Rapports PSS Nº 17

Production Soudano-Sahélienne (PSS)
Exploitation optimale des éléments nutritifs en élevage

Projet de coopération scientifique

Amélioration de parcours et production animale ; le rôle des légumineuses en Afrique de l'Ouest

H. Breman[1)], D. Coulibaly[2)] & Y. Coulibaly[2)]

Adresse
[1)] AB-DLO, B.P. 14, 6700 AA Wageningen, les Pays-Bas
[2)] IER, B.P. 258, Bamako, Rép. du Mali

IER, Bamako
AB-DLO, Wageningen, Haren
DAN-UAW, Wageningen

P S S

Rapports PSS Nº 17

Wageningen, 1995

Rapports du projet Production Soudano-Sahélienne (PSS)

Numéro 17

Table des matières

- 1. Objectifs de l'étude
- 2. Etat de connaissance : l'amélioration de parcours en Australie tropicale
  - 2.1. Analogies et différences entre la zone d'intervention du PSS et l'Australie tropicale
    - 2.1.1. Comparaison agro-écologique
    - 2.1.2. Comparaison socio-économique
  - 2.2. Introduction et maintien des légumineuses
    - 2.2.1. Facteurs agro-écologiques

- 2.2.2. Conditions socio-économiques
- 2.2.3. Caractéristiques d'espèces efficaces
- 2.2.4. Production végétale
- 2.2.5. Production animale

2.3. Leçons pour la région-PSS

3. Etat de connaissance : l'amélioration de parcours en Afrique de l'Ouest
- 3.1. Introduction
- 3.2. Parcours améliorés et climat
- 3.3. Production et qualité
  - 3.3.1. Production
  - 3.3.2. Qualité
- 3.4. Production animale
- 3.5. Evaluation préliminaire

4. Essais PSS
- 4.1. Objectif
- 4.2. Matériel et méthodes
  - 4.2.1. Germination et installation de Verano
  - 4.2.2. Pâturage amélioré
  - 4.2.3. Banque fourragère
- 4.3. Résultats
  - 4.3.1. Germination et installation de Verano
  - 4.3.2. Parcours amélioré
    - 4.3.2.1. Succès de l'introduction ?
    - 4.3.2.2. Taux de charge et dynamique de la végétation
    - 4.3.2.3. Production et qualité
    - 4.3.2.4. Ingestion fourragère
    - 4.3.2.5. Production animale
  - 4.3.3. Banque fourragère
    - 4.3.3.1. Succès de l'installation
    - 4.3.3.2. Biomasse et qualité
    - 4.3.3.3. Production animale
- 4.4. Discussion
  - 4.4.1. Comportement de Stylosanthes hamata var. Verano
  - 4.4.2. Stabilité des introductions
  - 4.4.3. Production animale intéressante?
- 4.5. Conclusions et remarques finales

Remerciements

Références

- Liste des sigles et abréviations

« The research for this publication was financed by The Netherlands' Minister for Development Cooperation. Citation is encouraged. Short excerpts may be translated and/or reproduced without prior permission, on the condition that the source is indicated. For translation and/or reproduction in whole the Section DST/SO of the aforementioned Minister should be notified in advance (P.O. Box 20061, 2500 EB The Hague). Responsibility for the contents and for the opinions expressed rests solely with the authors; publication does not constitute an endorsement by The Netherlands' Minister for Development Cooperation ».

1. Objectifs de l'étude

Il est vraisemblable que le rendement des engrais en fourrage amélioré sera le plus élevé en produisant des cultures fourragères bien contrôlées. Pareilles cultures exigent une intensité de travail élevée, et pur en profiter réellement elles nécessitent aussi de la main d'oeuvre pour la récolte, la conservation et le stockage. La main d'oeuvre est cependant souvent un facteur limitatif au cours de l'installation, du maintien et de la récolte des cultures en général (p.e. Veeneklaas, 1990). Ainsi, l'avantage agronomique risque d'être difficile à réaliser à cause des contraintes socio-économiques, là où un manque relatif de main d'oeuvre existe.

On se pose donc la question de savoir si les techniques suivantes forment des alternatifs réels pour les cultures fourragères :
- l'amélioration directe des parcours naturels par sursemis de *Stylosanthes hamata* cv Verano (pâturage amélioré) ;
- l'amélioration indirecte par la combinaison de leur exploitation avec celle d'une banque (ou sole) fourragère de la même espèce.
Dans chaque cas, le modèle de gestion susceptible de favoriser la persistance de l'espèce introduite, tout en permettant une production animale capable de maximiser les investissements, est investigué.

La complexité élevée de tels essais ayant limité leur nombre (voir 4.2), trois études de bureau les ont accompagné, en plus d'un test éco-physiologique de Verano, la variété de *Stylosanthes hamata* utilisée :
- une analyse du potentiel de l'amélioration des parcours de la région d'intervention sur la base des expériences en Australie tropicale, dont le climat s'approche le plus de l'Afrique de Ouest (2) ;
- une analyse du potentiel pour la région des parcours améliorés et des banques et soles fourragères sur la base des expériences en Afrique de l'Ouest (3) ;
- la suivi de la germination, de l'installation et de la résistance à la sécheresse de Verano (4.3.1) ;
- des testes de validation des modèles de la production animale, se basant sur le menu ingéré, de et de Ketelaars (1991a), en fin de leur utilisation pour la généralisation des résultats de la production animale obtenus (4.4.3).

2. Etat de connaissance : l'amélioration de parcours en Australie tropicale

2.1. Analogies et différences entre la zone d'intervention du PSS et l'Australie tropicale

2.1.1. Comparaison agro-écologique

Bayer & Waters-Bayer (1989) ont signalé l'intérêt d'utiliser les expériences australiennes en Afrique. Une comparaison détaillée des conditions agro-écologiques et socio-économiques est indispensable pour juger l'utilité des expériences australiennes pour le Sahel et la savanne soudanaise. L'Australie est le pays le plus expérimenté en ce qui concerne l'utilisation des légumineuses pour l'amélioration des parcours. En plus, on y trouve dans la partie tropicale une série de climats correspondant à ceux de l'Afrique occidentale (Breman & De Ridder, 1991 ; Nix, 1983). Ci-dessous on montrera que les expériences pratiques sont restreintes et les succès limités dans la région australienne qui ressemble le plus à la région-PSS, et les raisons sont expliquées. Pour ce faire, les isohyètes serviront comme points de référence. La plus grande partie de la région-PSS peut bien être caractérisée de cette façon, ayant des isohyètes approximativement parallèles aux degrès de latitude. Les changements des conditions en allant du Nord au Sud seront souvent comparés avec ceux sur deux transects australiens, ceux du centre (Alice Springs) au nord (nord du « Northern Territory » ; abréviation « transect centre-nord ») et ceux du centre à l'est (sud-est de « Queensland » ; abréviation « transect centre-est »). Les deux transect ont une pluviosité annuelle moyenne en allant de 250 mm au centre jusqu'à 1500 mm à l'autre extrême (Fig. 1).

Figure 1. Pluviosité et position par rapport à l'équateur de la zone tropicale de l'Australie et de l'Afrique de l'Ouest. Indication des transects centre-nord et centre-est distingués en Australie.

L'Australie se trouve plus loin de l'équateur et a une masse de terre plus restreinte que l'Afrique occidentale. Les conséquences sont multiples :
- Dans la partie tropicale, pour une pluviométrie égale, les températures sont généralement moins élevées, alors que la pluie est moins liée aux saisons au fur et à mesure de la croissance de l'aridité. C'est une des raisons pour laquelle l'évaporation potentielle en Afrique occidentale présente pour de vastes régions des valeurs qui sont au moins plus élevées de 1000 mm an^{-1}. Même pour 1400 mm de pluie par an, dans la savane guinéenne, l'évapotranspiration potentielle qui est presque de 2200 mm an^{-1} dépasse de 450 mm celle de l'extrême nord de l'Australie, et ce pour une pluviosité identique.
- Ce n'est que l'extrême nord de l'Australie qui connaît une vraie mousson d'été, avec des pluies estivales fortement liées à la saison. En allant au sud, l'influence du climat méditerranéen se fait de plus en plus sentir. Au nord du Sahel la pluie tombe au coeur l'été, tandis que dans le centre d'Australie 30 % des 250 mm tombent en « saison sèche » . C'est ainsi que la fiabilité de la saison de croissance dans l'Australie tropicale est beaucoup moins élevée qu'en Afrique occidentale pour une pluviosité identique. En plus, il y a des orages plus extrême en Australie, la pluviosité y est plus variable.

C'est la moitié nord du transect centre-nord, qui ressemble aux savanes guinéennes et soudanienne de l'Afrique occidentale. La moitié sud, la partie semi-aride, n'est pas vraiment comparable au Sahel-sud, à cause de la pluviosité en saison sèche et l'humidité de l'air relativement élevée. L'aridité de la saison sèche dans la région-PSS est beaucoup plus extrême que celle du transect centre-nord, due en particulier aux pluviosités basses. Pour le transect entier centre-est une fraction non-négligeable tombe en saison sèche, et la proximité du climat subtropical crée des températures moins élevées que dans la région-PSS. La raison de payer néanmoins de l'attention à ce transect est le fait que la majorité des expériences en Australie tropicale par rapport aux légumineuses concernent le sud-est du Queensland, c.-à-d. la moitié est de ce transect ! Sur le transect centre-nord les expériences sont restreintes et les résultats assez décourageants.

Les sols de l'Australie tropicale, comme ceux de la région-PSS sont très pauvres ; en général N et/ou P limitent la production primaire (Anonymous, 1983a ; Christie, 1982? ; Anonymous, 1981b ; Anonymous, 1981c ; Christie, 1981 ; Gardener, 1981 ; Mc Ivor, 1981 ; Anonymous, 1980 ; Friedel *et al*., 1980 ; Gardener, 1980b ; Christie, 1979 ; Christie, 1978 ; Day, 1977 ; Pressland, 1976 ; Silcock *et al*., 1976 ; Christie, 1975 ; Christie & Moorby, 1975 ;`t Mannetje & Shaw, 1972 ; Norman, 1966 ; Eberson & Lucas, 1965). Le taux d'azote, notamment sur le transect centre-nord, peut être encore plus bas que les valeurs de 1 à 4 g kg^{-1} de la région-PSS. Le taux du sol en P est cependant souvent un peu plus élevé que dans la région d'étude : P-total 170 ppm en moyen, contre 50 à 225 dans la région ; P-soluble entre 2 et 30 ppm contre 1à 6 (0-30 ; Stroosnijder, 1991). Sur la moitié est du transect centre-est il y a des zones avec des sols plus fertiles.

En Australie ainsi qu'en Afrique de l'Ouest, les sols sablonneux, avec leur capacité de stockage basse pour l'eau, dominent dans les régions les plus arides ; en allant vers les zones plus humides l'importance des sols plus lourds augmente, mais également celle des sols squelettiques. Ainsi, il y a même dans la région sub-humide des zones ayant une capacité de stockage basse pour l'eau (Rickert & Winter, 1980 ; Howes, 1978 ; Norman, 1966). Grace à l'évapotranspiration moindre et aux orages grandes, la disponibilité annuelle d'eau pour la végétation pour une combinaison pluviosité/sol identique est supérieure en Australie, et elle est plus élevée pour le transect centre-est que pour le transect centre-nord. Par conséquent, la longueur de la « saison avec de la verdure » , un critère important pour l'amélioration des parcours, est de 30 semaines à Katherine avec 1100 mm an^{-1}, 35 semaines à Lansdown avec 850 mm et 44 semaines à Roddsbay, également avec 850 mm (Mc Cown, 1982 ; Mc Cown, 1981 ; Mc Cown *et al*., 1981 ; Mc Cown, 1980 ; Playne, 1972). Katherine se trouve sur le transect centre-nord, Roddsbay sur le transect centre-est, et Lansdown a une position intermédiaire. Dans la région-PSS 1100 mm an^{-1} signifie une saison verte de 26 semaines, 900, 600 et 300 mm signifient respectivement 21, 14 et 10 semaines à peu près. Dans cette région, la longueur de la « saison avec de la verdure » est donc moindre et beaucoup moindre que pour les transects centre-nord et centre-est respectivement, avec une quantité de pluie identique. Mais elle est un peu plus sûr : avec 1100 et 800 mm comme moyenne la longueur risque d'être 15 et 19 % moindre dans une année sèche (Stroosnijder & Van Heemst, 1991), à Katherine -avec 1100 mm comme moyenne- c'est 20 %, et à Lansdown, avec 850 mm 23 %.

L'extrême aridité de la saison sèche et la photosensibilité des plantes annuelles mènent à une dominance des plantes annuelles dans la végétation naturelle de la région-PSS (Breman & De Ridder, 1991). Avant la sécheresse des décennies passées, les graminées pérennes n'avaient qu'une contribution non négligeable à la production des parcours, que dans les vallées dunaires et les bas-fonds de la savane soudanaise et très localement au sud du Sahel. Actuellement la graminée pérenne la plus importante, l' *Andropogon gayanus*, est devenu rare. Ce n'est qu'au sud de l'isohyète de 1000 mm, et ceci seulement pour les zones qui ne sont pas trop perturbées, qu'elle peut former une source de fourrage intéressante.

La strate ligneuse également est d'une importance moindre qu'ailleurs dans les zones semi-arides, même avant la sécheresse. Pendant cette époque, le recouvrement des espèces ligneuses variait dans la partie sud du Sahel entre 10 % (sols sablonneux) et 20 % (plaines limoneuses), et dans la partie nord de la savane entre 20 % (sols sablonneux) et > 30 % (bas-fonds argileuses). Actuellement ces valeurs sont 3 % et 6 % (sud Sahel) et 12 % et 30 % (nord soudan). Avant la sécheresse, chaque 50 mm an^{-1} d'eau infiltrés en dessous de la limite inférieure des racines d'herbacées (1.70 m) étaient aptes de maintenir un recouvrement ligneux de 10 % ; actuellement il faut 100 mm pour 10 % de recouvrement (Breman & Kessler, 1995).

Les derniers auteurs supposent que les climats d'Australie tropicale mènent à un stock d'eau du sol plus important en dehors de l'accès des herbacées, qui favorise les espèces pérennes. Tothill & Mott (no. 64) l'expliquent par les nombreux sols squelettiques et peu développés ou érodés, ainsi que par la présence restreinte de l'homme. Sans perturbations, les graminées pérennes dominent la production annuelle des parcours naturels sur la grande majorité du transect centre-est, et sur une bonne partie du transect centre-nord. Le stock d'eau en dehors de l'accès des racines des annuelles est telle que les plantes pérennes souvent y peuvent vivre avec une alimentation découplée de l'eau (profondeur) et des éléments nutritifs (couche superficielle du sol). Au cours d'une année sèche la production n'est que peu influencée, mais après quelques années de sécheresse les pérennes meurent. Dans la région-PSS, le seul exemple bien connue d'une telle alimentation découplée est celle de Faidherbia albida sur une gamme restreinte de sols et ceci seulement dans la partie sud de la région.

Dans la partie semi-aride du transect centre-nord, les graminées pérennes contribuent encore d'une façon notable à la production fourragère. Même à 250 mm an^{-1}, la strate herbacée du « mulga », la brousse tigrée d'Australie, est composée de graminées pérennes pour 50-60 %. Les sols légers y sont dominés par des annuelles cependant. En dessus de 600 mm an^{-1} les graminées pérennes dominent vraiment, sauf sur des sols très grossiers ou très peu profonds. Les Sorghum spp annuelles y dominent, et ceci en particulier après quelques ans de sécheresse (Norman, 1966).

Les pluies d'hiver, sur le transect centre-est et la partie semi-aride du transect centre-nord, font pénétrer sous les tropiques des espèces annuelles subtropicales à germination lente. Il faut des pluies importantes pour bien stimuler leur germination. Une fois germées elles sont bien productives, à cause des températures relativement basses : ces pluies d'hiver sont jusqu'à 2,5 fois plus efficace que celles d'été (Howes, 1978).

Les légumineuses en général ont également besoin d'une pluviosité notable pour germer : leur germination est lente et hétérogènes. La vraie mousson favorise cependant des espèces à germination rapide et homogène (Breman *et al.*, 1981 ; A.M. Cissé, 1986). Le climat et la pauvreté du sol en P font que les légumineuses ne composent que 5 % en moyenne de la biomasse herbacée des végétations naturelles à la fin de la saison de pluie dans la région-PSS. La même valeur est trouvée en Australie tropicale. Là aussi les sols sont déficitaires en P, mais ce sont les graminées pérennes qui forment les compétiteurs pour les légumineuses. Leur germination est encore pire si les annuelles y dominent à cause d'une mauvaise gestion des parcours.

Une analyse de la production végétale potentielle et celle limitée par l'eau fait encore mieux comprendre les différences entre les trois régions. Ces résultantes des conditions climatiques et pédologiques ont été prises de Buringh *et al.* (1975) par unité de terre, et des moyennes pondérées ont été calculées par transect. La production potentielle, ni limitée par l'eau, ni par les éléments nutritifs, est de 83, 61 et 59 t ha^{-1} an^{-1} pour les transects ouest africain, centre-nord et centre-est respectivement. La vraie mousson de l'Afrique Occidentale, avec ses nuages et pluies concentrée, et la position par rapport à l'équateur donnent une luminosité supérieure à celle des transects australiens.

La production limitée par l'eau des trois transects est respectivement 18,3, 10,5 et 21,5 t ha^{-1} an^{-1}. En d'autres mots, au moins les qualités de sols autres que celles liées directement à la disponibilité d'éléments nutritifs du transect centre-est sont les meilleures, et celles du transect africain sont supérieures à celle du transect centre-nord. La fraction de terres apte aux cultures céréalières sèches est cependant 34, 30 et 21 % pour les transects africain, centre-nord et centre-est. La concentration des pluies dans une période de l'année permet de faire pénétrer les cultures annuelles plus dans la zone semi-aride en Afrique occidentale que sur le transect centre-est ; le transect centre-nord, ayant une vraie mousson dans son extrême nord, a une position intermédiaire. La situation pour l'élevage est l'opposée, car elle est conditionnée par la présence des graminées pérennes et leur activité. Le nombre de semaines vertes par an pour une pluviosité égale diminue du transect centre-est, par le transect centre-nord, vers le transect africain.

Pour compléter l'image, les superficies irrigables forment 0,56, 0,77 et 0,85 % des trois transects.

La production annuelle des parcours naturels, une autre résultante des combinaisons sols-climats, varie énormément dans le temps et dans l'espace. Mais la Fig. 2 (voir les paramètres en bas) montre que les valeurs moyennes diffèrent néanmoins (Probert & Williams, 1983 ; Anonymous, 1982a ; Christie, 1982? ; Hacker *et al.*, 1982 ; Scattini & Powell, 1982 ; Wesley-Smith, 1982 ; Anonymous, 1981d ; Anonymous, 1981b ; Christie, 1981 ; Gardener, 1981 ; Mc Ivor, 1981 ; Mott *et al.*, 1981 ; Anonymous, 1980 ; Gardener, 1980a ; Christie, 1979 ; Gillard, 1979 ; Christie, 1978 ; Howes, 1978 ; Pressland, 1976 ; Wilson, 1974 ; Beale, 1973 ; Norman & Begg, 1973 ; `t Mannetje & Shaw, 1972 ; Playne, 1972 ; Playne & Haydock, 1972 ; Wesley-Smith, 1972 ; Norman, 1963 ; Norman, 1966 ; Arndt & Norman, 1959 ; `t Mannetje, 1965 ; Winkworth, ... ; Anonymous, ?). A 300 mm an^{-1} les différences sont restreintes, la production est < 1 t ha^{-1} ; à 600 mm elle est respectivement 2,4, 1,7 et 2,4 pour la région-PSS, et les transects centre-nord et centre-est ; à 900 mm c'est 3,6, 2,2 et 4,0 t ha^{-1}.

Figure 2. La production de la strate herbacée des parcours naturels de l'Afrique de l'Ouest par rapport à la pluviosité moyenne comparée avec la production moyenne des parcours des transects centre-nord (------) et centre-est (.....) en Australie.

