

VII – ANNEXES

FONCTIONNEMENT DU SEMIS DIRECT EN ZTH DES SAVANES ET DES FORÊTS DU CENTRE-OUEST BRÉSILIEN

DOSSIERS PHOTOS :

- + LA DESTRUCTION DU PATRIMOINE SOL TROPICAL OU
L'ÉCHEC DU TRANSFERT NORD-SUD DE GESTION DU SOL**
- + CONTRÔLE TOTAL DE L'ÉROSION ET RESTAURATION DE
LA FERTILITÉ DES SOLS PAR VOIE ORGANO-BIOLOGIQUE
PAR LE SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE VÉGÉTALE**
- + LES SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT LES PLUS
PERFORMANTS EN ZTH**
- + QUELQUES IMAGES DU SEMIS DIRECT À MADAGASCAR**

• **FONCTIONNEMENT DU SEMIS DIRECT
EN ZONE TROPICALE HUMIDE
DES SAVANES ET FORÊTS
DU CENTRE OUEST BRÉSILIEN**

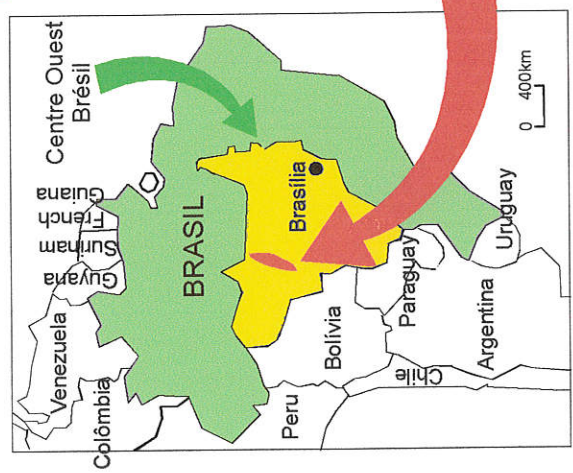
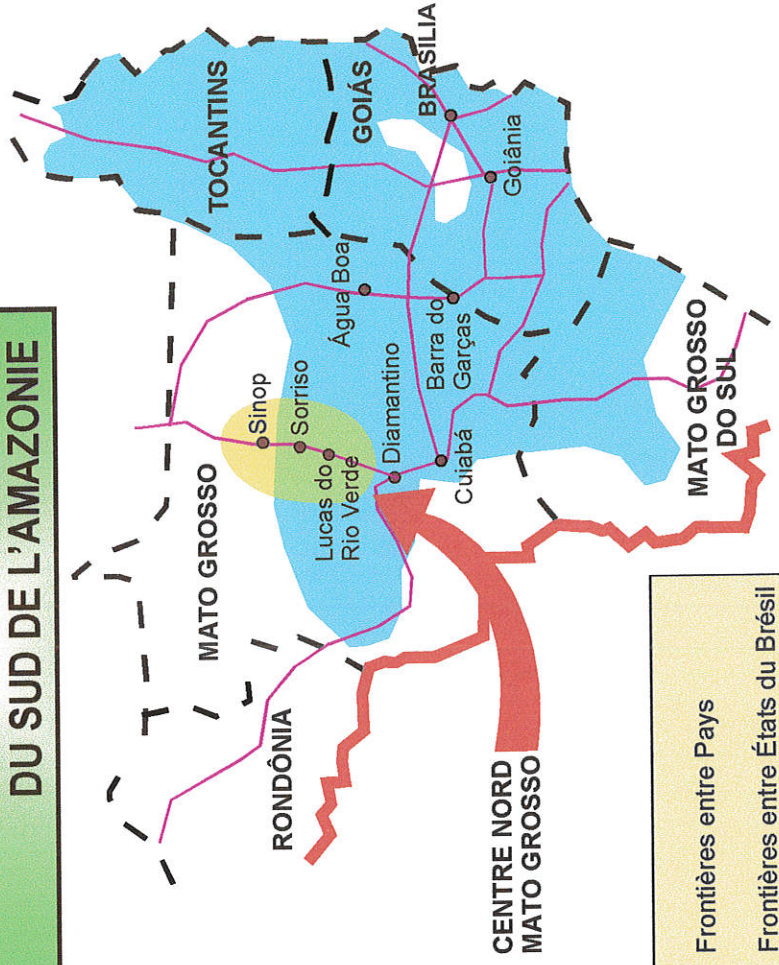
SOLS FERRALLITIQUES OXYDÉS ET HYDRATÉS

**ÉTAT DES CONNAISSANCES ACTUELLES,
À PARTIR DES TRAVAUX DE L'ÉQUIPE
CIRAD CA - GEC DE GOIÂNIA (GO)**

L. Séguy, S. Bouzinac

- Mars 2001 -

**FIG. 80 CENTRE OUEST BRÉSIL
ET
FRONTIÈRES AGRICOLES
DU SUD DE L'AMAZONIE**



— Frontières entre Pays
- - - Frontières entre États du Brésil
— Routes
 Écologie des cerrados
 0 200km

FIG. 81 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 CO₂ (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 + allelopathie*)
 - 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 -

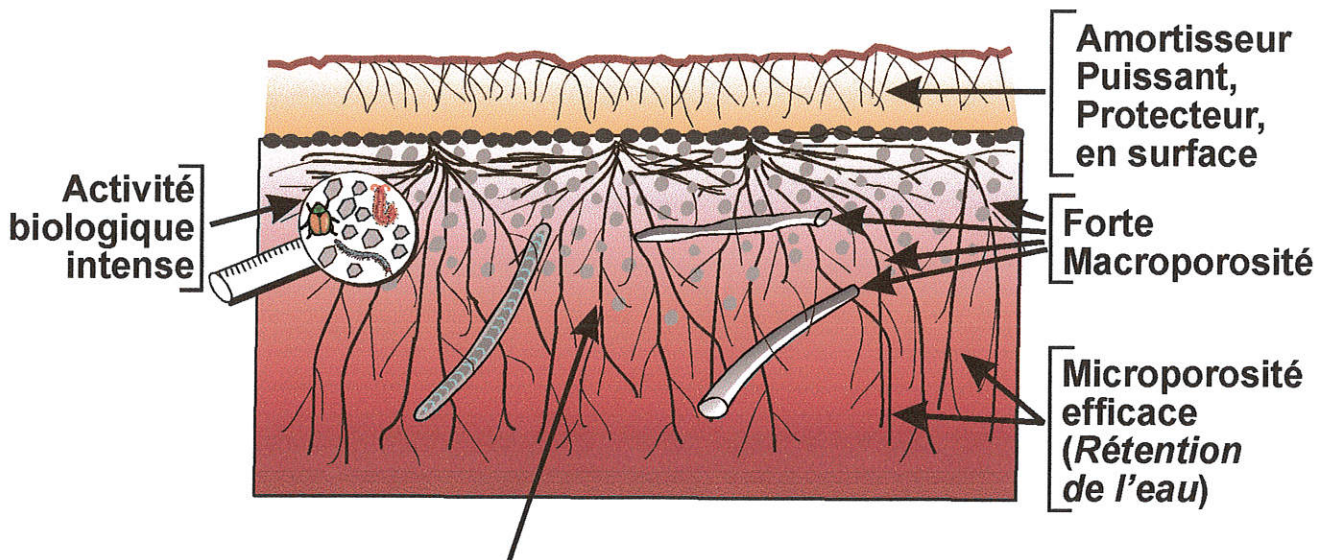
SOURCE: Séguy L. Bouzinac S. CIRAD-CA; Maronezzi A., Lucas G. L., AGRONORTE - Sinop/MT, 1999

FIG. 82 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, RÉSIDUES AU TASSEMENT ET À LA
DÉFORMATION, RESSUYAGE RAPIDE.



SYSTÈMES RACINAIRES
+
CONSTRUCTIONS DE LA FAUNE

FIG. 83 COUVRIR LE SOL EN ZONE TROPICALE HUMIDE



**PRINCIPAL PROBLÈME:
MAINTENIR UNE COUVERTURE PERMANENTE DU SOL**

• À L'INVERSE DES RÉGIONS SUBTROPICALES ET SUBTROPICALES D'ALTITUDE (*États du Sud, en dessous des tropiques*), OÙ IL EXISTE UNE SAISON FROIDE QUI FREINE LA MINÉRALISATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

→ EN CONDITIONS TROPICALES CHAUDES ET HUMIDES DE BASSE ALTITUDE, TAUX ÉLEVÉ, CONTINU, DE MINÉRALISATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE,

→ LA COUVERTURE DU SOL ASSURÉE, UNIQUEMENT PAR LES RESTES DE RÉCOLTE EST ÉPHÉMÈRE ET INSUFFISANTE DURANT LE CYCLE DE LA CULTURE -

FIG. 84 LA RECHERCHE CIRAD, EN ZTH, A MIS AU POINT, ENTRE 1987 ET 1998, 3 GRANDS TYPES DE SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES

• LES SUCCESSIONS ANNUELLES SUR COUVERTURES

MORTES

- 1 Culture commerciale, précédée par une pompe biologique (*Mil, Sorgho, Eleusine, Crotalaire, Cajanus*)
- 1 Culture commerciale, suivie par une pompe biologique dite "SAFRINHA" (*Maïs, Sorgho, Eleusine, Mil, Crotalaire, Cajanus*)

• LES MÊMES SUCCESSIONS, MAIS QUI ASSOCIENT LA SAFRINHA AVEC *BRACHIARIA Ruziziensis* -

Le *Brachiaria* continue à produire de la matière sèche, même en saison sèche (*niveau racinaire surtout*), constitue une assurance tous risques contre les feux accidentels de saison sèche (*reprise rapide → couverture du sol*)

• LES SUCCESSIONS ANNUELLES "PRODUCTION DE GRAINS, COTON, + PÂTURAGE" =

- * Cultures de Riz haute technologie, Maïs, Coton, sur le genre *Arachis*
- * Cultures de Soja, Coton, Riz pluvial haute technologie sur le genre *Cynodon D. (Tifton 85)*

FIG. 85 → **LA CONSTRUCTION** DES SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT S'EST INSPIRÉE D'UN MODÈLE DE FONCTIONNEMENT NATUREL STABLE:

→ **L'ÉCOSYSTÈME FORESTIER**

→ **OBJECTIFS DES AGRONOMES**

- Adapter le fonctionnement de l'écosystème Forestier aux agrosystèmes de production de grains et d'élevage, en reproduisant les fonctions essentielles de l'écosystème forestier:

→ **Sa stabilité**

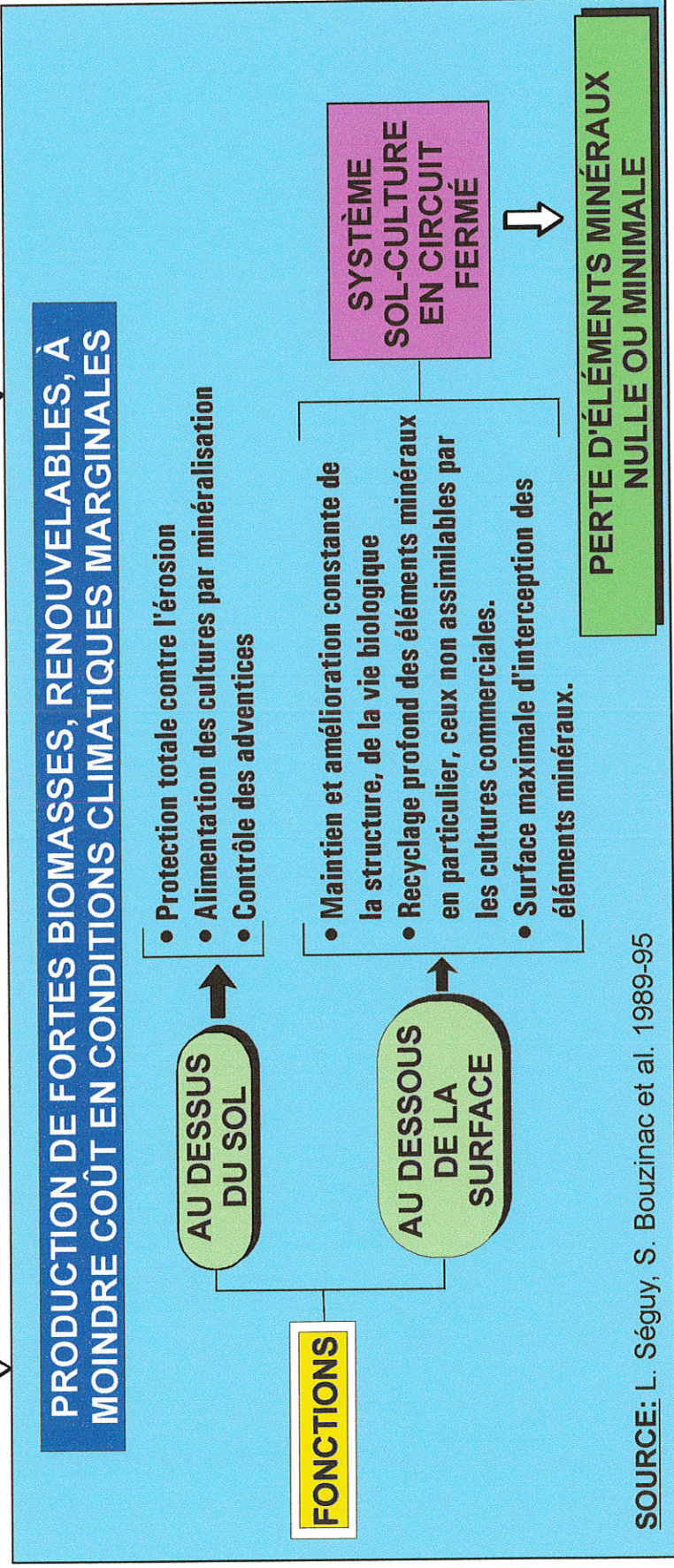
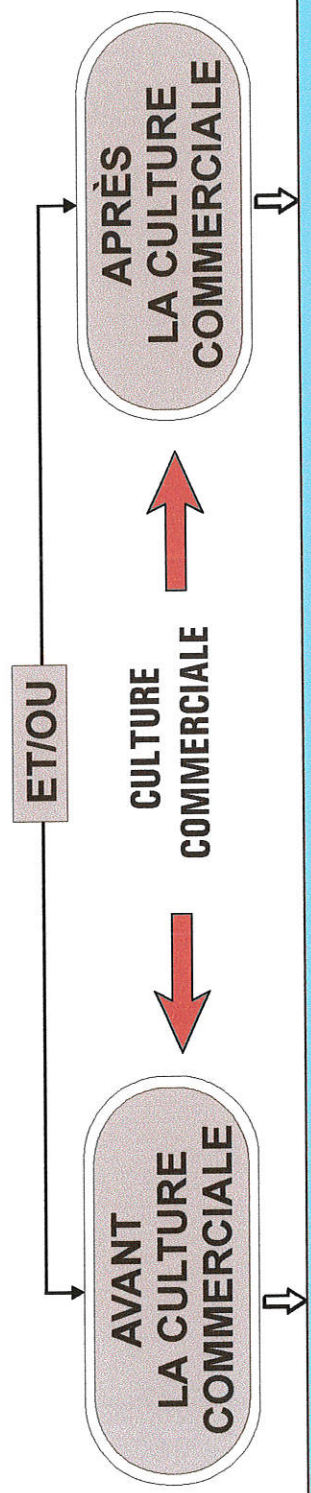
→ **Fonctionnement de l'écosystème sol-plante, en circuit fermé (recyclage, entre matière organique vivante et morte)**
→ **minimiser l'importance du facteur sol)**

