	ANNÉE 4
<p><b>I SOLS NON DÉGRADÉS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Jachère de longue durée</li> <li>Terres neuves (faciés sableux et faciés sablo-argileux)</li> </ul> <p>■ TERROIRS AMÉNAGÉS Contre divagation des troupeaux, feux de brousse ⇒ Bocage renforcé par Mil autour parcelles de cultures</p> <p>■ JACHÈRE FOURRAGÈRE RENFORCÉE</p>	<p><b>Maïs Sorgho Mil</b> + <i>Dolichos Lab Lab</i> <i>Vigna rampant</i> <i>Macroptilium at.</i></p> <p>Cultures associées alternées Maïs + Arachide, Manioc en lignes doubles espacées de 5- 6 m. Entre lignes = Coton, Sorgho, Soja Vigna, en rotation</p>	<p><b>Coton Vigna Arachide Soja</b></p> <p>Cultures associées alternées Maïs + Arachide, Manioc en lignes doubles espacées de 5- 6 m. Entre lignes = Coton, Sorgho, Soja Vigna, en rotation</p>	<p><b>Maïs Sorgho Mil</b> + <i>Dolichos Lab Lab</i> <i>Vigna rampant</i> <i>Macroptilium at.</i></p> <p>Cultures associées alternées Maïs + Arachide, Manioc en lignes doubles espacées de 5- 6 m. Entre lignes = Coton, Sorgho, Soja Vigna, en rotation</p>	<p><b>Coton Vigna Arachide Soja</b></p> <p>Cultures associées alternées Maïs + Arachide, Manioc en lignes doubles espacées de 5- 6 m. Entre lignes = Coton, Sorgho, Soja Vigna, en rotation</p>
<p><b>II SOLS DÉGRADÉS COMPACTÉS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Monoculture continue mécanisée Coton, Arachide</li> <li>Terres exploitées depuis longtemps sans fumure</li> <li>Présence de Striga h.</li> </ul> <p>■ TERROIRS AMÉNAGÉS Contre divagation des troupeaux, feux de brousse ⇒ Bocage renforcé par Mil, Sorgho guinea autour des parcelles de cultures</p> <p>■ JACHÈRE FOURRAGÈRE RENFORCÉE</p>	<p><i>Brachiaria r.</i> <i>Stizolobium at.</i> <i>Canavalia e.</i> <i>Stylosanthes h.</i> <i>Macroptilium at.</i> + <i>Brachiaria r.</i></p> <p style="background-color: white; color: black; padding: 2px; display: inline-block;">1 an ou 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Restauration fertilité</li> <li>Contrôle Striga</li> </ul>	<p><b>Maïs Sorgho Mil</b> + <i>Dolichos Lab Lab</i> <i>Vigna rampant</i> <i>Macroptilium at.</i></p>	<p><b>Coton Vigna Arachide Soja</b></p>	<p><b>Maïs Sorgho Mil</b> + <i>Dolichos Lab Lab</i> <i>Vigna rampant</i> <i>Macroptilium at.</i></p>

<p>□ Couverture morte</p> <p>■ Couverture vivante</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sans engrais ou</li> <li>Avec fumier seul ou</li> <li>Avec faible fumure minérale</li> </ul>
---	---

SOURCE: Rollin D., Séguy L., CIRAD-CA; Razafintsalama H., ONG TAFE - Projet PSO, Tulear, 1999 -

**FIG. 14 SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT, AVEC UN MINIMUM D'INTRANTS**

- Zone soudano-sahélienne - basse altitude
- P = 700 à 1300 mm, sur 5-6 mois
- Sols ferrugineux tropicaux - Nord côte d'ivoire

	ANNÉE 1	ANNÉE 2	ANNÉE 3	ANNÉE 4	ANNÉES SUIVANTES
<b>I SOLS NON DÉGRADÉS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jachère de longue durée</li> <li>• Terres neuves = 3 à 10 ans d'exploitation</li> </ul> <p>■ <b>TERROIRS AMÉNAGÉS</b> Contre divagation animaux, feux de brousse → Bocage</p> <p>■ <b>JACHÈRE FOURRAGÈRE RENFORCÉE</b></p>	Riz pluvial	Coton	Soja Arachide	Maïs Sorgho Mil + <i>Pueraria ph</i> <i>Stylosanthes g.</i> <i>Stylosanthes h.</i> <i>Brachiaria r</i>	Pâturage de 1 à 3 ans Pluis ↓ Rotation de cultures précédente Alternances pâturages - cultures fonction fertilité, stratégies agriculteurs
	← Labour →	← Semis direct continu sur résidus de récolte →			
<b>II SOLS DÉGRADÉS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jachère de courte durée</li> <li>• Terres exploitées depuis plus de 10 ans</li> <li>• Présence de <i>Striga h.</i></li> </ul> <p>■ <b>TERROIRS AMÉNAGÉS</b> Contre divagation animaux, feux de brousse → Bocage</p> <p>■ <b>JACHÈRE FOURRAGÈRE RENFORCÉE</b></p>	Maïs Sorgho Mil + <i>Pueraria ph</i> <i>Stylosanthes g.</i> <i>Stylosanthes h.</i> <i>Brachiaria r</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pâturage 3 ans</li> <li>• En 4<sup>ème</sup> année, laisser la couverture se reconstituer</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotation sur 3 ans: Riz/Coton/Soja Arachide</li> <li>• Année 4 Maïs Sorgho Mil } + { Stylosanthes Pueraria Brachiaria</li> <li>↓ Pâturage 3-4 ans</li> </ul>
	Semis direct	Pâturage 3 ans - année 4 = Reconstitution couvert			Semis direct

Couverture vivante  
 Couverture morte

X Fumier 5 t/ha  
 +  
 Fumure minérale faible

SOURCE: Charpentier H., Doumbia S., Coulibaly Z., Zana O., Bouaké, Côte d'Ivoire - 1999

## FIG. 15 SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT EN RÉGIONS TROPICALES ET SUBTROPICALES D'ALTITUDE - Petites agricultures familiales -

- P annuelle = 1200 - 1800 mm
- Altitude = 1000 - 1600 m
- Sols ferrallitiques et volcaniques des hautes terres malgaches

### 1. ■ CULTURES ASSOCIÉES

- Maïs + Légumineuses fourragères associées → Genres

*Cássia r.,  
Desmodium i.,  
Trifolium s.,  
Lotus u.,*

### 2. ■ SUCCESSIONS ANNUELLES: Production de grains + Pâturage, couverture vivante

- Soja
  - Haricot
  - Blé
- Sur Kikuyu (*Pennisetum c.*)

- Blé
  - Riz pluvial
- Sur Trèfle (*Trifolium s.*)

### 3. ■ SUCCESSIONS ANNUELLES: Production de grains + Biomasse Pompe biologique, couvertures morte ou vivante

- Soja cycle court + Avoine
- Avoine + Haricot
- Haricot + Avoine
- *Brachiaria r.* + Haricot
- Soja cycle court + *Brachiaria r.*

En  
rotation  
avec

- Mêmes successions ou
- Riz pluvial, Riz pluvial + trèfle
- Maïs, Maïs + Crotalaire,
- Maïs + Légumineuses associées (1.)
- Soja cycle moyen

➔ **GESTION DES SOLS ET DES CULTURES EN SEMIS DIRECT, AU MOINDRE COÛT, AVEC ÉCOBUAGE COMME FUMURE DE FOND + FUMIER ANNUEL (5 t/ha)**

SOURCE: L. Séguy, Michellon R., ONG TAFE, ANAE, FIFAMANOR, FAFIALA, Antsirabé, 1999



**FIG. 16 SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT, AVEC UN MINIMUM D'INTRANTS**

- Zones tropicale et subtropicale d'altitude (1000-1600m)
- P = 1200 à 1800 mm, sur 6-7 mois
- Sols ferrallitiques et volcaniques des hautes terres Malgaches