Le rendement annuel moyen en azote dans la région-PSS augmente avec la pluviosité : il est de 9 kg ha^{-1} à 300 mm an^{-1}, 13 kg à 600 mm et 15 kg à 900 mm. Ainsi le taux moyen de N à la fin de la saison de croissance est respectivement 8, 5 et 5 g kg^{-1} (voir Breman & De Ridder, 1991 pour plus de détails et pour les variations). Les rendements et les taux de P sont un dixième des valeurs de N. Le nombre de données trouvées pour les transects australiens est trop restreint pour se prononcer avec certitude. Pour les zones de 300 à 900 mm les rendements de N varient entre 5 et 30 kg ha^{-1} et les taux entre 5 et 9 g kg^{-1} ; pour P ces valeurs sont 0,7 à 2 kg ha^{-1} et 0,3 à 0,6 g kg^{-1}. La diminution claire des taux de N et P des fourrages herbacées en fin de croissance en allant du côté sèche du transect vers la savane semi-humide (Breman & Krul, 1991a) n'est pas très nette en Australie ; l'importance des pérennes en est une explication. Mais pour le centre sèche d'Australie on signale néanmoins que la sélection par le bétail est moins importante, car tout le fourrage y est bon (Anonymous, 1983b ; Scattini & Powell, 1982 ; Mott *et al*., 1981 ; Box & Perry, 1971 ; Condon *et al*., 1969). Une exception forme cependant la pérenne *Spinifex*, qui peut couvrir des étendues énormes, et dont les raisins rendent la plante inconsommable (*Cymbopogon proximus* pourrait jouer un rôle pareil au Sahel, mais elle se limite à quelques endroits rares à un surplus d'eau). Il est signalé également que les parcours de l'extrême humide du transect centre-nord ont une qualité si basse, que la surexploitation est impossible : seulement 5 % de la biomasse est consommable.

La qualité basse des parcours en fin de croissance est une des raisons des feux de brousse en saison sèche. Pour la pratique de l'élevage extensif, les effets positifs dominent les effets négatifs là où les pérennes contribuent d'une façon notable à la production fourragère des parcours naturels. Au Delta central du fleuve Niger, la disponibilité de fourrage de qualité accessible augmente avec un facteur trois au moins grâce aux feux (Krul & Breman, 1991a). En Australie, où la dominance des graminées pérennes est générale, les feux forment un vrai outil de gestion, malgré le fait qu'à terme la productivité des parcours baissera. Sur le transect centre-nord, en dessus de 600 mm an^{-1}, la production bovine augmente avec 25 % par tête et par an par le feu (Bastin, 1983 ; Scattini & Powell, 1982 ; Norman, 1966).

Sans et avec feux, en Australie tropicale et dans la région-PSS, la production animale sur parcours naturels est très basse. Dans la partie sub-humide du transect centre-nord, la production en poids vif est de l'ordre de 30 kg UBT^{-1} an^{-1} à la charge habituelle de 15 à 20 ha UBT^{-1} (Tableau 1). L'importance des graminées pérennes et leurs repousses y crée une production animale qui dépasse celle de la région-PSS, même à un nombre égal de semaines vertes par an. Dans l'extrême sud de la dernière zone, c.-à-d. la partie la plus humide, à 22 semaines vertes par an, la production annuelle nette d'un jeune bovin sevré n'est que 25 kg de poids vif si tout le fourrage est consommé (sélection impossible). En Australie tropicale c'est au moins 35 kg avec 22 semaines vertes, et la production augmente plus vite parallèlement aux semaines vertes que dans la savane soudanaise (Ketelaars, 1991b). Malgré cela on signale que la

malnutrition y est 'la maladie la plus grave' (Mc Cosker *et al*., 1982 ;Griffiths Davies & Eyles, 1965) et que ce n'est pas le potentiel génétique qui y limite la production animale, mais les contraintes physiques des ressources naturels.

Tableau 1. Influence de l'amélioration des pâturages par ensemencement des légumineuses. Avec et sans engrais phosphatés. Influence sur le potentiel et la production animale dans le grand nord de l'Australie [1].

	capacité de charge (ha UBT^{-1}	production animale en poids vif	
		(kg UBT^{-1})	(kg ha^{-1})
Transect centre-nord			
pâturages naturels	15-20	30	1-2
+ légumineuses	3-5	30	5-10
+ légumineuses + P [2]	1 -2	60	35-40
Transect centre et zone interm édiaire			
parcours naturels	1,8	55	30
+ légumineuses	1,1	75	70
+ légumineuses + P	0,8	105	130

[1] compilation de diverses publications ;
[2] 50 à 200 kg de superphosphate durant la première année, 25 à 100 kg les années suivantes.

Les niveaux de la production animale et des salaires mènent à un élevage très extensif pour la majorité de l'Australie tropicale pastorale. La gestion de bétail est restreinte, leur pâture est pour ainsi dire libre. Le comportement des bovins dans un tel cas ressemble beaucoup à celui de l'élevage transhumant au Sahel sous l'oeil des bergers (Diallo, 1978) : la pâture a lieu le matin, au début du soir et après minuit ; sa durée est de 6,5 à 13,5 hr j^{-1}, les animaux se déplacent 4 à 16 km j^{-1}, en s'éloignant au maximum 24 km des points d'eau ; les animaux boivent au minimum une fois chaque trois jours, la moyenne est une fois par jour (Wilson, 1974).

2.1.2. Comparaison socio-économique

Un élevage si extensif est possible grâce à des unités de production énormes. Déjà dans les années soixante-dix, une famille d'éleveur au Sahel devait vivre en moyenne de 300 ha de parcours (Breman & De Wit, 1983). Sur le transect centre-nord la superficie moyenne par unité augmente de 280.000-300.000 ha au centre sec à 400.000 au nord humide. Telles unités sont gérées de père en fils ; la main

d'oeuvre chère est remplacée par des hélicoptères, et ce n'est que pour la période de sélection d'animaux pour la vente que 6 à 8 main d'oeuvres journalières sont payées. Sur le transect centre-est la superficie diminue avec l'augmentation de la pluviosité : de 280.000-300.000 au centre, par des unité de 20.000-25.000 sur une bonne partie du transect, à quelques milliers d'hectares à la côte. Les unités au milieu du transect ne sont pas facilement rentable avec plus d'un homme-an par 20.000 ha ; sur la côte, pour des systèmes bien intensifs, il s'agit d'un homme-an par 200 ha (Holmes, 1983 ; Anonymous, 1981a ; Beef Cattle Husbandry Branch, 1981 ; Sheldon, 1980 ; Gillard, 1979 ; Anonymous, 1975 ; Anonymous, 1971 ; Box & Perry, 1971 ; Lintock, 1970 ; Perry, 1965).

Ce ne sont pas seulement les conditions agro-écologiques relativement bonnes du transect centre-est, qui sont à la base de la différence en superficie par unité de production avec le transect centre-nord. La distance au marché principal de l'Australie joue un rôle clef : la majorité de la population habite dans l'extrême sud-est du continent. Le 'Northern Territory', l'état du transect centre-nord, a une densité démographique de 1 pers. km^{-2}, contre 5 à 50 pour la région-PSS. L'extrême nord du transect est le plus éloigné du marché national. Le développement économique y est très timide, malgré des investissement du gouvernement fédéral de 8.500 $ an^{-1} pour chaque habitant du 'Territory'. Des unités de production agricole de 6.000 ha chacune y sont développées avec l'aide du gouvernement fédéral.

La productivité ne peut être à peine améliorée dans la zone aride. Quand les frais augmente et les prix sont bas, les charges augmentent et la dégradation du parcours est inévitable (Sheldon, 1980). Pour l'ensemble de la zone pastorale, l'investissement par tête est inversement proportionnel aux dimensions des unités de production en Australie, tandis que la capacité de charge augmente parallèlement aux investissements (Tableau 2 ; suivant Mc Cosker *et al*., 1982). L'investissement pour l'amélioration de la production animale pour les très grandes propriétés ne concernent que des installations permettant une exploitation plus intensive et plus homogène des parcours : points d'eau, et localement des grillages. Les investissements pour la santé animale se limite au minimum, les obligations pour permettre l'exportation du bétail. Dans le cas des unités de taille moyenne, sous des conditions plus favorables, on ajoute l'éclaircissement de la strate ligneuse et une certaine stratification de gestion par classe d'animal. Ce sont notamment les propriétés relativement petites et soumises à des conditions agro-écologiques et socio-économiques relativement bonnes, où on investit aussi directement dans l'amélioration de la situation fourragère : amélioration des parcours et achat de fourrage brute et des suppléments (Holmes, 1983 ; Mc Cosker *et* al., 1982 ; Mc Cosker & Emerson, 1982 ; Wesley-Smit, 1982 ; Anonymous, 1981 ; Beef Cattle Husbandry Branch, 1981 ; Mott *et* al., 1981 ; Rickert & Winter, 1980 ; Sheldon, 1980 ; Anonymous, 1975 ; Wilson, 1974 ; Anonymous, 1972 ; Eberson & Lee, 1972 ; Box & Perry, 1971 ; Gray, 1969 ; Perry, 1965).

Tableau 2.

superficie unité (x 1000 ha)	investissement par bovin ($ UBT^{-1})	capacité de charge (ha UBT^{-1})
> 400	25	28

385	26	24
15	55	8
4,6	82	4

Dans la région-PSS, les investissements par tête ne sont qu'une fraction de ceux en Australie, même par rapport aux unités de production les plus grandes de ce pays (par exemple Breman & Traoré, 1987). L'eau et la santé attirent depuis l'ère coloniale la grande majorité des moyens financiers. Mais, comme dans le cas de l'élevage extensif australien, la gestion se concentre sur le système indigène pastoral le plus efficace, la transhumance, sur l'exploitation optimale des parcours dans le temps et dans l'espace. Les bergers n'ont pas encore été remplacés cependant par des grillages, des voitures de terrain, etc. Leur connaissance des parcours et la mobilité des troupeaux permet d'atteindre une intensité d'exploitation qui dépassent la capacité de charge. C'est ainsi que la production de protéines par hectare de la transhumance était bien supérieure à la production en Australie tropicale sous la même pluviosité (Breman & De Wit, 1983).

Tableau 3 présente une comparaison globale de la capacité de charge des parcours (Bastin, 1983 ; Holmes, 1983 ; Mc Ivor *et al*., 1983 ; Anonymous, 1982a ; Hacker *et* al., 1982 ; Mc Cosker, 1982 ; Mc Cown, 1982 ; Anonymous, 1981a ; Beef Cattle Husbandry Branch, 1981 ; Mc Cown, 1981 ; Mc Cown *et al*., 1981 ; Mc Iver, 1981 ; Mott *et* al., 1981 ; Rickert, 1981 ; Anonymous, 1980 ; Mc Cown, 1980 ; Rickert & Winter, 1980 ; Sheldon, 1980 ; Gillard, 1979 ; Wicksteed, 1978 ; Robinson & Sing, 1975 ; Wilson, 1974 ; Eberson & Lee, 1972 ; Wesley-Smith, 1972 ; Shaw & `t Mannetje, 1970 ; Condon *et al*., 1969 ; Norman, 1966 ; Chippendale, 1965 ; Letts, 1965 ; `t Mannetje, 1965 ; Anonymous, ?). Cette comparaison doit être utilisé avec prudence, car les références nombreuses à la base des valeurs moyennes présentées ne mentionnent que rarement leurs critères. Pour l'Afrique de l'Ouest les pâturages maliens ont été pris comme exemple, et la capacité de charge est celle d'une année sèche (Breman & Traoré, 1987). L'importance de la strate ligneuse sur le transect centre-nord apparaît la cause principale d'une capacité de charge plus basse que pour la région-PSS. L'éclaircissement de cette strate mène à une capacité comparable ; le sol y est peut-être un peu plus pauvre (voir ci-dessus), mais les graminées pérennes compenseront ce désavantage. Pour le transect centre-est il n'y a presque plus de parcours naturels en dessus de 500 mm an $^{-1}$ de pluie ; la majorité des parcours y est améliorée, et leur capacité dépasse celle des parcours naturels de la région-PSS.

Tableau 3. Capacité de charge pour les bovins en UBT ha $^{-1}$.

pluv. moy. (mm an^{-1})	région-PSS	transect centre-nord	transect centre-est
< 300	47	45	45
300-600	13	28 (- 10)*	25 (-5)**

600-900	6	20 (- 7)*	(3,5)**
> 900	5	17 (- 7)*	(3,5)**

( ) * éclaircissement strate ligneuse; ( ) ** parcours améliorés

La surexploitation de ce dernier parcours, mentionné déjà, est la plus forte pour la partie sud du Sahel, ainsi que pour des parties de la savane où l'élevage est devenu indispensable pour le maintien de la production agricole (Breman *et al.*, 1990 ; Breman & De Ridder, 1993). En Australie la surexploitation est liée entre autres aux droits fonciers : dans la zone pastorale, elle devient générale vers la fin des fermes de 50 ans (Sheldon, 1980).

Une comparaison de la production animale est difficile, à cause de la différence entre les objectifs de l'élevage, les espèces et les races et l'intensité d'exploitation des parcours. Breman & De Wit (1983) montrent que la production en protéines par hectare du système dominant au Sahel, la transhumance, dépasse bien celle de l'Australie semi-aride (0,6 à 3,2 kg ha^{-1} an $^{-1}$ contre 0,4). C'est vrai, ceci est rendu possible grâce à une surexploitation des parcours, mais la densité de la population pastorale ne laisse aucun choix. En exprimant la production en protéines produites par homme-hr, c'est l'Australie qui gagne : 1,90 contre 0,01 à 0,07 kg an^{-1} ! Il faut se réaliser que la productivité humaine élevée en Australie est possible grâce au fait que la zone pastorale est vraiment vide, et à cause d'un investissement très important en énergie fossile (150.000 kg cal homme-hr $^{-1}$, contre 0 au Sahel).

La comparaison de la productivité des parcours des zones sub-humides n'est utile qu'entre la partie sud de la région PSS et la partie nord du transect centre-nord. La production sur la partie sub-humide de l'autre transect est trop liée aux parcours améliorés ou aux pâturages artificiels, avec des dons d'engrais importants (Mc Ivor *et* al., 1983 ; Anonymous, 1982a ; Anonymous, 1982b ; Mc Cown, 1982 ; Gillard, 1982 ; Scattini & Powell, 1982 ; Anonymous, 1981b ; Christie, 1981 ; Mc Cown, 1981 ; Mc Cown *et al*., 1981 ; Rickert, 1981 ; Anonymous, 1980 ; Gardener, 1980b ; Mc Cown, 1980 ; Gillard, 1979 ; Wicksteed, 1978 ; Robinson & Sing, 1975 ; Wilson, 1974 ; Winks *et al*., 1974 ; Ebersohn, & Lee, 1972 ; Shaw & `t Mannetje, 1970 ; Griffith & Eyles, 1965 ; Anonymous, ?). L'élevage du grand nord d'Australie est surtout un élevage de naissance bovin (Mc Ivor *et al*., 1983 ; Mc Cosker *et al*., 1982 ; Wesley-Smith, 1982 ; Anonymous, 1981a ; Mott *et al*., 1981 ; Rickert & Winter, 1980 ; Low & Wood, 1979 ; Wilson, 1974 ; Norman & Begg, 1973 ; Anonymous, 1972 ; Wesley-Smith, 1972 ; Main, 1969 ; Norman, 1966 ; Letts, 1965 ; Rose, 1952 ; Siebert, ?); l'embouche a notamment lieu dans le sud-est du pays (donc aussi dans la partie est du transect centre-est). La productivité de cet élevage sur parcours naturel est 30 kg UBT^{-1} de poids vif avec une charge de 1 UBT par 15-20 ha, c.-à-d. 1 à 2 kg ha^{-1} an $^{-1}$ (Tableau 1). L'espace manque pour un tel élevage purement pastoral dans la partie sud de la région-PSS ; c'est la zone où l'élevage devient de plus en plus l'activité des agriculteurs. La productivité est minimale : à peu près 20 kg $tête^{-1}$, ou bien 30 kg UBT^{-1}. L'intensité d'exploitation de la région s'approche ou dépasse la capacité de charge (1 UBT par 6 ha), tout en exploitant les parcours et les sous-produits agricoles. La production par hectare est ainsi > 5 kg an^{-1} de poids vif, et l'état des ressources naturelles ainsi que la production agricole stagnante témoignent de la surexploitation des ressources (Breman & De Ridder, 1983 ; Leloup, 1994).

2.2. Introduction et maintien des légumineuses

Il y a deux explications au moins pour l'accent mis en Australie sur les légumineuses exotiques comme solution pour la situation fourragère médiocre. Le prix bas des engrais phosphatés et la croyance que la végétation naturelle ne réagirait qu'à peine à la fertilisation. La publication souvent citée pour appuyer la dernière assertion (Norman, 1962) est peu convaincante : le coefficient d'utilisation bas des engrais azoté et phosphaté constaté pourrait s'expliquer bien par la récolte tardive et par la fixation temporaire élevée par la matière organique du sol avec ses rapports C : N et C : P élevés. Il y a d'autres publications qui montrent une stimulation de la production annuelle jusqu'à 18 ou même 25 t ha $^{-1}$, avec un augmentation parallèle du taux d'éléments nutritifs dans les plantes (Hacker *et al*., 1982 ; Christie, 1981 ; `t Mannetje & Shaw, 1972 ; Shaw & `t Mannetje, 1970 ; `t Mannetje, 1965). Une graminée indigène C4 donne jusqu'à 114 kg de matière sèche par kg de N, et jusqu'à 525 kg par kg de P ! Une graminée indigène C3 donne jusqu'à 64 kg kg^{-1}.

Ce n'est qu'une fraction restreinte de la production animale qui est réalisée sur des parcours améliorés ou artificiels en Australie tropicale. Dans la zone pastorale, c.-à-d. là où 4 fois sur 5 ans la longueur de la saison de croissance est < 12 semaines, moins que 1 % des parcours a été amélioré (Box & Perry, 1971). Pour l'entier 'Northern Territory' (le transect centre-nord) il s'agit également de moins que 1 %. Sur le transect centre-est, l'amélioration commence à partir de 300 mm an^{-1}. Entre 300 et 900 mm 5 % des parcours ont été améliorés, mais ce n'est qu'à partir de 500 mm que c'est une option qui peu être efficace. Au-dessus de 1200 mm 25 % est amélioré, ou 33 % en se limitant aux terres aptes à l'amélioration (Mott *et al*., 1981 ; Ebersohn & Lee, 1972 ; Griffith & Eyles, 1965). La partie nord de 'Queensland', une zone intermédiaire entre les zones (sub-) humides des deux transect, connaît un degré d'amélioration en dessous de 10-15 %.

2.2.1. Facteurs agro-écologiques

Le succès technique de l'introduction des légumineuses dans les parcours dépend du climat, du sol, de la végétation, de la gestion et de l'exploitation. Quoique c'est claire que la fertilisation peut compenser partiellement les difficultés créées par certains climats, l'importance relative des facteurs divers est encore mal comprise. Le rôle du facteur climat est assez claire cependant : la chance d'une introduction efficace diminue avec la pluviosité annuelle, et avec l'augmentation de la dominance des pluies estivales, fortement liées au climat (Mc Cown & Gardener, 1983 ; Jones, 1982 ; Mott *et al*., 1981 ; Tothill & Jones, 1977 ; Playne, 1972). Ainsi, la chance d'une introduction stable diminue du transect centre-est au transect centre-nord en suivant les isohyètes. L'augmentation parallèle à la pluviosité est conditionnée, elle exige un éclaircissement de la strate ligneuse ou l'abattage complet des arbres (Anonymous, 1982a ; Hacker *et al*., 1982 ; Jones & Jones, 1978 ; Norman, 1966). Pour la région-PSS on a constaté qu'aussi la contribution des légumineuses indigènes à la production annuelle des parcours naturels diminue parallèlement à l'augmentation du recouvrement des espèces ligneuses (Breman & De Ridder, 1991).

Où dans la zone méditerranéenne d'Australie, 350 mm an^{-1} apparaît la limite inférieure d'une

introduction efficace de légumineuses, c'est 500 mm pour le transect centre-est et 750 mm pour le transect centre-nord (Jones, 1982). Kangaroo Hills est avec 630 mm an^{-1} l'endroit le plus sec de la zone intermédiaire, avec une introduction efficace de légumineuses (Mc Cown & Gardener, 1983 ; Rickert *et al*., 1983). C'est *Stylosantes hamata* var. Verano qui a pu se maintenir déjà plus de 7 ans en assurant une production animale supérieure à celle du témoin ; la dernière conditions n'est pas satisfaite par *Stylosanthes humilis*. Il est à souligner que la pluviosité moyenne au cours des 7 ans à été 840 mm, c.-à-d. bien supérieure à la moyenne à long terme.