→ **Création et maintien d'une forte activité biologique (systèmes racinaires + faune + microflore)**

"Faire travailler la nature au profit des activités de production agricole durable, au moindre coût, tout en préservant la capacité de production de la ressource sol, dans un environnement protégé, propre"

FIG. 87 **LA NOTION DE** **POMPE BIOLOGIQUE**

- PROTECTRICE ET RESTRUCTURATRICE DU PROFIL DE SOL
- NOURRICIÈRE POUR LES CULTURES, RECYCLEUSE D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac et al. 1989-95

FIG. 88 EFFETS DES COUVERTURES

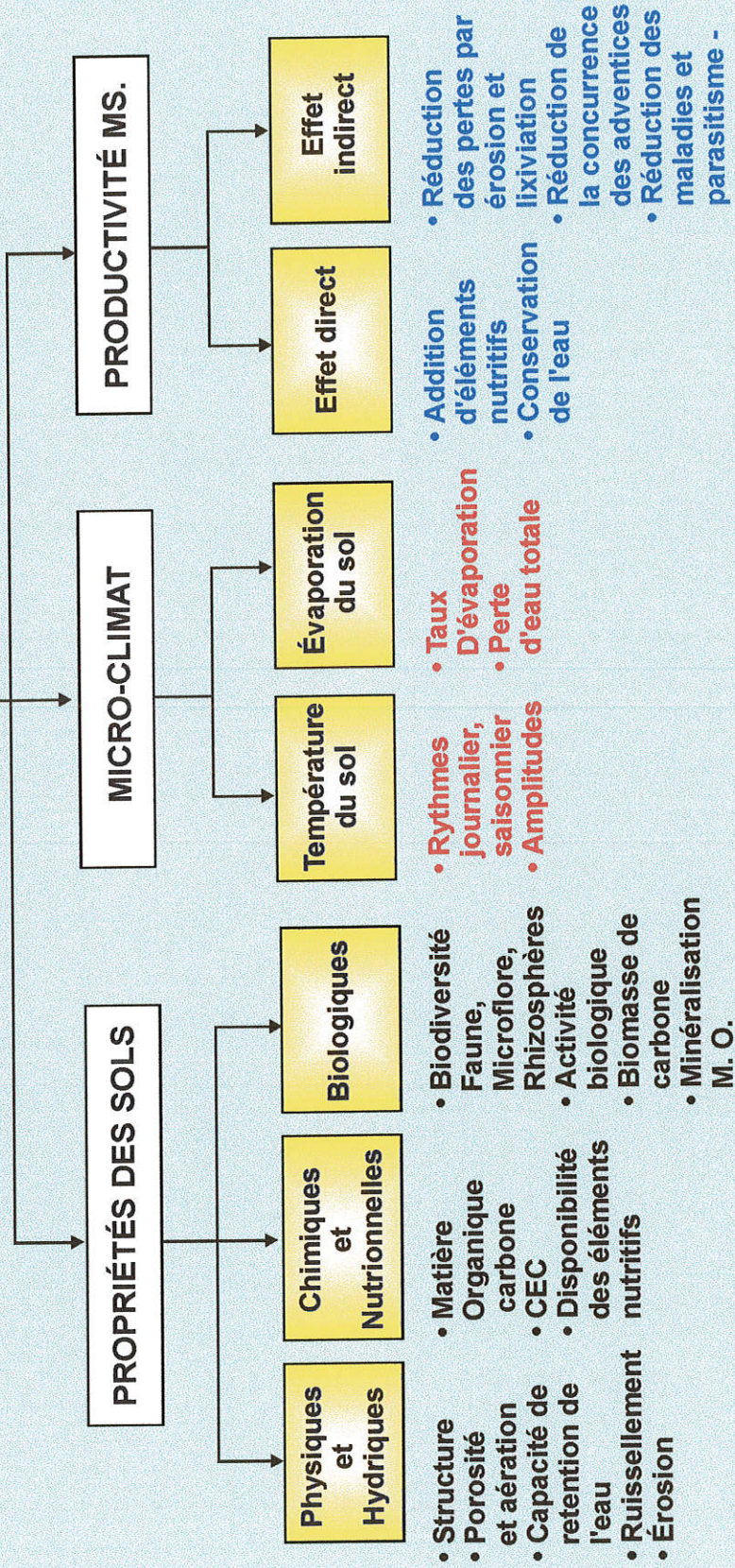


FIG. 89 MÉTHODOLOGIE - ACTIONS DE RECHERCHES

- **Conditions de production des semences des plantes de couverture, à la propriété** (*Facilité de production au moindre coût, importance des surfaces immobilisées, conditions de conservation*)
- **Modes de gestion technique des plantes de couverture dans les systèmes de culture** (*Gestion mécanique, herbicide en pré-semis, gestion herbicide en post semis*)
- **Évaluation des impacts agronomique et technico-économique des plantes de couverture sur les performances des systèmes de culture** (*Systèmes de production de grains, du Coton, d'élevage*)
- **Choix des plantes couverture en fonction des problèmes agronomiques et technico-économiques à résoudre en milieu réel, chez les agriculteurs:**

Aide à la prise de décision, conseil de gestion

FIG. 90 CHOIX DES PLANTES DE COUVERTURE

THÈMES SCIENTIFIQUES, CRITÈRES ET MÉTHODES

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

ADAPTABILITÉ DES ESPÈCES SUR SOLS FERRALLITIQUES

**Brésiliens, Africains, Asiatiques (*Roches acide et basique*)
(Réseau gestion agrobiologique piloté par L. Séguy)**

DÉFINITION ET DESCRIPTION DES PRINCIPALES FONCTIONS

Des plantes de couverture dans les systèmes de culture, en semis direct (*Agrosystèmes Brésiliens, Africains, Asiatiques*):

- Protectrice du sol et alimentaire (*cultures, élevage*),
 - Restructurante et recycleuse,
 - Suppressives des adventives (*ombrage, allélopathie*), des champignons pathogènes du sol (*Pythium, Rhizoctonia, Fusarium, Aspergillus, Rhizopus etc...*)
-
- Capacité de mobilisation des nutriments en situation de déficience, carence, pour les cultures alimentaires et commerciales, dans les sols acides (*P, K, Ca, Mg, Oligos; neutralisation Al*)
 - Capacité de sequestration du carbone, et de recharge du profil cultural (*dessus, dessous*), de rétention des bases -

FIG. 91 FONCTION ALIMENTAIRE DES COUVERTURES

OBJECTIFS

➔ Renforcer le pouvoir alimentaire du sol, par celui des biomasses (*Pompe biologique*) tout au long du cycle de la culture

➔ Identifier les biomasses qui peuvent mobiliser des nutriments (macro, micro) que les cultures commerciales sont incapables d'extraire du pool alimentaire du sol en conditions suffisantes pour conduire aux objectifs de productivité fixés - (*Nécessité d'apport d'engrais minéraux*)

Ex.

- Le Mil, Le Sorgho comme pompes à **K**
- L'*Eleusine C.* comme pompe à **K, Ca, Mg**
- *Cassia rotundifolia* et le genre *Brachiaria* comme pompes biologiques capables d'exploiter les sols très acides (*forts pouvoirs: neutralisant de l'acidité, mobilisateur de nutriments, recycleur*)

➔ Analyser le rythme de minéralisation des couvertures, ses conséquences sur la dynamique des ions: (bases, cycles d'immobilisation - libération de N, P, en fonction de la nature des couvertures)

FIG. 92 LA FONCTION ALIMENTAIRE DÉPEND:

➔ D'abord, de la capacité de la plante de couverture, à produire une très forte biomasse instantanée en conditions climatiques aléatoires

*[Début et fin de saison des pluies,
la biomasse remplace le travail du sol]*

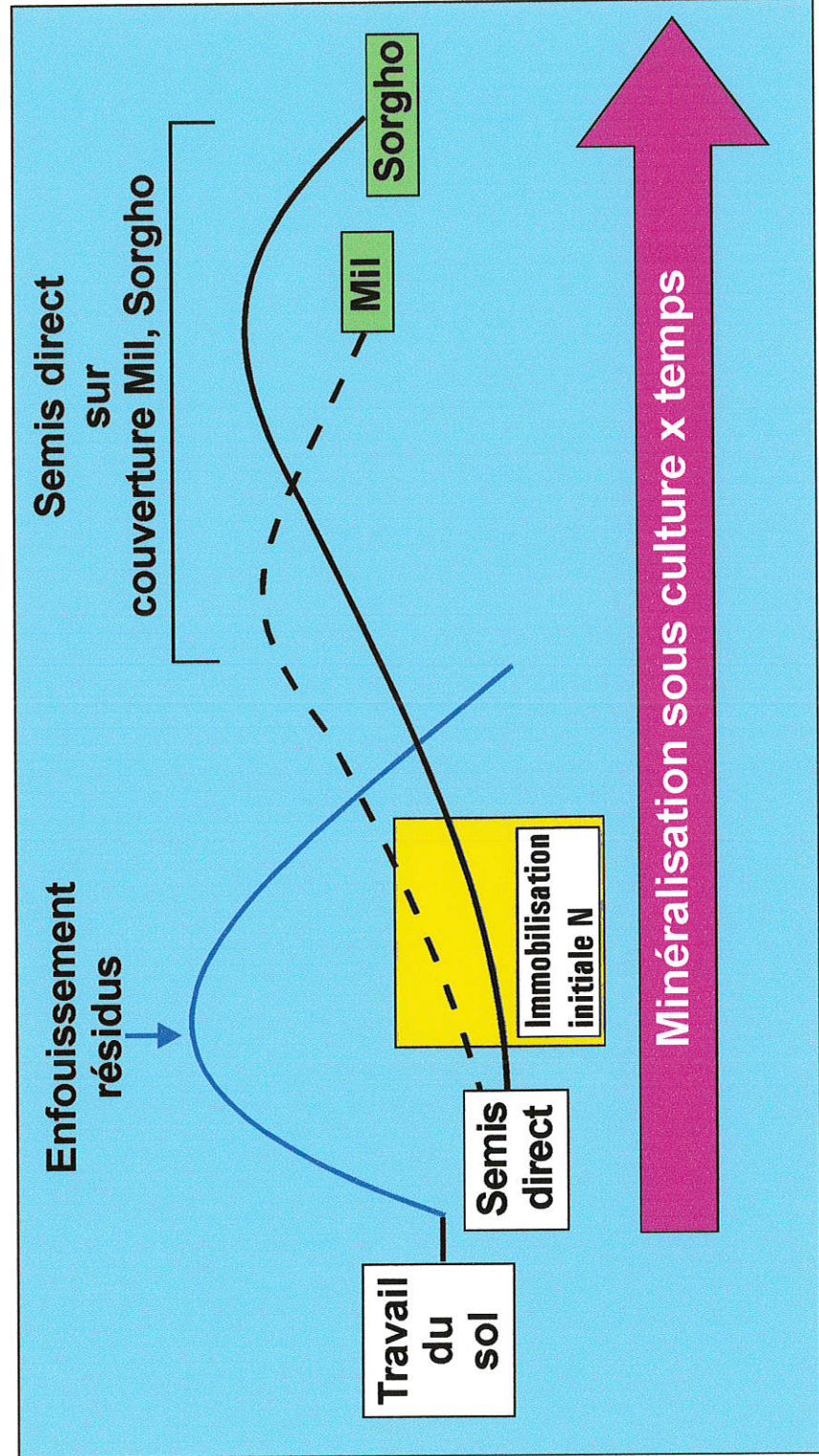
➔ Ensuite, de la vitesse de minéralisation de la couverture dans les conditions pédoclimatiques locales -
La vitesse de minéralisation est réglée par:

- La teneur en lignine
- La teneur en C
- La rapport C/N
- L'activité biologique.

➔ De la dynamique des ions fortement influencée par la nature des couvertures (*acides organiques* ⇒ *Pouvoir neutralisant de l'acidité, détoxiquant, migrations des sels, dont ceux de NO₃, K, Ca, Mg*)

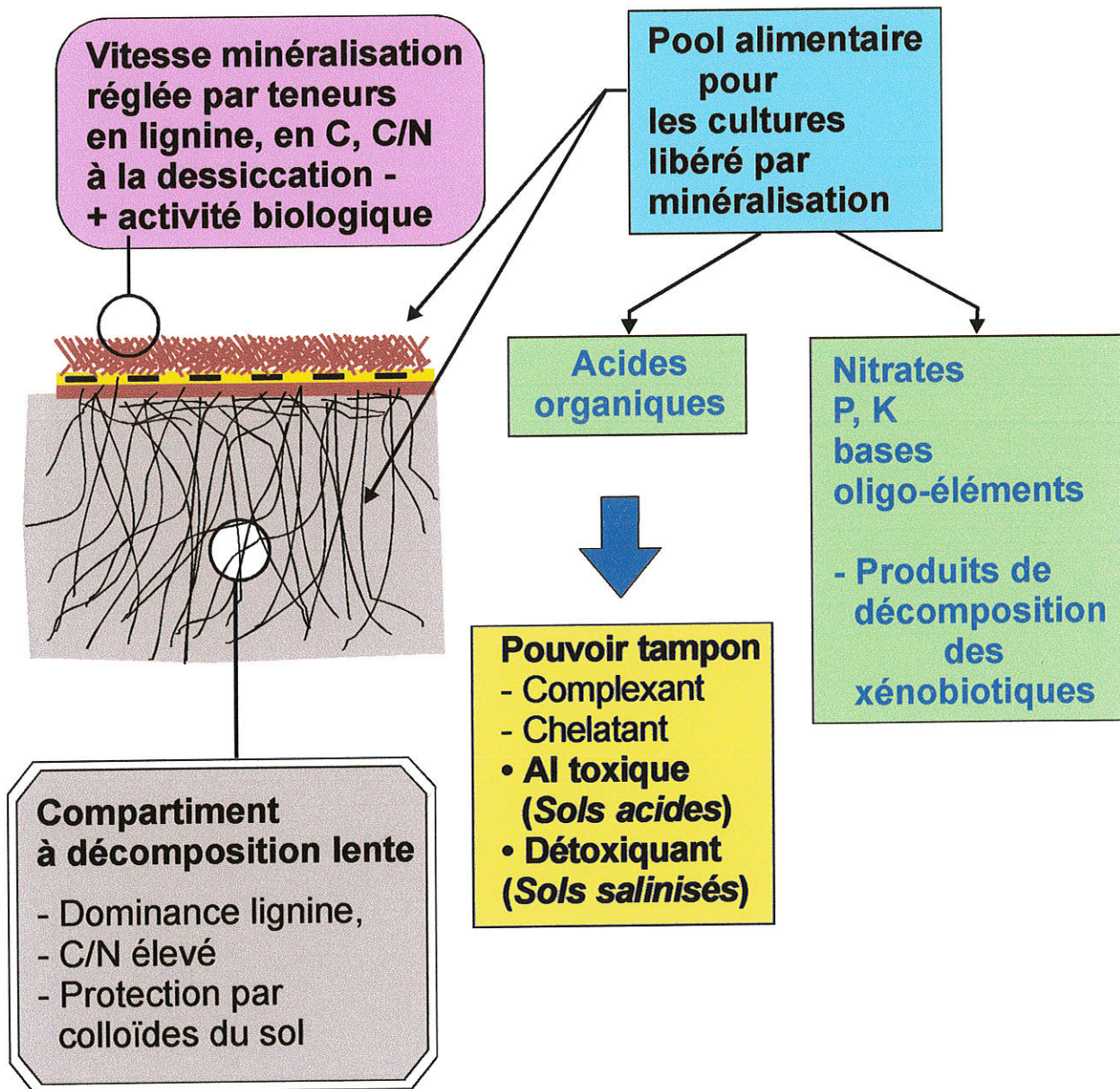
FOURNITURE NUTRIMENTS

FIG. 93 FONCTION ALIMENTAIRE (Tendances) DES MATIÈRES ORGANIQUES À TURN OVER RAPIDE, EN FONCTION DU MODE DE GESTION DU SOL



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD CA -GEC - Goiânia - GO, 1999

FIG. 94 FONCTIONS ALIMENTAIRE, COMPLEXANTE, DES POMPES BIOLOGIQUES - (Cas des graminées)



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

**FIG. 95 MINÉRALISATION DES COUVERTURES MORTES = MILS
ET SORGHOS GUINEA, SOUS CULTURE DE COTON -
FAZENDA RECANTO - ITUMBIARA/GO, 1997**

Macro-Éléments	Mil ⁽³⁾		Sorgho guinea ⁽³⁾	
	Quantité minéralisée (kg/ha) ⁽¹⁾	Quantité restante (kg/ha) ⁽²⁾	Quantité minéralisée (kg/ha) ⁽¹⁾	Quantité restante (kg/ha) ⁽²⁾
N	69,0	30,0	47,0	31,0
P	3,4	0,4	4,1	0,5
K	97,0	2,9	41,0	28,0
Ca	5,6	11,4	7,7	15,3
Mg	8,2	1,8	5,9	3,3
S	3,0	0,9	3,0	1,9

1 - Différence entre la quantité d'éléments contenus dans la biomasse à la dessiccation avant semis direct et la quantité restante de ces mêmes éléments, 1 mois avant récolte du coton.