I	SOLS NON DÉGRADÉS	ANNÉE 1		ANNÉE 2		ANNÉE 3		ANNÉE 4	
		<b>BASSE ET HAUTE FERTILITÉ</b> (1) ■ Écobuage année 1 + Fumier (5 t/ha) ■ Fumier seul années suivantes	Maïs + Leg.	Riz	Riz + Leg.	Maïs	Maïs + Leg.	Riz	Riz + Leg.
Riz + Leg.	Maïs		Maïs + Leg.	Riz	Riz + Leg.	Maïs	Maïs + Leg.		
→ (2) Soja <sub>cc</sub> + Avoine → (3) Soja <sub>cm</sub> → (4) Avoine + Blé Haricot	Soja <sub>cc</sub> + Avoine		Maïs Riz	Maïs + Leg. Riz + Leg.	Soja <sub>cc</sub> + Avoine		Soja <sub>cc</sub> + Avoine		
	Avoine + Blé Haricot		Maïs Riz	Maïs + Leg. Riz + Leg.	Avoine + Blé Haricot		Avoine + Blé Haricot		
■ Écobuage + Fumier (5 t/ha) (1)	■ Fumier seul (2) ou (3) ou (4)		■ Écobuage + Fumier (5 t/ha) (1)		■ Fumier seul (1) ou (2) ou (3) ou (4)		■ Fumier seul (1) ou (2) ou (3) ou (4)		
	■ Fumier seul (1) ou (2) ou (3) ou (4)		■ Fumier seul (1) ou (2) ou (3) ou (4)		■ Fumier seul (1) ou (2) ou (3) ou (4)		■ Fumier seul (1) ou (2) ou (3) ou (4)		
II	SOLS DÉGRADÉS (M. O.)	Brachiaria ruziziensis, Cassia rotundifolia 1 an ou 2 • Restauration fertilité + Pâturage		■ Écobuage + Fumier (5 t/ha) (1)		■ Fumier seul (1) ou (2) ou (3) ou (4)		■ Fumier seul (1) ou (2) ou (3) ou (4)	
	SOLS RICHES EN M. O.	Soja Haricot Blé	Sur kikuyu	Soja Haricot Blé	Sur kikuyu	Soja Haricot Blé	Sur kikuyu	Soja Haricot Blé	Sur kikuyu

Couverture vivante fourragère associée/an  
 Couverture vivante fourragère permanente  
 Couverture morte  
 • CC = Cycle court      • CM = Cycle Moyen

SOURCE: Séguy L., Michellon R., CIRAD-CA; ONG TAFE, ANAE, FIFAMANOR, FAFIALA, Antsirabé, 1999/2000

## FIG. 17 SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT, AVEC UN MINIMUM D'INTRANTS

- Zone tropicale humide, écosystèmes des savanes et forêts humides
- P = 1800 - 3000 mm, sur 7 à 9 mois
- Sols ferrallitiques - Bassin amazonien, Côte Est Malgache.

### 1. Déforestation avec préservation de la M. O. et de l'activité biologique → sans brûlis digestion biomasse arbustive, par *Mucuna* (*Stizolobium at.*)

	ANNÉE 1	ANNÉE 2	ANNÉE 3 etc...
<b>BASSIN AMAZONIEN</b> ■ Systèmes Vivriers ■ Systèmes Vivriers + Pâturage ■ Systèmes Vivriers + Pâturage + Maille arbustive de rente (Agrumes, Guarana, Poivre, Cupuaçu, Noix, etc...)	1 - Riz pluvial 2 - Riz pluvial + <i>Brachiaria R., B</i> + <i>Stylosanthes G.</i>	1 - [Maïs, Riz pluvial] + <i>Arachis P.</i> 2 - [Soja, Vigna] + Tifton 3 - Soja + [Maïs, Sorgho, Mil] + <i>Brachiarias Stylosanthes</i> 4 - Biomasses + [Coton, Riz pluvial] 5 - Riz pluvial + Coton, Vigna	1 - [Maïs, Riz pluvial] + <i>Arachis P.</i> 2 - [Soja, Vigna] + Tifton → [Combinaisons 3, 4, 5, Fonction conditions économiques]
	Possibilité Pâturage 2 - 4 ans puis Riz + <i>Brachiaria, Stylosanthes</i> et cycle 2 - 4 ans Pâturage, etc...	• Amendement calcomagnésien Facultatif • NPK + micros, faible niveau	NPK + Micros Faible niveau
	NPK + Micros		
<b>CÔTE EST MALGACHE</b> ■ Sols ferrallitiques hydromorphes hydratés sur roche acide ■ Sols ferrallitiques sur basalte	1 - Riz pluvial 2 - Riz pluvial + Vignas	1 - [Riz pluvial, Maïs] + Vigna 2 - Riz pluvial + Pâturages [ - <i>Brachiarias R. B.</i> - <i>Stylosanthes G</i> - <i>Pueraria</i> ]	1 - [Riz pluvial, Maïs] + Vigna 2 - Riz pluvial + Pâturages → Possibilité Pâturage 1 - 4 ans
	Maille arbustive lâche de rente, associé à vivriers (plantes à épices, fruitiers) sur couverture vivante permanente <i>Arachis P.</i> et <i>R.</i>		
	1 - Riz pluvial 2 - Riz pluvial + Vigna	1 - Maïs, Riz pluvial 2 - Maïs, Riz pluvial + Vigna	1 - Maïs, Riz pluvial 2 - Maïs, Riz pluvial + Vigna
Écobuage + NPK + Micros	NPK + Micros, faible niveau	NPK + Micros, faible niveau	

■ Couverture vivante    □ Couverture morte

SOURCE: Séguy L., Bouzinac S., Charpentier H., CIRAD-CA; ONG TAFa; ANAE - Antsirabé, 2000

# FIG. 18 SEMIS DIRECT

## MOTS ET EXPRESSIONS CLÉS

- AU NIVEAU DE LA PLANÈTE → Réduction de l'émission de gaz à effet de serre (*réchauffement de la planète*) en particulier CO<sub>2</sub> (*Séquestration de C*)
- AU NIVEAU DES ÉCOSYSTÈMES → Production durable et au moindre coût, des écosystèmes cultivés
  - Fonctionnement du système "Sols-Cultures", en circuit fermé, reproduisant le fonctionnement de l'écosystème forestier, sans perte de nutriments -
  - Protection de la ressource sol et de sa qualité biologique (*érosion, excès climatiques, xénobiotiques*), des unités de paysage (*biodiversité accrue, régulation des flux "Infiltration-Ruissellement", protection des routes et infrastructures*) et de la qualité de l'eau des rivières, lacs et des nappes (*pollution par xénobiotiques, engrais minéraux dont phosphates et surtout nitrates*)
  - Meilleure efficacité agronomique de la ressource sol -
    - Meilleure efficacité de l'eau
    - Recyclage de nutriments dont nitrates, bases
    - Capacité de désintoxication par voie biologique
    - Restructuration biologique (*Activité biologique = Systèmes racinaires + faune + microflore*)
    - Meilleure contrôle des adventices par les voies naturelles (*ombrage + allélopathie*)
    - Séquestration de C (*Augmentation de la M. O. du sol avec ses effets bénéfiques*)
  - Meilleure efficacité technique et économique des systèmes de culture -
    - Meilleure efficacité des engrais minéraux (*moins d'engrais*)
    - Plus grande capacité des équipements mécanisés, de la main d'oeuvre, plus grande flexibilité d'utilisation (*moins de machines, moins de main d'oeuvre, facilité opérationnelle accrue*)
    - Coûts de production moindres, compatibles avec une production agricole toujours plus élevée, toujours plus stable -

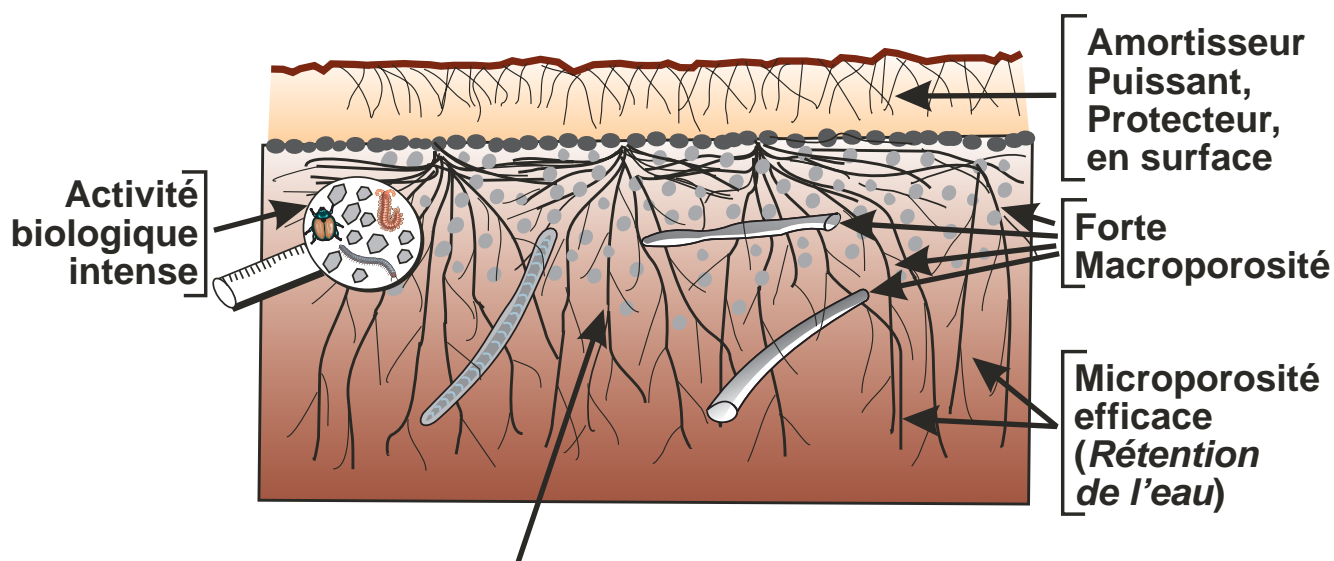
SOURCE: Séguy L. Bouzinac S. CIRAD-CA; Maronezzi A., Lucas G. L., AGRONORTE - Sinop/MT, 1999