Il est possible qu'un jour on connaîtra des légumineuses pour chaque type de sol. Mais actuellement, en ce qui concerne les tropiques, des espèces éprouvées se limitent aux sols qui ne sont ni trop lourds, ni trop humides, ni trop acides (Mc Ivor *et al*., 1983 ; Wesley-Smith, 1982). Le maintien sur des sols trop fertiles est également un problème, la compétition d'autres espèces y est trop forte. Les plus intéressants sont les sols pauvre en azote et riche en phosphore. Si le P est également déficitaire, les engrais phosphaté forment la solution. Plusieurs espèces du genre *Stylosantes* arrivent à s'installer avec une disponibilité basse de P, mais elles aussi demandent en général au moins 7 ppm de P-soluble. La stabilité de l'introduction, la qualité du parcours et l'appétibilité de la légumineuses sont cependant restreintes dans tels cas (Mc Ivor *et al*., 1983 ; Probert & Williams, 1983 Gillard, 1982 ; Jones, 1982 ; Anonymous, 1981b ; Anonymous, 1981c ; Mott *et al*., 1981 ; Winks *et al*., 1974 ; Gray, 1969 ; Griffiths Davies, 1952). Pour la réalisation du vrai potentiel des légumineuses il faut une disponibilité de P-soluble de 25 à 30 ppm, naturellement ou par la fertilisation. Le degré de fixation de P des sols détermine la dose nécessaire pour atteindre et maintenir une telle disponibilité de P (De Willigen *et al*., in prép.).

Le désavantage des légumineuses dans la compétition avec d'autres espèces, la germination lente et hétérogène, devient un avantage sous la surexploitation des sols sensibles à la formation des croûtes, qui stimule le ruissellement. C'est ainsi que *Zornia glochidiata* domine les sols sablo-limoneux et limono-sableux de la région PSS sous surexploitation (Krul & Breman, 1991b). Verano fait la même chose sous la mousson australienne (Anonymous, 1981b ; Norman & Begg, 1973).

La stabilité d'une légumineuse introduite est bien plus grande dans une végétation de graminées pérennes, qu'à l'intérieure d'une végétation annuelle. Les mauvaises herbes, et en particulier les dicotyledones à feuilles larges, sont des compétiteurs néfastes pour les légumineuses. Cet avantage relatif des graminées pérennes sera d'un côté un simple phénomène consécutif des climats favorables (voir ci-dessus), mais aussi l'absence des flux annuels de germinations innombrables(Gardener, 1981 ; Wesley-Smith, 1972).

Une condition supplémentaire favorable liée à la végétation est la présence des espèces bien appâtées en saison de pluies, pour créer une protection relative des légumineuses pendant cette époque. En plus il faut que la contribution absolue des légumineuses à la production fourragère soit suffisamment élevée, pour une contribution relative moins élevée. La biomasse légumineuse nécessaire pour bien stimuler la production animale varie suivant les auteurs entre 600 et 1.600 kg ha^{-1} de matière sèche (Rickert *et al*., 1983 ; Gillard & Hall, 1980 ; Rickert & Winter, 1980). L'utilisation des parcours améliorés comme seule source fourragère exige une fraction de graminées dans la production annuelle, qui soit au moins égale à

celle des légumineuses, comme sûreté contre des moisissures et la pourriture des légumineuses et autres dicotyledones en cas des pluies en saison sèche. Les graminées pérennes sont les plus intéressantes, car elles offrent aussi plus de repousses dans ce cas. Là où les pluies de saison sèche sont notables, les annuelles C3 subtropicales peuvent germer, et formeront également un alternatif pour les légumineuses perdues (Gardener, 1980b ; Gardener, 1981 ; Jones, 1974 ; Anonymous, ?).

Le maintien de l'équilibre cruciale entre la contribution des légumineuses et des autres espèces à la production fourragère annuelle exige une gestion stratifiée et stricte, avec la fertilisation et l'exploitation comme outils indirects, et, éventuellement, l'influence directe de la composition floristique (Probert & Williams, 1983 ; Anonymous, 1982a ; Jones, 1982 ; Wesley-Smith, 1982 ; Gardener, 1981 ; Mc Ivor, 1981 ; Mott *et al*., 1981 ; Gardener, 1980a ; Rickert & Winter, 1980 ; Jones & Jones, 1978 ; Tothill & Jones, 1977 ; Gray, 1969 ; Griffiths Davies, 1952) :
- L'introduction est précédée par préférence, pour un succès assez sûr, par l'abattage des ligneux et le labour. Ce labour se limite pour des raisons financières en général à des bandes étroites et écartés, et souvent on se limite à un feux de brousse intense, en fin saison sèche, pour préparer le semis. Ainsi les frais diminuent beaucoup, mais la chance de succès également.
- A l'introduction, la fertilisation consiste en moyenne à une dose de 250 kg ha^{-1} de superphosphate, enrichi avec du molybdène. Cette dose varie entre 0 et 750 kg dans les publications trouvées, les doses restreintes étant dictées notamment par le prix montant de l'engrais.
- La dose de maintien varie également, entre 0 et 250 kg ha^{-1} de superphosphate, la moyenne étant 115 kg. Les résultats des introductions sans et avec des doses restreintes de P et sans dose d'entretien sur des sols pauvres en P sont décourageants. Les causes sont le manque de stabilité et une production animale basse par une contribution limitée des légumineuses au menu, entre autre par l'appétibilité restreinte de celles ci (Probert & Williams, 1983 ; Jones, 1982 ; Wesley-Smith, 1982 ; Anonymous, 1981b ; Beef Cattle Husbandry Branch, 1981 ; Mott *et al*., 1981 ; Gillard, 1982 ; Rickert & Winter, 1980 ; Howes, 1978 ; Jones & Jones, 1978 ; Winks *et al*., 1974). Seulement 2.000 des 200.000 ha des pâturages enrichis de Siratro (Macroptylium purpureum) ont pu survivre au manque de P et/ou à l'exploitation trop intensive (Anonymous, 1982a ; Tothill & Jones, 1977).
- L'appétibilité relativement restreinte des légumineuses comme les *Stylosanthes* font que la pâture en hivernage est un outil précieux pour le maintien des légumineuses dans les pâturages. L'augmentation de l'intensité d'exploitation dans cette époque va de paire cependant avec les risques d'un affaiblissement des composants pérennes du parcours et un manque de fourrage en saison sèche. L'exploitation des légumineuses doit restée légère, jusqu'à une production semencière satisfaisante, même s'il s'agit des espèces pérennes comme Siratro et "fine stem stylo"(*Stylosanthes guianensis*). Une exploitation trop tardive augmente cependant le risque de perte des légumineuses à cause des moisissures, et ceci en particulier où les pluies en saison sèche ne sont pas (transect centre-est et partie sud du transect centre-nord).
- L'affaiblissement des graminées pérennes, mentionné ci-dessus, est renforcé par la fertilisation en P. Les légumineuses et leur fixation de N, stimulées par la présence de P, créent une situation de production limitée par l'eau. Où les végétations naturels 'épargnent' une partie de l'eau de pluie à cause d'un manque d'éléments nutritifs pour la croissance de la saison de pluies, permettant aux espèces pérennes de survivre la longue saison sèche, les parcours bien enrichis avec des légumineuses et bien pourvus de P risquent d'utiliser presque toute l'eau (Penning de Vries, 1991). Ce sont cependant les

graminées pérennes qui doivent accompagner les légumineuses dans les parcours pour assurer leur stabilité (voir ci-dessus). Sans leur dominance sur les espèces non-légumineuses, la contribution des légumineuses à la production varie trop ; un changement de 68 à 6 % d'une année à l'autre a été mentionné (Gardener, 1980b ; Gardener, 1981). Breman & Krul (1991b) signalent pour le Sahel l'observation d'une diminution de 33 à 0 % d'une année à l'autre. Une autre caractéristique souhaitable des non-légumineuses dans les parcours est leur appétibilité. Elle doit être mieux que celle des légumineuses en saison de pluies, pour pouvoir employer efficacement l'outil « pâture saison de croissance » en favorisant les légumineuses avec leur force de concurrence restreinte. Les graminées indigènes peuvent être si peu cherchées par le bétail, qu'il devient souhaitable d'introduire une graminée appétée avec l'introduction des légumineuses, pour appuyer les dernières. *Cenchrus ciliarus*, *Chloris gayana* et *Panicum maximum* sont les espèces les plus utilisées, dans cet ordre avec une disponibilité d'eau croissante (Gillard *et al*., 1980 Rickert & Winter, 1980 ; Jones & Jones, 1978). En fin, comme déjà signalé, le recouvrement des espèces ligneuses doit resté restreint.
- Les feux peuvent être néfastes pour les parcours améliorés, à cause de la sensibilité de plusieurs légumineuses. Théoriquement ceci ne devrait pas être un problème, car l'introduction des légumineuses supprime le besoin en feu comme outil pour obtenir du fourrage de qualité en saison sèche.

2.2.2. Conditions socio-économiques

Dans la zone pastorale de l'Australie tropicale avec ses unités de production énormément étendues, c'est l'élevage très extensif qui assure le meilleur rendement du capital investi (Mc Cosker & Emerson, 1982 ; Anonymous, 1981a ; Rickert & Winter, 1980). Mais plusieurs conditions socio-économiques favorisent l'amélioration des parcours. L'obligation de clôturer les propriétés pour mieux lutter contre les maladies qui bloquent l'exportation de bétail, et les frais de salaires excessifs exigent une production rapide des produits à vendre. C'est ce qui stimule l'intensification dans la partie sub-humide du transect centre-nord (Mc Cosker *et al*., 1982 ; Wesley-Smith, 1982 ; Gardener, 1980a ; Gardener, 1981 ; Anonymous, 1975). Sur les parcours naturels les bovins ne sont adultes qu'après 5 à 6 ans, sur parcours améliorés c'est déjà possible après 2 ans. L'augmentation progressive du rendement de l'investissement dans l'amélioration des parcours avec la stabilité des légumineuses introduites fait que les bonnes conditions agro-écologiques (voir ci-dessus) sont également favorables. Ceci, l'augmentation de la densité démographique (unités de production plus restreinte) et la diminution de la distance aux marchés font que l'importance des parcours améliorés augmente rapidement en allant vers l'est sur le transect centre-est. Cependant, là où les conditions agro-écologiques sont vraiment favorables, le prix de la terre est élevé et les cultures sont plus intéressantes que l'élevage (Mc Cosker *et al*., 1982 ; Anonymous, 1981a) !

L'introduction des légumineuses dans les parcours amènent aussi des risques. Il faut bien considérer ces risques financier et environnemental dans la planification du développement de l'élevage. Il faut une crédibilité importante pour se permettre de courir les risques en question :
- La force de concurrence faible des légumineuses, le climat aléatoire et la dynamique de la végétation peuvent faire échouer l'introduction, même là où les conditions sont assez favorables. Ceci implique la perte directe d'un investissement important en mettant tout le paquet, ou la diminution de la qualité du parcours si seulement la mise à mort des espèces ligneuses et le feu ont été appliqués.
- Le succès n'est que de courte durée, car :

- l'espèce utilisée apparaît très sensible pour une peste ou maladie (anthracnose dans le cas de *Stylosanthes humilis*) ;
- on ne peut pas se permettre de payer régulièrement la dose d'entretien du phosphore ;
- la gestion du parcours à travers l'intensité et l'époque de l'exploitation devient un échec, car les clôtures et/ou le main d'oeuvre sont trop chers, les droits foncier sont contre productif ou les prix du bétail sont trop bas au moment qu'il faudrait diminuer la charge.
- Le succès est éclatant, les légumineuses forment un composant efficace de la végétation, tout en enrichissant le sol, déjà enrichi en P par la fertilisation, aussi en N. Ainsi on perd les graminées pérennes, car leur qualité basse ne les protège plus contre les dents du bétail et la disponibilité d'eau en saison sèche pour survivre devient trop restreinte. Les graminées annuelles, ou pire, les dicotyledones envahissantes remplacent les pérennes. L'offre fourragère devient trop dynamique et les légumineuses n'arrivent plus à résister à la concurrence du reste de la végétation.
- L'introduction est stable et efficace, mais au moment que l'on a besoin du fourrage légumineux, des pluies tardives le détruisent. Au cas ou la contribution des légumineuses à la biomasse est trop élevée, tandis que le parcours amélioré est la seule source fourragère, on risque d'être obligé de choisir entre la perte du bétail et la vente à bas prix.

2.2.3. Caractéristiques d'espèces efficaces

Les légumineuses à utiliser pour l'enrichissement des parcours doivent satisfaire deux groupes d'exigences, celui lié à l'objectif de l'amélioration de la situation fourragère et celui lié à l'introduction dans le parcours et sa stabilité. Le premier groupe consiste aux propriétés suivantes :
- taux d'azote (et d'autres éléments nutritifs) élevé ;
- productivité élevée ;
- contribution élevée de feuilles à la production annuelle et un cycle longue, c.-à-d. une formation de tiges et une floraison tardive.

L'efficacité de l'introduction d'une plante et sa stabilité sont liées à sa force de compétition. Les propriétés qui contribuent à cette force dépendent des conditions agro-écologiques. Pour les parcours, donc des végétations à exploiter par pâture, il faut au moins distinguer entre les zones favorisant la pérennité et celles favorisant les annuelles. Westoby (1980) signale et explique pourquoi les dernières zones sont rares. Le Sahel est cependant une telle zone par excellence (voir 2.1 ; Breman *et al.*, 1981 ; Breman & Kessler, 1995). Pour les deux zones une vitesse de croissance élevée, un cycle longue et une croissance érigée sont des propriétés favorables. C'est aussi valable pour l'inappétibilité, par n'importe quelle cause, mais la fonction du parcours s'oppose à une telle propriété. La pérennité se limite comme propriété favorable à la première zone, une production semencière élevée à la deuxième. Dans les deux cas, il faut une vitesse de démarrage et un longueur de cycle optimale. Un démarrage rapide est favorable pour une saison pluvieuse (assez) sûre, sinon il faut un démarrage prudent. Une longueur optimale est celle profitant au maximamum de la disponibilité en eau, sans trop de risque que la survie en saison sèche sera menacée. La plante pérenne doit créer des réserves avant que l'eau soit réellement usée au cours d'une saison normale ; il faut de l'eau pour survivre la saison sèche, même dans une année (relativement) sèche la plante doit survivre. Parallèlement, une plante annuelles doit produire suffisamment de graines. Au Sahel, dans une année normale, 20 % de l'eau de pluie se trouve encore dans le sol à la fin de la saison de croissance des annuelles (Stroosnijder & Koné, 1991). Dans la zone de

transition entre celle où les pérennes dominent et celle où ce sont les annuelles, des légumineuses pérennes étant au même temps des bons producteurs de semences ont un avantage. Une telle combinaison est d'ailleurs en général utile, à cause de la menace continue d'une gestion inadéquate du parcours amélioré.

Au sein et entre les deux groupes de propriétés, il y a plusieurs propriétés qui s'opposent. Inappétible a été mentionnée déjà. Une productivité et une qualité élevée (taux élevé des éléments nutritifs) est un autre exemple ; les espèces C4 (beaucoup des graminées tropicales) ont une force de concurrence supérieure à celle des espèces C3, comme les légumineuses et beaucoup d'autres dicotyledones. Mais en fin de la croissance la qualité des dernières est supérieures aux premières espèces là où les éléments nutritifs sont limitatifs Breman *et al.*, 1991a). La dominance des feuilles est un exemple parallèle ; des plantes avec beaucoup de tiges forment beaucoup plus de biomasse si les éléments nutritifs sont déficitaires. En plus, beaucoup de feuilles signifie une floraison et une production semencière tardive et risquée. Et un cycle longue, chez les pérennes et les annuelles, va de pair avec une dilution forte des éléments nutritifs et un taux élevé de fibre cellulosique, ainsi d'une digestibilité restreinte (Breman & Van der Meer, en prép.). Ainsi il n'est pas étonnant que la recherche de légumineuses, et ceci en particulier pour des conditions environnementales difficiles des tropiques arides et sub-humides, n'a pas encore été très efficace. Siratro est l'espèce pour le transect centre-est avec une pluviosité supérieure à 700 mm an^{-1} ; l'espèce est aussi utilisée dans la partie humide de l'autre transect, mais *Stylosanthes guianensis* y est vraisemblablement plus stable. *Stylosanthes hamata* peut être utilisée jusqu'à des isohyètes un peu plus basses : jusqu'à 500 mm sur le transect centre-est, jusqu'à 650 mm sur l'autre transect (Mc Cown *et al*., 1983 ; Mc Ivor *et al* ., 1983 ; Wesley-Smith, 1982 ; Gardener, 1980b ; Gillard *et al*., 1980 ; Gardener, 1981). *Stylosanthes scabra* semble encore plus résistante à la sécheresse. Toutes ces espèces concernent des pérennes, l'annuelle *Stylosanthes humilis* est apparue trop sensible pour l'anthracnose. C'est *Stylosanthes hamata* var. Verano qui a été la plus testée au côté sec des tropiques sub-humides. Il s'agit d'une hybride tétraploïde de *Stylosanthes humilis* et *Stylosanthes hamata*. Quoi qu'on le mentionne souvent comme une espèce pérenne qui, en cas de besoin (années sèches) se comporte comme une annuelle, il s'agit en pratique à peine d'une bi-annuelle, dont la production est souvent la plus élevée l'année après l'installation (Gardener, 1993).

Des livres spécialisés donnent beaucoup de détails sur le choix des espèces par rapport aux exigences des sols et climats particuliers (Skerman *et al*., 1988 ; Burt *et al*., 1984). Mais on ne trouve pas encore des espèces éprouvées pour des zones tropicales avec moins que 650 mm an^{-1} (Wesley-Smith, 1982). Et théoriquement il est invraisemblable qu'on les trouve. Les arguments ont été donnés déjà ci-dessus d'une façon dispersée :
- la stratégie de germination et d'installation des légumineuses annuelles sont désavantageuses pour la vraie mousson sèche, comme le Sahel, où les annuelles C4 à germination rapide dominent ;
- la situation n'est pas très différente dans les tropiques semi-arides avec des pluies plus dispersées (transect centre-est), car l'introduction efficace des légumineuses crée une condition qui rend la vie pérenne très difficile (voir ci-dessus) ;
- pour les tropiques vraiment arides, comme la partie nord du Sahel, les légumineuses n'ont aucun avantage, car l'azote n'y est plus un facteur limitatif et P y ne les stimulent plus par manque de mobilité et la durée du développement de myccorhizae.

Il apparaît ci-dessus que le genre *Stylosanthes* connaît plusieurs espèces avec des propriétés qui les rendent intéressantes pour l'amélioration des parcours. Elles ont en commun une sensibilité relativement restreinte pour la pâture et un besoin relativement restreint en P, aussi à l'introduction. Vraisemblablement inhérente à ces caractéristiques sont une qualité et une appétibilité relativement restreinte. Ceci apparaît aussi du fait qu'il peut être difficile de maintenir du bétail sur des parcours enrichis avec *Stylosanthes hamata* (Gardener, 1981), l'espèce la plus productive et la plus stable. L'appétitbilité relative diminue dans l'ordre de *Stylosanthes humilis*, - *hamata*, - *scabra*, et - *viscosa* (Wesley-Smith, 1972). *Stylosanthes scabra* et - *viscosa* sont résistantes contre les feux grâce aux repousses, qui peuvent apparaître 1 à 4 cm en dessous de la surface du sol. La résistance de *Stylosanthes hamata*, et encore plus de - scabra, est liée à un enracinement jusqu'à 4 à 5 m de profondeur, et au fait que les tissus acceptent un dessèchement fort. C'est ainsi que *Stylosanthes scabra* reste le plus longtemps vert en saison sèche (Arndt & Norman, 1959). L'espèces indigène de l'Afrique de l'Ouest, *Stylosanthes fructicosa*, apparaît peu vigoureuse (Arndt & Norman, 1959).