2 - Quantité d'éléments minéraux restants, 1 mois avant récolte du coton.

3 - Biomasse sèche de Mil à la dessiccation = 3830 kg/ha; Biomasse restante = 1360 kg/ha (35%)
Biomasse sèche de Sorgho guinea à la dessiccation = 4600 kg/ha; Biomasse restante = 2780 kg/ha (60%)

- Taux de minéralisation du Mil (120J) = 65%; Taux de minéralisation du Sorgho = 40%

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD CA - GEC; Groupe Maeda, Itumbiara/GO, 1997

FIG. 96 FONCTIONS= ALIMENTAIRE, NEUTRALISATION DE L'ACIDITÉ

	Vitesse décomposition après dessiccation	Immobilisation N en début de cycle ²	Neutralisation acidité	Valeur fourragère
Mils ⁽¹⁾	Rapide	Faible (C/N = 22 à 27) (10-15N/ha semis, localisés)	-	Bonne (pâture, ensilage)
Sorghos ⁽¹⁾	Lente	Forte (C/N = 41 à 49) (30N/ha semis, localisés)	-	Bonne (pâture après 40 jours, ensilage)
Eleusine C. ⁽¹⁾	Moyenne	Moyenne (C/N = 35) (15-20N/ha semis, localisés)	Forte	excellente (Pâture)
Maïs, Mils, Sorghos + Brachiaria R. Stylosanthes G.	Moyenne	Moyenne (C/N = 37) (15-20N/ha semis, localisés)	Forte	excellente (Pâture)
Cynodon D. Tifton 85	Lente	Moyenne (20-25N/ha semis, localisés)	-	excellente (Pâture)
Arachis P. Amarillo	Rapide	Très faible -	Forte	excellente (Pâture)

(1) Mils, Sorghos. Eleusine C., d'alimentation humaine - Farines à haute valeur nutritive, sans tanins, riches en protéines (11-14%)

- Mils CIRAD, Indiens
 - Sorghos Africains, CIRAD
- { GROUPE MAEDA - Ituverava - SP
 AGRONORTE - Sorriso, MT
 EMGOPA - Goiânia, GO

(2) Recommandations fertilisation N sur semis direct de céréales et Coton

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

FIG. 97 FONCTION RECYCLEUSE

➔ **FONCTIONNEMENT: Système Sol-Plante en circuit fermé** ➔ **Pertes minimums de nutriments:**

- Nécessité d'une forte capacité recycleuse des plantes de couverture = Recyclage annuel des ions lixiviés en profondeur (*puissance du système racinaire: en surface d'interception, en profondeur, capacité à mobiliser des nutriments considérés comme non assimilables pour les cultures commerciales*).
- Capacité de séquestration du carbone et recharge du profil cultural —

Dessus
Dessous
- Impacts sur la CEC (*nature, évolution*), V%, propriétés physiques et hydrodynamiques du sol, activité biologique -
- Liaison rapide avec l'eau profonde du sol en fin de cycle des pluies, à l'image de l'écosystème forestier, pour production de biomasse en saison sèche -

FIG. 98 TENEURS EN MACRO ET MICRO-ÉLÉMENTS RECYCLÉS DANS LES COUVERTURES MORTES (*Pompes biologiques*), À LA RÉCOLTE - SOLS FERRALLITIQUES OXYDÉS - ÉCOLOGIE DES FORÊTS - SINOPI/MT, 1998

Nature de la couverture morte	Macro-éléments (kg/ha)										Micro-éléments (g/ha)					
	N	P	K	Ca	Mg	S	C	C/N %	Zn	Cu	Fe	Mn	B			
1. PARTIE AÉRIENNE ⁽¹⁾																
• Eleusine C. (CV 5352)	65	2,5	145	60	17	8	2275	35	115	34	915	205	12			
• Sorgho (CIRAD 321) + <i>Brachiaria</i> R. (100J)	104	4	120	29	15	5	3830	37	132	63	1912	293	51			
1. RACINES ⁽²⁾																
• Eleusine C. (CV 5352)	44	2	6,4	12,8	2	3,6	2240	51	94	52	23592	138	135			
• Sorgho (CIRAD 321) + <i>Brachiaria</i> R. (100J)	52	2,4	24,8	12,8	4	2,8	2000	38	104	46	7532	114	57			

(1) - Productivité de matière sèche aérienne → Eleusine C. = 5t/ha; Sorgho + *Brachiaria* R. = 8t/ha
 (2) - Productivité de matière sèche racinaire → Eleusine C. = 4t/ha; Sorgho + *Brachiaria* R. (100J) = 4t/ha

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, - CIRAD CA - GEC; Agronorte - Sinop/MT, 1998

FIG. 99 FONCTION RECYCLEUSE DES RACINES

	Vitesse enracinement	Biomasse racinaire (90J)	Pouvoir restructurant	Recharge en carbone du profil cultural
Mils ⁽¹⁾	Rapide 2,0-3,0 cm/Jour	Moyenne (C/N = 41)	Moyen	Moyenne (90J)
Sorghos ⁽¹⁾	Rapide 2,0-3,0 cm/Jour	Élevée (C/N = 60)	Élevé	Forte (90-110J)
Eleusine C. ⁽¹⁾	Très rapide 3,0-5,0 cm/Jour	Très Élevée (C/N = 51)	Exceptionnel	Très Forte (90-100J)
Maïs, Mils, Sorghos + Brachiaria R. Stylosanthes G.	Rapide	Très Élevée ⁽²⁾ (Activité racinaire continue du <i>Brachiaria R.</i>) (C/N = 35-38)	Très Élevé	Forte (90-100J) à très forte (150-210 jours)
Cynodon D. Tifton 85	Rapide	Très Élevée (Rhizomes + Stolons)	Très Élevé	Forte (continue)
Arachis P. Amarillo	Rapide	Moyenne (Stolons)	Moyen	Moyenne (continue)

(1) Mils, Sorghos. Eleusine C., d'alimentation humaine - Farines à haute valeur nutritive, sans tanins, riches en protéines (11-14%)
 • Mils CIRAD, Indiens
 • Sorghos Africains, CIRAD
 (2) Plus riche en azote - (1,3 à 1,5% N)

• Semences disponibles { GROUPE MAEDA - Ituverava - SP
 AGRONORTE - Sorriso, MT
 EMGOPA - Goiânia, GO

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

FIG. 100 FONCTION = CONTRÔLE DES ADVENTICES

• MÉCANISMES MIS EN JEU

- Allélopathie
- Ombrage
- Durée de la couverture et capacité de reprise

• OBJECTIFS

- Réduction maximum de l'utilisation des herbicides, du coût - (*molécules les moins polluantes pour la ressource sol*)
- Répondre au feu accidentel (*capacités de reprise et de dominance sur adventices*)
- Contrôle des pestes végétales
 - + *Cyperus rotundus* (*sols tropicaux riches en M. O.*)
 - + *Striga* (*sols tropicaux érodés, pauvres en M. O.*)

• FAISABILITÉ TECHNIQUE → Dans les systèmes de semis direct (*évolutive*) -

- Les successions annuelles de production de grains = 1 culture commerciale + Safrinha,
- Les successions annuelles de grains = 1 culture commerciale + safrinha associée à *Brachiaria R.*,
- Les successions annuelles sur tapis vivant = 1 culture commerciale + pâturage, (*ou engrais vert*), en succession -

FIG. 101 FONCTION: CONTROLE DES ADVENTICES ANNUELLES ET VIVACES

	Capacité de contrôle dicotylédones	Capacité de contrôle Graminées	Capacité de contrôle des pestes végétales (<i>Cyperus rotundus</i>)	Pouvoir d'infestation de la culture par la couverture après dessiccation	Dessiccation couverture avant semis	Nécessité herbicide dans la culture
Mils ⁽¹⁾	Moyenne	Moyenne	Faible	Moyen (grains)	Facile Roundup 2.4D	Moyenne à Élevée
Sorghos ⁽¹⁾	Élevée EFFETS D'OMBRE + ALLÉOPATHIQUES	Très élevée	Très élevée	Fort (grains + repousses)	Facile Roundup	Faible à très faible ⁽²⁾
Eleusine C. ⁽¹⁾	Élevée	Élevée	-	Fort (grains)	Facile Roundup + 2.4D	Moyenne
Maïs, Sorghos + Brachiaria R. Stylosanthes G.	Très élevée EFFETS D'OMBRE + ALLÉOPATHIQUES	Très élevée	Très élevée	Très faible à nul	Facile Roundup	Faible à nulle ⁽²⁾
Cynodon D. Tifton 85	Très élevée EFFETS D'OMBRE + ALLÉOPATHIQUES	Très élevée	Très élevée	Très fort	Facile Paraquat séquentiel	Très faible
Arachis P. Amarillo	Très élevée EFFETS D'OMBRE	Très élevée	Très élevée	Très fort	Facile Diquat séquentiel	Très faible

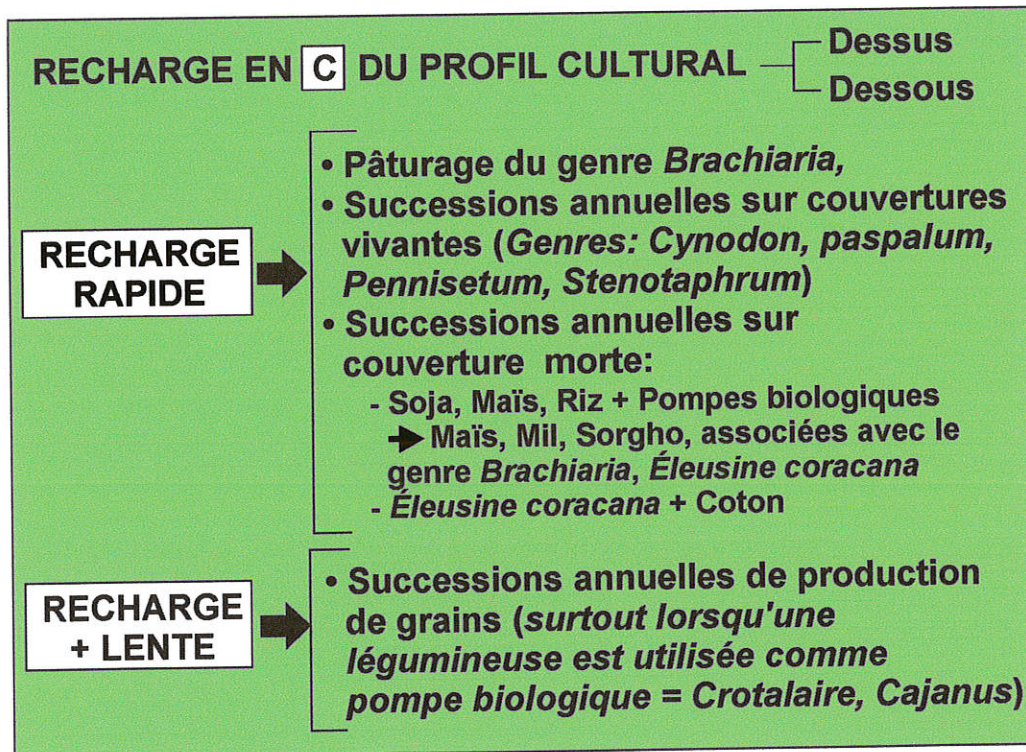
(1) Mils, Sorghos. Eleusine C., d'alimentation humaine - Farines à haute valeur nutritive, sans tanins, riches en protéines (11-14%)

- Mils CIRAD, Indiens
 - Sorghos Africains, CIRAD
- { GROUPE MAEDA - Ituverava - SP
 AGRONORTE - Sorriso, MT
 EMGOPA - Goiânia, GO

(2) Les cultures implantées sur couvertures mortes de sorgho, et sur Mil, Sorgho associés au *Brachiaria R.*,
 Bénéficient d'une gestion facile des adventices et très peu onéreuse (Soja, Coton)

