

# Intégration culture-élevage dans les Cerrados au Brésil : une solution pour des systèmes durables

Les systèmes de production agricole des Cerrados brésiliens présentent depuis quelques années des problèmes économiques et agronomiques dont les conséquences sur le milieu sont mal évaluées. Il est nécessaire de proposer de nouveaux systèmes de production. L'intégration de l'élevage avec les cultures de grain dans les mêmes unités de production permettrait le maintien, et dans certains cas l'augmentation, de la production par unité de surface.

En une génération, la région du centre-ouest brésilien est devenue une frontière d'expansion agricole la plus importante du Brésil (WANIEZ, 1992 ; RESENDE *et al.*, 1996). Cependant, des problèmes agronomiques nouveaux voient le jour, tant dans les systèmes de cultures à cycle court, que dans les systèmes d'élevage. La compaction des sols et l'apparition de ruissellement deviennent courants sous culture (AYARZA *et al.*, 1997a). Il est estimé qu'au moins la moitié des pâturages plantés

présentent de sévères pertes de vigueur et d'envahissement par des adventices (MACEDO, 1995).

Afin de réduire l'impact négatif des systèmes de gestion actuels, de nouvelles propositions voient le jour. La préparation traditionnelle des sols est remplacée par des systèmes de semis direct, la monoculture de soja par des rotations avec d'autres spéculations (SEGUY *et al.*, 1996). En élevage, l'utilisation de nouvelles graminées depuis 1985 vise à limiter les attaques de *cigarinha* (*salivazo* en espagnol, *Deois*

*flavopicta*). Par ailleurs, s'est développée l'utilisation de cultures pour renouveler ou récupérer des pâturages de faible productivité (OLIVEIRA *et al.*, 1996) : l'intérêt pour les légumineuses a rapidement décliné car les essais ont montré une faible pérennité des espèces (RIPPSTEIN *et al.*, 1996). Nous verrons que leur potentiel est important et que tout dépend de la stratégie choisie à moyen terme.

Depuis cinq ans un certain nombre d'essais chez les producteurs ont été développés dans le cadre d'une collaboration Ciat-Embrapa. Leurs objectifs étaient de tester la faisabilité de systèmes d'élevage bovin plus intensifs et de montrer la possibilité d'une intégration des activités de production de plantes à cycles courts avec le renouvellement des pâturages. Ils se proposaient également de montrer la

## Le contexte institutionnel

Pendant quatre ans, le Ciat et le centre Embrapa-Cerrados ont travaillé pour développer des systèmes agro-pastoraux améliorés pour le Cerrado. Les objectifs du projet étaient de développer des systèmes agro-pastoraux avec des légumineuses à usage multiple, d'évaluer la productivité de ces prototypes chez les producteurs, de quantifier leur impact sur la production et les sols, et de caractériser leur potentiel d'utilisation en fonction de la dynamique du moment des systèmes en place.

M.A. AYARZA<sup>1</sup>, L. VILELA<sup>2</sup>, A. DE O. BARCELLOS<sup>2</sup>, L.C. BALBINO<sup>3</sup>,  
M. BROSSARD<sup>4</sup>, A. PASINI<sup>5</sup>

1. Ciat, Procitropicos, CP 02995, 71609-970 Brasilia-DF, Brésil  
Mél : iicaproc@tba.com.br

2. Embrapa Cerrados, CP 08223, 73301-970 Planaltina-DF, Brésil

3. Embrapa Arroz e Feijão, CP 179, 74001-970 Goiânia-GO, Brésil

4. Projet sols et pâturages, Orstom-Embrapa Cerrados, CP 7091, 71619-970 Brasilia-DF, Brésil  
Mél auteur pour correspondance : brossard@cpac.embrapa.br

5. Univ. Estadual de Londrina, Depto. Agronomia, CP 8001, 86051-970 Londrina-PR, Brésil

pertinence de la mise en place de rotations de pâtures à cycles courts à moyen terme. Ces essais ont été conduits chez les producteurs, avec leur participation.

## Premier exemple : productivité de systèmes agro-pastoraux

Dans le cadre d'exploitations tournées vers l'élevage, systèmes à faibles intrants, ou vers la production de grains, systèmes à forts intrants, l'idée initiale était de développer un système reposant sur l'utilisation de légumineuses, avec un fort potentiel d'adaptation, comme une fourragère composante de la rotation et servant en même temps de couverture végétale permanente du sol (AYARZA *et al.*, 1997b). Les recherches conduites dans d'autres régions tropicales montrent que la légumineuse est un élément essentiel du maintien de la production (BODDEY *et al.*, 1996; McCOWN *et al.*, 1993; THOMAS *et al.*, 1995). Les résultats obtenus avec *Stylosanthes guianensis* cv. Minerão et *Arachis pintoï* BRA-031143 sont rapportés ici. Ces deux légumineuses sont adaptées aux conditions pédologiques et climatiques de la région et ont un potentiel de productivité élevé (PIZARRO et RINCON, 1994; Embrapa/Cpac, 1993).

Dans un premier temps, nous avons effectué un diagnostic des sols de la région (tableau 1, analyses d'échantillons moyens d'horizons de surface de sols dans quatre exploitations). Quel que soit le système, pâtures à faibles intrants (fi) ou cultures à forts intrants (FI), les taux d'agrégats stables à l'eau supérieurs à 2 millimètres sont inférieurs sous culture, les teneurs en matière organique diminuent dans les sols argileux, les intrants (calcium, engrais minéraux) permettent de neutraliser l'aluminium échangeable et contribuent à réalimenter le sol en phosphore. Les teneurs en matière organique, peu élevées naturellement dans les sols sableux, restent à des niveaux qui peuvent être considérés comme critiques (tableaux 2, 3).