Les espèces ligneuses forment encore un groupe particulier des espèces légumineuses pour l'amélioration des parcours. La présence des arbres et arbustes dans les parcours naturels et à la densité naturelle est regardée comme désavantageuse pour la disponibilité de fourrage et pour l'introduction des légumineuses herbacées à une pluviosité moyenne. Sans ligneux la qualité du fourrage fait défaut cependant s'il pleut trop, sans ligneux la disponibilité fait défaut s'il ne pleut pas suffisamment (Anonymous, 1980 ; Mc Cown & Gardener, 1983). Néanmoins, la mesure la plus répandue pour l'amélioration des parcours en Australie est la destruction des ligneux, avec la chaîne ou avec du poison. Des ligneux légumineux sont exploités sous forme de banque fourragère. L'espèce la plus utilisée en Australie est *Leucaena leucocephala* ; 25.000 ha ont été plantés au début des années ' 80. (Jones, 1982 ; Ricker *et al*., 1983 ; Holmes, 1983). Il s'agit notamment du transect centre-est, et seulement au-dessus de 700 mm an^{-1} sur des sols lourds. Pour en profiter réellement, il faut des bons sols et une fertilisation adéquate. Ce n'est que dans ce cas qu'une production annuelle de jeunes Rameaux et feuilles de 8 à 12 t ha^{-1} ayant un taux jusqu'à 3 à 4 % de N peut être atteinte. Ce n'est que dans ce cas qu'une production animale maximale deux fois plus élevée que celle avec des légumineuses herbacées peut être atteinte. Pour une production moindre l'utilisation de *Leucaena* n'est pas à conseiller, car l'installation et le maintien est plus difficile. Et il ne suffit pas d'avoir une banque clôturée, il faut aussi des clôtures intérieures pour créer des sous-parcelles, permettant de régler le repos nécessaire.

2.2.4. Production végétale

La production et la qualité des parcours améliorés varie avec sol, climat, fertilisation et gestion, l'exploitation y comprise. Pour le transect centre-est et la zone intermédiaire, des valeurs de 5 à 10 t ha^{-1} sont données pour la production annuelles (dont 10 à 60 % au compte des légumineuses introduites) en cas de fertilisation avec du P ; sans P c'est 2 à 5 t. Ces valeurs sont liées à une pluviosité de 600 à 800 mm an^{-1}, qui mène à une production des parcours annuels de 2,3 à 3,4 t ha^{-1} (voir 2.1). Un parcours amélioré avec *Stylosanthes hamata* sous l'isohyète de 620 mm produit respectivement 0 et 0,5 t ha^{-1} dans une année avec 350 mm, contre 2,2 et 8,2 pour une année avec 800 mm. Pour une pluviosité de

1000 mm sur le transect centre-nord, 6,7 t ha^{-1} est la production d'un parcours sans ligneux, enrichi avec *Stylosanthes humilis* ; le parcours naturel, bien couvert de ligneux, a une production herbacée moyenne de 1,8 t.
Williams (communication personnelle) a estimé la production maximale des parcours améliorés, fertilisés avec du P : pour respectivement 4, 8, 12, 16 et 20 semaines de croissance, la production serait 0,4, 1,8, 4,5, 9,0 et 11,5 t ha^{-1}.

Chez les graminées des parcours naturels le taux de N évolue au cours de la croissance de 1-2,2 % à 0,5-0,9 % ; en saison sèche des valeurs de 0,3- 0,4 % peuvent être atteintes. Pour P une évolution de < 0,15 à 0,03-0,06 % est trouvée ; en saison sèche 0,02 % est possible. Les stylos introduits dans ces parcours ont un taux de N qui évolue de 1,6-2,7 % à 0,7-1,7 %, et un taux de P qui évolue de 0,1-0,2 % à 0,05 % globalement. Les feuilles, qui composent moins de 30 % de la production aérienne totale, ont des taux de N plus de 2,5 fois plus élevé que ceux des tiges, et des taux de P presque 2 fois supérieure (Probert & Williams, 1983 ; Gillard, 1982 ; Anonymous, 1980 ; Gardener, 1980b ; Gillard, 1979 ; Norman & Begg, 1973 ; Playne, 1972 ; Playne & Haydock, 1972).

2.2.5. Production animale

Le Tableau 1 présente l'amélioration de la production animale grâce à l'introduction des légumineuses au sein des végétations naturels, sans et avec l'apport de P. Les données du transect centre-nord, déjà synthétisées avant (Breman & De Ridder, 1991) sont enrichies avec celle du sud-est de l'Australie tropicale, c.-à-d. la région la plus apte pour l'introduction des légumineuses. Dans ce dernier cas il s'agit des données pour la zone avec 600 à 1250 mm an^{-1} de pluie, pour le centre-nord la pluviosité moyenne des sites est > 1000 mm.

L'effet de P, qui se limite pour le transect centre-nord à la capacité de charge où ailleurs aussi la production par tête est améliorée, est bien plus grand que le tableau suggère. Sans l'utilisation de P, l'amélioration du parcours et de la production animale est perdue après très peu de temps. Avec P et une gestion optimale l'amélioration peut être maintenue pendant 5 à 10 ans. Le sort des parcours améliorés à Manbulloo, une station de recherche avec 1100 mm an^{-1} sur le transect centre-nord, est illustratif pour les difficultés pour maintenir l'introduction des légumineuses : après 5 ans 22 des 40 terrains d'essais étaient encore intacts, 4.800 des 26.000 ha améliorés (Anonymous, 1981b) !

A cause du manque ou des problèmes de gestion, le niveau d'amélioration de la production est très variable. L'écart type, pour la région sud-est (n = 25), est 33 % de la production moyenne par UBT pour les parcours naturels et pour l'introduction sans P ; pour la production par hectare c'est de l'ordre de 60 %. Avec P la production est plus contrôlée : l'écart type est de 20 et 40 % de la moyenne pour la production par UBT et la production par hectare.

La différence entre les deux transects est énorme. La production par UBT est pour les trois cas, parcours naturels et parcours amélioré sans et avec P, 2,5 fois plus élevée dans le sud-est que dans la partie nord du transect centre-nord. L'influence des légumineuses sur la capacité de charge, et ainsi sur la production

par hectare, est bien plus grande au nord que dans le sud-est : plus de 10 fois plus de bétail peut être élevé à cause de l'introduction des légumineuses et la fertilisation au nord, plus de 2 fois au sud-est. La situation de départ est cependant bien meilleure au sud-est : une production sur parcours naturel en kg ha^{-1} de poids vif 20 fois plus élevée qu'au nord. Cette différence s'explique certainement en bonne partie par la supériorité des combinaisons sol-climats du sud-est (voir 2.1). Un manque d'expérience au nord jouera vraisemblablement aussi un rôle, l'introduction des légumineuses y est plus récente. C'est à souligner que la grande majorité des données utilisées pour établir le tableau concernent des stations de recherche. Les moyennes observées pour le transect centre-est, avec ses expériences assez longues, pour l'introduction des légumineuses avec l'utilisation de P, se trouve à 60-70 % du potentiel, aussi bien pour la production végétale que pour la production animale. Les résultats obtenus par les privés risquent d'être inférieurs pour une certaines périodes d'apprentissage.

Les résultats présentés se limitent à l'introduction des légumineuses herbacées dans les parcours. La production maximale à obtenir ainsi est de 200 kg ha^{-1} de poids vif par an, pour des parcours de la zone (sub-)humide enrichi avec Siratro. La production maximale réalisée avec une banque fourragère de *Leucaena* se lève à 400 kg ha^{-1} (Holmes, 1983 ; Jones, 1982).

2.3. Leçons pour la région-PSS

Les leçons principales de l'expérience en Australie tropicale en ce qui concerne l'utilisation des légumineuses pour l'amélioration des parcours en Afrique de l'Ouest sont les suivants :
- C'est le transect centre-nord qu'il faut prendre comme exemple pour connaître le potentiel agronomique des options techniques ; ce ne sont que les données de ce transect dans le Tableau 1 qui forment une indication de l'amélioration potentielle de la production animale grâce à l'introduction des légumineuses. La région de la côte du Sénegal-Gambie connaît des conditions un peu plus avantageuses.
- La limite pluvieuse inférieure pour l'amélioration des parcours sera l'isohyète de 900 mm, vu la limite de 750 mm sur le transect centre-nord et l'équivalent des semaines vertes en Afrique de l'Ouest. Ainsi l'introduction des légumineuses dans les parcours ne forme pas une option pour la région-PSS. Juste au sud de cette région, *Stylosanthes hamata* est le meilleur candidat pour des essais de l'amélioration des parcours.
- Le dernier jugement tient notamment compte de la nécessité de l'utilisation des espèces pérennes et la durabilité inhérente de l'introduction, critère principal de rentabilité. En dessous de la limite de 900 mm an^{-1} , les cultures annuelles des légumineuses pourraient être plus intéressantes que sur le transect centre-nord, à cause de l'avantage d'une production limitée par l'eau supérieure et une saison plus sûre. En plus la disponibilité plus élevée en main d'oeuvre pourrait assurée une meilleure gestion, les droits foncier désavantageux forment cependant une contrainte sérieuse.

3. Etat de connaissance : l'amélioration de parcours en Afrique de l'Ouest

3.1. Introduction

Au cours des dernières décennies, les légumineuses ont été testées fréquemment pour leur aptitude d'améliorer la situation fourragère et/ou le sol. Notamment dans le cas de leur introduction dans les parcours, le suivi a fait défaut ; rares sont les suivies de la productivité et de la qualité des parcours, plus rares encore celles de la stabilité des introductions et leur influence sur la production animale. Les résultats les plus détaillés et les plus complets viennent de la recherche du CIPEA dans la zone sub-humide de Nigeria. C'est le CIPEA aussi qui a pris l'initiative pour le séminaire internationale africaine sur *Stylosanthes*, dont le compte rendu donne une impression sur l'utilisation du genre le plus utilisé en Afrique de l'Ouest pour l'amélioration des parcours (De Leeuw *et al.*, 1994). Egalement très utile est le synthèse de Hoefsloot *et al.* (1993) sur les jachères améliorées, une forme d'utilisation des légumineuses inspirée par la densité démographique élevée de la région (De Graaf & Breman, 1993). La synthèse intègre aussi les données relativement nombreuses de l'IER dans le Mali-sud. Aussi du Mali sont les études assez détaillées concernant le potentiel des légumineuses indigènes pour l'amélioration des parcours naturels du Sahel propres, par une stimulation avec du P (Krul & Breman, 1991b ; Breman & Krul, 1991b). Il est regrettable et étonnant que les investissements importants de la SODEPRA en Côte d'Ivoire pour la création des pâturages améliorés n'ont connu qu'une suivie incidentelle (Coulibaly *et al.*, 1991).

Ces sources différentes et quelques publications isolées ont été utilisées pour se prononcer ci-dessous de l'introduction des légumineuses et leur stabilité, de la production et la qualité des parcours améliorés et de la stimulation de la production animale. Finalement ces conclusions préliminaires seront confrontées avec les leçons tirées des expériences australiennes (2.3).

3.2. Parcours améliorés et climat

L'analyse des publications mentionnées ci-dessus (3.1) indique que la seule région où l'amélioration des parcours avec l'aide des légumineuses peut être regardée comme un succès est la zone de 1000 à 1500 mm an^{-1} au Nigeria. En réalité il ne s'agit pas d'introduction des légumineuses dans les parcours, mais la création des banques fourragères, des peuplements purs de légumineuses. Les graminées et dicotyledones envahissantes forment un problème sérieux, mais une bonne gestion (des doses d'entretien de P et l'exploitation de gestion en saison de croissance) mène au moins pour trois ans au maintien d'une contribution de 40 à 70 % de légumineuses à la production fourragère de telles banques. L'efficacité technique des banques fourragères en dessous de l'hysohyète de 1000 mm ne suffit pas pour faire adopter l'option par les paysan. La dévaluation du Naira a même causé une chute d'intérêt paysan en dessus de 1000 mm (Ajileye *et al.*, 1994).

Après la perte de *Stylosanthes guianensis* var. Schofield (apparaissait sensible pour l'anthracnose) ce n'est que *Stylosanthes hamata* var. Verano qui reste actuellement comme légumineuse pour la pratique paysanne (suffisamment testée). *Stylosanthes guianensis* var. Cook est résistante et bien productive, c'est vrai, mais elle est sensible à pâture et aux feux (Hoefsloot *et al* ., 1993). Même Verano n'est pas résistante contre l'anthracnose, elle est seulement tolérante. Les pestes peuvent être contrôlées partiellement feu en fin saison sèche, mais les plantes pérennes sont sensibles au feu (Adeoti *et al.* ,

1994). Le potentiel restreint pour l'amélioration des parcours de la région-PSS (300 à 900 mm an^{-1}) pourrait apparaître des testes des variétés des espèces de *Stylosanthes* : 57 variétés ont été testées dans la zone semi-aride, 650 dans la zone sub-humide (Hanson & Heering, 1994). Toutain *et al.* (1994) concluent qu'il n'y a pas encore une bonne espèce pour l'amélioration des parcours des pays sahéliens. C'est vrai, *Stylosanthes hamata* montre une capacité de concurrence assez bonne dans le nord de la Côte d'Ivoire et dans l'extrême sud du Sénégal, mais au Niger, Burkina Faso et Mali l'espèce ne se comporte pas suffisamment comme pérenne pour permettre une vulgarisation ; on y est obligé de semer l'espèce presque chaque année à nouveau. Il y a des auteurs (Mohamed-Saleem & De Leeuw, 1994 ; de Leeuw, 1994) qui suggèrent que Verano pourrait servir aussi dans la zone semi-aride, pour des sols sablonneux profonds, jusqu'à une pluviosité permettant une saison de croissance de > 90 jours, mais les arguments et les références manquent. Il faut craindre que l'inspiration devienne des expériences en Australie et d'une négligence des différences avec l'Afrique de l'Ouest.

Les expériences de la SODEPRA dans la partie nord de la Côte d'Ivoire (900-1600 mm an^{-1}) sont beaucoup moins encourageantes que celles au Nigeria (Bengaly *et al.*, 1988 ; Coulibaly *et al.*, 1995). Le manque des plans de gestion et de suivie fait certainement partie de l'explication. Ici il ne s'agit ni des parcours naturels améliorés, ni des banques fourragères, mais des pâturages artificiels, installés après défriche chez des paysans sans aucune expérience avec tels pâturages. Des mélanges graminée-légumineuse ont été installées après labour, en utilisant une gamme d'espèces, dont les plus importantes *Panicum maximum*, *Andropogon gayanus*, *Macroptylium purpureum* et *Stylosanthes* spp. Déjà après 1 à 4 ans, il y avait un nombre important de pâturages dont l'état laissait beaucoup à souhaitée. Une analyse après 7 ans montre que ce n'est que *Stylosanthes hamata* qui résiste d'ici et par là, et ceci en particulier en combinaison avec une bonne installation de *Panicum maximum* et *Andropogon gayanus* ; *Stylosanthes* a pu contribuer jusqu'à 10 à 15 % à la production annuelle. Donc, comme en Australie, la présence d'une graminée pérenne fourragère favorise la stabilité de la légumineuse. La productivité de cette graminée peut devenir aussi telle cependant que même *Stylosanthes hamata* disparaît ; Coulibaly *et al.* (1995) donne l'exemple d'une parcelle produisant 20 t ha^{-1} de *Panicum maximum*. Le pâturage sous la pluviosité la plus basse, à la frontière malienne, ne contient que 3 % de *Stylosanthes hamata* en fin de saison de croissance, sur une production annuelles de 6 t ha^{-1}, 6 à 7 ans après l'installation.

Même si le manque de gestion, de la vulgarisation des méthodes d'exploitation des pâturages, est le facteur le plus important pour l'échec relatif en Côte d'Ivoire, il ne faut pas automatiquement conclure que l'on pourrait copier l'approche de la SODEPRA dans des zones plus sèches, en payant plus d'attention à la gestion. Bengaly *et al.* (1988) montrent les différences entre les sols, les climats et les végétations au nord de la Côte d'Ivoire et au sud du Mali. Même à une pluviosité moyenne égale, l'importance des graminées pérennes est moindre au Mali et le nombre de semaine vertes est plus basses. Autrement qu'en Côte d'Ivoire, au Mali, dans la zone guinéenne (1200-1400 mm an^{-1}), la pérennité de la strate herbacée est loin d'être générale, dans la zone soudanaise (600-1200 mm) elle est négligeable actuellement (voir aussi II.2.7). Dans la zone la plus sèche de la Côte d'Ivoire il est question de 25-35 semaines vertes, dans la zone guinéenne au Mali 21-26 semaines, dans la savanne soudanaise de 16-21 semaines. Le seul avantage au Mali pourrait être le recouvrement ligneux plus bas.

Les expériences maliennes sont encore dans la phase de la recherche, quoi qu'il s'agit de la recherche au niveau paysan. Le DRSPR a expérimenté avec des soles fourragères, pour l'amélioration de l'alimentation du bétail des agriculteurs (Hoefsloot *et al.*, 1993), où le CIPEA au Nigeria se concentrait notamment sur les pastoralistes. Les différences ainsi créées concernent la taille des parcelles (respectivement 1 et 4 hectares) et la durabilité de l'installation : temporaire chez le DRSPR, mais en principe permanente pour le CIPEA. Les frais d'installation, pour une grande partie celles des clôtures, sont ainsi beaucoup plus difficilement à regagner dans le cas DRSPR, malgré le fait que les cultures installées après profitent de l'amélioration du sol.

Les testes ont été exécutées dans trois zones, couvrant la région de 600 à 1200 mm an^{-1} . Des mélanges de graminée-légumineuse ont été installées sur des champs épuisées, comme des « jachères améliorées », après labour, sans ou avec de l'engrais, oui ou non clôturées. Dans le dernier cas l'exploitation se faisait par coupe, sans clôture par pâture. Le choix d'espèces a été guidé par le climat local : seulement *Stylosanthes hamata* var. Verano et *Macroptylium purpureum* ont été utilisé partout, *Panicum maximum* exclusivement dans la zone la plus humide, *Brachiaria ruzisiensis* dans cette dernière zone et la zone intermédiaire, et *Cenchrus ciliaris* dans la zone intermédiaire et la zone la plus sèche. La seule espèce encore abondante sous pâture après trois ans a été Verano, et dans un moindre degré, dans la zone humide *Panicum maximum*. Le recouvrement de Verano au cours de la deuxième et troisième année était respectivement 28 et 45 % dans la zone la plus sèche, 85 et 98 % dans la zone intermédiaire et 72 et 100 % dans la zone humide. Ceci pourrait être assez encourageant, s'il ne s'agissait pas des parcelles ayant une production de 1-1,5 t ha^{-1}. Verano semble pouvoir se comporter dans la savanne soudanaise comme *Zornia glochidiata* le fait au Sahel : une dominance forte est possible sur des sols sableux ayant une fraction en limon telle, que l'encroûtement superficielle est provoqué sans une protection efficace du sol contre les pluies battantes par une végétation abondante (Krul & Breman, 1991b). Les parcours améliorés à Katherine, dans le nord du transect centre-nord en Australie, en forment également une preuve (Breman, observations personnelles).

Le projet PPS a étudié au cours des années soixante-dix la présence des légumineuses indigènes dans les parcours sahéliens du Mali, et la possibilité de les stimuler avec de l'engrais phosphaté (Penning de Vries & Djitèye, 1991). La contribution moyenne des légumineuses à la production annuelle de ces parcours annuels est 5 %. Sous une exploitation forte, la contribution augmente d'une façon « exponentielle » sur des sols sensibles pour la formation des croûtes, et ceci parallèlement à l'augmentation du ruissellement : à un ruissellement de 20, 40 et 60 %, la contribution est respectivement 7,5, 15 et 80 % au ranch de Niono, dans la zone de transition entre Sahel et savanne (Krul & Breman, 1991b). C'est notamment *Zornia glochidiata* qui est responsable pour cette augmentation, l'espèce avec la germination la plus hétérogène connue dans la zone (Elberse & Breman, 1989). Le ruissellement, créant des périodes de sécheresse plus fréquentes et plus longues avec une pluviosité donnée, favorise les espèces aptes à germer par des flux nombreux ; *Zornia* en est le champion (Cissé, 1986 ; Elberse & Breman, 1990). Parallèlement la production diminue : la production des parcelles au ranch ayant une contribution de *Zornia* de 20 à 50 % est < 1 t ha^{-1}, contre 2 à 2,5 t ha^{-1} pour des parcours moins perturbés. Ainsi l'augmentation de la disponibilité absolue d'azote dans le fourrage reste restreinte (3.3).

Deux facteurs ont été identifiés pour expliquer la contribution restreinte des légumineuses aux parcours naturels du Sahel, leur faible force de concurrence (Breman *et al.*, 1991a), et la pauvreté des sols en P (Breman & Krul, 1991b). La fertilisation avec du P supporte les légumineuses dans la compétition avec les autres composants de la végétation, mais l'efficacité n'est intéressante que dans les années à démarrage irrégulière des pluies, en général les années sèches. Dans les années à démarrage des pluies régulières, les espèces à germination rapide prennent trop d'avance dès le début de la saison de croissance. Dans le cas le plus extrême observé, la contribution des légumineuses (Alysicarpus ovalifolius surtout) à la production se levait à 33 % sous l'influence de P. C'était une année avec 10 % de légumineuses dans la biomasse témoin, deux fois supérieure à la moyenne du site. L'année suivante ni le témoin, ni la parcelle fertilisée n'avait une seule plante de légumineuses.