SOURCE: L. Séguéy, S. Bouzinac, CIRAD CA - GEC; Agronorte, 1998

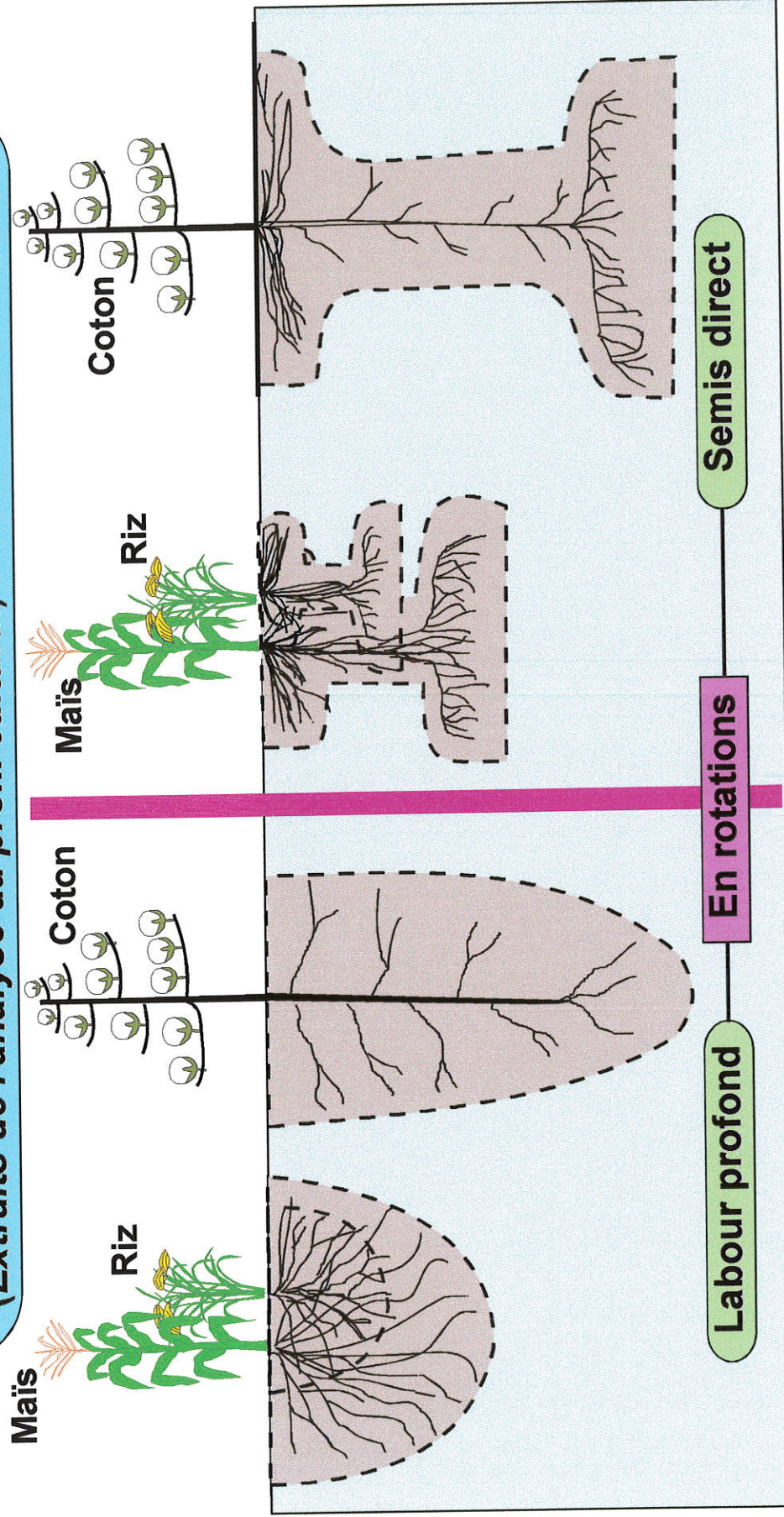
FIG. 102 CARBONE, CEC, V%, PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET HYDRODYNAMIQUES DU PROFIL CULTURAL EN SEMIS DIRECT



- CEC AUGMENTE, DONC LA CAPACITÉ DE RÉTENTION DES CATIONS (*Bases*)
- ACTIVITÉ BIOLOGIQUE AUGMENTE (*Activation des cycles biologiques, décomposition xénobiotiques*)
- PROPRIÉTÉS HYDRODYNAMIQUES DES SOLS SONT AMÉLIORÉES
 - Fermeté du sol. (*Trafic des machines, capacité*)
 - Espace poral → Ressuyage très rapide, forte capacité de rétention de l'eau

FIG. 103 DÉVELOPPEMENT RACINAIRE ET MODES DE GESTION DES SOLS

- Comportement reproductible au cours des 5 premières années de semis direct en sols ferrallitiques du centre ouest du Brésil - (Extraits de l'analyse du profil cultural)



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

FIG. 104 ESPACE PORAL DANS LES CINQ PREMIÈRES ANNÉES DE SEMIS DIRECT - (Sols ferrallitiques ZTH)

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

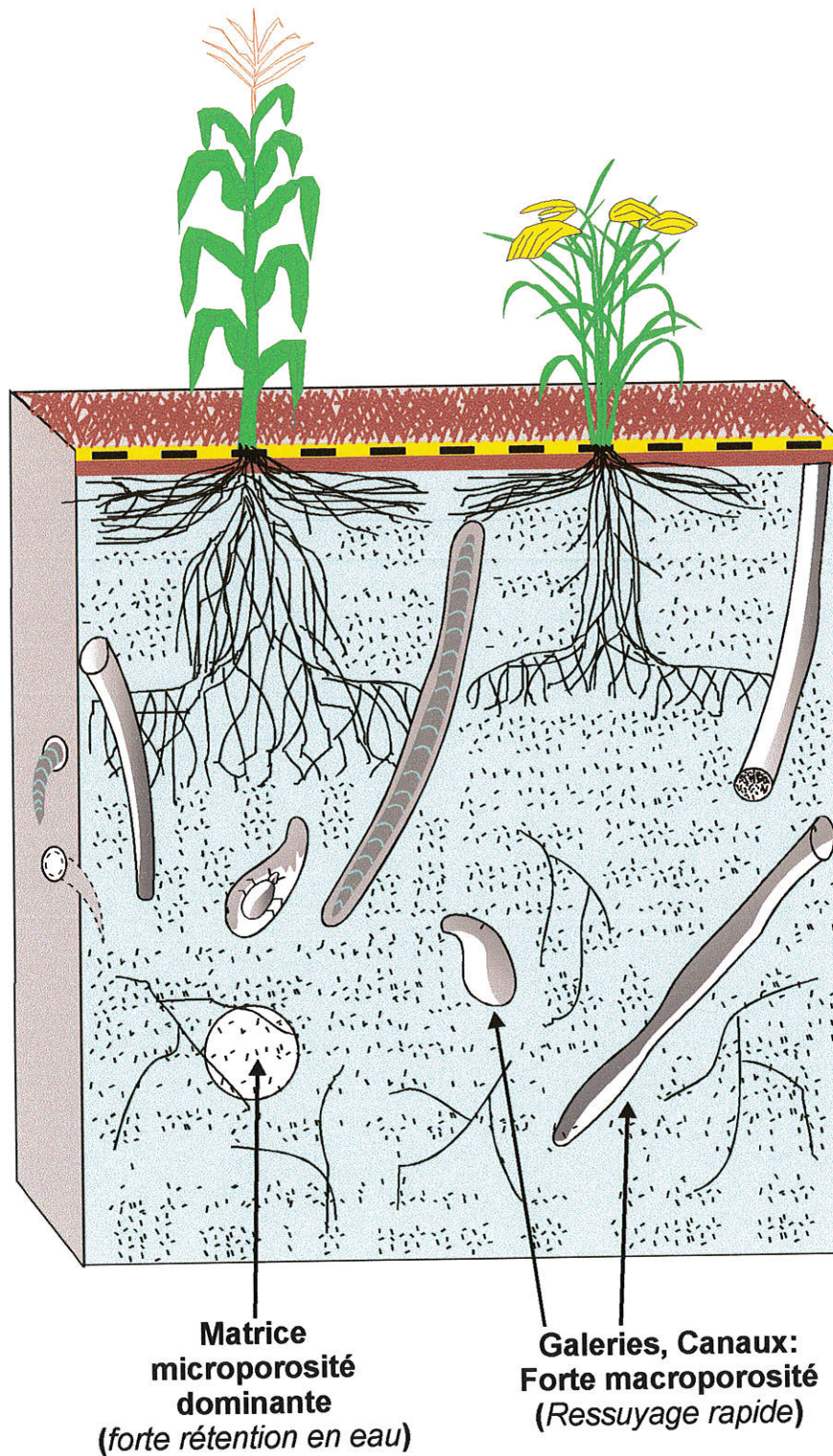


FIG. 105 Importance des matières organiques de faible poids moléculaire, en semis direct, sur la dynamique des ions

L. Séguy, S. Bouzinac et al., 1997

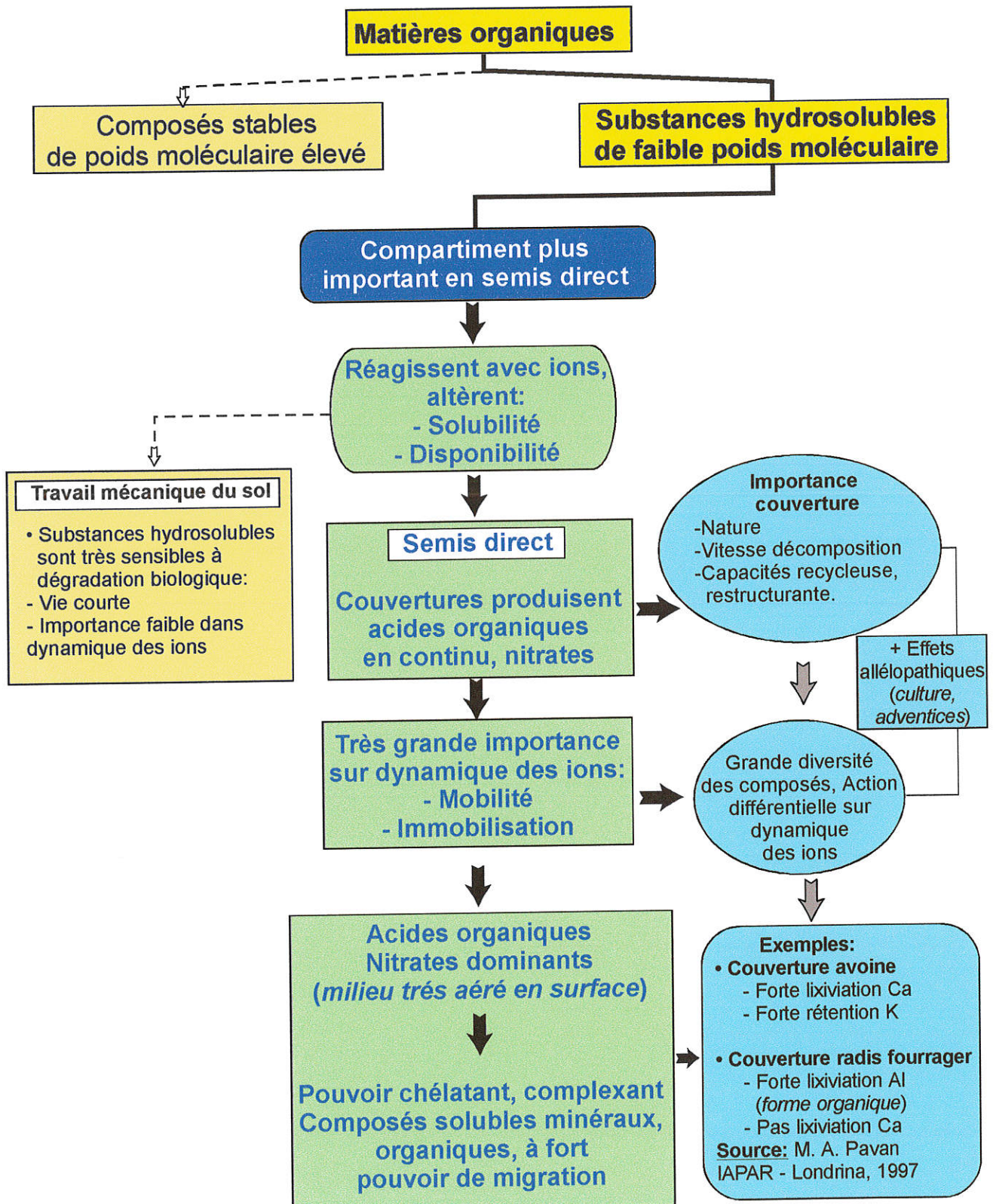


FIG. 106 ACTIVITÉ BIOLOGIQUE SOUS DIVERS MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES EN ÉCOLOGIES DE FORÊTS ET SAVANES HUMIDES DU CENTRE NORD MATO GROSSO

Écosystème	Modes de gestion du sol et des cultures	Activités termites (1)	Activités M.O. (Test H ₂ O ₂) (1)	Test d'aération Fe ³⁺ (1)	Test lixiviation Fe ³⁺ (1)	Autres éléments biologiques notables
Cerrados						
• Pâturage dégradé (<i>Brachiaria d.</i> 15 ans)	Pâturage extensif	+++	S +++ M 0 F 0	++ + 0	++ +++ 0	Nombreuses boulettes fécales de termites
• 18 ans de culture	2 ans offset x monoculture riz 10 ans offset x monoculture soja 4 ans labour x rotations 2 ans semis direct soja + mil	++	S 0 M 0 F 0	+++ + 0	+++ + +	Nombreuses galeries termites
• 16 ans de culture + 2 ans de <i>Panicum m.</i>	4 ans offset x monoculture riz 8 ans offset x monoculture soja 4 ans semis direct (maïs + soja)	0	S +++ M + F 0	+++ ++ 0	++ +++ 0	Acariens, collemboles <i>Enchytraeides</i> Forte densité poils absorbants sur racines à partir 170 cm (racines à 2,50 m)

(1) 0 = nulle; + = faible; ++ = moyenne; +++ = forte; ++++ = très forte - S = surface; M = milieu profil (60-80 cm); F = 150 cm

(2) Sol ferrallitique hydraté

SOURCE: C. Bourguignon - LAMS

Fronts pionniers Mato Grosso - 1994

FIG. 107 ACTIVITÉ BIOLOGIQUE SOUS DIVERS MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES EN ÉCOLOGIES DE FORÊTS ET SAVANES HUMIDES DU CENTRE NORD MATO GROSSO

Écosystème	Modes de gestion du sol et des cultures	Activités termites (1)	Activités M.O. (Test H ₂ O ₂) (1)	Test d'aération Fe ³⁺ (1)	Test lixiviation Fe ³⁺ (1)	Autres éléments biologiques notables
Forêt (2)	Milieu naturel	+++	S +++	++++	++++	Acarie + champignons racines mycorrhisées
	• 3 ans de culture	0	M 0	++	++	Sol compacté
	• 10 ans de culture	++	F 0	+	+	Forte densité poils absorbants sur racines à partir 1,20 m
	2 ans offset x monoculture riz		S +	++++	++++	
	6 ans offset x monoculture soja		M 0	+	++++	
	2 ans semis direct (maïs + soja)		F 0	0	+	

(1) 0 = nulle; + = faible; ++ = moyenne; +++ = forte; ++++ = très forte - S = surface; M = milieu profil (60-80 cm); F = 150 cm
 (2) Sol ferrallitique hydraté

SOURCE: C. Bourguignon - LAMS
 Fronts pionniers Mato Grosso - 1994

FIG. 108 CONDITIONS D'INSTALLATION, PRODUCTION DE MATIÈRE SÈCHE

	Conditions D'installation	Mode de Semis (kg/ha)	PRODUCTION DE MATIÈRE SÈCHE ⁽²⁾			Possibilités de reprise, après saison sèche dans la culture au début des pluies
			Début des pluies Pailles (après 45-60J) (t/ha)	Pailles (t/ha)	Grains kg/ha	
Mils ⁽¹⁾	Très facile	<ul style="list-style-type: none"> • SD(7-10) • Volée(20) 	4 - 6	SP = 4 - 6 ST = 3 - 4	1300 - 2100 800 - 1500	Forte (par grains)
Sorghos ⁽¹⁾	Très facile	<ul style="list-style-type: none"> • SD(7-10) • Volée(20) 	4 - 6	SP = 6 - 10 ST = 4,5 - 6	1500 - 4000 700 - 1500	Forte (repousses + grains)
Eleusine C. ⁽¹⁾	Très facile	<ul style="list-style-type: none"> • SD(5 - 8) • Volée(8-10) 	5 - 8	SP = 8 - 12 ⁽³⁾ ST = 4 - 6	1800 - 3200 1000 - 1300	Forte (par grains)
Maïs, Mils, Sorghos + Brachiaria R. Stylosanthes G.	Très facile	<ul style="list-style-type: none"> • SD(7 - 10) + Brachiaria R. (6 - 10) 	Reprise Brachiaria total > 10	SP = 7 à > 10t ST = 6 à 8t	1500 - 4000 400 - 1200	Brachiaria Reste verte en saison sèche - reprise rapide après feu accidentel, pâture
Cynodon D. Tifton 85	Difficile coûteuse	Boutures	Estimations	Fin saison sèche > 8t/ha		<ul style="list-style-type: none"> • Biomasses vertes en saison sèche
Arachis P. Amarillo	Difficile coûteuse	Semences Boutures	Estimations	Fin saison sèche > 6t/ha		<ul style="list-style-type: none"> • Reprise rapide après feu accidentel, pâture. Verte en saison sèche