Tableau 1. Quelques caractéristiques physiques et chimiques des couches 0-20 cm de sols des zones étudiées (moyenne de 20 prélèvements moyens par hectare).

Système	Argile	Agrégats	MO	pH eau	P	Ca <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>
	%	+ 2 mm %	%					
Pâturage fi	57	77	3,7	5,1	0,9	0,5	0,07	0,5
	17	73	0,7	5,3	1,1	0,4	0,13	0,6
Cultures FI	57	50	3,4	6,2	34	4,9	0,12	0
	13	46	0,7	6,3	26	2,4	0,25	0

fi : faibles intrants, FI : forts intrants.

Tableau 2. Teneurs en carbone, azote et rapport C/N des horizons 0-10 cm de latossols sous pâtures et cultures, comparaison avec le Cerrado. Quatre répétitions par système.

Sol	Système	C mg/g	N mg/g	C/N
Argileux	Cerrado	23,5 d	1,32 e	17,8 c
	cultures 8 ans (FI)	23,0 d	1,38 e	16,7 b
	pâturage <i>B. decumbens</i> 10 ans (fi)	24,6 e	1,37 e	17,9 c
Sableux	Cerrado	9,8 b	0,62 c	16,0 a
	cultures 8 ans (FI)	7,1 a	0,42 a	16,9 b
	pâturage <i>B. decumbens</i> 10 ans (fi)	9,3 b	0,53 b	17,6 c

fi : faibles intrants, FI : forts intrants.

Les valeurs suivies dans une même colonne de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test Turkey (p < 0,05).

Tableau 3. Effet des graminées fourragères sur la productivité (kg/ha) du riz et de matière sèche de *Stylosanthes guianensis* cv. Minerão et *Arachis pintoï* sur un sol sableux (moyenne de trois répétitions).

Espèces	Semis simultané			Semis à 30 jours		
	Graminée	riz	<i>Stylosanthes</i>	Graminée	riz	<i>Stylosanthes</i>
<i>P. atratum</i>	4 808	1 106 a	1 375 a	628	2 189 a	1 829 a
<i>B. brizantha</i>	7 299	1 208 a	558 b	714	2 556 a	957 a
<i>P. maximum</i>	7 458	194 b	274 c	1 417	2 156 a	1 389 a
	Graminée	riz	<i>Arachis</i>	Graminée	riz	<i>Arachis</i>
<i>P. atratum</i>	5 677	1 014 a	169 a	1 988	2 445 a	21 a
<i>B. brizantha</i>	6 187	1 023 a	137 a	1 612	2 570 a	43 a
<i>P. maximum</i>	7 166	314 b	74 a	2 733	2 203 a	60 a

Les valeurs suivies dans une même colonne de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test Turkey (p < 0,05).

Semis de la graminée 30 jours après semis de la culture et de la légumineuse. *Paspalum atratum* BR-009610; *Brachiaria brizantha* cv. Marandu; *Panicum maximum* cv. Vencedor.

## Présentation générale de la région

Les études ont été conduites chez des producteurs de la région d'Uberlândia (19° S, 48° O). Cette région ouest de l'Etat du Minas Gerais présente les classes agroécologiques du Cerrado les plus représentatives (JONES *et al.*, 1992) et a vu s'intensifier rapidement l'utilisation du sol ces dernières années (OLIVEIRA SCHNEIDER, 1996). Les sols sont classés comme *Latossolos vermelho amarelo* et *vermelho escuro* (système brésilien), *anionic acrustox* et *typic haplustox* (système américain). Ce sont des sols profonds, argileux ou sablo-argileux fortement altérés. Les précipitations annuelles sont voisines de 1 600 millimètres entre novembre et mars, cette saison pluvieuse peut être coupée par de petites saisons sèches de 10 à 20 jours. Entre juin et septembre, la période sèche est marquée par des humidités relatives pouvant être inférieures à 15 %.

Une analyse plus détaillée de quelques parcelles montre que, pour le sol argileux, le pâturage ancien à *Brachiaria decumbens* contribue à augmenter légèrement la teneur en carbone par comparaison aux cultures ou au cerrado (tableau 2). Cet effet de la graminée n'est pas significatif dans le sol sableux ; en revanche, huit ans de culture continue font encore baisser la teneur en carbone de l'horizon de surface. Pour l'azote, il n'est pas observé de différence significative dans le sol argileux. Cependant, la culture de la graminée ou de plantes à cycles courts provoque, à terme, une diminution de la teneur en azote, perte qui reste supérieure sous culture. Ces observations illustrent le caractère fragile de ces latossols sableux, où même une couverture pérenne de graminées, gérée traditionnellement, qui conserve la réserve de carbone, induit en une dizaine d'années l'épuisement de la réserve d'azote. Nous verrons par la suite que l'offre d'azote est un des facteurs limitants de ces sols.

L'effet des légumineuses a été évalué dans des soles de 4 hectares. Les essais ont été installés avec deux types de précédents, le premier après pâturages à faibles intrants (fi) et le second

après cultures annuelles avec forts intrants (FI). Sur chaque parcelle, sont comparées les successions (fi ou FI) - culture - nouveau pâturage et (fi ou FI) - culture - graminée + mélange de légumineuse (deux répétitions). Le travail du sol a été fait à la charrue à disques ; un seul semis a été effectué dans le cas du semis simultané.