3.3. Production et qualité

3.3.1. Production

La Fig. 3 présente une vue d'ensemble des indications trouvées sur la production annuelles des banques et des soles fourragères installées en Afrique de l'Ouest, dont les légumineuses ont fait au moins au départ une composante clef. Il n'est pas étonnant que la production varie énormément : les installations ont été réalisées sur une gamme de sol, entre les isohyètes de 600 et 1500 mm, le temps varie d'une année à l'autre, les mesures d'accompagnement et la gestion ont varié beaucoup.

Figure 3. Le rapport entre la pluviosité et la production annuelle des banques et soles fourragères basées sur Stylosanthes hamata ( ) ou Stylosanthes spp ( ), oui ou non fertilisées avec du phosphore (signes remplis et ouverts) en Afrique de l'Ouest. La figure montre aussi la production théorique limitée par l'eau d'une espèce C3 (———) et la production maximale du niébé observée par le projet (-------).

Ce qui est regrettable c'est le fait que nulle part la question n'est posée si le niveau produit est celui auquel l'on devrait s'attendre pour la combinaison sol-climat en question. La figure présente la courbe qui indique pour l'Afrique de l'Ouest la production limitée par l'eau par rapport à la pluviosité des espèces C3, en tenant compte de 20 % de ruissellement (Penning de Vries & Djitèye, 1991). L'influence de la fertilité du sol est exclue, les éléments nutritifs ne forment plus un facteur limitatifs. Le ruissellement de 20 % sera à peu près le maximum pour des sols bien couverts, ce qui sera le cas pour une production limitée par l'eau ; ainsi les sols qui reçoivent l'eau de ruissellement et les sols squelettiques qui ne profiteront pas au maximum de l'eau de pluie à cause d'un manque de stockage, sont exclus. Mais ce ne sont pas des sols que l'on utilisera en général pour les banques et soles fourragères. Donc la courbe indique le niveau de production à obtenir par rapport à la pluviosité, si la production est réalisée exclusivement par une espèce C3, qui ne connaît aucun déficit d'éléments nutritifs au cours de la croissance. Une légumineuse bien fournie en phosphore est apte de réaliser ce niveau, grâce à une fixation efficace de l'azote, si aussi la disponibilité de K, S et olichoéléments (Mo, Co, Cu, ... !) est assurée. Même un peuplement de légumineuses dans lequel des autres espèces sont envahies peut atteindre encore le niveau de production en question, si la condition suivante s'applique : les plantes envahissantes viennent du fait que, malgré une bonne gestion, la force de concurrence de la légumineuse

n'est plus suffisamment renforcée par la fertilisation régulière avec P, à cause de l'enrichissement du sol en N par la légumineuse elle même.

Il faut conclure que la grande majorité des peuplements de légumineuses réalisés ont une production très éloignée du niveau possible. Des 8 cas qui se trouvent proche du niveau théorique, 5 sont du projet PSS. La production moyenne dans les cas où la fertilisation avec P a été négligée n'est qu'un tiers de la production limitée par l'eau. C'est simplement la production moyenne des parcours naturels de la région (Penning de Vries & Djitèye, 1991). Avec P, en éliminant les résultats du projet PSS, la production moyenne est un peu plus élevée, notamment 40 % du niveau théoriquement possible. Ce n'est que la moyenne de la meilleure moitié des cas, qui s'approche -avec 60 % du niveau possible- du succès présenté ci-dessus pour le transect centre-est en Australie (2.2). Sans plus de données il est impossible de conclure dans quelle mesure des conditions agro-écologiques plus dures, une gestion non-adéquate et une fertilisation insuffisante (P et oligo-éléments !) contribuent au manque de succès.

3.3.2. Qualité

Les données présentées sur la qualité des parcours naturels dans les publications utilisées ci-dessus sont trop fragmentaires pour une utilisation utile ici. Breman & De Ridder (1991) présentent cependant une vue très détaillée de la qualité des parcours du Sahel et de la savanne soudanaise. Le taux d'azote de la strate herbacées au démarrage de la croissance varie entre 10 et 30 g kg^{-1} ; au cours de la croissance ce taux diminue. Pour une année à pluviosité moyenne le taux en fin de croissance est 15 g kg^{-1} dans la partie nord du Sahel, mais seulement 5,5 dans la partie sud de la savanne. Les moyennes en fin de la saison sèche varient entre 7,7 g au nord et 3,7 au sud. Le taux de P est globalement 0,1 fois le taux de N ; les valeurs plus basses sont enrégistrées au début de la croissance et là où les légumineuses dominent (jusqu'à 0,04 fois le taux de N) ; les valeurs plus élevées pour les espèces à cycle long, les régions pluvieuses et les bas-fonds à concentrations d'eau de ruissellement. Ces taux de N et de P dépendent surtout de la disponibilité relative de l'eau et des éléments nutritifs, les propriétés des plantes n'est qu'un facteur secondaire (Breman *et al.*, 1984). Ainsi, la fertilisation complète (N, P, K, ... et oligo-éléments) des parcours naturels avec des doses suffisantes mène à des taux de N et de P en fin de croissance de 20 et 2 g kg^{-1} (Penning de Vries & Van Keulen, 1991).
Malgré les taux d'azote bas enrégistrés, la digestibilité du fourrage des parcours naturels est telle, que l'énergie est plus fréquemment limitative pour la production animale que la valeur azotée du fourrage (Ketelaars, 1991a). La digestibilité est au premier lieu déterminée par des propriétés de l'espèce, et seulement en deuxième lieu par les conditions de la croissance (Breman & De Ridder, 1991).

Le taux d'azote observé pour les *Stylosanthes* des banques et soles fourragères présentées ci-dessus varie beaucoup. La valeur diminue de 25 $\pm$ 5 g kg^{-1} au début de la croissance à 17 $\pm$ 3 en fin croissance et à 9 $\pm$ 3 en saison sèche. Pour P il n'y a que quelques valeurs en fin de croissance ; moyenne et écart type sont 1,0 $\pm$ 0,5 g kg^{-1}. Une partie de la variation est certainement due aux niveaux de fertilisation, mais les publications disponibles ne permettent pas une précision. Une différence significative entre *Stylosanthes hamata* et les autres n'a pas été trouvée, mais aussi pour cela les données sont au fond trop restreintes. Une telle différence est suggérée par Little & Agyemang (1994) pour le taux de P. On peut

se demander si le constat en question n'a pas été causé par le fait que l'espèce est connue par son pouvoir de s'installer sur des sols très pauvres en P (2.2), la raison de la choisir pour économiser l'utilisation d'engrais. Les autres espèces sont plus utilisées en combinaison avec de l'engrais. Un argument forme les taux de P élevés trouvés par le PSS pour des plantes bien fertilisées : jusqu'à 2,7 g kg^{-1} en fin de croissance.
Les données sur la digestibilité sont très limitées hélas ; les quelques observations en fin de croissance donne 49 $\pm$ 3 % pour *Stylosanthes hamata* et - *guianensis*. Le matériel très jeune, pour 80 % composé de feuilles, a une digestibilité de 70 à 80 % (n = 2). En pleine saison sèche elle est entre 40 et 48 % (n = 2). Les feuilles en fin de croissance (25 % de la biomasse) ont une digestibilité de 64 %, les tiges 45 (n = 1).

3.4. Production animale

Les données sur l'amélioration de la production animale grâce à l'introduction des légumineuses sont très rares. L'élevage viable est très difficile sur la base des parcours naturels seuls, dans la région où CIPEA, SODEPRA et DRSPR ont fait leurs efforts ; la qualité des parcours est simplement trop maigre (Ketelaars, 1991a & b), même si on utilise à côté les sous produits agricoles de l'agriculture extensive (par exemple Breman & Traoré, 1987). En respectant la capacité de charge d'une UBT par 5 à 6 ha, l'élevage bovin est juste viable biologiquement : un taux de croissance des jeunes sevrés de 25 à 30 kg an^{-1} de poids vif et les autres paramètres zootechniques liées à la situation fourragère font que les vaches à leur mort peuvent juste être remplacé par une génisse fertile. Mais une mortalité en dessus de la moyenne, par exemple par la trypanosomiase, crée un élevage dans lequel on est régulièrement obligé d'acheter une génisse (Ketelaars, 1991b). C'est le niveau de production décrit par Bayer & Waters-Bayer (1989) pour la zone sub-humide de Nigeria et par Bengaly *et al.* (1988) pour le nord de la Côte d'Ivoire, suivant la traduction des paramètres présentées avec l'aide des clef de Ketelaars (1991a). Une telle traduction est nécessaire par le manque de la précision de la production en kg ha^{-1} de poids vif, où un standard pareil.

La production des parcours naturels pérennes de la zone de 900 à 1200 mm au Nigeria au début des années soixante-dix est légèrement plus élevée, avec à peu près 35 kg an^{-1} de gains de poids vif par tête, ou 15 kg ha^{-1}. L'introduction de *Stylosanthes guianensis* dans ce parcours fait augment la production de presque 30 %, 10 kg par tête de plus (de Leeuw & Brinckman, 1975). Le suivi dans la région sub-humide du Nigeria de 40 troupeaux, 2000 bovins en total au cours de 5 ans, dont 40 % utilisent des banques fourragères en saison sèche pour une partie de la journée montre une augmentation de la productivité des animaux d'un peu plus de 30 % (Bayer, 1986). On ne peut pas souligner suffisamment que ce n'est pas le potentiel génétique des animaux qui fait défaut, mais l'alimentation. Sur des pâturages artificiels bien fertilisés une production de 135 kg an^{-1} par tête est mentionnée par de Leeuw & Brinckman (1975).

Dans aucun des deux cas une augmentation de la capacité de charge n'a été mentionnée. Mani *et al.* (1994) précisent au moins l'intensité d'exploitation, pour une zone avec 1250 mm an^{-1} au Nigeria. Ils trouvent au cours de 3 ans successifs pour des jeunes bovins de 200 kg de poids vif une production annuelle de 30 kg UBT^{-1} sur parcours naturels et sur parcours naturels avec accès à une banque

fourragère (*Stylosanthes hamata* et - *guianéensis*) l'après-midi en saison sèche. La production en kg ha^{-1} de poids vif par an a été 22 sur parcours naturels et 30 avec l'accès à la banque.

Le peu de données trouvées pour le Nord de la Côte d'Ivoire sont bien plus décevantes (Bengaly *et al.*, 1988). Les paysans agro-pastoraux qui possèdent les pâturages artificiels, classifiés par la SODEPRA dans la classe supérieure suivant les critères de succès de vulgarisation, ont un élevage juste viable (gain de poids des jeunes sevrés de 30 kg an^{-1}). Mais les pastoralistes de la région, qui n'ont que les parcours naturels, ne les cèdent pas. Ce sont les paysans agro-pastoraux de la classe inférieure qui ont un niveau de production plus bas et non viable (20 kg an^{-1} comme croissance des jeunes sevrés). Ce n'est pas du tout éprouvé que ce sont les pâturages artificiels qui forment la base du succès relatif des autres, car ils utilisent également du mélasse et de l'urée.

3.5. Evaluation préliminaire

Quoi qu'il faut se ménage encore une sortie, pour le moment les leçons de l'Australie pour l'Afrique de l'Ouest (2.3) sont plus que confirmées. Les résultats obtenus sont pires que ceux sur le transect centre-nord. Ce n'est que pour la zone ayant une pluviosité moyenne > 1100 mm an^{-1} qu'il est question d'un succès éprouvé mais local de l'introduction des peuplements pérennes de légumineuses, à exploiter par pâture, pour l'amélioration de la situation fourragère. Le niveau moyen de la production végétale n'atteint que 40 % du potentiel, contre 65 % en Australie, malgré le fait qu'en Australie les légumineuses ont été introduites dans les parcours, tandis qu'en Afrique il s'agit des peuplements purs au début, sur des superficies restreintes faciles à gérer.

L'augmentation de la production animale s'éloigne encore plus de celle de l'Australie. Il s'agit d'une augmentation enregistrée de 30 % au maximum. Sur le transect centre-nord l'augmentation de la croissance par UBT est 100 %, et cette augmentation est accompagnée d'une augmentation de la capacité de charge de 10 fois (Tableau 1). C'est vrai, la production par hectare sur parcours naturel de la région concernée en Afrique de l'Ouest, c.-à-d. la production de départ, est supérieure à celle de la partie humide du transect centre-nord. La production par tête étant égale, c'est plutôt le résultat d'une surexploitation des parcours que l'épreuve d'une meilleure condition agro-écologique. L'état des parcours en est une épreuve ! Mais aussi si on compare les deux régions sur la base de la production absolue avec l'aide de l'introduction des légumineuses appuyée par la fertilisation avec du P, au lieu d'être fasciné par l'augmentation relative de la production, les résultats sont maigres. La production annuelle la plus élevée est 30 kg ha^{-1} de poids vif, en utilisant une banque fourragère pendant une partie de la journée en saison sèche, contre 22 kg pour le témoin. La production atteinte moyennement sur le transect centre-nord est 35 à 40 kg ha^{-1} contre 1 à 2 kg pour le témoin..

Il faut constater cependant que le suivi de la production animale après l'installation des banques et soles fourragères est encore beaucoup plus maigre que le suivi de ces peuplements légumineux réalisés. C'est ainsi que pour les évaluations économiques on est obligé d'estimer la valeur des banques et des soles sur la base de la production de protéines et la valeur équivalente des protéines des tourteaux de coton, au lieu d'utiliser simplement l'augmentation de la production animale par hectare (Van Kaufman &

Mohamed Saleem, 1989 ; Hoefsloot *et al.*, 1993). Ces évaluations sont cependant encore moins satisfaisantes par le fait qu'elles concernent une installation des légumineuses mal réussie. Elles ne sont valables que dans les conditions agro-écologiques désavantageuses apparaissent le facteur principal de cet échec (voir 3.3). Le paragraphe II.4.3 se prononcera de la rentabilité de l'utilisation des légumineuses par pâture en s'approchant plus de leur potentiel théorique, pour s'avoir s'il faut la peine d'intensifier la recherche pour optimaliser l'introduction, la gestion et l'exploitation.

4. Essais PSS

4.1. Objectif

Le but recherché est l'amélioration directe des parcours naturels par sursemis de *Stylosanthes hamata* var. Verano et indirecte par la combinaison de leur exploitation avec celle d'une banque fourragère de la même espèce, et ceci dans la région-PSS, c.-à-d. dans une région plus aride que celles des autres essais en Afrique de l'Ouest. Dans chacune des deux testes, le modèle de gestion susceptible de favoriser la persistance de l'espèce introduite, tout en permettant une production animale capable de maximiser les investissements est investigué. L'animal est utilisé non seulement comme bénéficiaire, mais aussi comme outil de gestion du maintien de la légumineuse introduite. Ce qui se traduit par un besoin limité en main-d'oeuvre, un des goulots d'étranglement des cultures fourragères.

L'amélioration directe du parcours a été testée pour la partie sud de la région-PSS, l'amélioration indirecte pour la partie nord. Ce choix a été inspiré par les expériences négatives du projet PPS par rapport à la stimulation des légumineuses indigènes des parcours naturels du Sahel propre (3.2). On a essayé de gérer la banque, une monoculture de Verano au départ, au fil des ans par la pâture, opposé au système de fauche, conservation, stockage et distribution à l'auge propreaux cultures fourragères. Autrement que les parcours améliorés, la banque devrait bénéficier comme toute culture des droits fonciers en vigueur, qui excluraient l'utilisation commune et permettraient ainsi la gestion stricte nécessaire (2.2). Ainsi il pourrait être possible de maintenir un peuplement de Verano, même si elle se comporterait en général comme une plante annuelle.

Cette recherche a été accompagnée d'une étude de la stratégie de germination et d'installation de Verano, pour mieux se prononcer sur sa potentialité de servir comme espèce de l'amélioration des parcours de la région, vue son comportement plutôt annuel que pérenne (3.1). Ainsi la stratégie de germination et la résistance des plantules à la sécheresse influenceront de façon décisive la contribution spécifique à la densité des plants et à la biomasse de fin de saison, donc sa force de concurrence (Breman *et al.*, 1981 ; Cissé, 1986).
La présentation ci-dessous sera globale ; c'est Coulibaly (1995) qui a présenté la recherche en détail.

4.2. Matériel et méthodes

4.2.1. Germination et installation de Verano

L'essai « germination » a lieu en milieu semi-contrôlé, dans des pots exposés au soleil le jour et dans le magasin la nuit, en hivernage à la limite sud du Sahel, en évitant les pluies naturelles. Le sable grossier et le limon-sableux ont été utilisés comme substrats. Après un teste de viabilité, les semences ont été oui ou non scarifiées avant le semis à 0,5 et 2 cm de profondeur. Deux régimes d'arrosage, dont l'un supérieur à l'évapotranspiration potentielle et l'autre inférieur on été appliqués. La germination, confondue à la levée, a été suivie par des observations journalières. Le taux de germination est la fraction de semences germées par rapport au nombre de semences viables semées. La vitesse de germination correspond à la période qui s'est écoulée entre le début des semis à la date où 50 % de semences germées, comme fraction des semences viables semées sont enregistrées. La courbe entière d'émergence cumulative dans le temps permet de juger l'hétérogénéité de la germination.

Deux semaines après le semis, on a cessé d'arroser une partie des pots. L'intervalle entre la dernière pluie simulée et le début de mortalité ainsi que le cumul des mortalités dans le temps donne une estimation de la résistance à la sécheresse.

4.2.2. Pâturage amélioré

L'essai pâturage amélioré est conduit au nord de la savane, à Cinzana au Mali (750 mm an^{-1} ; 5deg. 56' O et 13deg. 18' N ; 280 m d'altitude), sur un sol limono-sableux d'une jachère de 13 ans. Elle était occupée d'un couvert herbacé dominé par *Pennisetum pedicellatum* et avec une contribution des légumineuses de 5 % à la production annuelle. Le recouvrement ligneux de *Piliostigma reticulatum*, *Guiera senegalensis*, *Combretum micranthum*, etc. est de 27 %.

La jachère a été sursemée en Verano à raison de 5 kg ha^{-1} de semence, en ligne continue à une profondeur de < 2 cm, en respectant 50 cm d'interligne. Le parcours a reçu 50 kg ha^{-1} de TSP (triple super phosphate) au moment du semis. Aucune exploitation n'a été effectuée l'année d'installation.

L'année suivante le parcours fut divisé en 2 parcelles dites améliorées. L'une (PI) n'a plus reçu d'apport de P, l'autre (PII) a bénéficié durant les trois ans consécutifs encore 50 kg ha^{-1} an^{-1}. P0 était la parcelle témoin, la jachère qui n'a subit aucun traitement.

Des jeunes ovins mâles entiers de race Djallonké de + 20 kg de poids vif ont été utilisés pour l'exploitation. Trois niveaux de charge ont été utilisés pour chaque parcelle, avec des lots de 5 ovins chacun. Les charges différant, entre 0,9 et 3,5 UBT ha^{-1} pour P0, et entre 1,2 et 4,5 pour PI et PII, furent réalisées en ajustant la superficie par lot. L'exploitation a eu lieu de mi-septembre à début décembre (année sèche), soit début janvier. L'exploitation a été précédée par un passage précoce des animaux durant 3 semaines au cours du mois d'août de la deuxième année d'exploitation, pour renforcée la force de concurrence de Verano (Otsyina *et al.*, 1987).

Les observations faites concernent la composition floristique (contribution des espèces herbacée à la densité totale), la production annuelle par groupe d'espèces, l'évolution de la qualité des parcelles,

l'indice de préférence des animaux, leur consommation apparente, l'ingestion et l'évolution pondérale.

4.2.3. Banque fourragère

L'essai banque fourragère est conduit au sud du Sahel, à Niono (550 mm an^{-1} ; 5deg. 50' O et 14deg. 20' N ; 300 m d'altitude). Elle a été exploitée sur pieds comme complément du parcours adjacent du ranch de Niono, qui sert également comme témoin. Verano a été installé comme culture pure après labour. Le semis a été effectué en ligne continue (interligne 50 cm) avec 5 kg ha^{-1} de semence, en appliquant 50 kg ha^{-1} de TSP. La même dose fut appliquée en fin juillet de chacune des années d'exploitation. La banque a en outre bénéficié d'un désherbage pendant l'année d'installation ; aucune exploitation n'a été appliquée l'année en question. La pâture précoce de gestion, pour favoriser la légumineuse, a eu lieu la troisième année d'exploitation.