## FIG. 19 LE SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE VÉGÉTALE

### DÉFINITION

**Le semis direct sur couvertures végétales est un système conservatoire de gestion des sols et des cultures**, dans lequel la semence est placée directement dans **le sol qui n'est jamais travaillé** - Seul un petit trou ou sillon est ouvert, de profondeur et largeur suffisantes, avec des outils spécialement conçus à cet effet, pour garantir une bonne couverture et un bon contact de la semence avec le sol - **Aucune autre préparation du sol n'est effectuée** - l'élimination des mauvaises herbes, avant et après le semis est faite avec des herbicides les moins polluants possibles pour **le sol qui doit toujours rester couvert** -

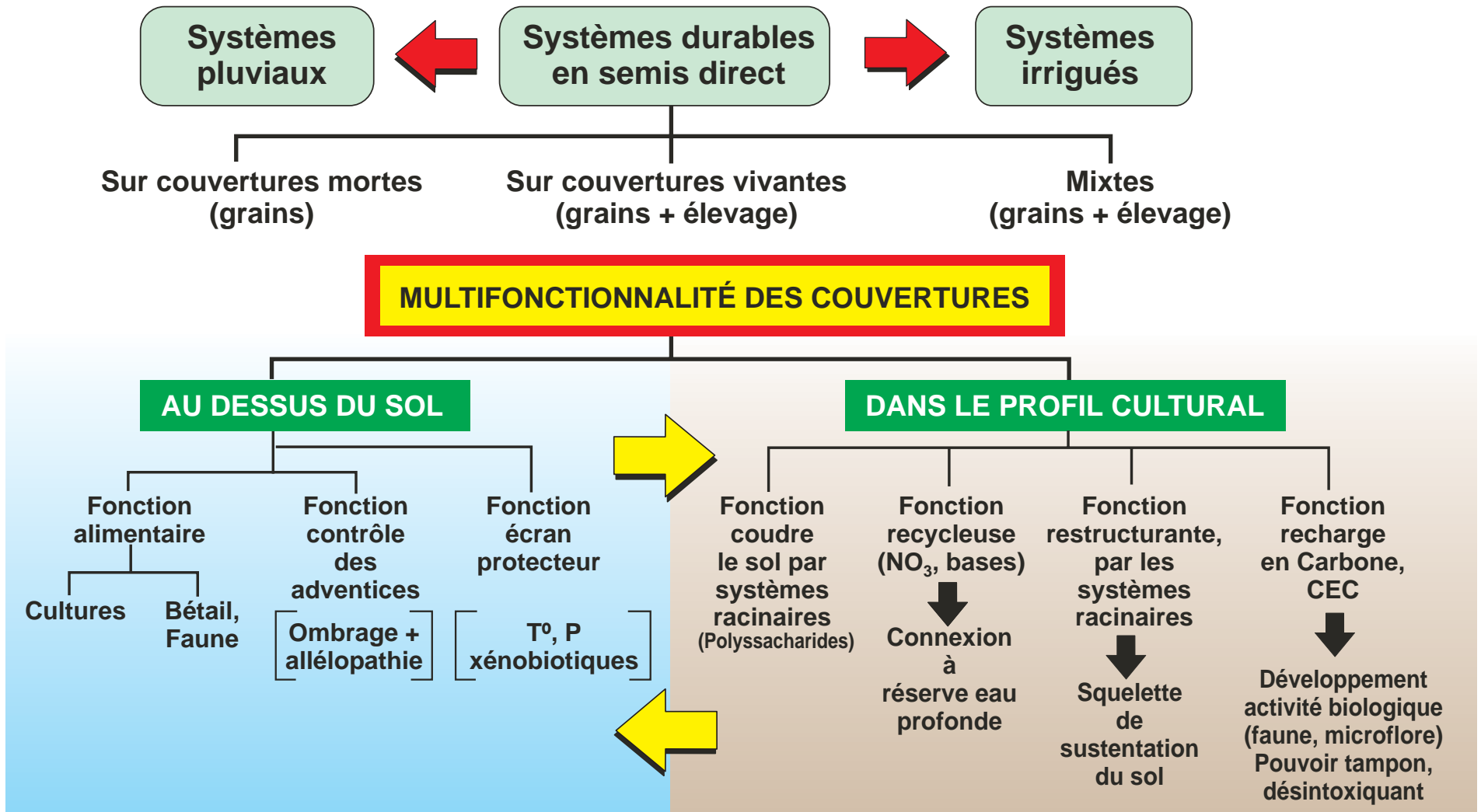
### REPRÉSENTATION



**SQUELETTE ORGANIQUE DE SUSTENTATION DU SOL**  
**QUI CONFÈRE AU PROFIL CULTURAL = STRUCTURE**  
**ENTRETENUE, RÉSISTANCES AU TASSEMENT ET À LA**  
**DÉFORMATION, RESSUYAGE RAPIDE.**

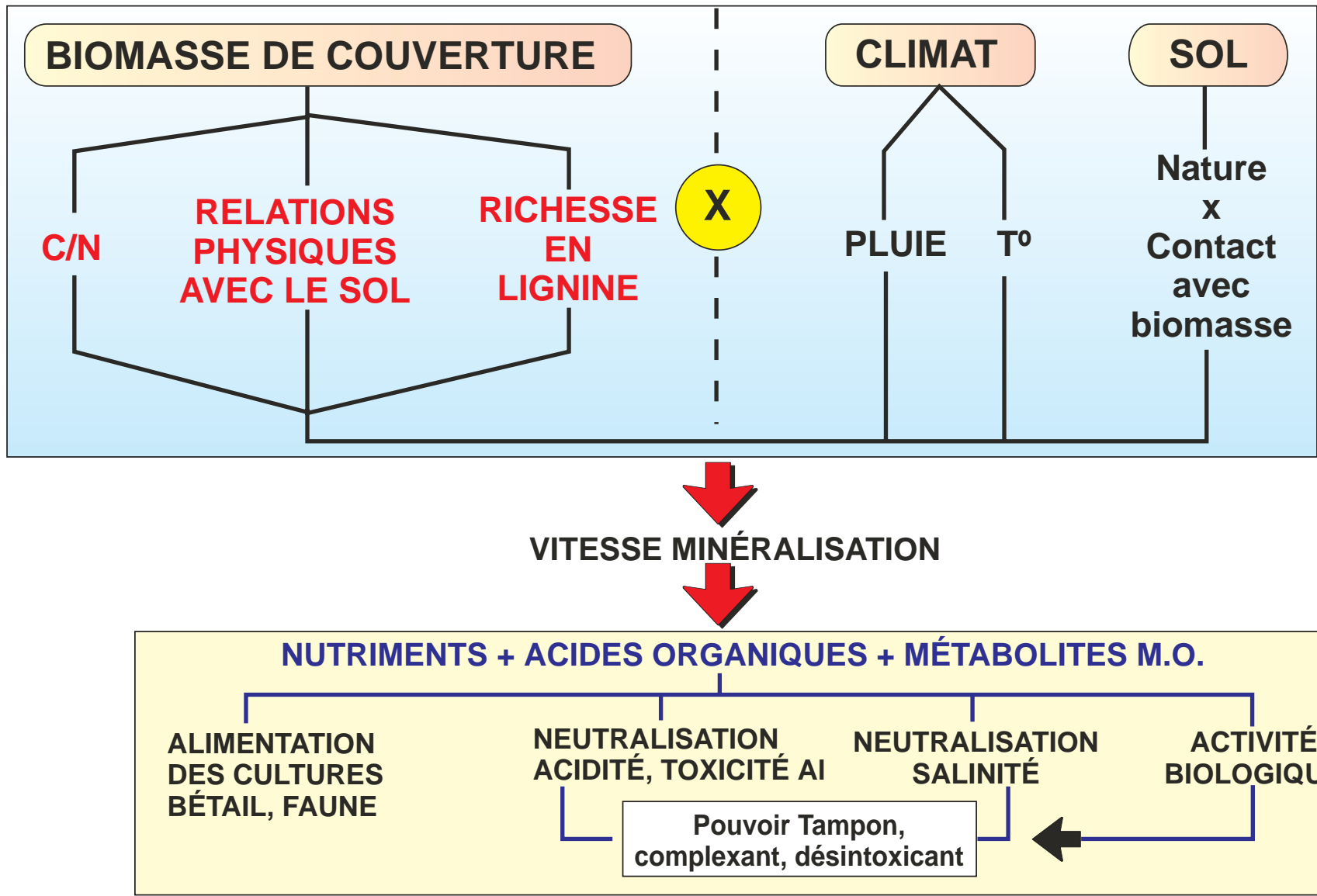
**SYSTÈMES RACINAIRES**  
**+**  
**CONSTRUCTIONS DE LA FAUNE**