La production de grains et la production animale ont été mesurées. La production de biomasse et la composition botanique des pâtures a été mesurée trois fois par an. Au niveau du sol, ont été suivis la stabilité des agrégats, la teneur de matière organique et l'offre en azote. Dans le cas de l'essai (fi) sur sol sableux, un témoin de pâturage de faible productivité est également suivi.

### Association légumineuse graminée et cultures annuelles sur le latossol sableux

L'effet compétitif des graminées a une incidence négative sur la mise en place des légumineuses et sur les cultures associées. Le *Panicum*

*maximum* cv. Vencedor et *Brachiaria brizantha* ont réduit significativement la production de riz et l'installation de *Stylosanthes guianensis* cv. Minerão, par comparaison avec *Paspalum atratum* dans un système de semis simultané (tableau 3).

Cependant, l'effet négatif des graminées a été réduit lorsqu'elles ont été semées 30 jours après le semis de la culture et des légumineuses. Comme l'offre minérale du sol est plus élevée dans le système à forts intrants (FI), la compétition avec la légumineuse augmente. Et la légumineuse *Stylosanthes guianensis* a pratiquement disparu après semis simultané avec *P. maximum* et maïs dans le système (FI) (tableau 4).

Les rendements du maïs dans ce système ont été peu affectés par les graminées (14 % en moins que la monoculture). Le semis des graminées à 30 jours a également réduit la compétition sur les légumineuses et la culture (tableau 5). La production de matière sèche d'*Arachis pintoi* a été peu élevée dans les deux systèmes, cependant elle a augmenté après la récolte du maïs.

En conclusion, *S. guianensis* est une légumineuse adaptée à des conditions

Tableau 4. Production de grains et fourrage dans un système maïs-fourrage à deux dates de semis de la graminée dans un sol sableux (moyenne de trois répétitions, k/ha de matière sèche ou de grains).

Semis	Graminée ms kg/ha	<i>Stylosanthes</i> ms kg/ha	<i>Arachis</i> ms kg/ha	Maïs grains kg/ha
Monoculture maïs	-	-	-	6 364 a
Maïs + légumineuse*	-	1 814 a*	569 a	6 400 a
Maïs + légumineuse + <i>P. atratum</i> *	4 700	144 b	221 b	6 500 a
Maïs + légumineuse + <i>P. maximum</i> *	6 200	11 e	96 c	5 586 b
Maïs + légumineuse + <i>P. atratum</i> (30 j)	1 200	1 078 b	618 a	6 484 a
Maïs + légumineuse + <i>P. maximum</i> (30 j)	1 500	723 c	545 b	6 594 a

Les valeurs suivies dans une même colonne de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test Turkey (p < 0,05).

\* : semis simultané.

30 j : semis des graminées 30 jours après semis du maïs et légumineuse.

Tableau 5. Gain cumulé de poids animal en trois ans selon le système et la texture du sol.

Système	Intrants	Sol	Essai	Production animale kg/ha/an	Augmentation %
Pâturage	fi	sableux	culture + graminée	160	-
Pâturage	fi	sableux	culture + graminée + légumineuse	254	58
Pâturage	fi	argileux	culture + graminée	230	-
Pâturage	fi	argileux	culture + graminée + légumineuse	354	54
Cultures	FI	sableux	culture + graminée	236	-
Cultures	FI	sableux	culture + graminée + légumineuse	267	10
Cultures	FI	argileux	graminée pure	503	-

de faibles réserves nutritives du sol, elle peut être établie aisément dans des systèmes riz-fourragères pour renouveler des pâturages de faible productivité. Par opposition, *A. pintoii* requiert des conditions de fertilité chimique plus élevées, elle est plus tolérante à la compétition pour la lumière, ce qui en fait une espèce plus adaptée au système de rotation avec cultures à cycles courts et comme couverture du sol dans les systèmes de semis direct.

### La productivité des prototypes fourragers

Les mêmes situations ont été maintenues, après installation des plantes fourragères, pour évaluer leur pérennité comme pâturages. *Stylosanthes guianensis* s'est bien adapté dans les systèmes à faibles intrants (fi) quelle que soit la texture du sol. Au moment de la récolte de riz, nous avons compté 3 ou 4 plants de *S. guianensis* par mètre carré. D'autres légumineuses ont été également observées, mais leur population reste très minoritaire. Les rendements de riz ont été faibles du fait des petites saisons sèches et de la compétition des graminées fourragères.

Dans les systèmes à forts intrants (FI), toutes les légumineuses ont disparu suite à la compétition pour la lumière avec *Panicum maximum* et le maïs. La production du maïs et l'établissement de la graminée fourragère ont été excellents.

Après trois ans de pâturage contrôlé, le gain animal dans les systèmes (fi) avec légumineuses est de 50 % supérieur à celui des systèmes culture - graminée (tableau 5).

Cette différence a augmenté à 80 % suite à la fertilisation d'entretien (20 kg/ha  $P_2O_5$  + 40 kg/ha  $K_2O$ ). La meilleure productivité animale des essais avec légumineuse est associée à une capacité de charge animale plus élevée, à des gains individuels supérieurs et à une meilleure qualité de la diète. Les différences se sont accentuées au moment des saisons sèches du fait de la capacité de *S. guianensis* à maintenir une offre de fourrage vert.