SD = Semis Direct, SP = Semis Précocé, ST = Semis Tardif

(1) Mils, Sorghos. Eleusine C., d'alimentation humaine - Farines à haute valeur nutritive, sans tanins, riches en protéines (11-14%)

- Mils CIRAD, Indiens
 - Sorghos Africains, CIRAD
- GROUPE MAEDA - Ituverava - SP
 AGRONORTE - Sorriso, MT
 EMGOPA - Goiânia, GO

(2) Fonction du niveau de fumure x cultivars

(3) Les pailles de Eleusine sont très riches en K (2,9%), Ca (1,2%), Mg (0,34%), S = (0,16%)
 Celles de Mil, riches en K (2,6%)

SOURCE: L. Ségué, S. Bouzinac, CIRAD CA - GEC; Agronorte, 1998

**FIG. 109 INTERVALLES DE PRODUCTIVITÉ DE GRAINS DES SAFRINHAS
(CULTURES DE SUCCESSION) SUR DIVERS SYSTÈMES DE
CULTURE EN SEMIS DIRECT -
Ecologies des forêts et des savanes humides du Centre Nord Mato Grosso**

AGRONORTE/MT - 2000

Culture de succession x Date de semis direct	Niveaux de fumure appliqués à la culture principale ¹		
	250 kg/ha	500 kg/ha	500 kg/ha + thermophosphate ym 1500 kg/ha/3 ans
■ APRÈS SOJA CYCLE COURT → Semis direct entre 10-25/02 Fumure faible ²			
• Mil Nangagolo	1000 - 1300	1300 - 1800	1800 - 2500
• Sorgho 321	1200 - 1600	1600 - 2000	2000 - 3200
• Sorgho 321 + <i>Brachiaria</i>	1100 - 1500	1500 - 1800	1800 - 3000
• Sorgho pool preto	1000 - 1200	1200 - 1700	1700 - 2200
• <i>Éleusine C.</i> (PG 5352)	1200 - 1500	1500 - 1800	1800 - 3000
• <i>Éleusine C.</i> (PG 5352) + <i>Crotalaria spectabilis</i>	600 - 900 + 300 - 500	900 - 1300 + 500 - 850	1300 - 1800 + 850 - 1200
■ APRÈS RIZ CYCLE COURT → Semis direct entre 10-25/02 Fumure faible ²			
• <i>Éleusine C.</i> (PG 5352) + <i>Crotalaria spectabilis</i>	500 - 700 + 200 - 400	700 - 900 + 400 - 600	900 - 1200 + 600 - 800
■ APRÈS SOJA CYCLE MOYEN → Semis direct entre 10-20/03 Sans fumure			
• Mil Nangagolo	1100 - 1300	1300 - 1600	1600 - 2200
• Sorgho pool preto	1100 - 1400	1400 - 1800	1800 - 2300
• <i>Crotalaria spectabilis</i>	350 - 550	550 - 700	700 - 900
• <i>Éleusine C.</i> (PG 6240)	700 - 900	900 - 1200	1200 - 1800

1 - Engrais formulé - 6-16-16 + oligos pour le Riz; 0-16-16 + oligos sur le Soja

2 - Engrais formulé { Sur niveau 250 kg/ha appliqué sur la culture principale → 100 kg/ha 6-16-16
Sur niveaux 500 kg/ha et 500 kg/ha + thermophosphate → 200 kg/ha 6-16-16

SOURCE: Séguy L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maronezzi A., Lucas G. L., Bianchi M., AGRONORTE - Sinop/2000

FIG. 110 PRODUCTIVITÉ DES BIOMASSES "POMPES BIOLOGIQUES DE SAFRINHAS", EN SEMIS DIRECT PRÉCOCE DU 15-20 FÉVRIER, ET EN SUCCESSION DU SOJA DE CYCLE COURT OU INTERMÉDIAIRE

AGRONORTE - SINOP/MT - 2000

INTERVALLE DE PRODUCTIVITÉ DE MATIÈRE SÈCHE (t/ha)

BIOMASSE¹

	Fumure faible ²		Fumure moyenne ²		Fumure forte ²	
	Grains	Paille	Grains	Paille	Grains	Paille
Mil Nangagolo	1,1 - 1,9	5,0 - 5,6	1,9 - 2,7	6,4 - 10,4	1,8 - 2,6	8,0 - 9,1
Sorgho CIRAD 155	1,0 - 1,6	6,4 - 8,4	1,8 - 3,0	10,9 - 13,2	2,1 - 2,3	10,3 - 13,9
Sorgho CIRAD 321	1,3 - 1,5	6,7 - 7,0	2,3 - 2,8	11,8 - 12,6	2,7 - 2,9	12,8 - 14,0
Sorgho CIRAD 202	-	-	3,6 - 4,9	11,8 - 14,2	-	-
Sorgho CIRAD 203	-	-	3,6 - 3,9	9,7 - 10,4	-	-
Éleusine C. (CV. 6240)	1,3 - 1,8	9,1 - 11,2	1,8 - 2,2	12,7 - 14,3	1,9 - 2,6	12,6 - 14,6
Coix lacryma jobi ³	-	-	2,4 - 3,6	19,1 - 20,4	-	-

1. Fumure faible ➔ 100 kg 5 - 15 - 15/ha Fumure moyenne et forte ➔ 200 kg 5 - 15 - 15/ha

2. Niveaux de fumure minérale appliqués par ha à la culture principale qui précède la biomasse safrinha:

- Fumure faible ➔ 40P₂O₅ + 40 K₂O sur Soja; 56 N + 38 P₂O₅ + 62 K₂O sur Riz, Maïs
- Fumure moyenne ➔ 80P₂O₅ + 80 K₂O sur Soja; 89 N + 75 P₂O₅ + 119 K₂O sur Riz, Maïs
- Fumure forte ➔ 80P₂O₅ + 80 K₂O sur Soja; 89 N + 75 P₂O₅ + 119 K₂O sur Riz, Maïs + 1500 kg Thermophosphate ym/3 ans

3. Semis direct de décembre, après biomasse d'Éleusine C. ➔ Option pour les éleveurs -

SOURCE: Séguy L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maronezzi A. C., Lucas G. L., Bianchi M., AGRONORTE - SINOP/MT, 2000

FIG. 111 PRODUCTIVITÉ DES BIOMASSES "POMPES BIOLOGIQUES", EN DÉCEMBRE 1999, AVANT LE SEMIS DIRECT DES CULTURES DE RIZ, COTON SAFRINHA ET MAÏS SAFRINHA

AGRONORTE - SINOP/MT - 2000

INTERVALLE DE PRODUCTIVITÉ DE MATIÈRE SÈCHE (t/ha)

BIOMASSE ¹	Fumure forte ²		
	Fumure faible ²	Fumure moyenne ²	Fumure forte ²
<i>Brachiaria r.</i>	4,3 - 8,0	6,0 - 8,1	7,6 - 10,4
Éleusine C. (CV 5352)	4,8 - 7,6	6,2 - 8,0	8,3 - 10,0
Éleusine C. (CV 5352) + <i>Crotalaria spectabilis</i>	4,2 - 6,4	4,6 - 6,7	5,8 - 8,9

1. Sans engrais, ni herbicide

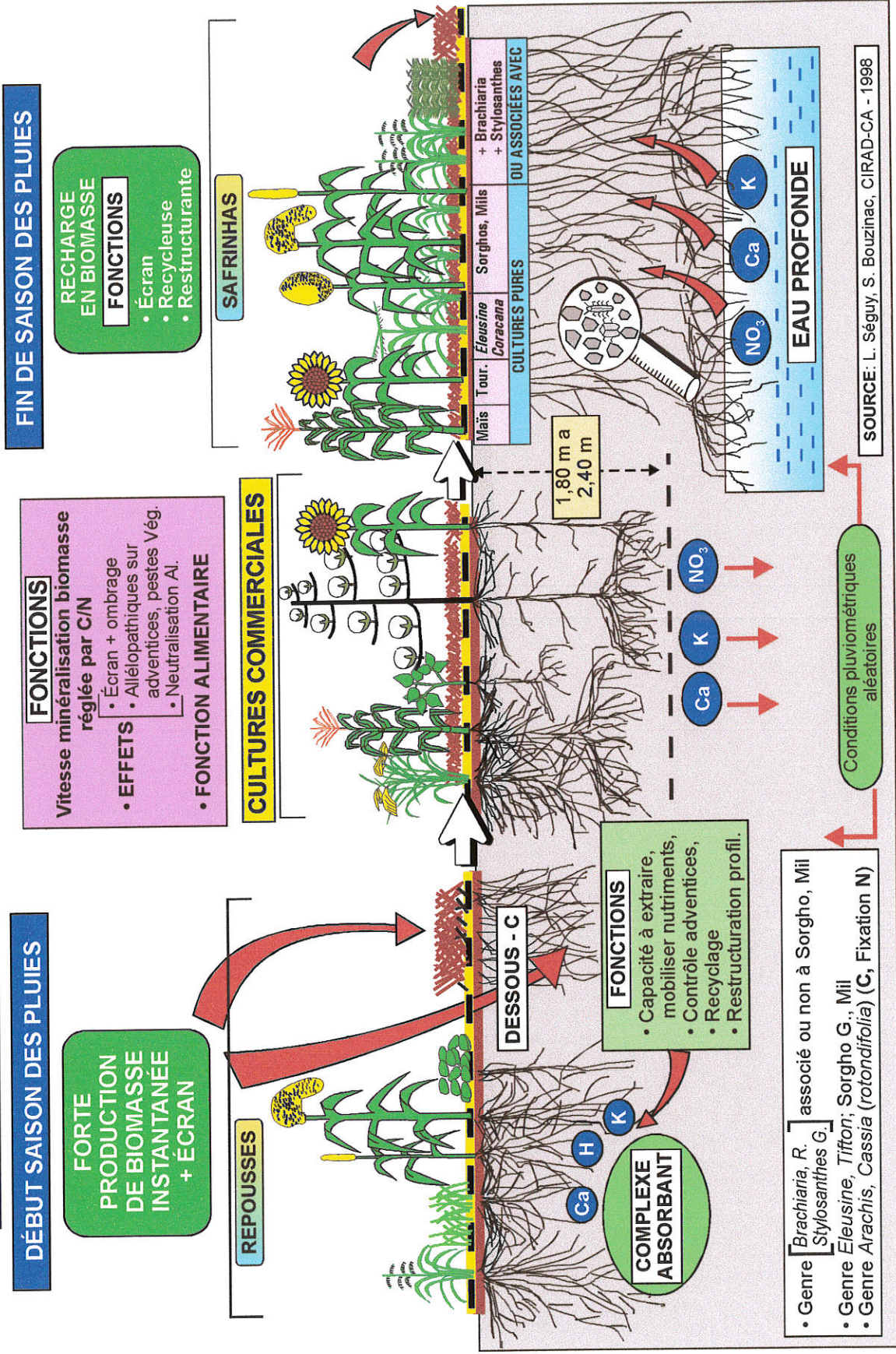
2. Niveaux de fumure minérale appliqués à la culture principale qui suit =

- Fumure faible → 40P₂O₅ + 40 K₂O sur Soja; 56 N + 38 P₂O₅ + 62 K₂O sur Riz, Maïs
- Fumure moyenne → 80P₂O₅ + 80 K₂O sur Soja; 89 N + 75 P₂O₅ + 119 K₂O sur Riz, Maïs
- Fumure forte → 80P₂O₅ + 80 K₂O sur Soja; 89 N + 75 P₂O₅ + 119 K₂O sur Riz, Maïs + 1500 kg Thermphosphate ym/3 ans

SOURCE: Séguy L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maronezzi A. C., Lucas G. L., Bianchi M., AGRONORTE - SINOP/MT, 2000

FIG. 112 SYSTÈMES DE CULTURE DIVERSIFIÉS DE LA ZTH, EN SEMIS DIRECT

➔ Intégration: Productions alimentaires, industrielles et élevage



- Genre *Brachiaria*, *R.* associé ou non à Sorgho, Mil
- Genre *Stylosanthes* G.
- Genre *Eleusine*, *Tifton*; Sorgho G., Mil
- Genre *Arachis*, *Cassia* (*rotundifolia*) (C, Fixation N)

FIG. 113 ÉCOSYSTÈME FORESTIER AMAZONIEN

ET

MEILLEURS SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT

- Sols ferrallitiques du sud du bassin amazonien - Sinop/MT, 1999

FORÊT		MEILLEURS SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT
M. O. (0 - 20 cm)	18 t/ha C → litières + racines ⁶ 55 t/ha humus dont 44t/ha fortement liée matière minérale	14 - 20 t/ha litières + racines ¹⁰ > 40 à 50 t/ha humus
Porosité	Macropores dominants ⁷ (0,1 - 100 µm) ressuyage rapide	Idem restructuration profil > 2 m ¹⁰ par racines graminées
Utilisation eau par les plantes	Utilisation eau profonde ⁸ en saison sèche > 1,7 m	Utilisation eau profonde ¹⁰ fin saison pluies et saison sèche > 2m - Coton, Sorgho, Mil, Tournesol, pâturage temporaire
Cycle des éléments nutritifs	Majeure partie prélèvement ⁹ nutriments → entre 0 et 5 cm de profondeur ← Nutrition entre M. O. Vivante et morte → Peu d'échanges avec sol minéral	Reconstitution horizon 0 - 5 cm ¹⁰ Nourricier - systèmes racinaires en chandelier Important recyclage profond

SOURCE: 6. Cerri et al., 1992; 7. Cabral, 1991; Leopoldo et al., 1987; 8. Pimentel da Silva et al., 1992;
9. Stark et Jordan, 1978; Lucas et al., 1993; Luizão et al., 1992; 10. Séguy L. et Bouzinac S., CIRAD/GEC - 1990-99.

FIG. 114 ÉCOSYSTÈME FORESTIER AMAZONIEN

ET

MEILLEURS SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT

- Sols ferrallitiques du sud du bassin amazonien - Sinop/MT, 1999

	FORÊT	MEILLEURS SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT
Biomasse litière	8,4 t/ha ¹	10 - 15 t/ha ¹⁰ (Grains + <i>Brachiaria R.</i>)
Vitesse décomposition litière	50% poids en 37 jours, saison des pluies 50% poids en 216 jours, saison sèche	50% poids en 30 jours, ¹⁰ (Maïs, Riz)
Biomasse racinaire	+ 5 t/ha ³ 60% 0 - 20cm 80% 0 - 40 cm	5 - 7 t/ha ¹⁰ (Grains + <i>Brachiaria R.</i>)
Biomasse microbienne	1,9 à 3,3% C ⁴ (0 - 5 cm)	À chiffrer
Biodiversité P. Aérienne	175 à 235 espèces ⁵ 43 à 49 familles + animaux	3 espèces ha/an ¹⁰ + bovins

SOURCE: 1. Luizão, 1989; 2. Luizão et Shubart, 1987; 3. Chauvel et al., 1987; 4. Lavelle et al., 1991; 5. Prance et al., 1976; Barbosa, 1988; 10. Séguy L. et Bouzinac S., CIRAD/GEC - 1990-99.