## FIG. 20 LE CONCEPT DE MULTIFONCTIONNALITÉ DES BIOMASSES DE COUVERTURE, EN SEMIS DIRECT



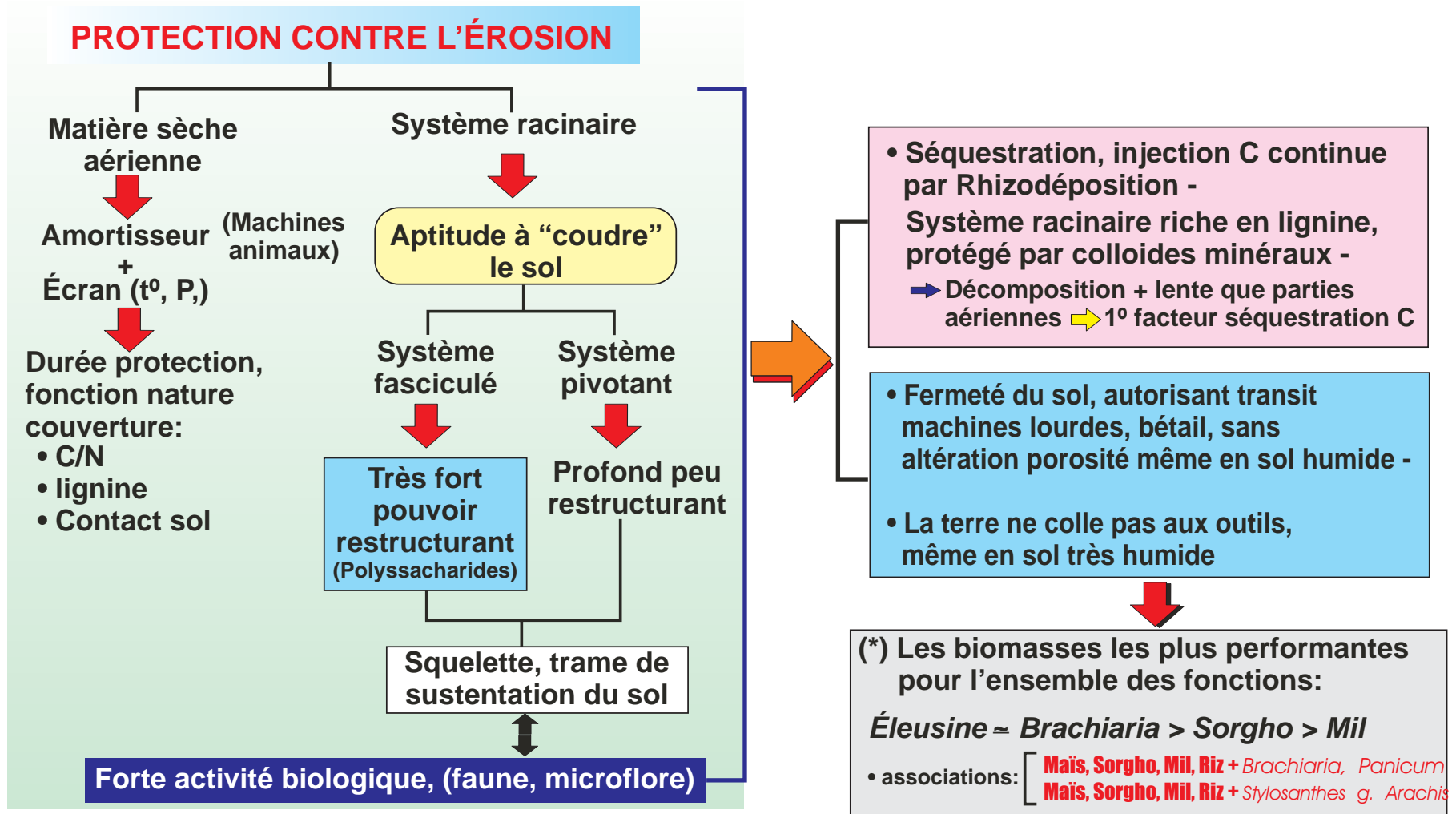
SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

**FIG. 21 FONCTION ALIMENTAIRE**



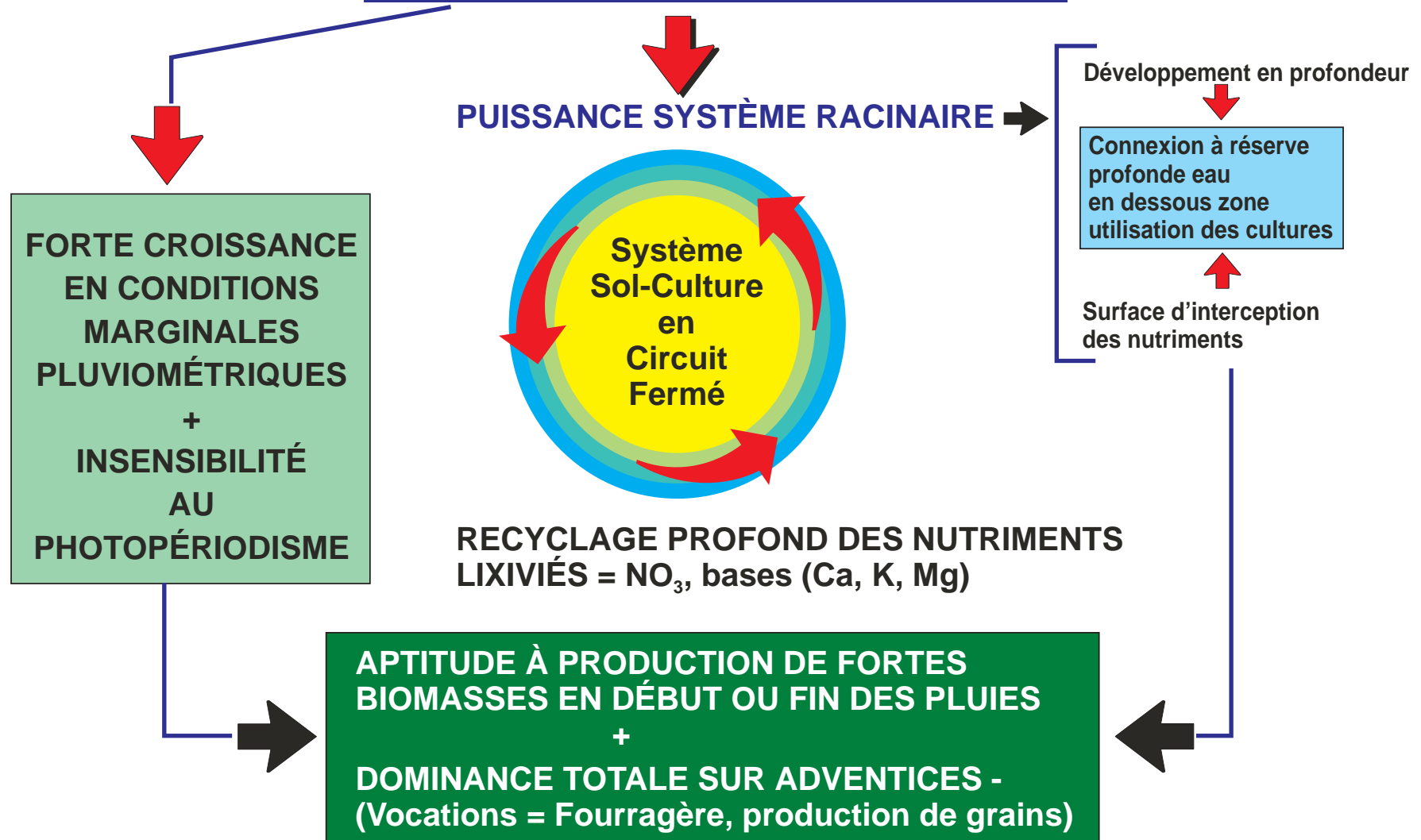
SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