La proportion de *S. guianensis* est restée constante le temps de l'étude (30 à 60 % de la biomasse totale selon la saison).

La plus grande productivité des pâturages associant la graminée au *S. guianensis* est reliée à l'apport d'azote dans le système par la légumineuse. CADISH *et al.*, (1993) ont déterminé dans ces essais que plus de 80 % de l'azote prélevé par diverses espèces de *Stylosanthes* proviennent de la fixation biologique de l'azote atmosphérique. Ceci a été confirmé par des contenus d'azote plus grands dans les tissus des graminées associées, par comparaison aux graminées pures.

Les gains de poids du bétail des systèmes cultures - graminées ont été similaires à ceux du témoin de la pâture initiale — témoin de faible productivité sur sol sableux. A partir de la cinquième année de pâture, il est observé une rapide diminution de la population de *Stylosanthes* (traitements fi). Les raisons n'ont pas été déterminées, mais les observations suggèrent que la plante arrive à une sénescence physiologique caractérisée par des tiges grosses qui la rendent sensible aux lésions physiques (piétinement).

La production animale dans le système (FI) sur le sol argileux a été deux fois supérieure à celle sur le sol sableux. La plus grande partie des écarts observés est due à la plus grande offre d'azote pour la graminée dans le sol argileux — les valeurs moyennes d'azote total de l'horizon de surface étant de 1,29 et 0,61 g/g de sol respectivement.

La faible offre d'azote du sol sableux a été confirmée par une réponse linéaire de *P. maximum* à des apports d'azote : de 25 à 100 kg/ha, matière sèche =  $(1,16 + 0,02 \times \text{dose N}, r^2 = 0,98)$ . Le facteur limitant de l'azote est mis en évidence par une apparition croissante de soja pérenne *N. wighitii* dans la pâture et une plus grande productivité animale dans le système avec légumineuses (tableau 5). Les dernières observations montrent que 40 % de l'offre fourragère est formée par ce soja.

## Deuxième exemple : production animale de pâturages renouvelés sur un sol sableux

Dans cet exemple il a été étudié le développement animal sur pâturages de *Brachiaria brizantha* installé sur une ancienne couverture de *Brachiaria humidicola* de 20 ans (BARCELLOS *et al.*, 1997). Le renouvellement a été conduit avec une culture associée (*barreirão*) de riz (RA) ou maïs (RM), ou par renouvellement direct (RD), comparées à un traitement témoin non renouvelé (TT). Le système est un pâturage tournant, la pression de pâture étant de 7 % (7 kg de matière verte sèche pour 100 kg de poids vif par jour). Chaque module constitue une aire de 5 hectares, subdivisés en 5 sous-parcelles. Un cinquième groupe d'animaux a été suivi dans le cadre de la gestion traditionnelle du producteur (MF). Cet exemple est un premier bilan 18 mois après la mise en pâture des parcelles.

La production et la commercialisation de grains obtenus (RM et RA) ont amorti la première année respectivement 46 % et 80 % des coûts du renouvellement des surfaces concernées.

### Présentation du site du deuxième exemple

L'étude a été conduite chez un producteur du Mato Grosso do Sul, Município Brasilândia. Le site se trouve à l'extrême sud-ouest de la zone des Cerrados. Le sol est classé comme *Latosolos vermelho escuro álico* (système brésilien), à texture sableuse (80 % de sables, 14 % d'argile). Ce sont des sols acides (pH  $CaCl_2$  : 4,2), à faible capacité d'échange cationique (3,3 cmol/kg), épais, sans doute développés sur matériaux crétacés, fortement altérés à faible différenciation verticale. Leur teneur en matière organique est faible sous anciens pâturages (1,4 %). Les précipitations annuelles sont voisines de 1 600 millimètres entre novembre et mars, cette saison pluvieuse peut être coupée par de petites saisons sèches.

Au cours des pluies, la charge animale, fondée sur l'offre alimentaire, a nettement augmentée (tableau 6). Au cours de la période sèche, le taux de croissance du pâturage a été réduit à cause de la baisse de la disponibilité en eau et de la température. Il y a alors une moindre différence entre traitements. Toutefois, il n'y a pas de perte de poids des animaux, alors qu'elle est mesurée dans la gestion traditionnelle du troupeau (MF).

Cet exemple illustre également que, dans certains cas, il est possible de récupérer la capacité productive du pâturage initial (TT) par une bonne gestion du troupeau, même si le gain par unité de surface reste inférieur aux parcelles renouvelées.

### Troisième exemple : effets sur la production et quelques propriétés des sols de systèmes intégrés culture-élevage

Depuis l'introduction en 1983 des cultures, une exploitation de la région d'Uberlândia (Minas Gerais) exclusivement productrice de viande bovine, s'est transformée en intégrant les successions cultures-pâtures dans le temps et dans l'espace. En 1992, les pâturages originaux de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk avaient déjà été remplacés par *Panicum maximum*. Ce dernier a été semé simultanément avec du maïs après un cycle de 3-4 ans de culture. La figure 1 résume l'évolution de l'occupation de l'espace de l'exploitation. A partir de 1992, la répartition des surfaces allouées aux rotations de 4 ans s'est stabilisée.

Comparé à un système traditionnel et à un système amélioré (tableau 7), les rotations culture-pâture permettent un revenu brut annuel de production bovine de 15,7 % supérieur à un système amélioré, mais sur une surface 5 fois plus petite. Bien évidemment, le système extensif est gagnant par un effet d'échelle, mais ce bilan ne tient pas compte des revenus des cultures

annuelles. Ces différences expliquent en partie le fait que les systèmes de rotations sont encore peu développés dans le centre-ouest brésilien, le producteur bovin ayant tendance à raisonner sur une gestion annuelle à grande échelle.