**FIG. 115 LE SUCCÈS, ET LA PÉRENNISATION DU SEMIS DIRECT
DÉPENDENT
DE PROPRIÉTÉS PHYSIQUES INCONTOURNABLES DU PROFIL CULTURAL**

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD CA - GEC, 1999

→ LA CRÉATION, PUIS LE MAINTIEN (*entretien*) D'UN ESPACE PORAL FAVORABLE À TOUTES LES CULTURES COMMERCIALES DES MEILLEURES ROTATIONS (*Critères agronomiques et technico-économiques*)

→ UNE FORTE RÉSISTANCE À LA DÉFORMATION (*état de surface*) ET AU TASSEMENT, DÙE AU TRAFIC DES MACHINES, EN SOL HUMIDE -

**FIG. 116 LA RÉSISTANCE MÉCANIQUE DU PROFIL CULTURAL À LA DÉFORMATION
ET AU TASSEMENT, EN SEMIS DIRECT**

DÉPEND, À LA FOIS, DE:

↑
L'IMPORTANCE ET LA NATURE DE LA COUVERTURE DU SOL EN
SURFACE (*couverture morte, couverture vive* → *Stolons*) QUI JOUE
LE RÔLE D'AMORTISSEUR

↑
L'IMPORTANCE ET LA NATURE DE LA TRAME RACINAIRE DANS
LE PROFIL CULTURAL, QUI JOUE LE MÊME RÔLE QUE LE FER
DANS LA RÉSISTANCE MÉCANIQUE DU BÉTON ARMÉ → SQUELETTE
ORGANIQUE DE SOUTIEN DU SOL -

*(Importance prépondérante des systèmes racinaires fasciculés des
graminées, des Rhizomes, Stolons)*

FIG. 117 L'ESPACE PORAL FAVORABLE À LA PÉRENNISATION DU SEMIS DIRECT
(*Profil cultural "régulateur"* → *Forte porosité, ressuyage rapide + forte capacité de rétention en H₂O*) EST CRÉÉ, PUIS MAINTENU, GRÂCE, SIMULTANEMENT =

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD CA - GEC, 1999

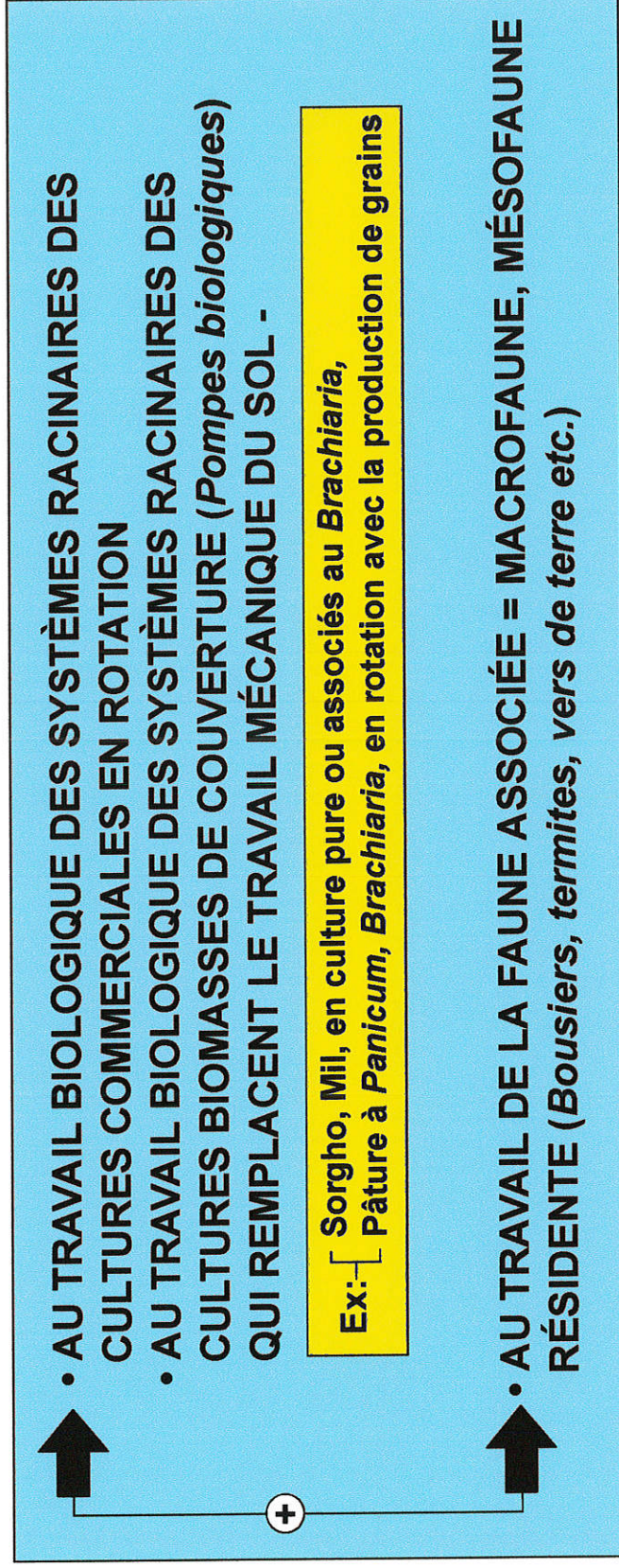
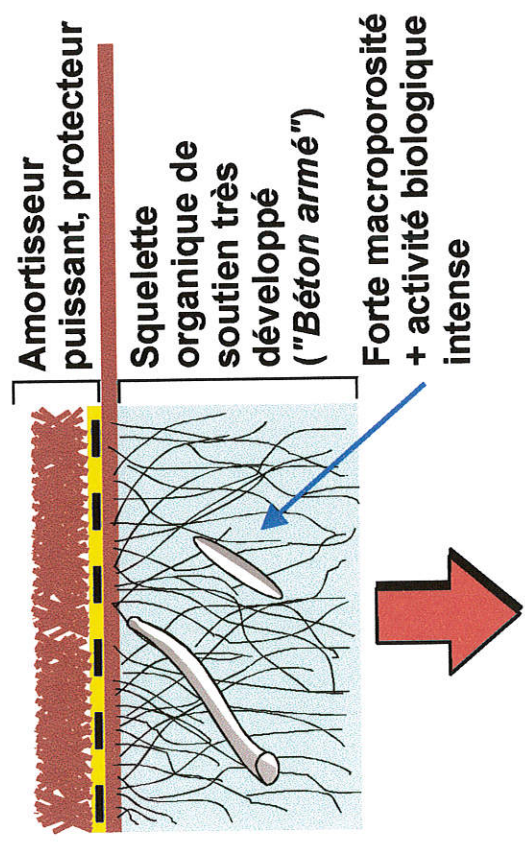


FIG. 118 PROFILS TYPES EN SEMIS DIRECT

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD CA - GEC, 1999

SEMIS DIRECT BIEN GÉRÉ



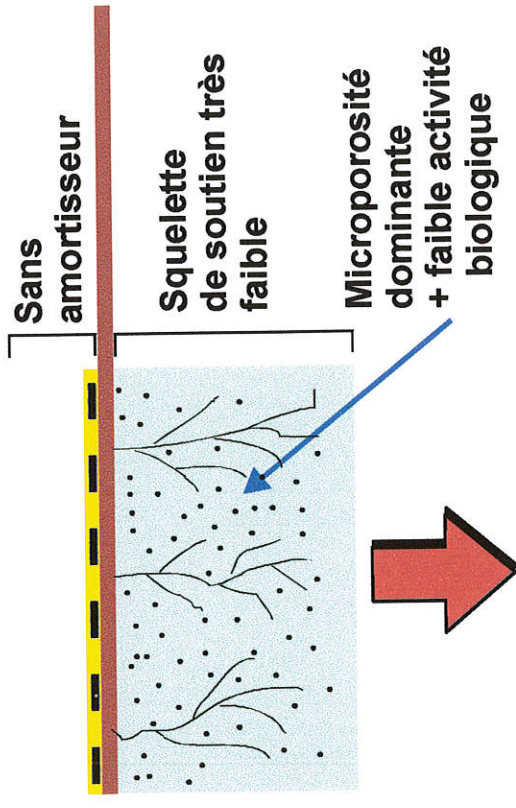
● PROFIL CULTURAL RÉSISTANT

Au tassement et à la déformation ("Béton armé")

- Ex:** Les meilleures plantes de couverture =
- *Brachiaria* pur ou associé aux Sorghos, Mils
 - *Eleusine coracana*
 - Les Sorghos guinea

➔ **SEMIS DIRECT PÉRENNISÉ**, Sans nécessité de reniveler (et/ou retravailler) le sol -

SEMIS DIRECT MAL GÉRÉ



● PROFIL CULTURAL NON RÉSISTANT

Au tassement et à la déformation

- Ex:** "Safrinhas type Mil", Sorgho, sensibles au photopériodisme, semées trop tard ➔ très faible biomasse =
- dessus
 - dessous

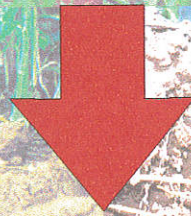
(*) Pollution de surface, facilitée par plantes perennes = *Panicum m.*, *Andropogon g.*

➔ **NECESSITÉ DE RENIVELER LE SOL** lors de l'implantation des safrinhas

DOSSIER PHOTOS



**LA DESTRUCTION
DU PATRIMOINE
SOL TROPICAL
OU
L'ÉCHEC
DU TRANSFERT
NORD-SUD DE
GESTION DES SOLS**



L'ÉROSION DES SOLS TRAVAILLÉS

**EN ZONE TROPICALE HUMIDE - ZTH - (1700 > 2500 mm)
Écologie des savanes et forêts humides**

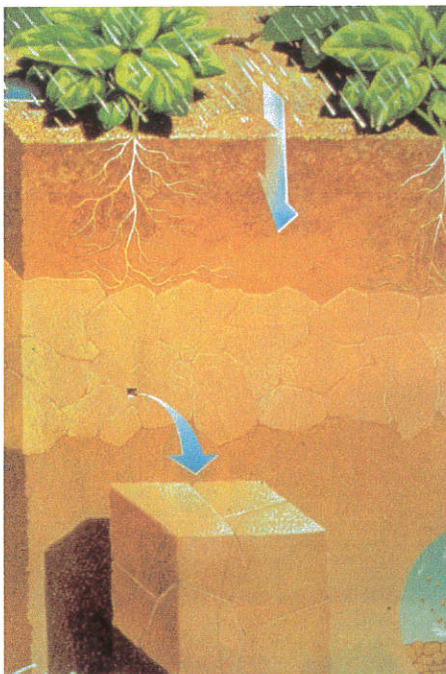
Domaine des sols ferrallitiques sur roche acide



Savanes et forêts humides, dernier réservoir de terres arables



Des sols ferrallitiques vides chimiquement (passage sans engrais)



Sols compactés par discages x monoculture



Érosion catastrophique sur unité de paysage (Soja)



Destruction des horizons organiques, seule richesse de ces sols



**Sur Sol Sableux:
- À gauche = discages
- À droite = Semis direct**

SOLS FERRALLITIQUES ROUGE-FONCÉS SUR BASALTE **Écologie des forêts du Centre Sud Brésil**



Érosion éolienne



Destruction des jeunes cotonniers par l'érosion éolienne



Forte érosion hydrique

SOLS FERRALLITIQUES HUMIFÈRES DES HAUTS PLATEAUX MALGACHES (1200-1800m) - Zone cyclonique



**Forte érosion hydrique -
Unités de paysage très dégradées**

**AVEC LA DÉGRADATION DU STATUT ORGANIQUE DES SOLS =
DES CONSÉQUENCES MAJEURES ET GÉNÉRALISÉES SUR LES CULTURES**

- Des adventices qui prolifèrent



Flore diversifiée d'adventices sur Coton



Sur Coton = Peste végétale (*Cyperus rot.*)

- Des désordres physiologiques majeurs,...



Pyriculariose sur Riz pluvial



- Chaulage excessif, trop superficiel:
Carences en Mn, Zn, sur Soja



Déficiencia en Bore (Soja)

• Des déséquilibres biologiques importants,...



Sol infesté par Nématodes (Coton)

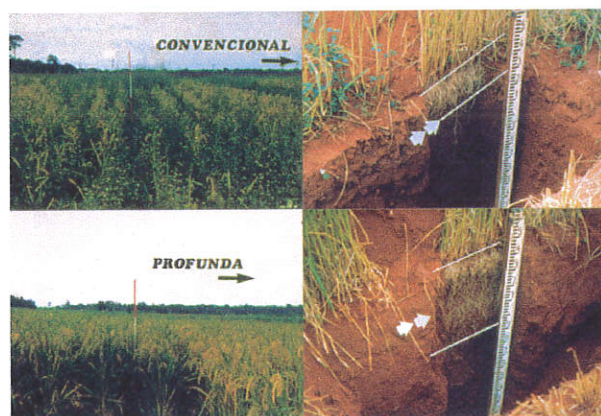


Sol infesté par *Cyperus rotundus* (Coton)

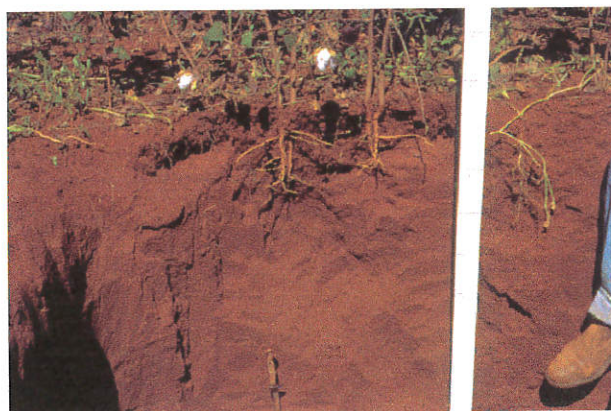
• Des profils culturaux compactés, asphyxiants,...