**FIG. 22**  
**FONCTIONS:** [ • PROTECTION CONTRE L'ÉROSION  
 • POUVOIR RESTRUCTURANT  
 • RECHARGE EN CARBONE ]



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

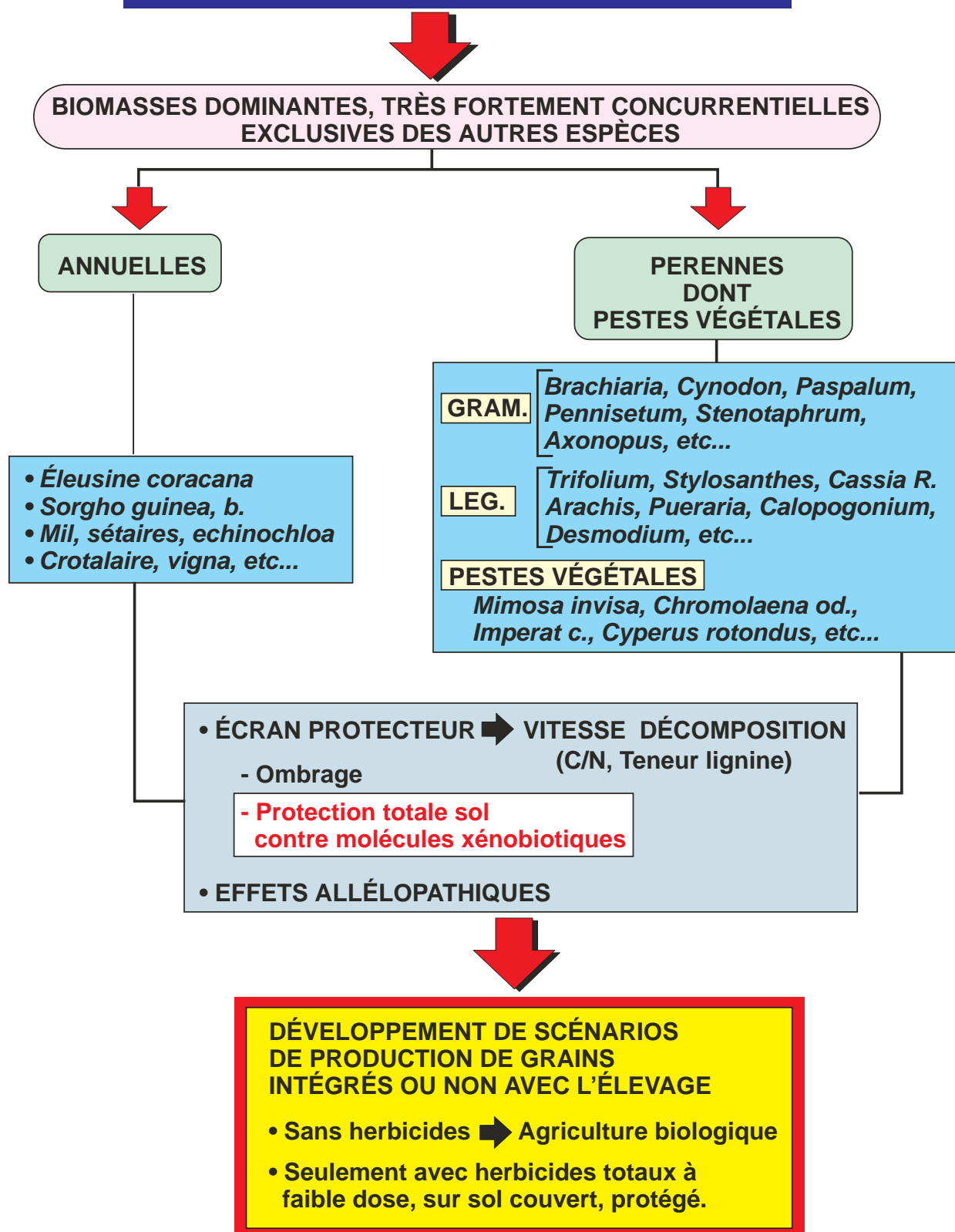
**FIG. 23 FONCTION RECYCLEUSE**



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000



## FIG. 24 FONCTION: CONTRÔLE DES ADVENTICES

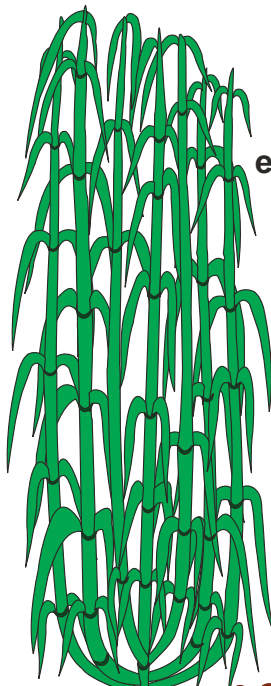


SOURCE: L. Ségy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

# FIG. 25 ANATOMIE, PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DES PLANTES DE COUVERTURE EN SEMIS DIRECT - Pompes biologiques en intercultures -

Exemple: *Éleusine coracana*

## 1. À LA LEVÉE



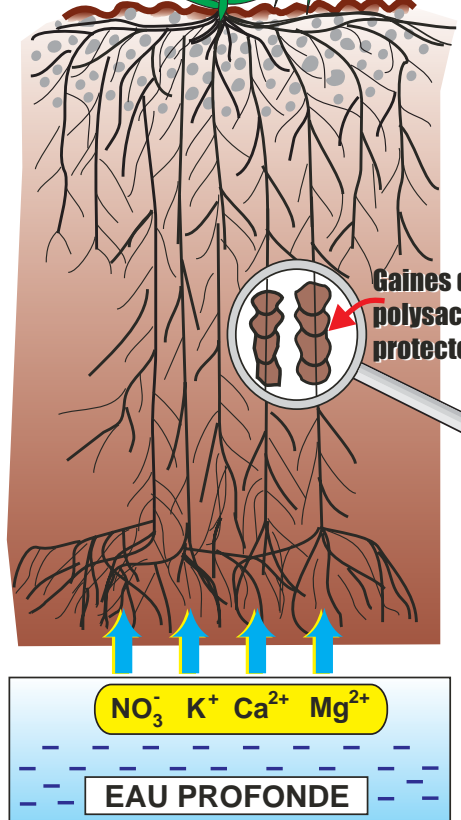
- Forte vigueur initiale et développement végétatif rapide en conditions pluviométriques aléatoires

- Contrôle des adventices (dominance)
- Recyclage pic initial minéralisation M. O.

## 2. BIOMASSE DESSÉCHÉE Lit des cultures

- Écran efficace ( $t^0$ ,  $P_{mm}$ , Érosion)
- Fonction alimentaire
- Protection efficace contre xénobiotiques
- Contrôle efficace des adventices

- Régulation hydrique thermique
- ↓
- Alimentation minérale régulée des cultures
- Recharge en carbone



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coudre la surface</li> <li>• Restructurer le profil cultural</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faciliter la levée des petites graines sous couvert</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favoriser le développement durable de la vie biologique (faune, microflore)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ressuyage rapide (macroporosité)</li> <li>• Forte rétention en eau (microporosité)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recharger le profil cultural en carbone "protégé"</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobilisation et maintien de la fertilité par voie organo-biologique</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vitesse élevée de colonisation racinaire</li> <li>• Surface élevée d'interception des flux de nutriments</li> <li>• Capacité élevée à pomper l'eau profonde, recycler les nutriments</li> </ul>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermeture du système "Sol-Cultures"</li> </ul> </div>