A partir du diagnostic des sols de cette exploitation, nous avons observé que le pH, la saturation en bases échangeables et le phosphore se maintiennent à des niveaux raisonnables pour la production végétale après quatre années de culture avant réintroduction du pâturage.

Tableau 6. Capacité de support et développement des bovins élevés de 9 à 24 mois, sur latossol sablo-argileux).

	Charge animale UA/ha		Poids initial kg	Poids final kg	Gain quotidien g/animal/j	Gain annuel de poids vif kg/ha/an
	pluies	sec				
RM	3,04	0,83	181	374	443 a	670
RA	2,79	0,83	176	371	434 a	593
RD	2,55	0,80	177	388	467 a	596
TT	1,51	0,77	176	374	445 a	356
MF	1,20	0,60	176	278	211 b	-

Les valeurs suivies dans une même colonne de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test Turkey ( $p < 0,05$ ).  
 RA : renouvellement avec culture associée de riz ; RM : renouvellement avec culture associée de maïs ; RD : renouvellement direct ; TT : traitement témoin non renouvelé ; MF : gestion traditionnelle du producteur.

Tableau 7. Efficacité économique de la production de jeunes bovins dans trois systèmes de production de région d'Uberlândia (d'après FISHER, 1995).

	Système traditionnel	Système amélioré	Rotation culture/pâturage
Surface renouvelée/an (%)	1	10	25
Age pâture (ans)	15-20	10	5
Surface par vache (ha)	1,85	1,3	0,96
Jeunes bovins/ha	0,28	0,57	0,66
Revenu brut (\$ US)	43	95	110
Surperficie (ha)	1 728	2 110	416
Revenu brut total (\$ US)	74 304	200 450	45 760

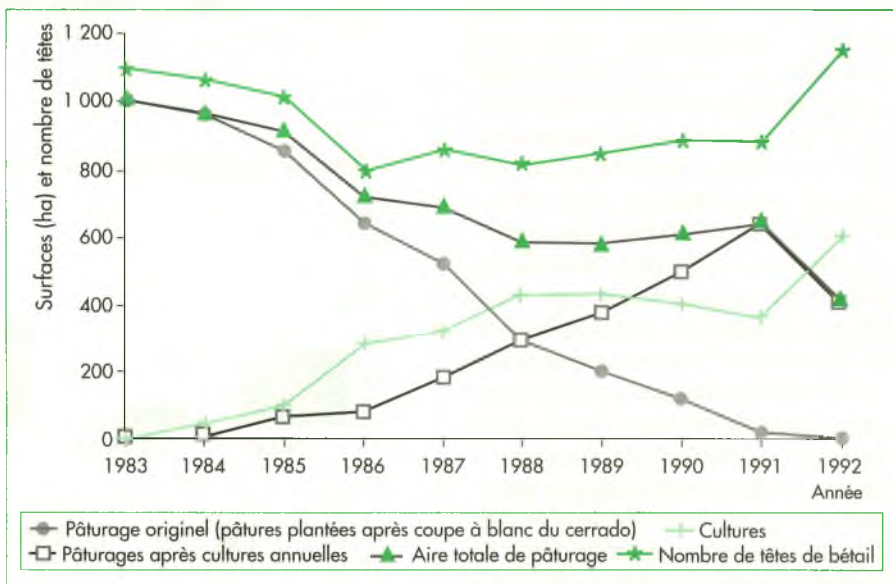


Figure 1. Evolution des aires de pâturage à la suite de l'introduction des rotations cultures-pâtures (latossol sableux).

Dans un des sites étudiés sur latossol argileux, ont été comparés le cerrado originel, une pâture de faible productivité de 10 ans à *Brachiaria decumbens*, les pâtures renouvelées à *B. brizantha* et à *B. brizantha + Stylosanthes*, une succession de cultures annuelles de 10 ans et une reprise de 2 ans de semis direct de 2 ans suite à 8 ans de cultures annuelles. La figure 2 résume les teneurs de carbone et le rapport C/N du sol dans les différentes parcelles.

Dix années de culture tendent à faire baisser les teneurs de carbone, mais, tout comme la reprise de ces parcelles en semis direct, ces valeurs ne sont pas significativement différentes des valeurs observées sous végétation initiale. Il en est de même sous *Brachiaria* dégradé ; la graminée pure renouvelée reconstitue en partie la teneur de matière organique de l'horizon de surface, mais il faut une association avec la légumineuse pour observer des teneurs de carbone significativement plus élevées.