La banque a été compartimentée en 2 parcelles, qui ont été exploitées respectivement en période de floraison et fructification (début/mi-septembre à novembre/décembre ; Pff) et plus tard (novembre/décembre à janvier/mars ; Pta). Trois taux de charge furent appliqués, suivant l'approche expliquée pour le parcours amélioré, avec des lots de 5 ovins par charge par parcelle. Les ovins étaient cependant un peu plus lourds (+ 27 kg). Le temps de conduite de tous les lots a été fixé à 9 heures par jour. Les lots suppléments sur la banque y passent le tiers de leur temps ; le reste du temps ils étaient avec le lot témoin sur une parcelle du parcours naturel (Ppn). Les mêmes animaux furent utilisés pour les deux périodes, ainsi les taux de charge de la deuxième période dépassent légèrement ceux de la première : 0,5 à 2,0 UBT ha^{-1} pour Pta contre 0,4 à 1,9 pour Pff, et ceci pendant 3 heures par jours. La charge moyenne pondérée de Ppn a été 0,3 et 0,4 UBT ha^{-1} pour la première et deuxième période de la première année, et 1,2 et 1,3 pour la deuxième année.

La pâture précoce a été appliquée sur les sous-parcelles des charges les plus élevées et les plus basses de Pff et Pta, la troisième année d'exploitation ; les sous-parcelles des charges moyennes n'ont jamais été soumises à cette forme de pâture.

Les observations faites ont consistées aux mesures de la production totale et la contribution du Verano, la valeur nutritive de la banque et du parcours, la consommation apparente, l'appétibilité relative du Verano et l'évolution pondérale des ovins.

4.3. Résultats

4.3.1. Germination et installation de Verano

La profondeur de 2 cm est bien trop pour une germination efficace. Pour la profondeur de 0,5 cm, le substrat sablo-limoneux mène à une germination totale légèrement mieux que le sable grossier : respectivement presque 80 % pour les semences non-scarifiées et 80-90 % pour les scarifiées, contre 65-75 non-scarifiées et 75-80 % scarifiées. La variation est liée à la hauteur des deux types de pluies

simulées. Elle a été moindre qu'expectée, par une surestimation de l'évapotranspiration potentielle. Les petites pluies ont été encore bien efficaces grâce à une humidité de l'air élevée au cours de l'essai.

Le temps nécessaire à la germination de 50 % des semences aptes à germer est 1,5 jours pour les semences scarifiées. Pour les semences non-scarifiées c'est 2,5 à 5,5 jours. En milieu réel à Cinzana, le temps pour atteindre 50 % de germination malgré une averse de 45 mm survenue au lendemein des semis a excédé 5 jours. En plus d'être lente, la germination est très hétérogène : certaines graines germent le lendemain du semis, mais le taux final de germination n'est atteint qu'au bout de 2 à 3 semaines. Sur le terrain, lors du sursemis du parcours avec Verano, des germinations étaient encore enregistrées plus d'un mois après le semis. Ainsi il ait probable que *Stylosanthes hamata* var. Verano ait la même stratégie de germination que *Zornia glochidiata* et quelques autres dicotyledones soudano-sahéliennes, comme les *Borreria* spp. Les semences de ces espèces sont composées d'une fraction à germination lente (téguments durs) et d'une autre à germination rapide (téguments altérés). La seconde fraction ne serait plus dure par suite des craquelures dans les téguments. Les températures élevées de la surface du sol en saison sèche les favoriseraient (Cissé, 1986).

En ce qui concerne la résistance à la sécheresse, les premières mortalités des plantules sont enregistrées deux semaines après la dernière séquence des petites pluies, et ceci pour les deux substrats. Avec les séquences des pluies supérieures, les premières mortalités ne surviennent qu'après 1 mois, indépendamment du substrat. Les durées correspondant à 50 % du taux de survie après des séquences des petites pluies furent respectivement 33 et 38 jours sur le sable-limoneux et le sable grossier, versus 38 et 43 pour les séquences des pluies supérieures. Au regard de la classification de Cissé (1986) Verano peut être considérée comme une espèce résistante à la sécheresse. Cependant une certaine prudence s'impose, le présent test s'est déroulé à un moment où l'humidité de l'air était très élevée.

4.3.2. Parcours amélioré

4.3.2.1. Succès de l'introduction ?

L'introduction de Verano dans le parcours n'a pas été un succès, malgré le fait qu'à la fin de la saison de croissance de l'année d'introduction l'espèce composait 3 % de toutes les plantes (densité), contre 38 % de *Borreria chaetocephala*, l'espèce dominante, 7 % de *Pennisetum pedicellatum* et 5 % d'autres légumineuses. L'année après l'introduction l'espèce contribuait pour 14 et 18 % à la production herbacée dans les parcelles PI (P seulement à l'introduction) et PII (dose annuelle de P), mais sa densité n'était que 0,7 à 0,8 % de l'ensemble des plantes, quand la densité totale était 700 à 1000 plantes m $^{-2}$, les trois charges confondues. Il y avait donc 5-10 plantes m $^{-2}$ de Verano. L'ensemble des légumineuses contribuait pour 7 (PI) et 9 % (PII) à la densité totale, contre 7 % chez le témoin. Cette contribution ne change pas signifiquement la deuxième et la troisième année d'exploitation, mais la contribution du Verano diminue à 0,3 % la deuxième année à une contribution négligeable la troisième. Chez PII il y a encore quelques pieds isolés, chez PI aucune plante n'a été observée. Il a été une erreur certainement que la pâture précoce n'a été appliquée qu'à partir de la deuxième année d'exploitation.

En dehors de la présence temporaire de *Stylosanthes* , aucune différence significative n'est apparue entre les traitements et entre ceux-ci et le témoin du point de vue composition floristique. La densité totale a été 300 à 500 plantes m^{-2} la deuxième, et 250 à 300 la troisième année. Les graminées montraient une importance croissante, plus de 50 % des plantes la première année après l'introduction, presque 80 et 85-90 % la deuxième et troisième année, dont *Pennisetum pedicellatum* le plus nombreux et le plus constant (20 à 40 %). A côté, *Diheteropogon hagerupii* a une influence notable la troisième année. La contribution des dicotyledones autres que les légumineuses diminue de 40 % à 15 à 5-15 % au cours des trois ans. C'est *Borreria chaetocephala* qui domine ce groupe les trois ans.

Tableau 4 présente la biomasse en fin de saison par traitement et par an. Comme signalé déjà, c'est la première année d'exploitation que la contribution de Verano, avec 14 (PI) et 18 % (PII) n'est pas négligeable. L'ensemble des légumineuses dépassaient, avec 24 (PI) et 28 % (PII), le minimum de 20 % regardé nécessaire pour une rôle significatif dans la réalisation de la production animale (2.2). Chez le témoin cette contribution n'était que 5 %. Les années suivantes il n'existait pas une différence significative entre les parcelles en ce qui concerne la contribution des légumineuses à la production fourragère. La différence en P-disponible n'a pas été suffisante apparemment. Ceci est suggéré également par le manque de différence significative entre les productions annuelles des traitements et le témoin, avec l'exception de la première année d'exploitation. Mais l'année, après l'introduction, c'étaient les grands pieds bisannuels de Verano plutôt que le P qui ont causé la différence en biomasse. L'évolution de la contribution des espèces principales (*Pennisetum pedicellatum* et *Borreria chaetocephala*) et des groupes d'espèces distingués à la biomasse ressemblait celle de la densité. Verano a succombé sa position de l'année après l'introduction contre *Pennisetum pedicellatum* et *Diheteropogon hagerupii*. Coulibaly (1995) montre que la dynamique de la végétation présentée ci-dessus s'explique bien par l'importance et la distribution des pluies des années en question et par la force de concurrence des espèces concernées, déterminée au premier lieu par le comportement à la germination. L'année d'installation a été favorable pour les espèces à germination lente et hétérogène, la première année d'exploitation aussi, quoi que moindre. Les deux années suivantes étaient plutôt des bonnes années pour les espèces à germination rapide. La force de concurrence au cours de la croissance, exprimée par le poids relatif des pieds en fin de saison, a été exceptionnelle pour les plantes bisannuelles de Verano l'année après l'installation : Elle était plus forte que celle de *Pennisetum* et *Diheteropogon*, les espèces ayant la force la plus élevée dans la parcelle témoin, grâce au fait qu'il s'agissait des plantes dans leur deuxième année. Les deux années suivantes, avec seulement des plantes annuelles, la force de concurrence de Verano a été la plus basse ; elle occupait la huitième place, ensemble avec *Schizachyrium exile* et *Borreria chaetocephala* (Coulibaly, 1995). *Zornia glochidiata*, dont le comportement à l'installation ressemble beaucoup à celui de Verano annuelle (voir ci-dessus), a une force de concurrence supérieure et se maintien bien mieux dans la végétation. Elle composait seule en fin de saison de croissance 3 % des plantes en première année et 4 % la dernière, tous les traitements confondus. Pour sa contribution à la biomasse les valeurs étaient respectivement 5 et 12 % !

Tableau 4. Evolution interannuelle de la contribution de Verano et de groupe d'espèce (%) à la biomasse herbacée aérienne en fin saison de croissance (t ha^{-1} de matière sèche).

	Pâturage naturel (P0)			Pâturage naturel + Stylo (PI)			Pâturage naturel + Stylo + P (PII)		
	1992	1993	1994	1992	1993	1994	1992	1993	1994
total graminées (%)	55	88	78	51	87	92	41	85	77
Stylosanthes hamata (%)	-	-	-	14	+	+	18	+	+
total légumineuses (%)	5	3	19	24	3	7	28	2	21
total forbes (%)	40	8	3	25	10	1	31	13	2
Biomasse (t ha^{-1})	**3,8**	**3,9**	**5,7**	**4,6**	**2,9**	**5,6**	**4,9**	**3,3**	**6,4**
écart type	**±1,4**	**±1,6**	**±2,4**	**±1,4**	**±1,2**	**±2,6**	**±1,5**	**±1,1**	**±2,4**

4.3.2.2. Taux de charge et dynamique de la végétation

Les charges appliquées n'ont pas encore pu créer au cours de trois ans une différence significative dans la production et la composition floristique. Ceci n'est pas très étonnant, car l'exploitation a eu lieu en dehors de la saison de croissance et la fraction de la biomasse consommée a été assez modérée, même pour la charge la plus forte (2 UBT ha^{-1} sur PII pendant 60 jours). La biomasse au début de l'hivernage est restée suffisante pour protéger le sol contre une augmentation de ruissellement, le mécanisme le plus vraisemblable pour induire un changement de la végétation spécifique (Breman *et al.*, 1991b). La productivité élevée non-attendue de l'ancienne jachère utilisée a causé une sous-estimation de la charge maximale possible. Ainsi, même après la pâture de l'année la plus sèche, la biomasse protectrice sur pieds a été plus de 1 t ha^{-1}, en plus d'une quantité égale « perdue » pour le bétail à cause de leur exploitation. Breman & Stroosnijder (1991) suppose qu'à terme même une telle protection ne suffira pas pour un sol sable-limoneux sous 750 mm. En effet, il y a des indications que des changements significatifs se préparent pour les sous-parcelles soumises à la charge la plus forte (1,3 et 2,0 UBT ha^{-1} au cours de 90 et 60 jours respectivement) : la troisième année, donc après deux années d'exploitation, les légumineuses composaient respectivement 4, 7 et 10 % de la densité totale de pieds, et leur contribution à la biomasse étaient 14, 9 et 23 % pour les charges faible, moyenne et forte. En prenant l'ensemble des espèces à germination lente, et en exprimant leur contribution à la densité de la troisième année comme pourcentage de celle de la première année (éliminant ainsi l'influence de la variation pluvieuse), on obtenait 53, 54 et 73 % pour les charges faible, moyenne et forte. Pour la contribution à la biomasse de fin de croissance les valeurs trouvées étaient 50, 34 et 81 %. En d'autres mots, les espèces à germination lente progressent, comme préconisé par Breman *et al.* (1991b). Les différences entre les charges sont vraisemblement encore plus grandes, car la contribution éventuelle du groupe « autres graminées » a été négligée, à cause du manque de connaissance sur la germination de ses espèces. Le fait que l'importance de ce groupe augmente chaque année sous la charge la plus forte en dit long : sa contribution à la densité pour la troisième année était déjà 15 %, contre 6 % pour la charge moyenne et faible ; pour la contribution à la biomasse les valeurs respectives ont été 8, 6 et 1 %, dont respectivement 4, 1 et 1 % pour *Digitaria digitata*.

4.3.2.3. Production et qualité

La biomasse herbacée produite au cours des trois années d'exploitation (Tableau 4) n'a été influencée d'une façon notable que par le site, la pluviosité et la pérennité. Les trois charges confondues, la production moyenne sur trois ans a été la plus basse pour la parcelle PI ; 4,3 t ha^{-1} contre 4,5 et 4,9 pour respectivement P0 et PII. La production moyenne par an était successivement 4,4, 3,3 et 5,9 t ha^{-1}, avec une pluviosité de 748, 579 et 848 mm. En diminuant des productions de PI et PII de la première année d'exploitation la biomasse de Verano, c.-à-d. des grandes plantes dans leur deuxième année (respectivement 0,64 et 0,90 t ha^{-1}), la biomasse qui reste est sensiblement la même de celle du témoin P0 (respectivement 3,9 et 4,0 contre 3,8).

La production moyenne des parcours sur un même sol sous une pluviosité de 750 mm an^{-1}, la moyenne du site, est avec 1,6 t ha^{-1} bien inférieure à la production du site. Coulibaly (1995) montre qu'une bonne partie de la différence peut être expliquée par la protection de la jachère en question contre pâture et feux au cours de 13 ans. Mais il fait vraisemblable que la fertilité en tenant compte de cette protection est encore légèrement supérieure à la fertilité moyenne d'un tel sol sous une telle pluviosité : le rendement en azote de la biomasse aérienne de la strate herbacée a été 25 kg ha^{-1} en moyenne au cours des trois ans, contre 18 à 21 kg expectées pour un tel site sans protection. La disponibilité de P sera aussi relativement élevée, car ni la fertilisation unique (PI), ni la fertilisation annuelle (PII) n'a augmenté la production significativement (Tableau 4). Ainsi ce n'est que la première année d'exploitation, avec la présence des pieds bisannuels grands de Verano, qu'il y a eu un rendement en azote significativement supérieure au témoin chez PI et PII : respectivement 26 et 30 kg ha^{-1} contre 21 chez P0 ; l'année suivante déjà on trouvait 19 et 22 contre 23 kg ha^{-1}.

Cette quantité d'azote a été liée à un taux d'azote en début de l'exploitation (mi-septembre) de la première année de 7 g kg^{-1} pour P0, 7,5 pour PI et 8 pour PII. La contribution des légumineuses à la biomasse en fin de croissance permet d'estimer le taux d'azote des pieds bisannuels de Verano en mi-septembre : il a du être 10 g kg^{-1} seulement. Koné & Groot (1995) trouvent 11 et 12 g kg^{-1} pour des cultures pures dominées par des pieds bisannuels sans et avec une dose légère de P sur un champs à côté, pour la même année. Au cours de l'exploitation il y a eu une diminution du taux d'azote des parcours entiers jusqu'à 3,5 g kg^{-1} en janvier dans les trois cas. La digestibilité de la matière organique du parcours herbacés diminue au même temps de $\pm$ 55 à 42 %, sans différence entre les traitements.

4.3.2.4. Ingestion fourragère

La quantité de fourrage ingérée a été déterminée à partir de la diminution de la biomasse (consommation apparente) et à partir de l'évolution du poids des ovins, et ceci en tenant compte de la digestibilité du menu. La dernière valeur, regardée comme l'ingestion réelle, a varié entre 1,6 et 3,6 % du poids vif par jour, avec un peu plus que 2 % comme moyenne. La Fig. 4, qui concerne aussi les observations par rapport à la banque fourragère, montre que l'ingestion réelle comme fraction de la consommation

apparente diminue fortement avec l'augmentation de la disponibilité de fourrage. En autres mots, les pertes augmentent avec le surplus fourrager. Avec une disponibilité supérieure à 5 fois les besoins (30 kg UBT^{-1} j^{-1}), une ingestion moyenne de 35 % de la consommation apparente a été obtenue, la valeur utilisée dans la région pour calculer le fourrage disponible à partir de la biomasse sur pieds à une exploitation en saison sèche. Une ingestion de + 70 % de la consommation apparente a été obtenue avec une disponibilité qui était le double des besoins journaliers. Les données de '93 de Cinzana à des charges fortes sont négligées pour cette dernière estimation, en supposant que la consommation apparente a été sous-estimée. L'année en question a été très sèche, cette sous-estimation ne peut pas être causée par une continuation de la croissance au cours de la pâture au début de la saison sèche. Ce qui est vraisemblable c'est l'utilisation du fourrage ligneux encore vert pour les charges élevées à partir du moment que la strate herbacée était entièrement sèche et fortement exploitée, c.-à-d. au cours de la deuxième période de l'essai. Ce qui sort de la figure c'est une diminution de gaspillage, du point de vu zootechnique, avec l'augmentation de la charge. Ceci est un argument fort contre la divagation et pour un système de rotation. Les parcours devraient être pâturés parcelle par parcelle avec une densité relativement élevée de bétail, jusqu'à ce que la biomasse minimale du point de vu écologique soit atteinte.

L'ingestion est apparue très sélective. Le Tableau 5 présente les indices de préférence observées. La préférence des animaux en saison sèche pour Verano et pour les légumineuses en générale est nette. Les graminées ont été vraiment rejetées la première année, l'année suivante elles ont contribué au menu comme elles ont contribué à la biomasse. La particularité de cette dernière année a été une dominance très forte de *Pennisetum pedicellatum* et une qualité fourragère élevée grâce à une production basse à cause de la pluviosité basse.

Figure 4. Une indication des pertes de pâture par rapport à l'offre de fourrage, à travers l'ingestion réelle exprimée comme pourcentage de l'ingestion apparente et liée à l'offre fourragère (kg UBT^{-1} j^{-1} de matière sèche).
( ) essai parcours amélioré; ( ) essai banque fourragère
———— rapport entre ingestion et l'offre; ..... anomalie, causé par le broutage des ligneux à cause de sécheresse vraisemblablement.

La sélectivité des animaux les ont permis d'obtenir un menu avec 6 à 8 g kg^{-1} de N d'une phytomasse avec 4,6 g kg^{-1} (moyennes de PI et PII sur l'ensemble de la période de pâture pour la première année d'exploitation, quand la contribution de Verano à la production était notable).

Tableau 5. Indice de préférence des groupes d'espèces herbacées par traitement et par an.

	Moyenne 1992		Moyenne 1993	
	PI	PII	PI	PII

Graminées	-0,26	-0,31	-0,01	0,00
Stylo	0,12	0,30	*	*
Autres légumineuses	0,45	0,21	0,57	0,63
Forbes	0,17	0,11	0,19	-0,04

4.3.2.5. Production animale

La production obtenue au cours de la période de pâture pour la première année d'exploitation, c.-à-d. les premiers 120 jours de la saison sèche, variait entre -1,0 et + 2,4 kg tête^{-1} de poids vif. La Fig. 5 précise ces résultats, mais transformés en production de poids vif par hectare. Indépendamment de la charge, la production pour le témoin est à peu près zéro. Les résultats sur PI sont perturbés par des problèmes de santé. Le traitement PII indique qu'une production de presque 40 kg ha $^{-1}$ de poids vif est réalisable, dans une année à pluviosité moyenne (748 mm), avec une contribution de 28 % de légumineuses à une production de 4,9 t ha^{-1} , à une charge de 1,5 UBT ha^{-1}.