# **ANNEXE**

## **SUIVI-ÉVALUATION DES SYSTÈMES DE CULTURE**

### **EXEMPLE DE LA ZTH**

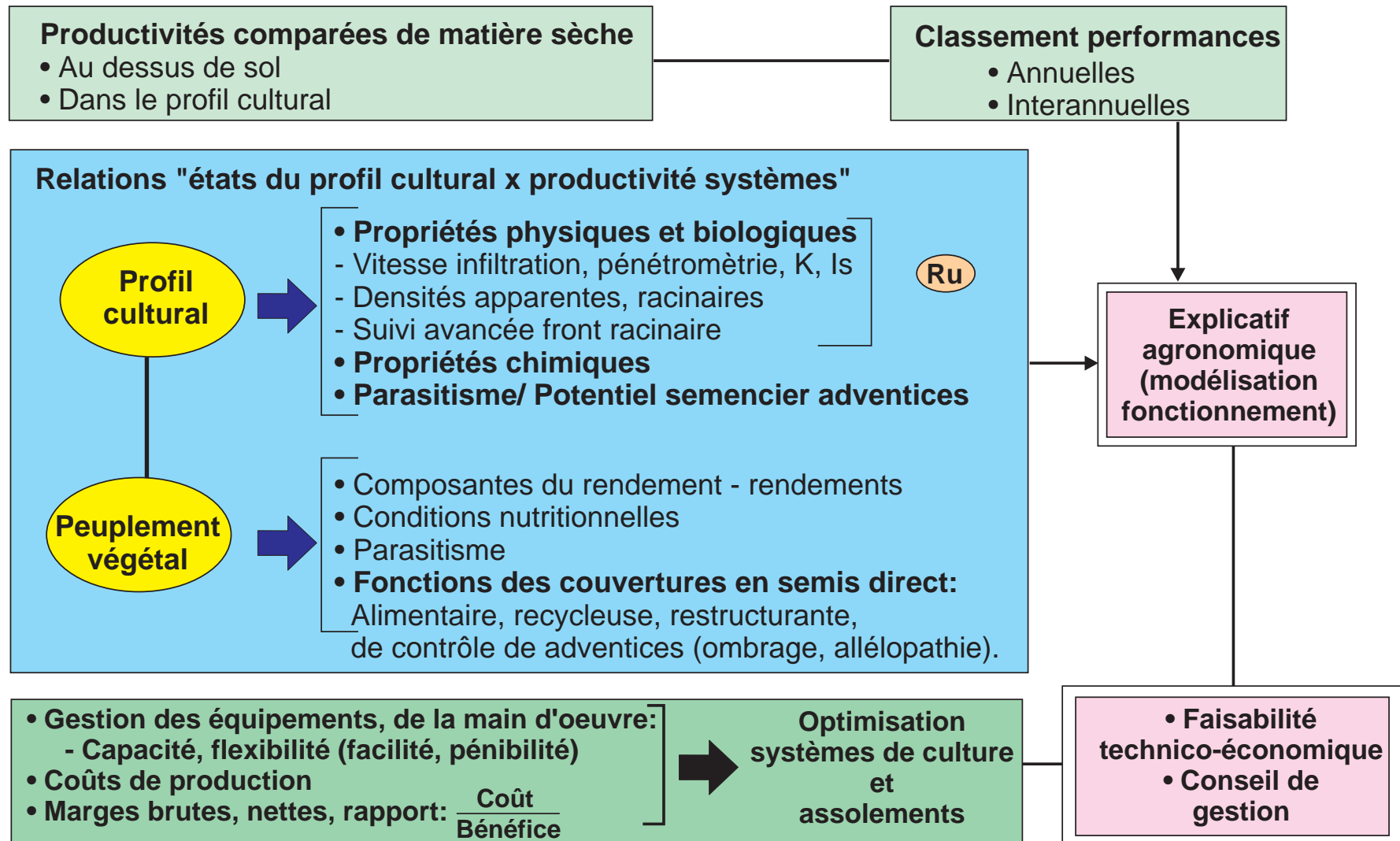
- **LE SOL EST L'ÉLÉMENT-CLÉ DES ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES ET EN PARTICULIER DES AGROSYSTEMES.**
- **CE N'EST PAS UNE RESSOURCE RENOUVELABLE, MAIS UN MILIEU VIVANT QUI PEUT ÊTRE ALTÉRÉ DE MANIÈRE IRRÉVERSIBLE PAR LES INTERVENTIONS HUMAINES INADAPTÉES.**
- **IL CONSTITUE LA PREMIÈRE CLÉ DE LA LUTTE CONTRE LA PAUVRETÉ SOUS LES TROPIQUES.**
- **LES SYSTEMES DE PRODUCTION DURABLES DU FUTUR, NE PEUVENT SE CONCEVOIR SANS GESTION CONSERVATOIRE DU SOL.**
- **UNE GESTION "AU PLUS PRÈS DU BIOLOGIQUE" EST CERTAINEMENT LA MEILLEURE STRATÉGIE À LONG TERME POUR LA GESTION DURABLE DES SOLS.**

**LA GESTION DURABLE  
DES SOLS AGRICOLES  
DOIT AVOIR 3 OBJECTIFS**

- **FOURNIR DES PRODUITS SAINS ET DE QUALITÉ, AVEC LE MINIMUM D'INTRANTS ET RENTABILITÉ.**
- **MINIMISER LES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT.**
- **RESTAURER, PUIS MAINTENIR LA CAPACITÉ DE PRODUCTION DU PATRIMOINE SOL À LONG TERME, AVEC UN MINIMUM D'INTRANTS CHIMIQUES**

## MÉTHODOLOGIE D'ÉTUDE "SYSTEMIQUE X THÉMATIQUE"

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, 1997



# Indicateurs les plus pertinents pour les systèmes de culture, expliquer leurs modes de fonctionnement principaux - L. Séguy, S. Bouzinac

	Principaux paramètres agronomiques Évalués	Degré de pertinence	Paramètres technico-économiques Les plus pertinents
<p><b>Étape 1</b> Restauration propriétés physiques et biologiques des sols dégradés</p> <p>↓</p> <p><b>Étape 2</b> Progression constante des performances des systèmes de semis direct</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le profil cultural et ses relations avec peuplement végétal, le parasitisme sol, cultures -</li> <li>- Sol (1): DA, DR, infiltration eau, pénétrométrie (PR)</li> <li>- Paramètres chimiques (2) (C, V%, CEC, P)</li> <li>- Dynamique racinaire (3)</li> <li>- Potentiel semencier adventices</li> <li>- Cultures: productivités comparées de M. S.</li> <li>- Composantes du rendement</li> <li>- Parasitisme, maladies.</li> </ul>	<p><b>Descriptif pluriannuel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+++</li> <li>++</li> <li>++</li> <li>++++</li> <li>++</li> <li>++++</li> <li>++</li> <li>++</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faisabilité technique (facilité opérationnelle)</li> <li>• Réduction des coûts de production</li> <li>• Rapport bénéfique/coût Marges nettes/ha</li> <li>• Préservation du milieu ambiant (érosion, pollution des rivières par nitrates, xénobiotiques)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le profil cultural</li> <li>• Matière organique, V%</li> <li>• Dynamique racinaire (3)</li> <li>• Productivités comparées de M. S.</li> <li>• Dynamique de minéralisation des couvertures sous cultures</li> <li>• Capacités de contrôle du potentiel semencier d'adventices et du pouvoir pathogène et insectes du sol par les couvertures</li> <li>• Suivi de la dynamique des nitrates, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> (à faire)</li> <li>• Dégradation des xénobiotiques (à faire)</li> <li>• Paramètres chimiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>++++</li> <li>++++</li> <li>++++</li> <li>++++</li> <li>++++</li> <li>++++</li> <li>---</li> <li>---</li> <li>++</li> </ul>	

(1) DA, DR, K, mesurés sur Même échantillon non remanié; des seuils critiques ont été déterminés pour chaque culture en rotation (riz pluvial, culture la plus exigeante en macro)  
 (2) Des niveaux critiques ont été fixés, notamment pour P, K, le taux de saturation en bases; les recommandations de la recherche indiquaient des taux de saturation supérieures à 60%, nos travaux ont permis de les ramener à 40% - (nos recherches actuelles indiquent que ce taux de 40% peut encore nettement être abaissé, en semis direct sur couverture i de sorgho, mil, associés à Brachiaria r.).  
 (3) Dynamique racinaire: le suivi du front racinaire (R.u.) se fait par injection d'herbicides sur riz pluvial, culture la plus exigeante (méthodologie L. Séguy et al, 1989).

# CRITÈRES DÉTERMINANTS PRIS EN COMPTE DANS LA CRÉATION DE SYSTÈMES DE CULTURE PLUS PERFORMANTS

PAR ORDRE D'INTÉRÊT  
DÉCROISSANT POUR LES AGRICULTEURS

## GESTION DES SYSTÈMES

- Facilité de réalisation
- Flexibilité d'utilisation des équipements
- Diminution des coûts de production

## PRODUCTIVITÉ DES SYSTÈMES

- Lucrativité - relation bénéfice/coûts -
- Facilité de financement
- Productivité des cultures

- Amélioration et préservation du potentiel productif de la ressource sol
- Qualité des productions