Dans l'attente de résultats plus approfondis, ces variations de teneurs en carbone pourraient être reliées aux modifications de l'activité de la faune. La macrofaune du sol est essentiellement constituée de populations de termites, fourmis et vers de terre (figure 3). La macrofaune d'invertébrés du sol peut constituer un paramètre intéressant à utiliser dans l'aide à la décision, puisque les producteurs savent percevoir *de visu* l'apparition de certains groupes faunistiques. Tous sites confondus, on note que la macrofaune se distribue essentiellement entre la surface et 20 centimètres de profondeur dans ces milieux, ceci est en accord avec une étude préalable effectuée sur des milieux naturels (DIAS *et al.*, 1997). Les populations les plus abondantes sont observées sous le pâturage récupéré pur de graminée, et l'on observe la colonisation de l'horizon superficiel par les vers de terre lorsque la graminée est associée à la légumineuse. Sous culture continue, l'activité macrofaunistique a presque totalement disparu (non représenté ici) ; en revanche, les deux années de semis direct permettent un début de réinstallation des populations (PASSINI et BROSSARD, travaux en cours, comm. pers.). Enfin les graminées favo-

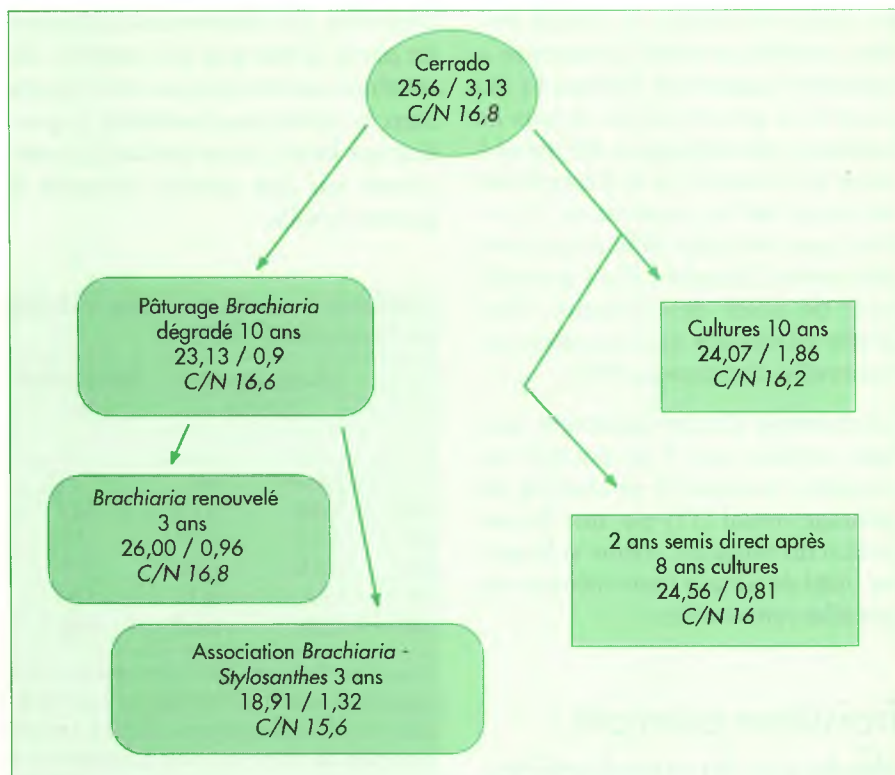


Figure 2. Teneurs moyennes en carbone (mg/g de sol), écart types et rapport C/N de l'horizon 0-10 cm d'un latossol argileux des différentes successions culturales après végétation native.

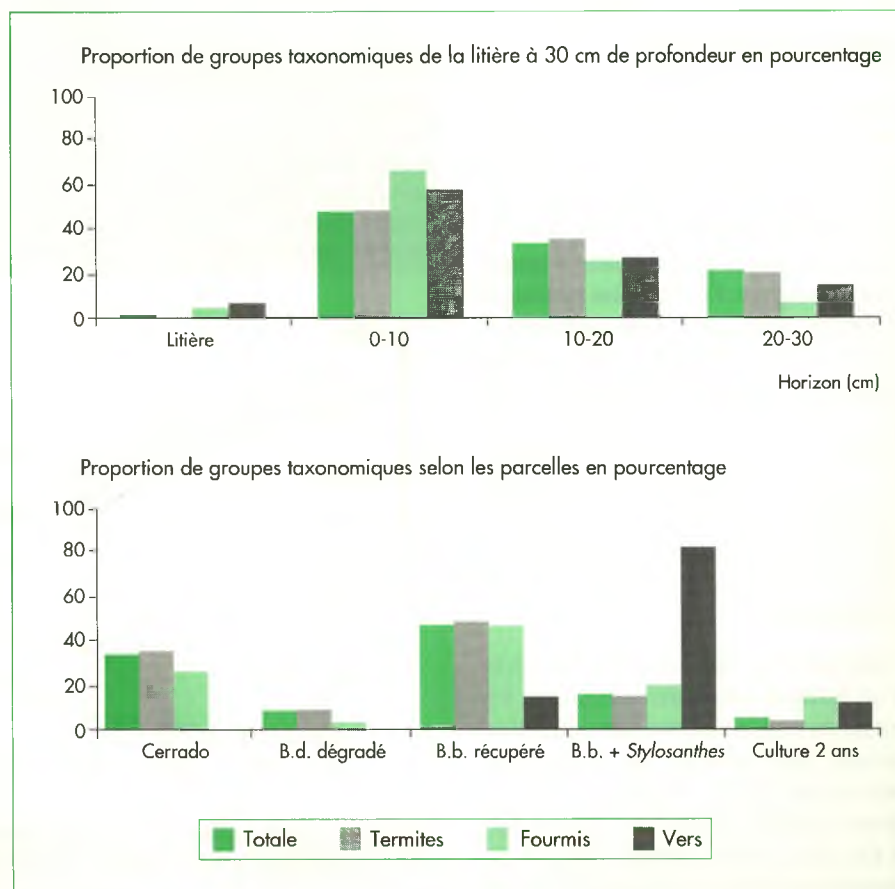


Figure 3. Proportion de densité de macrofaune d'invertébrés du sol dans les sites sur latossol argileux.

risent termites et fourmis, alors que la légumineuse associée fournit une offre alimentaire jouant sans doute sur le type de matière organique favorisant les vers de terre.