Sur Soja (ZTH)



Sur Riz pluvial:
- Compacté, en haut à droite
- Décompacté, en bas à droite



Sur Coton



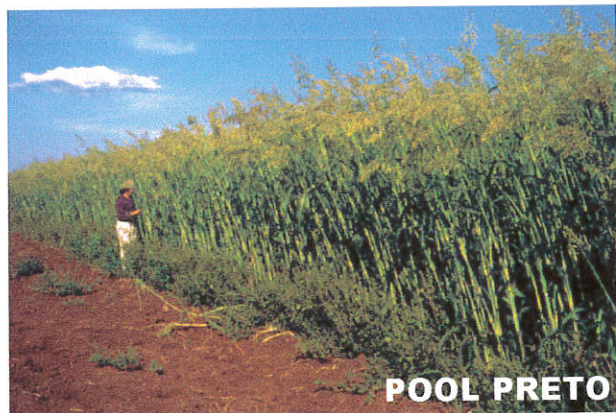
**CONTRÔLE TOTAL
DE L'ÉROSION
ET
RESTAURATION
DE LA FERTILITÉ
des sols par voie
organo-biologique
par le
SEMIS DIRECT
sur couverture végétale**

DES ESPÈCES CULTIVÉES, "POMPES BIOLOGIQUES", AUX PROPRIÉTÉS MULTIFONCTIONNELLES, ASSURENT LA PÉRENNITÉ DU SEMIS DIRECT, AU MOINDRE COÛT

- **Peuvent être cultivées en culture pure ou associée avec une espèce fourragère également pompe biologique**



Mil, avec des productions de biomasse très différenciées en fonction des cultivars



Sorgho à qualité supérieure de grains (sans tanins, haute teneur en protéines), des productions de biomasse très différenciées en fonction des cultivars -



Éleusine coracana

L'espèce la plus puissante au niveau racinaire (5 t.ha^{-1} , sur 0-50 cm)



Brachiaria brizantha
en pleine saison sèche (ZTH)



***Panicum maximum* (Tanzânia)**
en pleine saison sèche (ZTH)



***Stylosanthes guyanensis* (CIAT 184)**
en pleine saison sèche



Crotalaria spectabilis
Précédent Riz pluvial, en semis direct



***Coix lacryma jobi* (Adlai)**
24 t . ha⁻¹ de matière sèche totale

LES POMPES BIOLOGIQUES: DES SYSTÈMES RACINAIRES AUX MULTIPLES FONCTIONS ANNUELLES DE SUSTENTATION DU SEMIS DIRECT

- “Coudre” le sol en surface (*contrôle total de l'érosion*)
- Restructurer le profil cultural (*favorable à toutes cultures en rotation*)
- Capacité à se connecter à l'eau profonde (*produire plus de matière sèche*)
- Capacité à recycler les nitrates, les bases, lixiviés (*fermeture du système sol-cultures*)
- Recharger le profil cultural en carbone (*agrégation, protection*)
- Fixer de l'azote (*cas des légumineuses, Éleusine coracana, Brachiarias*)



Photo: O. Husson

Racines *Brachiaria humidicola*, 2 ans



Photo: O. Husson

Racines *Brachiaria humidicola*, 2 ans



Photo: O. Husson

**Racines
*Brachiaria Brizantha***



Photo: O. Husson

***Stylosanthes guyanensis* CIAT 184,
forte biomasse**



Photo: O. Husson

***Brachiaria humidicola* CIAT 6133
et racines**



Photo: O. Husson

***Cassia rotundifolia* et racines**



Photo: O. Husson

***Paspalum atratum* et racines**



Photo: O. Husson

**Nodosités sur racines
*Cassia rotundifolia***



Photo: O. Husson

Racines *Stylosanthes guyanensis* CIAT 184



Photo: O. Husson

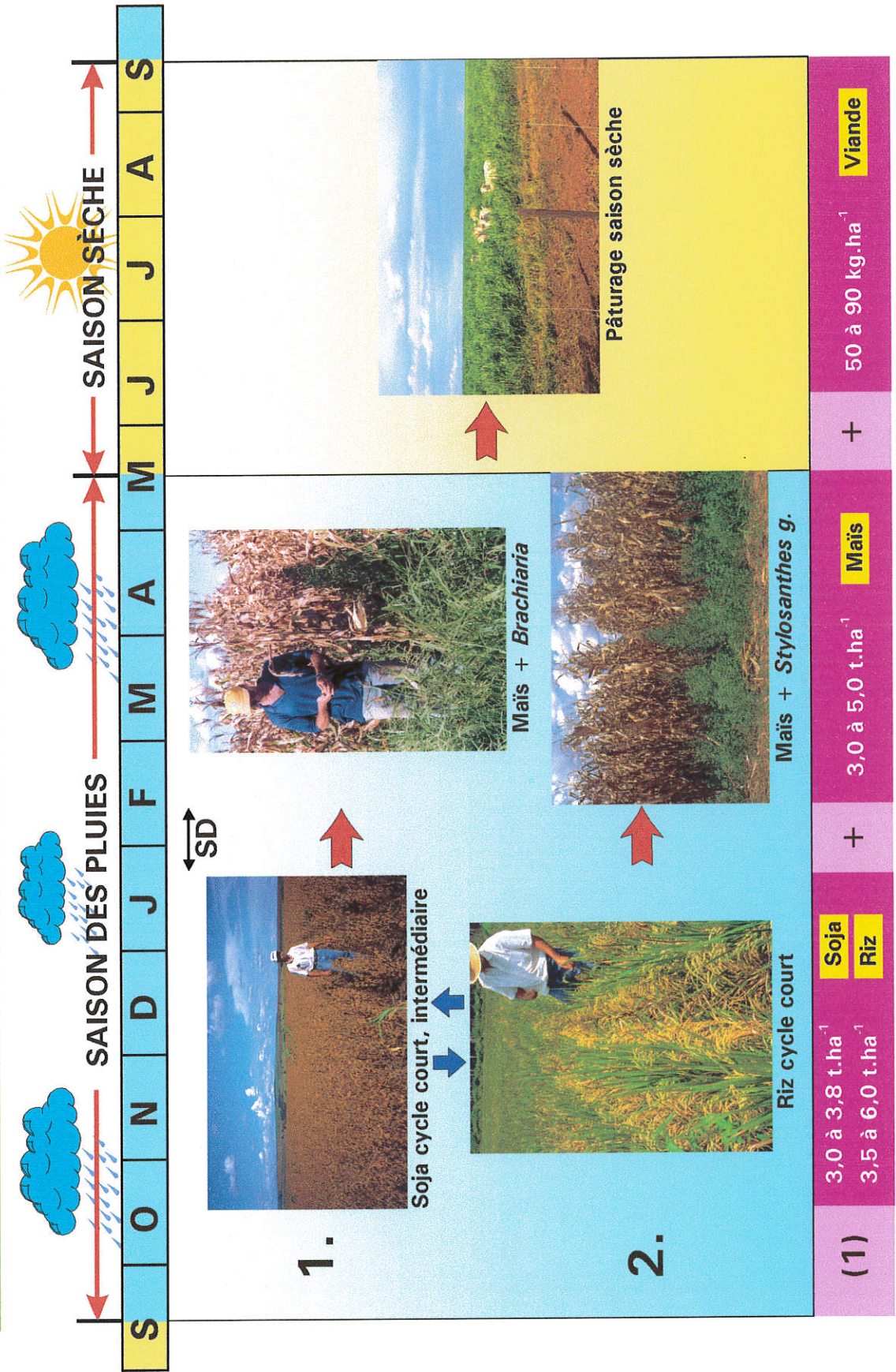
**Racines *Panicum maximum*
Profil sous pâturage natif à droite
Profil sous *Panicum m.* à gauche**



**LE SYSTÈMES
DE CULTURE
EN SEMIS DIRECT,
LES PLUS
PERFORMANTS
EN ZONE TROPICALE
HUMIDE (ZTH)**

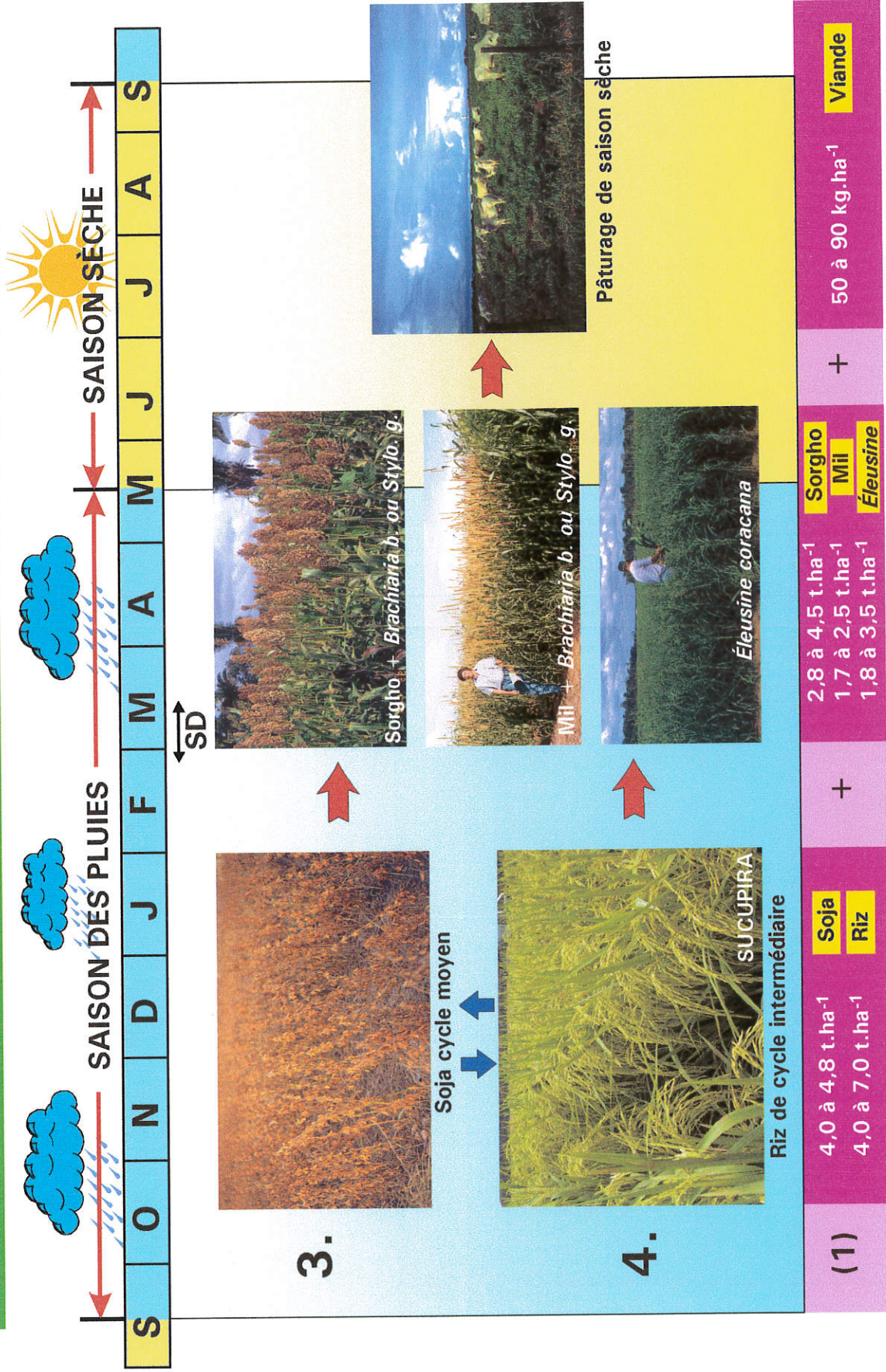
- Sequestration de carbone**
- Performances agronomiques
et technico-economiques**

SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES MORTES + VIVANTES



(1) Fonction niveau technologique - SD = Semis Direct

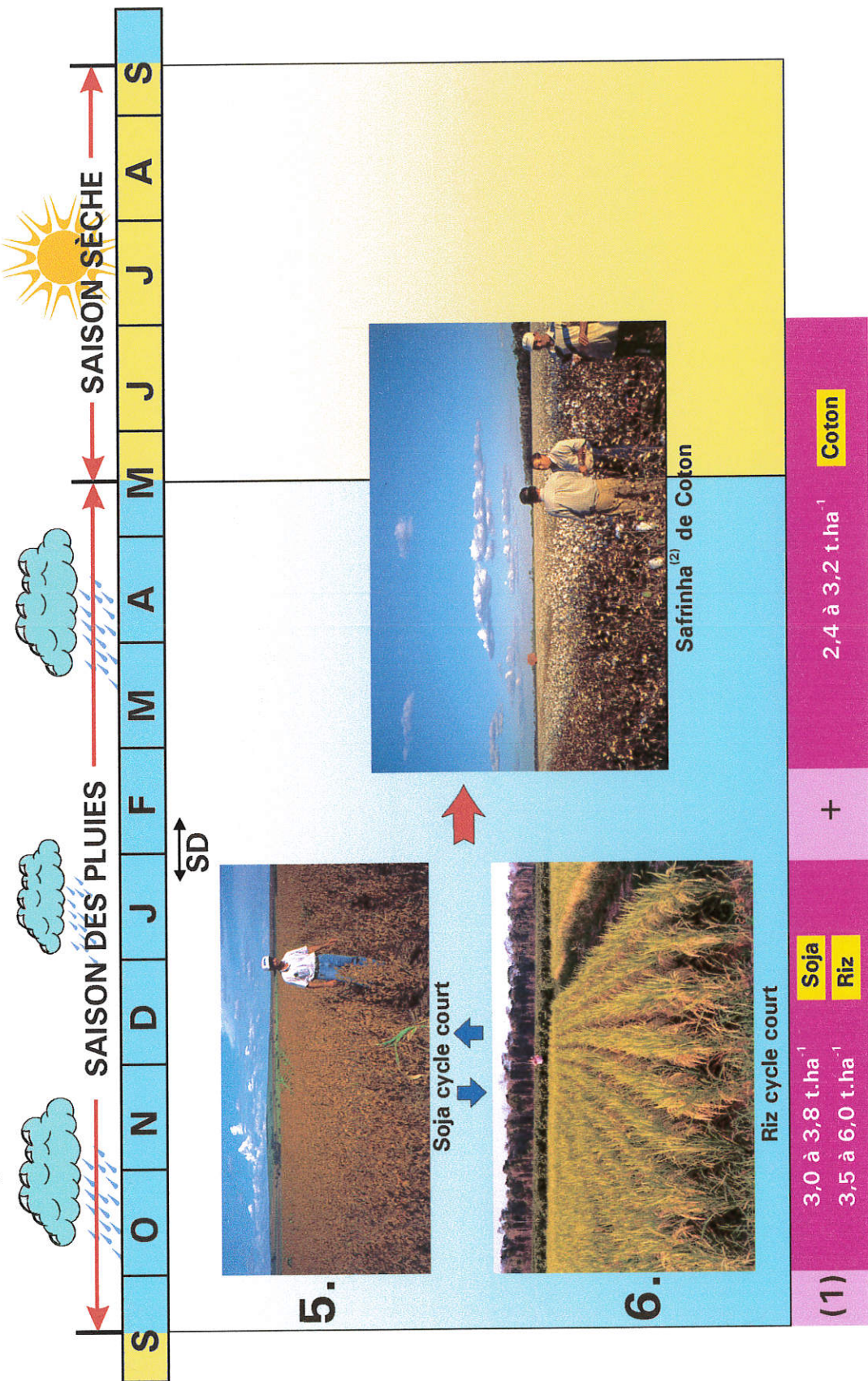
SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES MORTES + VIVANTES



(1) Fonction niveau technologique - SD = Semis Direct

SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE MORTE

➔ ITINÉRAIRES TECHNIQUES 5 ET 6, EN ROTATION AVEC ITINÉRAIRES 1, 2, 3, 4.