COURT  
TERME

PLUS  
LONG  
TERME

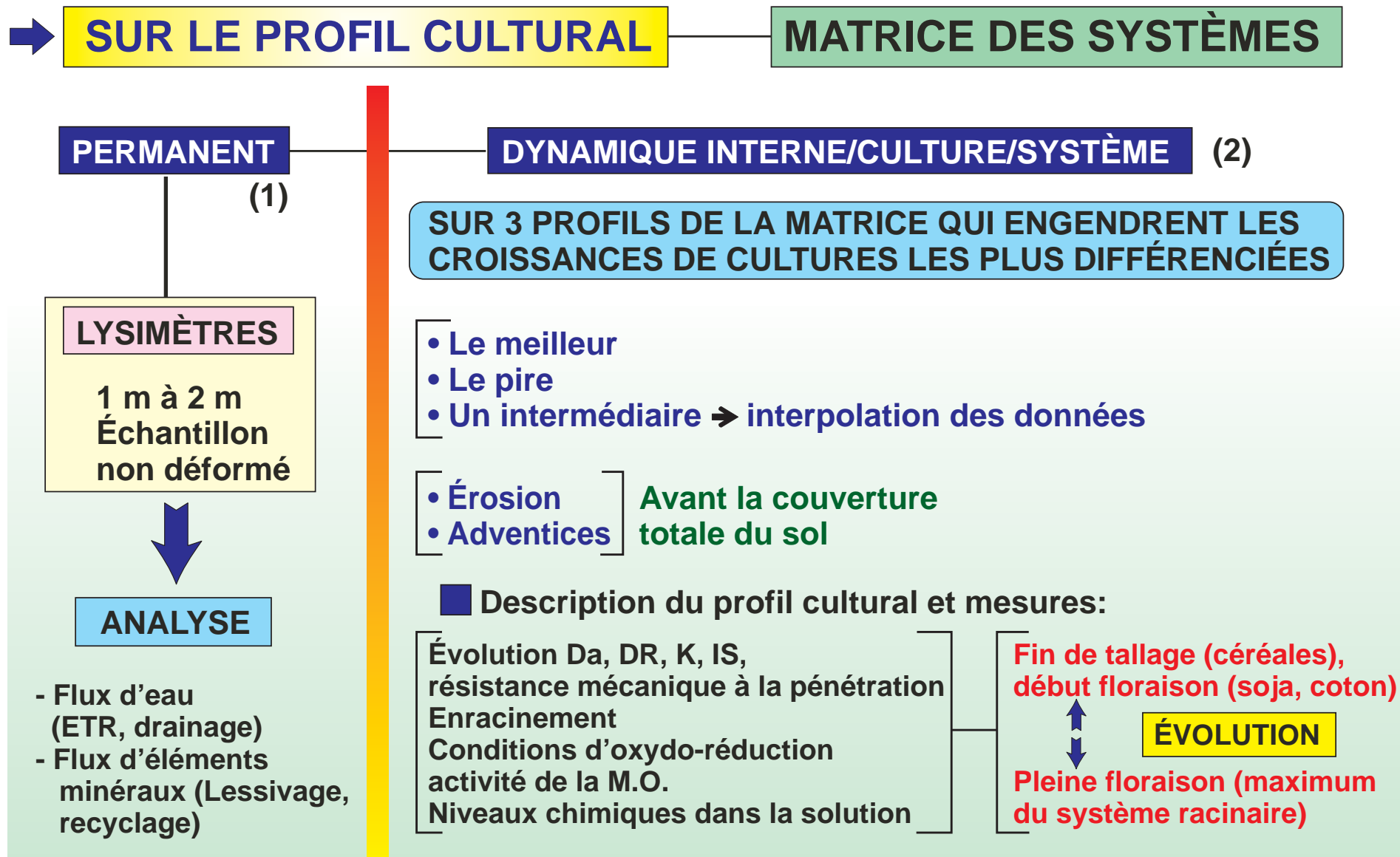
SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac - CIRAD-CA - GEC, 1998



# ***CARACTERISATION DU PROFIL CULTURAL***



**À LA RECHERCHE DES PARAMÈTRES  
INDICATEURS LES PLUS PERTINENTES  
ET EXPLICATIFS DE LA PRODUCTION DE  
MATIÈRE SÈCHE ET DE SA REPRODUCTIBILITÉ**



(1) Lorsque les moyens le permettent  
(2) Suivi obligatoire

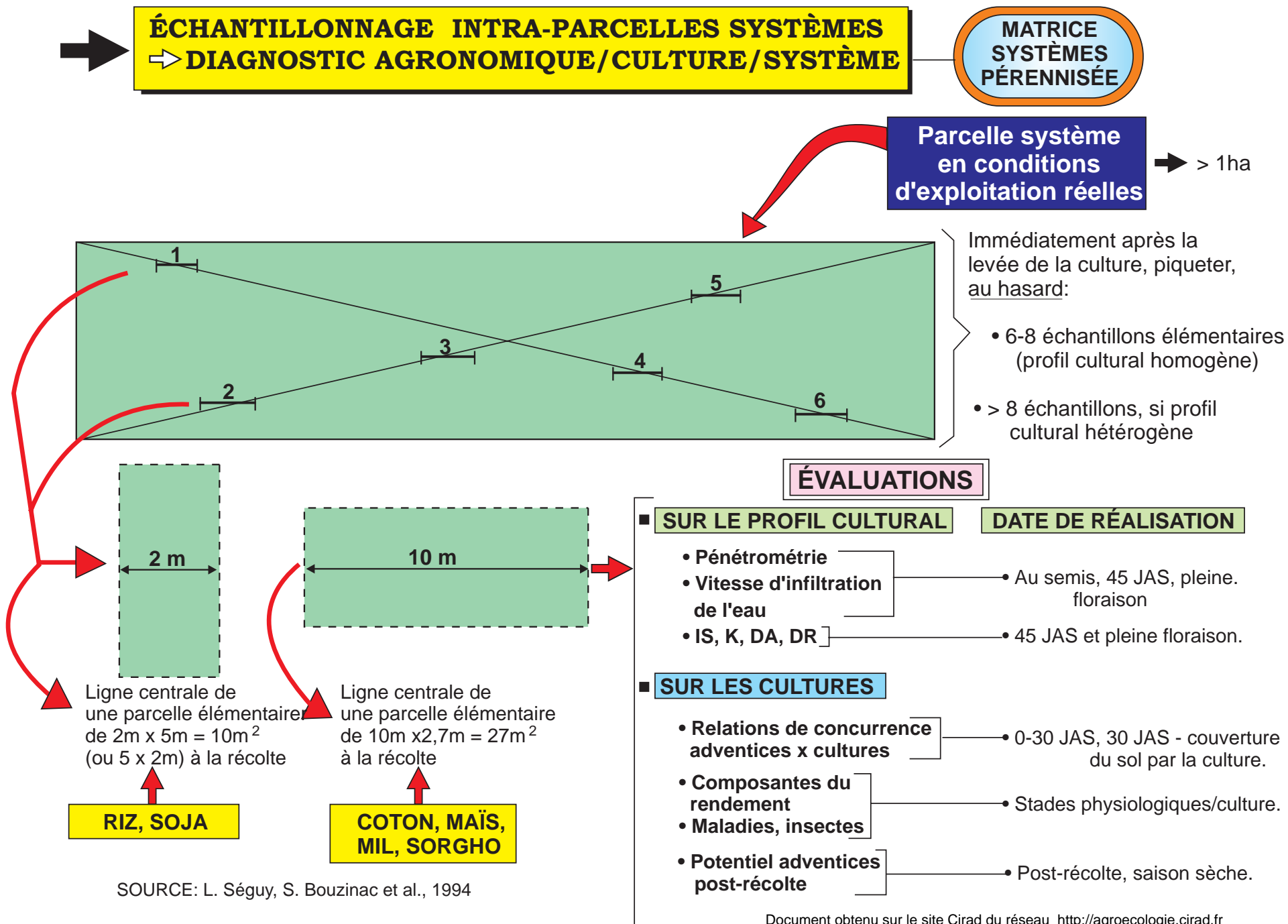
## SUR LES CULTURES, DANS LES SYSTÈMES

- Analyse du rendement (R)  $\left[ \begin{array}{l} \text{Ex.: Céréales} \rightarrow \text{N}^\circ \text{ pieds/m}^2 \times \text{N}^\circ \left\{ \begin{array}{l} \text{Épis} \\ \text{Panicules} \end{array} \right. / \text{Pied} \times \text{N}^\circ \text{ grains} / \left\{ \begin{array}{l} \text{Épis} \\ \text{Panicules} \end{array} \right.} = \text{Rc} \\ \text{Ex.: Soja} \rightarrow \text{N}^\circ \text{ pieds/m}^2 \times \text{N}^\circ \text{ gousses/pied} \times \text{N}^\circ \text{ grains/gousse} = \text{Rs} \end{array} \right.$
- ↳ Identifier, hiérarchiser les facteurs et conditions du milieu à chaque étape de l'élaboration du rendement

■ LES FACTEURS → Les éléments du milieu qui interfèrent dans les processus biologiques (*synthèse chlorophyllienne, respiration*)  
= radiation, CO<sub>2</sub>, éléments minéraux, eau.

■ LES CONDITIONS → Disponibilité des éléments minéraux en fonction des états du profil cultural.