## Conclusions

Depuis plus de 30 ans, l'élevage bovin a connu un développement important dans les savanes d'Amérique du Sud (RIPPSTEIN *et al.*, 1996). Dans le Cerrado, les pâturages cultivés représentent sans doute plus du tiers des aires offertes à l'élevage. Actuellement, le durcissement de l'application de la législation en matière de mise en défens total de terres dans les propriétés, en agissant sur l'impôt sur le revenu des exploitations, va conduire à terme les éleveurs à revoir leur stra-

tégie d'élevage extensif. Les exemples qui ont été présentés montrent qu'il est possible d'améliorer la productivité des pâturages en gérant les surfaces fourragères comme des cultures de rente; l'investissement est d'autant plus intéressant s'il est intégré à une stratégie de rotation culture-pâturage. L'association des graminées avec les légumineuses est un des points clés, car l'amélioration des propriétés du sol avec, en particulier, l'offre alimentaire d'azote pour la graminée, doit être à tout prix recherchée. Le coût de l'engrais est un des principaux freins à l'amélioration de la productivité. Les travaux conduits actuellement montrent que les stratégies de renouvellement des pâtures peuvent augmenter de façon significative la capacité de charge animale et le gain de poids par hectare. Des pâturages dont la pro-

ductivité est en baisse peuvent voir une certaine reprise par une gestion raisonnée des troupeaux.

L'intégration des activités d'élevage et de cultures à cycles courts est relativement récente dans la région. Les producteurs qui le font en perçoivent déjà les avantages économiques et parfois environnementaux. Cependant, ces producteurs ne sont pas encore nombreux. Ceci peut s'expliquer par le nécessaire changement des infrastructures et par le fait que les intérêts respectifs des agriculteurs et des éleveurs paraissent actuellement opposés à court terme (SPAIN *et al.*, 1996). Pour être adoptées, ces technologies doivent induire des bénéfices à court et à moyen terme sur la production et la qualité des sols, et ne doivent pas impliquer de changements profonds du système de production.

## Bibliographie

AYARZA M.A., SOARES W., da ROCHA C.M., TEXEIRA S., BAHIA F., 1997a. Caracterização dos sistemas agrícolas e dos problemas de sustentabilidade em quatro regiões do Cerrado brasileiro. Doc. Embrapa-CPAC.

AYARZA M.A., VILELA L., PIZARRO E.A., da COSTA P.H., 1997b. Sistemas agropastoriles basados en leguminosas de uso multiple : Una alternativa hacia una agricultura mas sustentable en el Cerrado brasileño. In CIAT-Annual Report 1997, Project PE2: Confronting soil degradation, Cali, Colombie, 4-20.

BARCELLOS A. de O., VIANA FILHO A., BALBINO L.C., PEREIRA de OLIVEIRA I., YOKOYAMA L.P., 1997. Produtividade animal em pastagens renovadas em solo arenoso de Cerrado. In Anais da XXXIV Reunião da SBZ, juillet 1997, Juiz de Fora-MG, p. 207-209.

BODDEY R., ALVES B.J.R., URQUIAGA S., 1996. Nitrogen cycling and sustainability of improved pastures in the Brazilian Cerrados. In Biodiversity and sustainable production of food and fibres in the tropical savannas, CARVALHO and BHERING NASSER (Eds), Proceedings of the First international symposium on tropical savannas, Brasília, Brésil, 24-29 mars 1996, p. 33-38.

CADISH G., CARVALHO E.F., SUHET A.R., VILELA L., SOARES W., SPAIN J.M., URQUIAGA S., GILLER K.E., BODDEY R., 1993. Importance of legume nitrogen fixation of pastures in the Cerrados of Brazil. Proceedings XVII Intern. Grassland Congress, Rockhampton, Australie, p. 1 915-1916.

DIAS S. V., BROSSARD M., LOPES ASSAD M.L., 1997. Macrofauna edáfica invertebrada em áreas de vegetação nativa da região de Cerrados. In

Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado. Trabalhos selecionados do 3º Congresso de Ecologia do Brasil, L.L. Leite & Saito C.H. org., UnB, Dept. Ecologia, Brasília, Brésil, p. 168-173.

Embrapa/CPAC, 1993. Recomendações para o estabelecimento e utilização do *Stylosanthes guianensis* cv. Minerão. Embrapa-CPAC Com. Téc. 67, Embrapa-CNPQC Com. Téc., 49 p.

FICHER J., 1995. Economic aspects of integrating crops and livestock in the Brazilian Cerrados. Master's thesis, univ. Göttingen, Allemagne, 50 p.

JONES P.G., RINCÓN M., CLAVIJO L.A., 1992. Classificação e mapeamento de áreas para a região dos Cerrados, Brasil. Segundo esboço, Land Use Program, CIAT, Cali, Colombie.

OLIVEIRA I.P. de, KLUTCHOUSKY J., YOKOYAMA L.P., DUTRA L.G., PORTES T. de A., SILVA A.E. da, PINHEIRO B. da S., FERREIRA E., CASTRO E. da M. de, 1996. Sistema barreira : recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Embrapa-CNPAC, Embrapa-CNPAC-APA, Goiânia, Brésil, 90 p.