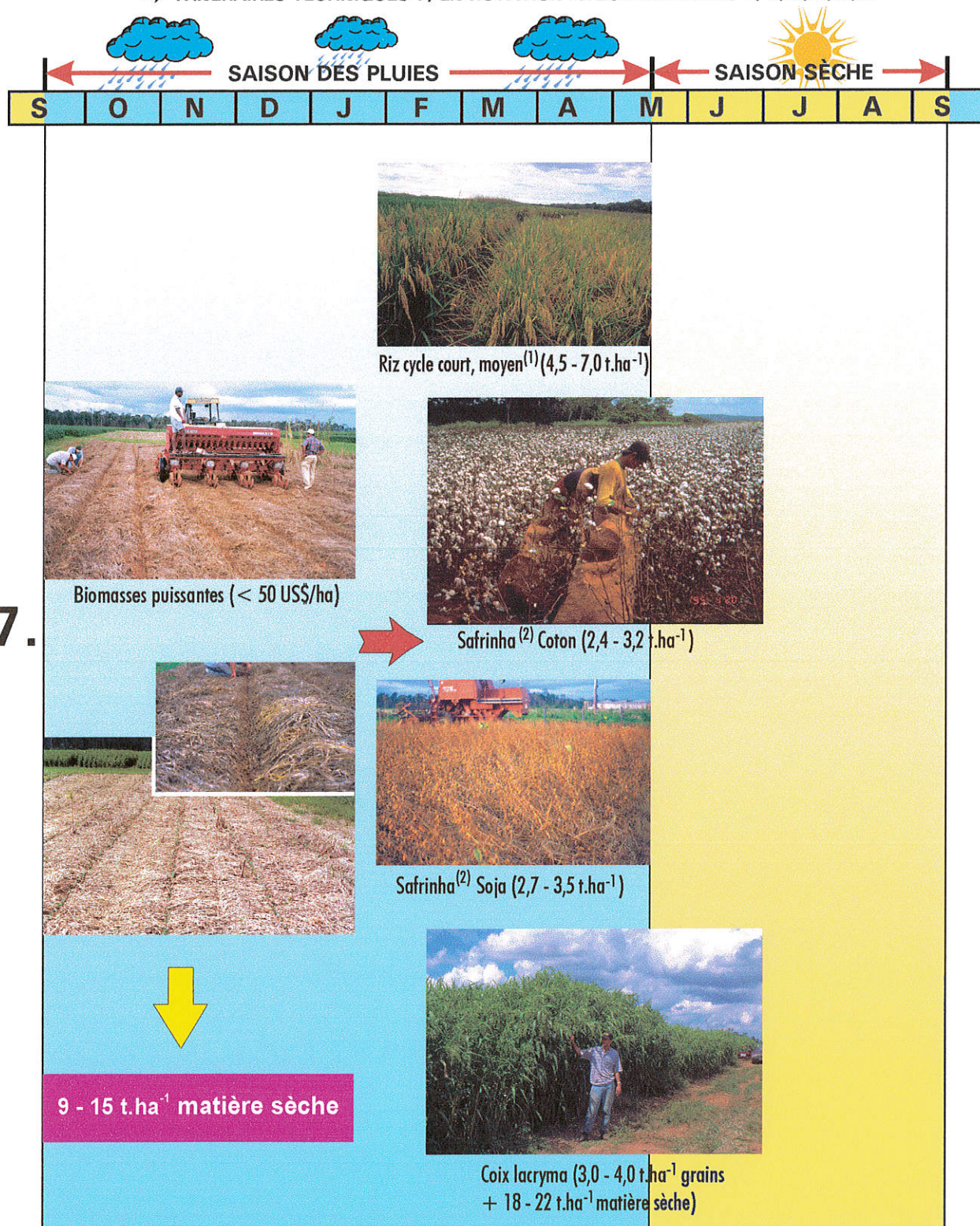


(1) Fonction niveau technologique - SD = Semis Direct

(2) Culture à faible niveau d'intrants - (500 - 600 US\$/ha)

SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE MORTE

→ ITINÉRAIRES TECHNIQUES 7, EN ROTATION AVEC ITINÉRAIRES 1, 2, 3, 4, 5, 6



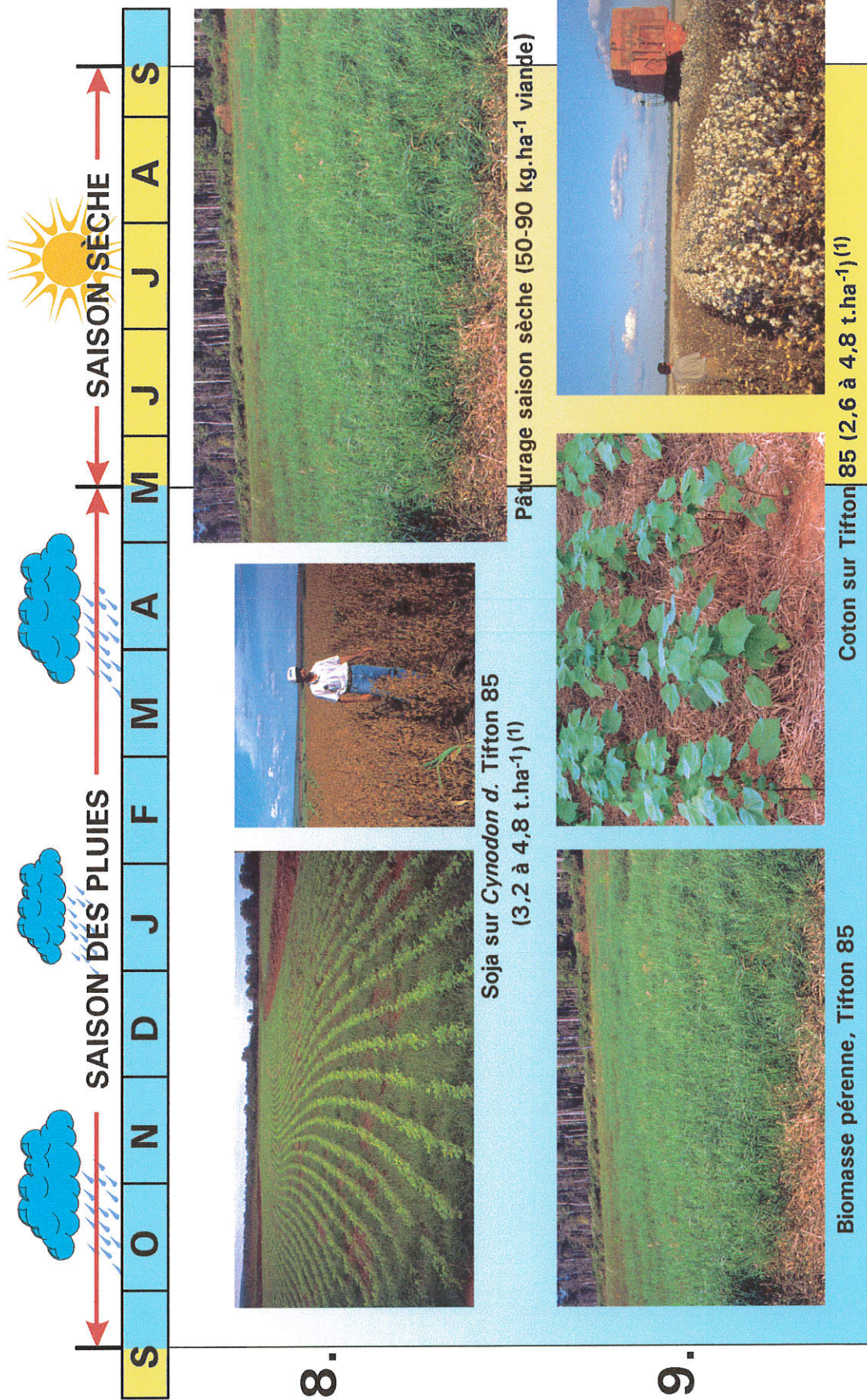
7.

(1) Fonction niveau technologique

(2) Culture à faible niveau d'intrants

SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES VIVANTES PÉRENNES

→ SUCCESSIONS ANNUELLES = PRODUCTION DE GRAINS, FIBRES + PÂTURAGE



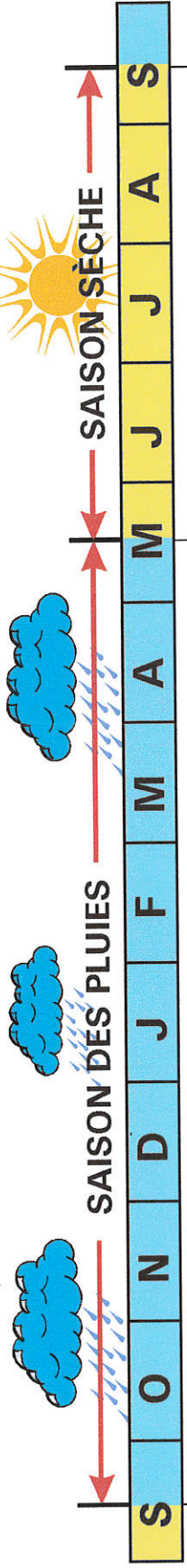
8.

9.

(1) Fonction niveau technologique -

SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES VIVANTES PÉRENNES

→ SUCCESIONS ANNUELLES = PRODUCTION DE GRAINS + PÂTURAGE



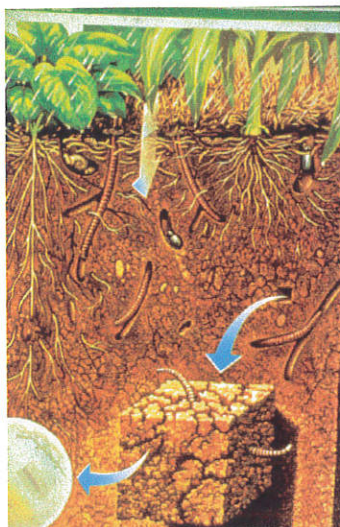
10.	<p>Semis direct Maïs sur <i>Arachis p.</i></p>	<p>Maïs en phase de maturation</p>	<p>Pâturage saison sèche</p>
	<p>Semis direct Riz sur <i>Arachis p.</i></p>	<p>Riz à maturité</p>	

(1)	<p>Maïs: 4,0 à 6,5 t.ha⁻¹</p> <p>Riz: 3,5 à 5,5 t.ha⁻¹</p>	<p>Viande: 50 à 80 kg.ha⁻¹</p>
-----	--	---

(1) Fonction niveau technologie - SD = Semis Direct

FONCTIONNEMENT DU PROFIL CULTURAL EN SEMIS DIRECT:

- Régi par les propriétés physiques et biologiques qui donnent une part croissante à ces propriétés dans la capacité du sol à produire plus, durablement et au moindre coût -
- Un fonctionnement favorable, capable d'intégrer en rotations, toutes les cultures de production de grains et fourragères



Représentation idéale d'un sol biologiquement actif



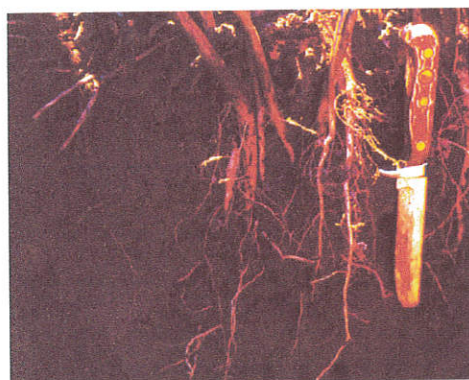
Système racinaire très puissant de *Eleusine coracana*



Système racinaire exceptionnel de *Eleusine cor.* (Sol jaune-rouge sur roche acide - ZTH)



Colonisation racinaire du Mil ($V = 3$ à 5 cm/jour) en sol rouge foncé sur basalte



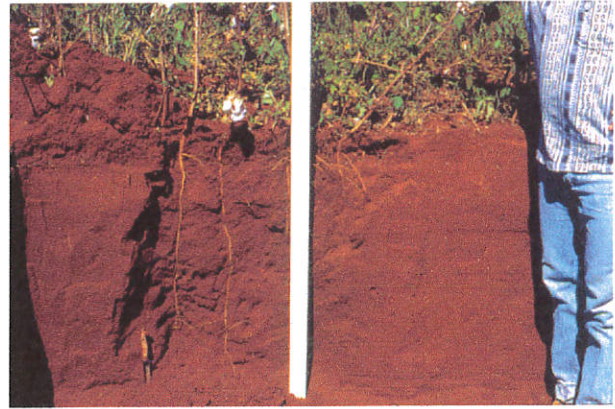
Racines de *Crotalaria spectabilis* ($V = 3$ cm/jour) en sol rouge foncé sur basalte



Structure restaurée après 10 ans de semis direct (Sol jaune-rouge sur roche acide - ZTH)



Système racinaire du Cotonnier
($V = 1,5$ à $2,0$ cm/jour)
Sol rouge érodé sur basalte



Système racinaire de Cotonnier
Profondeur - 1 m 80, à la floraison
Sol rouge foncé sur basalte



Système racinaire très puissant du
Cotonnier Sicala 32, sur semis direct
Sol rouge érodé sur basalte



Système racinaire de Maïs
Sol jaune-rouge sur roche acide (ZTH)



Turricules sous *Brachiaria b.*
Sol Jaune-rouge sur roche acide (ZTH)



Macroporosité très élevée dûe aux
bousiers, sous couverture de
Calopogonium m. + pailles de Riz
Sol Jaune-rouge sur roche acide (ZTH)



Forte nodulation sur Soja



Contrôle biologique de chenilles défoliatrices par *Nomuraea rileyi* (Champignon)



Dynamique de l'eau sur unité de paysage sur basalte
- À droite semis direct
- À gauche sol travaillé et aménagé (terrasses)



Contrôle de la peste végétale *Cyperus r.* par couverture de *Sorgho g.*
- À droite sol non couvert
- À gauche couverture de Sorgho



Des couvertures de sol pour contrôler totalement les mauvaises herbes sans recours aux herbicides dans les cultures



QUELQUES IMAGES DU SEMIS DIRECT À MADAGASCAR

(*) D'après les travaux de:

L' ONG TAFE, L' ANAE, LE FOFIFA, FAFIALA et DU CIRAD

LES HAUTES TERRES MALGACHES

- De petites agricultures familiales qui pratiquent une riziculture irriguée, repiquée, pratiquement sans intrants
- Des aménagements hydrauliques coûteux dont la pérennité dépend de la gestion des collines environnantes.....



..... La riziculture irriguée ne suffit plus pour la survie, les collines doivent contribuer à la production.....

**DES ZONES SURCHARGÉES, SUREXPLOITÉES, SUR
RIZIÈRES EN BAS FONDS ET SUR COLLINES (TANETY)
À SOLS RICHES D'ORIGINE VOLCANIQUE.... IMBRIQUÉES
DANS DES ZONES VIDES, À SOLS TRÈS PAUVRES...**

Des ensembles vides



**Région D'Ibity
(hauts plateaux)**



**Côte Est
(Collines sur socle)**

Des zones surchargées



**Les volcans de la région de Bétafo
(hauts plateaux)**

OBJECTIFS DU SEMIS DIRECT:

- Gérer, sans érosion et au moindre coût les unités de paysage dans leur ensemble: Collines + rizières en bas fond -
- Restaurer la fertilité des sols de savanes les plus pauvres, pour épargner la forêt -

Sur les hautes terres



Haricot en semis direct



Haricot [Labour au 1^{er} plan
Semis direct à l'arrière



Haricot paillé en semis direct



Association
Maïs
+ *Brachiaria b.*
en semis direct



Paillage des parcelles en semis direct



Avoine en semis direct sur rizière,
en saison sèche



**Blé en semis direct
sur rizière en saison sèche**



**Riz pluvial en semis direct
sur rizière**

Sur la côte Est (ZTH)



**Riz pluvial en semis direct, sur
sol très pauvre écobué
(zone vide des savanes)**



**Riz pluvial en semis direct,
associé à *Pueraria*, sur
sol très pauvre écobué
(zone vide des savanes)**



**Riz pluvial en semis direct,
Sur Arachis p.
(Sol sur basalte)**



**Maïs en semis direct,
Sur Arachis p.
(Sol sur basalte)**

DANS LES ZONES À TRÈS FAIBLE PLUVIOMÉTRIE DU SUD-OUEST:

- Sur sols ferrugineux à faciès dominant sableux, en appliquant les mêmes principes de gestion organo-biologique (*écosystème forestier*) qu'en ZTH, on peut également produire en semis direct beaucoup de matière sèche (*entre 10 et plus de 20 t.ha¹/an*) et plus d'aliments dans un environnement protégé....



**Paysage du Sud-Ouest
(baobabs)**



Mil et Sorgho associés à Vigna



Maïs et Sorgho associés à dolique



Sorgho associé à Vigna



Maïs associé à Vigna