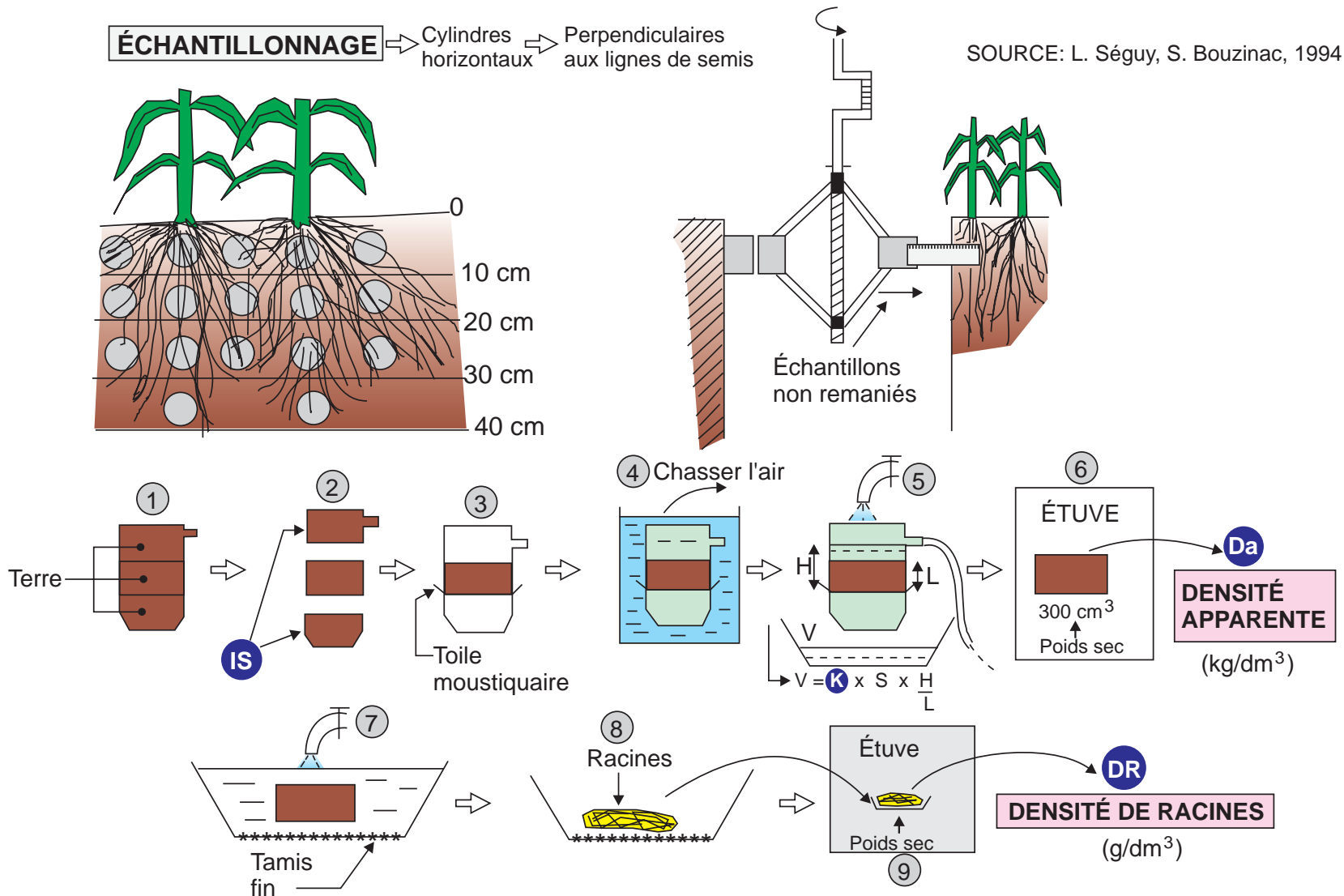
- Les composantes du rendement traduisent les effets =
  - Des modes de gestion du sol
  - De l'histoire culturale (succession des cultures x modes de gestion du sol)
    - + À court terme (*effet des précédents et modes de gestion du sol, adventices*)
    - + À plus long terme, effet cumulatifs (*évolution de M. O., État structural, distribution P, bases, potentiel semencier des adventices*)

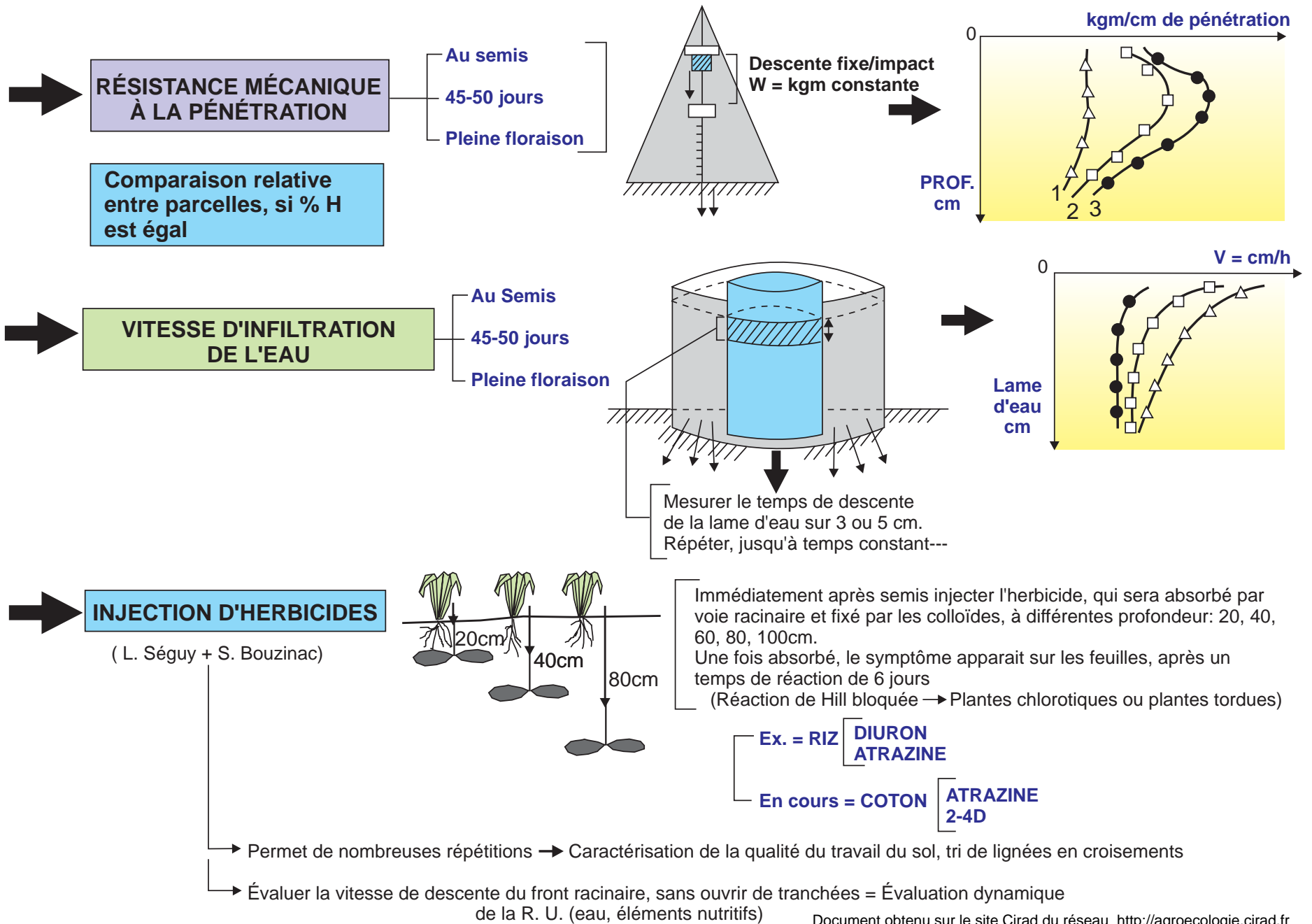


## MESURES SUR LE PROFIL CULTURAL, IN SITU, POUR LES ÉVALUATIONS

- Da (densité apparente)
- DR (densité de racines)
- IS (indice d'instabilité structurale)
- K (conductivité hydraulique de Darcy)

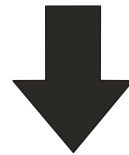
4 Paramètres à partir du même échantillon non remanié





## SYNTHÈSE DES RÉSULTATS ANNUELS ET PLURIANNUELS

- Analyse en composantes principales (*multivariable*), corrélations.
- Régression de la productivité des cultures (*matière sèche totale, grains*) sur les paramètres analysés → choix des paramètres les plus pertinents et explicatifs



**RÈGLES DE FONCTIONNEMENT  
DES RELATIONS CLIMAT-SOL-PLANTE**