MACEDO M.C.M., 1995. Pastagens no ecossistema Cerrados : pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In Anais do Simpósio sobre pastagens nos ecossistemas brasileiros, R.P. ANDRADE, A. de O. BARCELLOS, C.M.C. da ROCHA (Eds), XXXII Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Brasília, Brésil, p. 28-62.

MCCOWN R.L., THIAGALINGAN K., PRICE T., CARBERRY P.C., JONES R.K., DALGLEISH N.P., PEAKE D.C.I., 1993. A legume ley system in Australia's semi-arid tropics. In Proceedings Intern. Grassland Congress, Rockhampton, Australie 3 : 2 206-2208.

OLIVEIRA SCHNEIDER M. DE, 1996. Bacia do Rio Uberabinha : uso agrícola do solo e meio

ambiente. Thèse de doctorat, université de São Paulo, Brésil.

PIZARRO E.A., RINCON A., 1994. Regional experience with forage *Arachis* in South America. In Biology and Agronomy of forage *Arachis*, KERRIDGE P.C. and HARDY W. (Eds), Ciat, Cali, Colombie, 209 p.

RESENDE M., KER J.C., BAHIA FILHO A.F.C., 1996. Desenvolvimento sustentado do Cerrado. In O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado, V.H. ALVAREZ V., L.E.F. FONTES and M.P.F. FONTES (Eds), Viçosa-MG, SBSC-UFV, p.169-199.

RIPPSTEIN G., LASCANO C., DECAENS T., 1996. La production fourragère dans les savanes d'Amérique du Sud intertropicale. Fourrages 145 : 33-52.

SEGUY L., BOUZINAC S., TRENTINI A., CORTES N.A., 1996. L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. Agriculture et développement 12 : 2-61.

SPAIN J.M., AYARZA M.A., VILELA L., 1996. Crop-pasture rotations in the Brazilian Cerrados. In Biodiversity and sustainable production of food and fibres in the tropical savannas, CARVALHO and BHERING NASSER (Eds), Proceedings of the First international symposium on tropical savannas, Brasília, Brésil, 24-29 mars 1996, p. 39-45.

THOMAS R.J., FISHER M.J., AYARZA M.A., SANZ J.L., 1995. The role of forage grasses and legumes in maintaining the productivity of acid soils in Latin America. In Soil management: experimental basis for sustainability and environmental quality, R. LAL and B.A. STEWARD (Eds), Avances in Soil Science Series, Boca Raton, Florida, Etats-Unis, p. 61-83.

WANIEZ P. 1992. Les Cerrados. Un espace frontière brésilien. GIP Reclus-Orstom, Montpellier, France, 344 p.

## Résumé... Abstract... Resumen

M.A. AYARZA, L. VILELA, A. DE O. BARCELLOS, L.C. BALBINO, M. BROSSARD, A. PASINI — **Intégration culture-élevage dans les Cerrados au Brésil : une solution pour des systèmes durables.**

Les systèmes actuels de production de grains, viande et lait dans la région des Cerrados présentent des problèmes croissants économiques et de production. Une des solutions pour améliorer la production, tout en maintenant ou en améliorant la qualité des sols, consiste à intégrer dans les mêmes exploitations l'élevage et la production de grains, comme la rotation de cultures annuelles et de prairies, en associant ce processus au renouvellement ou à la récupération des pâturages. Ce travail présente, au travers d'expériences conduites chez les producteurs, les possibilités offertes par cette intégration de cultures à cycles courts et de l'élevage. Ces exemples sont choisis de manière à illustrer la variabilité de sols existante (latosols de diverses textures).

Mots-clés : système de culture, élevage, prairie, fertilité, légumineuse, zone tropicale humide, Brésil.

M.A. AYARZA, L. VILELA, A. DE O. BARCELLOS, L.C. BALBINO, M. BROSSARD, A. PASINI — **Integrating agriculture and livestock rearing in the Cerrados, Brazil: a solution for sustainable systems.**

The current cereal, meat and milk production systems in the Cerrados are faced with growing economic and production problems. One way of improving output whilst maintaining or even improving soil quality is to integrate livestock rearing and cereal production on the same farm, for instance by rotating annual crops and prairies, and combining it with pasture renewal or recovery. This work describes trials conducted on farms and the possibilities offered by combining short-cycle crops with livestock rearing. The examples are chosen so as to illustrate the range of different soils (latosols of various textures).

Keywords: cropping system, livestock rearing, prairie, fertility, legume, humid tropical zone, Brazil

M.A. AYARZA, L. VILELA, A. DE O. BARCELLOS, L.C. BALBINO, M. BROSSARD, A. PASINI — **Integración cultivos - ganadería en los Cerrados en Brasil: una solución para sistemas sustentables.**

Los sistemas actuales de producción de semillas, carne y leche en la región de los Cerrados presentan crecientes problemas económicos y productivos. Una de las soluciones para mejorar la producción, a la par de mantener o mejorar la calidad de los suelos, consiste en integrar en las mismas explotaciones la ganadería y la producción de semillas, como la rotación de cultivos anuales y de prados, al asociar este proceso a la renovación o a la recuperación de los pastos. Este trabajo presenta, a través de experimentos de campo llevados a cabo con los productores, las posibilidades ofrecidas para esta integración de cultivos de ciclos cortos y de ganadería. Estos ejemplos se escogen de manera a ilustrar la variabilidad de los suelos existentes (latosoles de varias texturas).

Palabras-claves: sistema de cultivo, ganadería, prado, fertilidad, leguminosa, zona tropical húmeda, Brasil.