Les deux années suivantes, avec une contribution nulle ou négligeable de Verano à la biomasse en fin de croissance, les gains enregistrés ne diffèrent pas significativement, aussi bien au niveau des traitements qu'au niveau des taux de charge appliqués. A quelques exceptions, les animaux ont perdu du poids au cours de l'essai de 75 et 80 jours (deuxième et troisième année d'exploitation). Les changements de poids par tête fluctuaient entre +1 et -2,5 kg de poids vif, ou bien entre +20 et -60 kg ha^{-1}. La tendance générale a été une augmentation proportionnelle de la perte avec la charge : -6, -12 et -18 kg ha^{-1} pour une charge de 1, 2 et 3 UBT ha^{-1}. Ce n'est qu'en cas de PII que l'on pourrait parlé d'une charge optimale : +7 kg ha^{-1} à < 1 UBT ha^{-1}, contre -11 et -31 kg à des charges de 2 et 3 UBT ha^{-1}.

Figure 5. Le rapport entre la production animale (kg ha^{-1} de poids vif) des parcours améliorés (PI et PII) et témoin (P0) avec l'intensité d'exploitation de ces parcours (UBT ha^{-1}).
O état sanitaire doutable.

4.3.3. Banque fourragère

4.3.3.1. Succès de l'installation

Le Tableau 6 montre la stabilité relative de la banque fourragère, au cours des trois années d'exploitation. Au début de l'hivernage de la première année, c.-à-d. l'année après l'installation, les parcelles de la banque ont encore été désherbées. Donc ce n'est pas étonnant que cette année la biomasse était composée seulement de Verano. Les années suivantes des espèces envahissantes menacent le peuplement de plus en plus, et ceci surtout dans le cas de Pff, la parcelle exploitée dès la fin des pluies, au cours de la floraison et fructification. Après l'installation de la banque il est apparue hélas que la disponibilité d'eau de la parcelle Pta, exploitée plus tard, est légèrement supérieur à celle de Pff, à cause de la redistribution d'eau par le ruissellement. Il y a deux indications claires : a) la production de Pta a

été toujours significativement supérieure à celle de Pff ; b) la présence accrue de *Tribulus terrestris*, espèce à cycle court sur Pff, et de Cassia tora, espèce à cycle long sur Pta. Cependant, la toposéquence à elle seule n'était pas le facteur dominant à l'origine de la variabilité interannuelle différente de la persistance entre les deux parcelles. L'épreuve est l'évolution de la contribution de Verano à la production annuelle des sous-parcelles jumelles, soumises à la même pression animale basse. C'était la seule sousparcelle de Pff dont la production (3,7 t ha^{-1}) était supérieure à celle de la même sousparcelle de Pta (3,4 t) la première année d'exploitation, quand il y avait 100 % de Verano dans les deux cas. L'année suivante sa production était 0,5 t ha^{-1}, contre 1 t chez Pta, avec respectivement 26 et 47 % de Verano. Encore une année d'exploitation plus tard, c'était 0,4 t avec 7 % de Verano pour Pff, contre 1,6 t et 38 % de Verano pour Pta !

Tableau 6. Evolution interannuelle du rendement fourrager du parcours naturel et de la banque fourragère (t ha^{-1} de matière sèche), et la contribution de Verano au rendement de la banque (%).

	1992		1993		1994	
	t ha^{-1}	%	t ha^{-1}	%	t ha^{-1}	%
Pff	2,8 ± 2,6	100	1,7 ± 1,3	22	3,6 ± 2,6	7
Pta	4,8 ± 2,9	100	2,7 ± 1,4	52	4,1 ± 3,2	39
Moyenne banque	3,8 ± 2,9	100	2,2 ± 1,4	37	3,9 ± 2,9	23
Parcours naturel	2,2 ± 0		2,2 ± 0,5		2,2 ± 1,2	

Pff - exploitation au cours de la floraison/fructification;
Pta - exploitation plus tardive.

C'est la dernière année d'exploitation que la pâture précoce a été appliquée pour repousser les mauvaises herbes, qui ont envahis la banque la deuxième année. En Juillet, quand la pâture a été exécutée, il s'agissait notamment, dans l'ordre d'importance, de *Brachiaria xantholeuca*, *Tribulus terrestris*, *Dactylocteneum aegyptium*, *Cenchrus biflorus*, *Digitaria gayana*, *Zornia glochidiata*, *Schoenefeldia gracilis*, et autres. Les graminées composaient 40 à 70 % de la biomasse, les légumineuses (*Zornia* !) 0 (sousparcelles pour la charge forte) ou 10 % (sousparcelles pour la charge légère), et les autres dicotyledones 30 à 50 %. Verano n'était présente qu'avec 0,4, 0,0, 1,4 et 4,4 plantes m^{-2}, dans les sousparcelles pour l'exploitation légère et forte de Pff suivies de Pta respectivement. Sa contribution à la biomasse n'était mesurable qu'en cas de la sousparcelle 'exploitation légère Pta' : 1 % ! L'exploitation précoce a été exécutée avec un troupeau de 19 taurillons au cours de 4 jours. Là où Verano était présente, elle avait une indice de préférence très basse. Dans un cas celle de *Tribulus* était encore plus basse, dans la sousparcelle où elle avait déjà des fruits épineuses. Ailleurs *Tribulus* était bien appréciée, *Zornia* était aussi une espèce très recherchée. Les graminées avaient une indice de préférence négative, mais bien moins extrême que Verano. Dans le cas où *Tribulus* était rejetée à cause de ses épines, l'indice de préférence des graminées était neutre. Le Tableau 6 suggère l'absence d'un effet ou un effet restreint de cette pâture précoce. L'impression trompe cependant, car le tableau présente les valeurs moyennes

des trois sousparcelles par parcelles, soumises aux charges légère, moyenne et lourde. La sousparcelle soumise à la charge moyenne de Pff et Pta a été exclue de la pâture précoce. D'une année à l'autre, la contribution de Verano à sa biomasse diminue de 21 à 3 % pour Pff, et de 57 à 29 % pour Pta ; les moyennes des sousparcelles des charges légère et lourde, les deux soumises à la pâture précoce, sont respectivement 22 et 8 % (Pff) et 50 et 44 % (Pta). Ceci montre l'influence importante de cette pâture de gestion, en particulier pour Pta.

4.3.3.2. Biomasse et qualité

Le Tableau 6 montre une différence significative entre la production de Pff et Pta, et entre ces deux et celle du parcours naturel (Ppn). C'est la deuxième année d'exploitation qui forme une exception, les productions de Pta et de parcours naturels ne diffèrent pas. La production varie avec la pluviosité en cas de la banque, une production limitée par l'eau à cause de la fertilisation avec du P et la fixation de l'azote par la légumineuse. La pluviosité à été en dessous de la moyenne les deux premières années, avec 370 et 280 mm an^{-1}. Celle de la dernière année était juste en dessus de la moyenne avec 570 mm. C'est la première année, quand il n'y a que de Verano, que l'on doit s'attendre vraiment à une production limitée par l'eau, si il n'y a pas eu question d'autres éléments nutritifs déficitaires. Le modèle du projet PPS (voir II.2.7) estime qu'une production de 4,5 à 5,0 t ha^{-1} peut être atteinte par une espèce C3 non-limitée par l'eau avec une pluviosité moyenne de 370 mm an^{-1}. Celui de l'EMS (voir II.2.7) donne 3,3 t ha^{-1} pour une année sèche dans la partie sud du Sahel. C'est Pta qui donne donc une production dans les normes, avec 4,8 t, Pta -avec un ruissellement plus important- reste en dessous (2,8 t).

Une standardisation de la production de Ppn (Breman & De Ridder, 1991) montre que la productivité est 20 % en dessus de la moyenne pour un tel sol sous le climat en question.

L'évolution de la qualité de la banque est présentée par la Fig. 6. L'invasion des mauvaises herbes pendant la deuxième année cause une diminution nette du taux de N de la banque ; il s'approche également du taux de Ppn à cause de l'augmentation du dernier par la sécheresse de cette deuxième année. Ainsi le taux moyen de N de Pff, pendant son exploitation (début saison sèche) la première année a été 17 g kg^{-1}, quand le taux moyen de Ppn était 6 g kg^{-1} ; pour Pta, exploitée en milieu de la saison sèche, la moyenne était 15 g kg^{-1}, Ppn avait un taux de 5 g kg^{-1}. Pour la deuxième année il n'y avait pas une différence significative entre Ppn au début de la saison sèche et Pff (moyenne 12 à 13 g kg^{-1}) ; au milieu de la saison sèche la différence entre banque et parcours apparaissait quand même (respectivement 12 et 7 g kg^{-1} en moyenne). Ainsi, au début de l'exploitation en première année, on disposait de 340 et 450 kg ha^{-1} de protéines sur Pff et Pta, contre respectivement 110 et 85 pour Ppn (NB c'est le même parcours naturel qui était utilisé en combinaison avec d'abord Pff et ensuite Pta, la disponibilité de fourrage et les protéines qu'il contenait a diminué ainsi). L'année suivante c'était encore 145 et 205 kg ha^{-1} de protéines pour Pff et Pta, contre 125 et 50 pour Ppn.

La digestibilité du fourrage de Pff était supérieure à celle Pta, surtout la première année (Fig. 6). Pour Pff et Pta elle était toujours supérieure à celle du Ppn. La digestibilité du fourrage du dernier a du évoluer de 50 à moins de 40 % la première année, et de 60 à 40 % la deuxième.

Figure 6. Evolution de la teneur en azote (g kg^{-1} de la matière sèche; ———) et de la digestibilité (% de la matière organique; .....) de la banque fourragère au cours des essais de la première et deuxième année d'utilisation, comparée avec l'évolution de la teneur en azote du parcours naturel.

4.3.3.3. Production animale

La Fig. 7 présente la production animale des animaux qui avaient accès à la banque pendant 3 des 9 heures de pâture par jour. Elle a été présentée par rapport à l'intensité d'exploitation des sousparcelles de Pff et Pta au cours de ces 3 heures. Le gain de poids vif des animaux, qui pesaient 20 à 25 kg la première année et 33 à 45 la deuxième, était de l'ordre de 60 à 70 g j^{-1} tête^{-1} les 90 jours de Pff de la première année et 45 à 60 g j^{-1} les 90 jours de Pta, contre respectivement 58 et 46 g pour les animaux du lot témoin, qui exploitaient Ppn exclusivement, ensemble avec les lots supplémentes par l'accès à la banque. La deuxième année, avec des périodes Pff et Pta de 60 jours, à cause de la disponibilité fourragère restreinte, le gain était 15 à 25 g j^{-1} tête^{-1} pour Pff, contre presque 15 g j^{-1} pour les animaux sur Ppn, et 0 à 15 pour Pta contre 0 pour les témoins pendant la même époque.

Figure 7. Le rapport entre la production animale (kg ha^{-1} de poids vif) des ovins supplémentes par la banque fourragère et l'intensité d'exploitation de la banque (UBT ha^{-1}), précisé par période (Pff et Pta) pour la première et la deuxième année d'exploitation.

L'évolution de la production par rapport à l'intensité d'exploitation de la banque (Fig. 7) suggère que la charge optimale du point de vu zootechnique sera atteinte vers 2 UBT ha^{-1} . A cette charge la disponibilité de fourrage aurait été 10 à 15 kg UBT j^{-1} et la perte de fourrage seulement 25 à 35 % (Fig. 4). La production maximale liée à cet optimum était plus de 30 kg ha^{-1} de poids vif pour Pff la première année. Mais pour le maintien de la banque une telle charge pendant le début de la saison sèche est néfaste, vu l'invasion des mauvaises herbes (Tableau 6). Ainsi, c'est la parcelle Pta, moins envahie, qui donne la production la plus élevée la deuxième année, avec un maximum de presque 15 à 20 kg ha $^{-1}$ de poids vif.

4.4. Discussion

4.4.1. Comportement de Stylosanthes hamata var. Verano

Dans la région-PSS Verano se comporte comme une espèce annuelle ; dans des bonnes années pluvieuses sur des sols profonds de la partie sud de la zone, une fraction du peuplement peut devenir bisannuel cependant. Le manque d'une compétition forte le favorise, ainsi c'est l'année après l'installation qui est fréquemment mentionnée comme l'année la plus productive.

Ainsi, comme pour chaque espèce annuelle, le comportement à la germination et la production

semencière détermine en particulier la chance de se maintenir et de contribuer d'une façon notable à la production. Sa germination ressemble beaucoup à celle de *Zornia glochidiata*, une légumineuse qui se maintien bien, mais qui joue seulement un rôle non négligeable dans la production fourragère si les conditions pour ses concurrents sont défavorables. C'est le cas quand le ruissellement est fortement stimulé par la surexploitation des parcours sur sable-limoneux et sur limon-sableux. La production absolue est basse dans ce cas. Les chances sont encore moindre pour Verano dans la région d'étude, car a) la sensibilité de ses plantules pour la sécheresse est vraisemblablement un peu plus élevée ; b) sa force de compétition au cours de la croissance végétative est plus faible ; c) la longueur de son cycle végétatif est beaucoup plus longue que les 20 à 40 jours de *Zornia* (Breman *et al.*, 1991), car la saison de croissance doit être au moins 60 (De Leeuw, 1994) ou 90 jours (Mohamed-Saleem & De Leeuw, 1994). Ainsi sa production semencière fait défaut dans les conditions de la région, conditions qui défavorisent fortement la vie pérenne de *Stylosanthes hamata* et de ses compagnes ; trois éléments clefs de son succès en Australie (2.2) ne sont pas assurés.

Les deux avantages claires de Verano sont son appétibilité restreinte en saison de pluie, et son enracinement profond, qui le permet de continuer la croissance en début saison sèche. C'est la dernière propriété qui la fait mieux résister dans la banque fourragère exploitée à partir de décembre-janvier. Mais cette propriété ne peut la servir dans la région-PSS que certaines années ; il y en a trop dans lesquelles la strate herbacée annuelle ne permet pas la formation d'un stock d'eau en dessous de 2 m de profondeur (2.1). Et l'avantage va de pair avec deux désavantages, le risque de perdre la production annuelle par des pluies en saison sèche et la dilution forte d'azote dont elle dispose. *Zornia* contient 13 à 28 g kg^{-1} de N en fin de cycle (Breman & De Ridder, 1991), contre 10 à 15 g chez Verano. La valeur la plus basse de Verano est liée aux plantes bisannuelles. Ainsi, l'exploitation tardive exigée va de paire avec une stimulation relativement restreinte de la production animale (4.4). C'est un principe général, une production élevée à une pluviosité donnée va de paire avec une dilution forte des éléments nutritifs. Le cycle potentiellement très longue de Verano (jusqu'à 300 jours ; Mohamed-Saleem & De Leeuw, 1994) a comme conséquence une qualité basse. Il n'est pas facile de bien faire produire les animaux sur Verano, et sur *Stylosanthes hamata* en général, dans les zones où il est relativement facile de maintenir la plante (Little & Agyemang, 1994).

4.4.2. Stabilité des introductions

Les analogies et les différences entre la région-PSS et l'Australie tropicale (2.1), la stabilité des introduction de *Stylosanthes hamata* dans ces deux régions (2.2 et 3) et les analyses écophysiologiques du comportement de l'espèce dans le cadre du PSS (4.3) mènent à la conclusion que Verano n'est pas apte pour l'amélioration directe des parcours de la région-PSS, c.-à-d. de la partie nord de la savane soudanaise et la partie sud du Sahel. Ceci même en cas d'une privatisation des parcours, dont la gestion est la déterminante après les conditions agro-écologiques. Théoriquement il est même invraisemblable qu'une légumineuse sera trouvée qui pourrait être utilisée pour ce but ; les propriétés nécessaires pour servir comme fourrage de haute qualité s'opposent aux propriétés pour se maintenir dans cet environnement. Dans la partie sud de la savane soudanaise l'espèce a une chance restreinte, et ceci seulement sous conditions d'une gestion très stricte, à adapter continuellement aux conditions du moment, et une utilisation adéquate de l'engrais phosphaté. Les éléments de la gestion sont une ou deux

pâtures précoces, comme contrepoids pour les espèces C4 à germination rapide, et la pâture propre, dont le moment et l'intensité devront garantir une production semencière adéquate. L'espèce risque de se comporter dans le sud de la savane comme *Zornia glochidiata* au sud du Sahel : elle a la meilleure chance de se maintenir et de bien contribuer à la production sous une surexploitation du parcours, qui mène à un tel ruissellement que la production absolue n'est plus intéressant.

Les banques ou soles fourragères d'une surface restreinte ont une certaine future dans l'ensemble de la savane soudanaise, c.-à-d. jusqu'à la transition au Sahel. Ceci sous les conditions mentionnées ci-dessus pour les parcours améliorés dans le sud de la savane.

4.4.3. Production animale intéressante?

La question de l'importance de l'évolution du poids vif enregistrée sera répondue de trois façons : le résultat sur parcours amélioré sera comparé à la production atteinte sur le transect centre-nord en Australie, celui de la banque fourragère sera jugé par rapport au potentiel théorique, et en fin ce dernier résultat sera utilisé pour estimer ce qui pourrait devenir la capacité de charge grâce à l'utilisation de la banque si ce n'est que le maintien du poids qui serait visé en saison sèche.

Une comparaison directe entre la production animale obtenue dans la région-PSS sur parcours améliorés (4.3) et sur des pareils parcours dans l'extrême nord de l'Australie (2.1) n'est pas possible : a) en Australie les parcours sont exploités pendant tout l'année, mais le PSS a cherché de profiter maximalement des légumineuses introduites par leur exploitation au cours des premiers mois de la saison sèche pour éviter des pertes autant que possible ; b) le parcours de base utilisé à Cinzana a une productivité plus de deux fois supérieure à celle du nord de la savane soudanaise en moyenne. Le Manuel sur les pâturages des pays sahéliens (Breman & De Ridder, 1991) permet cependant de transformer les résultats obtenue à ceux que l'on devrait s'attendre sur des parcours moyens pour une exploitation de toute l'année, en tenant compte de la qualité du parcours et son évolution au cours de l'année, le menu à obtenir, l'ingestion par rapport à sa qualité et l'évolution du poids par rapport à cette ingestion. La production animale maximale sur PII était presque 40 kg ha^{-1} de poids vif les premiers quatre mois de la saison sèche à une charge de 1,5 UBT ha^{-1}, la première année d'exploitation, quand la pluviosité était moyenne (748 mm) et la contribution de légumineuses à la production de 4,9 t ha^{-1} était 28 % (4.4). Ceci signifierait une production de 65 kg ha^{-1} de poids vif à une exploitation de toute l'année. En corrigeant pour la fertilité élevée du site pendant l'essai, on obtient une gain annuelle nette de poids vif de presque 30 kg ha^{-1}, contre 35 à 40 kg en Australie (Tableau 1). Donc la production maximale obtenue s'approche de la moyenne en Australie, tandis que la charges nécessaire est la même (1 à 2 ha UBT^{-1}). Deux années d'une telle charge pour seulement 4 mois de saison sèche sur le parcours de Cinzana, bien supérieure au parcours moyen, donne déjà les premières signes de dégradation cependant (4.4).

L'évolution de la qualité de la banque, la première année de son exploitation (Fig. 6), et la qualité du parcours naturel au cours des deux périodes de l'exploitation ont été utilisée pour l'estimation de la production par tête et par lot. Les ovins ayant accès à la banque au cours des premiers 90 jours de la

saison sèche et ceux ayant accès les 90 jours après auraient du croître avec respectivement 5,8 et 3,5 kg ; ceux utilisant exclusivement le parcours naturel pendant ces deux époques 2,6 et 0,4. Les gains mesurées ont été plus au moins égales, avec 5,8, 4,5, 4,6 et 5,2 kg tête $^{-1}$. En autres mots, l'estimation est bonne pour Pff, mais elle s'éloigne de la réalité avec la diminution de la qualité de la ressource fourragère. On a estimé, sur la base des gains observées, qu'en cas de Pta les meilleurs 40 % du fourrage de la banque ont du être sélectionnés. Pour le parcours naturel pendant la première et la deuxième période il s'agit des meilleures 6 et 9 % du fourrage. La charge restreinte appliquée permettait une telle sélection.

La gain de poids de presque 40 kg ha^{-1} de banque pour Pff, liée à la production de 5,8 kg tête (Fig. 7) est celle d'une année sèche, avec 370 mm seulement. On doit s'attendre à une production végétale de la banque 1,5 fois supérieure dans une année normale avec 550 mm (Fig. 3 ; production limitée par l'eau). Le taux d'azote serait cependant 90 % de celui de l'année en question, et l'ingestion de matière sèche digestible entre 90 et 95 %. Ainsi la production animale d'une année normale aurait été plus de 50 kg ha $^{-1}$ de banque. Une production bien supérieure aurait pu être atteinte par la coupe du fourrage et son utilisation comme menu complet. En supposant une perte de 20 % de la biomasse et 10 % de la qualité (taux de N et digestibilité) au cours de la conservation, du transport et du stockage, l'utilisation du foin pour les même moutons de 20 à 25 kg de poids vif pendant la même période de 90 jours donnerait une production animale bien plus que 10 fois supérieure, c.-à-d. plus de 500 kg de poids vif par hectare de culture de Verano. La pâture directe de la culture de Verano, comme seule source fourragère, avec une charge élevée (2 UBT ha^{-1}) mènerait à une production un peu plus basse, la perte fourragère serait 30 à 40 au lieu de 20 % (Fig. 4).

La différence pratique entre une banque fourragère, à exploiter comme supplément d'un parcours naturel, et une culture fourragère sera encore plus grande. Car après une année d'exploitation déjà, la contribution de Verano à la production est baissée à 50 %, et ce n'est que par l'exploitation tardive en combinaison avec la pâture précoce que l'on a pu maintenir cette contribution aussi la troisième année (Tableau 6). La gain de poids vif liée à cette contribution était 15 à 20 kg ha^{-1} de banque (Fig. 7). C'était cependant une année très sèche (280 mm). Dans une année normale, une production végétale 2,3 fois supérieure aurait du être possible (Fig. 3 ; production limitée par l'eau), ayant un taux d'azote un tiers plus bas (Breman & De Ridder, 1991). En plus, les moutons étaient devenu trop lourds entre-temps, avec leur poids moyen de 35 kg. Ainsi, une utilisation des moutons en plein croissance, comme en première année, au cours d'une année normale aurait donné une gain de poids vif de 45 kg ha^{-1} de banque à peu près. Si, grâce à une gestion plus efficace (deux au lieu de une pâture précoce courte mais intense?), la contribution de Verano pourrait être maintenue à 70 au lieu de 50 %, la production animale (poids vif) deviendrait plus de 60 kg ha $^{-1}$ de banque.

Au milieu de la savane soudanaise, avec 750 au lieu des 550 mm à Niono, la production de la légumineuse sera 37 % supérieure (Fig. 3), et la qualité seulement légèrement inférieure. Ainsi la production animale pourrait être un tiers plus élevée, 60 à 80 kg ha^{-1} de poids vif en cas de 50 à 70 % de Verano dans la biomasse de la banque en fin de croissance.

Au lieu de profiter de la banque pour atteindre une certaine gain de poids pendant une période donnée de la saison sèche, on pourrait l'utiliser aussi pour sauvegarder les gains de poids de la saison de pluies et de maintenir plus d'animaux que sur parcours naturel seul. Ceci serait un objectif compréhensible pour des cultivateurs qui utilisent leur bétail notamment pour la traction et la fumure. L'évolution du poids des animaux sur le parcours naturel pendant les deux époques des deux années d'exploitation (Fig. 7) et la qualité du parcours suggèrent qu'il faut > 5 ha UBT^{-1} pour éviter la perte de poids en saison sèche d'une année moyenne. La combinaison parcours/banque de la deuxième année d'exploitation, qui donnera une gain de poids vif d'au moins 45 kg ha^{-1} de banque en année normale, a une charge moyenne pondérée de 0,75 ha UBT^{-1} pendant la période d'exploitation. Cette période consiste aux premiers trois mois après la fructification de Verano (novembre/décembre à janvier/mars ; 4.2). Si on ne cherche que la sauvegarde des gains de poids de la saison de pluie, on peut se permettre de perdre les six autres mois au moins 185 g UBT^{-1}. Beaucoup moins de sélection est ainsi nécessaire qu'en cas où l'on ne dispose que du parcours naturel : la moitié de la phytomasse de la saison sèche a une qualité suffisamment élevée. Ainsi, en tenant compte des pertes de fourrage à cause de la pâture etc., on aura besoin par UBT de 1,4 ha de parcours naturel pour ces six mois. En ajoutant la superficie nécessaire pour les trois mois de la saison de pluie, on obtient une superficie totale de 1,7 ha pour une UBT pendant toute l'année. Seulement 500 m2 ont du être transformé en banque fourragère pour obtenir ce résultat, c.-à-d. 3 % de la superficie de parcours nécessaire pour une UBT. En autre mots, en transformant 3 % du parcours en banque fourragère, on pourra maintenir presque 3 fois plus d'animaux avec une gestion adéquate. Il faut se réaliser cependant que la charge obtenue ainsi est trop élevée pour pouvoir maintenir les parcours naturels sur sols limoneuses en bonne état. L'introduction de la banque fourragère devra être accompagnée sur tels sols des actions pour promouvoir et maintenir le recouvrement des graminées pérennes et des espèces ligneuses du parcours naturel. Ceci sera plus facile dans la savane, qu'ici, dans la partie sud du Sahel.

4.5. Conclusions et remarques finales

Les expériences australiennes sont une source précieuse pour se prononcer l'intérêt de « l'outil légumineuse » pour l'amélioration de la situation fourragère en Afrique de l'Ouest. L'amélioration des parcours à travers l'introduction des légumineuses est un pas vers l'intensification quand le potentiel des parcours naturels est maximalement exploité par la disponibilité et la répartition des points d'eau, la mobilité et un effectif mixte des espèces herbiphiles et ligniphiles. Ce pas est favorisé par a) l'augmentation des dépenses de production, qui obligent de produire avec des cycles courts (mains d'oeuvre, santé et clôtures/interdiction de la divagation), b) la diminution de la taille des unités de production, et c) la proximité des marchés avec un bon pouvoir d'achat. La niche de l'outil est relativement restreinte, étant pincée entre la disponibilité en eau comme limitation de la production primaire et l'ensemble des conditions qui favorisent les cultures, les cultures fourragères y comprises. La niche est particulièrement restreinte en Afrique de l'Ouest, où la mousson pure crée des conditions relativement favorables pour les cultures à une pluviosité annuelle restreinte. Cet désavantage n'est pas facilement compensé par l'avantage d'une saison sèche très aride, qui diminue le risque des pertes du fourrage légumineuse par des pluies et/ou des moisissures.

Seulement les expériences de l'amélioration de parcours de l'extrême nord d'Australie peuvent être utilisées pour se donner une impression du potentiel de cet outil pour l'Afrique de l'Ouest. Et même dans ce cas il y a une différence importante à noter : la limite inférieure de pluviosité de 750 mm an $^{-1}$ devient 900 mm pour l'Afrique de l'Ouest. Mais en dessous de cette limite il existe encore un potentiel pour les cultures de légumineuses en Afrique de l'Ouest, une option beaucoup moins intéressante en Australie septentrionale.

La gestion qui vise la durabilité des parcours améliorés fourragères doit faire face à toute une série de problèmes et de risques inhérents à l'introduction des légumineuses. La série est en grande partie également valable pour la gestion des banques et soles fourragères :
- La légumineuse seule en soi ne détermine pas la stabilité de l'introduction, mais également les propriétés de ses compagnes. De préférence elles doivent être pérennes, bien appétées en saison de pluie et bien digestibles. L'obligation de la fertilisation avec du P, pour renforcer la force de concurrence de la légumineuse, et la fixation de N créent une production limitée par l'eau où de nature les éléments nutritifs sont limitatifs. Ceci menace la vie des pérennes ; les deux autres propriétés sont une menacés en soi.
- A côté de la légumineuse il faut suffisamment de fourrage sur la base de graminées pérennes (ou de pailles) vu le risque de perte d'appétibilité ou de perte entière de la légumineuses en saison sèche à cause des pluies tardives et/ou des moisissures.
- Les feux sont très nuisibles pour la plus part des légumineuses.
- L'abattage des arbres et arbustes favorise les légumineuses herbacées, mais diminue la stabilité de l'offre fourragère et le taux de matière organique du sol, et stimule l'érosion.
- Le succès de l'introduction devient à terme un risque : la disparition des graminées pérennes et la stimulation des graminées annuelles et des mauvaises herbes à feuilles larges par cette disparition, et par l'augmentation de la disponibilité en N qui va de pair avec le succès de la légumineuse, créent trop de compétition pour la légumineuse et causent une dynamique plus grande de la production fourragère. Ainsi la variation de la charge optimale augmente fortement.
- La dynamique de végétation et la variation de la charge optimale créées par le succès de l'introduction est un caractéristique naturel de la grande majorité des parcours de la région-PSS, à cause de la dominance naturelle des annuelles.

La conclusion qui sort c'est que dans la région-PSS l'utilisation des légumineuses est de préférence sous la forme de cultures, fourragères ou grenières. Là où l'espace commence à manquer, la main d'oeuvre est limitative et des pestes et maladies exigent la rotations des cultures et/ou le « repos » du sol, la sole fourragère, avec un âge maximale de deux ou trois ans est une bonne alternative. La banque fourragère en est une autre sous certaine conditions (voir ci-dessous). L'amélioration directe des parcours par l'introduction des légumineuses herbacées est à déconseiller, même si la législation et les droits fonciers seront adaptés pour permettre une gestion stricte. Certaines espèces ligneuses ou des graminées pérennes sont à préférer là où une amélioration est jugée utile et possible.

La banque fourragère est à considérer pour des régions à pression humaine et agricole restreintes, où l'élevage pastoral est pratiqué. Son âge et sa superficie ne seront pas dictés par les besoins des cultures, mais par ceux du troupeau : la superficie sera plus grande et on devra essayer d'assurer un maintien plus

longue. Une invasion des adventices trop grande signifiera le remplacement de la banque par une autre ou par du parcours, éventuellement précédé par une année de culture de mais fourrager pour profiter de l'enrichissement du sol en N et en P.

Il y a de l'espoir qu'il sera possible de maintenir une banque de Verano avec une contribution de la légumineuse à la production de > 50 % pour quelques années, dans la savane et la zone de transition vers le Sahel. Les conditions à assurer concernent :
- L'utilisation de l'engrais phosphaté à l'introduction et pour l'entretien ;
- une ou deux pâtures d'entretien précoces, intensives mais de courte durée ;
- exploitation après la (majorité de la) fructification ;
- adaptation de la charge à la production annuelle de la banque et à l'importance annuelle de la légumineuse.

L'accès à une telle banque dans la zone de transition entre Sahel et savane, pendant deux à trois mois en plein saison sèche pendant trois heures par jours, avec une charge de 0,7 UBT ha^{-1} de banque, permet une gain de poids vif de jeunes ruminants en plein croissance de 20 à 60 kg ha^{-1} de banque. La variation est déterminée par la pluviosité et une contribution éventuelle de Verano de plus de 50 % à la production de l'année. Pour un tel résultat il faut une superficie de parcours naturel à côté qui est 10 à 15 fois celle de la banque. Dans la savane soudanaise septentrionale on pourra s'attendre à une gain de 60 à 80 kg ha^{-1} de banque. Le système et l'objectif de production déterminera s'il faut utiliser la banque pour la croissance des jeunes génisses ou taurillons, l'entretien des vaches enceintes, etc.

Dans le cas des systèmes plutôt agricoles, où le but pourrait être d'entretenir un effectif notable pour la production de fumure, l'augmentation de l'effectif pourrait être un but en soi. Une sole fourragère dont la superficie est 3 % de celle du parcours disponible permettrait d'augmenter l'effectif de presque trois fois. Ceci par rapport à la charge permettant juste la viabilité biologique du troupeau (Breman & De Ridder, 1991). Pour atteindre une charge deux à trois fois supérieure à la dernière, on sera obligé d'abandonner la divagation de saison sèche et d'exploiter les parcours parcelle par parcelle. Ceci pour assurer la charge élevée locale nécessaire pour diminuer les pertes de pâture de la valeur normale de 60 à 70 % en saison sèche à 30 %. Une telle approche sera néfaste sans mesures anti-érosive d'accompagnement pour assurer le maintien du parcours. Ainsi elle est à déconseiller aussi longtemps que l'accès libre aux parcours est le droit en vigueur !

Même au sud de la région-PSS, l'amélioration directe des parcours est en générale à déconseiller. Il est doute si un système efficace de gestion pourra être développé pour la savane soudanaise méridionale. Ceci sera vraisemblablement possible pour la savane guinéenne, et ainsi on y obtiendra l'amélioration de la production animale de l'extrême nord d'Australie, mais c'est une station dépassée. La densité démographique y est moindre que dans la savane soudanaise, c'est vrai, mais elle dépasse déjà beaucoup celle de 1 pers. km^{-2} de la région australienne en question. Les unités de production seront ainsi trop restreintes pour se permettre l'outil inefficace par rapport à la banque fourragère.

Au nord de la région-PSS, c.-à-d. dans la partie nord du Sahel, ni l'amélioration directe ou indirecte des

parcours par l'introduction des légumineuses, ni les cultures fourragères sont possibles. Il faut se contenter dans cette zone de l'exploitation optimale du parcours naturel. On les fait valoir surtout comme parcours de la saison de pluie de la transhumance.

Le puzzle présenté donne une image assez complète du potentiel des légumineuses pour l'amélioration des parcours. Il y a cependant encore une gamme des questions pour la recherche, notamment liées à la gestion nécessaire par rapport aux conditions agro-écologiques et aux objectifs. De Leeuw (1994) mentionne la gestion qui vise à optimiser le maintien du peuplement, la production animale et la fertilité du sol. Il signale aussi la production animale potentielle. Il faut ajouter au moins l'élaboration d'une pâture précoce adéquate par zone agro-écologique, et l'identification des doses d'entretien minimales de P par zone.

Remerciements

Les auteurs remercient tous ceux qui ont contribué techniquement et matériellement à la réalisation de cette étude. Il s'agit des travaux de terrain aux Stations de Recherche de l'IER à Niono et Cinzano, et du voyage d'étude du premier auteur en Australie. Ce dernier remercie tout singulièrement Peter Gillard et Bruce Lyon et leurs familles, ainsi que Leen `t Mannetje et John Mott.

Références

Adeoti, A.A., S.A. Tarawali & M.A. Mohamed-Saleem, 1994. Development of management strategies for stylo with emphasis on pests and diseases. In: P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed-Saleem & A.M. Nyamu (eds). *Stylosanthes* as a forage and follow crop. Proceedings of the Regional Workshop on the Use of *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992. International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, p. 123-128.

Ajileye, E.O., D.V. Uza & M.A. Farooqi, 1994. An assessment of farmers' adoption rate and potential impacts of stylo-based feed production systems. In: P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed-Saleem & A.M. Nyamu (eds). *Stylosanthes* as a forage and follow crop. Proceedings of the Regional Workshop on the Use of *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992. International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, p. 311-316.

Anomymous, 1972. The regional pattern of supply and spatial marketing flow characteristics of beef cattle in 1970-1971. Beef Res. Rep. no. 16, Bureau of Agric. Econ., Canberra, pp. 30.

Anonymous, 1975. ..... Northern Territory news magazine 1/2.

Anonymous, 1980. A handbook of research by the Charleville Pastoral Labratory. DPP, Queensland.

Anonymous, 1981a. Rural research in Northern Australia. A report to the Council. Commonwealth

Council for Rural Research and Extension. Australian Govern. Publ. Service, Canberra. pp. 331.

Anonymous, 1981b. CSIRO Annual report 1980-1981.

Anonymous, 1981c. Research Report 1976-1980, CSIRO Division of Soils,Adelaide.

Anonymous, 1981d. Where cattle graze in central Australia. CSIRO, Div. of Land Res. Mngmt., Information Service 23/4.

Anonymous 1982a. Annual Report 1981-1882. CSIRO, Div. Trop. Crops and Pastures, Brisbane.

Anonymous 1982b. Narayen Research Station. Briefing notes, CSIRO, Div. Trop. Crops and Pastures, Brisbane.

Anonymous, 1983a. Documentation pre-conference tour. CSIRO symposium "Agro-research for Australia's semi-arid tropics", Darwin.

Anonymous, 1983b. Brian Pastures Res. Station, Gayndah, Queensland.

Anonymous, ? Land use grazing experiments. CSIRO info sheet Narayen.

Arndt, W. & M.J.T. Norman, 1959. Characteristics of native pasture on tippera clay loam at Katherine, Northern Territory. CSIRO, Div. of Land Res. and Regional Survey, Techn. paper 3.

Bastin, G., 1983. Range condition assessment report Lilla Creek Station. DPP, Alice Springs, pp. 41.

Bayer, W., 1986. Utilization of fodderbanks. On: R. von Kaufman et al., CIPEA/NAPRI symposium sur "Livestock production in the Nigerian subhumid zone", Kaduna, 1984. ILCA, Addis-Ababa, pp. 351-364.

Bayer, W. & A. Waters-Bayer, 1989. Adapting tropical pasture research to the production system: from Australian ranching to African pastoralism. Farming systems series 20. Expl. Agric. 25, 277-289.

Beale, I.F., 1973. Tree density effects on yields of herbage and tree components in South West Queensland mulga (Acacia aneura) scrub. Trop. Grassl. 7/1, 135-142.

Beef Cattle Husbandry Branch, 1981a. The beef cattle industry in Queensland. Queensland DPI, Misc. Publ. 81004, Brisbane, p. 31.

Bengaly, K., W. Berckmoes, H. Breman & W. van Campen, 1988. Mission effectuée à l'encadrement de l'opération - Nord de la SODEPRA, Korhogo, Cote Ivoire. DRSPR, Volet Fonsébougou, Sikasso.

Box, Th.W. & R.A. Perry, 1971. Rangeland management in Australia. J. of Range Mngmt 24/3, 167-171.

Breman, H. & J.-J. Kessler, 1995. Woody plants in agro-ecosystems of semi-arid regions. With an emphasis on the Sahelian countries. Advanced Series in Agricultural Sciences 23, Springer-Verlag, Berlin.

Breman, H. & J.M. Krul, 1991a. La pluviosité et la production de fourrage sur les pâturages naturels. In: F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitèye (eds.), La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Res. Rep. 918. Pudoc, Wageningen. p. 304-321.

Breman, H. & J.M. Krul, 1991b. La stimulation de légumineuses. In: F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitèye (eds.), La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Res. Rep. 918. Pudoc, Wageningen. p. 434-439.

Breman, H. & J. van der Meer, en prép. Digestibility of fodders from Sahelian rangelands.

Breman, H. & N. de Ridder, Eds., 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Karthala, ACCT, CABO-DLO et CTA, Paris.

Breman, H. & N. de Ridder, 1993. Un manuel pour l'évaluation et le suivi des pâturages des pays sahéliens. Gaston, A., M. Kernick & H.N. Le Houérou (Eds), Actes du quatrième congrès international des terres de parcours. Volume 2-Communications, pp.971-974, CIRAD, Montpellier.

Breman, H., & L. Stroosnijder, 1991. La relation entre le substrat et végétation. In: F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitèye (eds.), La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Res. Rep. 918. Pudoc, Wageningen. p. 322-245.

Breman, H. & N. Traoré (Eds), 1987. Analyse des conditions de l'élevage et propositions de politiques et de programmes. Mali. SAHEL D(87)302. OCDE/CILSS/Club du Sahel. Paris. 243 pp.

Breman, H. & C.T. de Wit, 1983. Rangeland productivity and exploitation in the Sahel. Science 221, 1341-1347.

Breman, H., A.M. Cissé, M.A. Djitèye & W.Th. Elberse, 1980. Pasture dynamics and forage availability in the Sahel. Isr. J. Bot. 28, 227-251.

Breman, H., A.M. Cissé, M.A. Djitèye & W.Th. Elberse, 1991a. Le potentiel botanique des pâturages. In: F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitèye (eds.), La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Res. Rep. 918. Pudoc,

Wageningen. p. 98-132.

Breman, H., I.B. Cissé & M.A. Djitèye, 1991b. Exploitation, dégradation et désertification. In: F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitèye (eds.), La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Res. Rep. 918. Pudoc, Wageningen. p. 352-386.

Breman, H., J.J.M.H. Ketelaars & N'Golo Traoré, 1990. Un remède contre le manque de terre? Bilan des éléments nutritifs, production primaire et élevage au Sahel. Sécheresse 2, 109-117.

Breman, H., H. van Keulen & J.J.H.M. Ketelaars, 1984. Land-evaluation for semi-arid rangeland: A critical review of concepts. Proceedings of the Workshop on land evaluation for extensive grazing, Addis Ababa 1983. ILCA, ITC and FAO. ILRI, Wageningen. p. 229-244.

Burt, R.L., P.P. Rotar, J.L. Walker & M.W. Silvey, Eds. 1984. Legumes in improved tropical pastures. The role of Centrosema, Dermodium and Stylosanthes in improving tropical pastures. Westview trop. agric. series no. 6, Westview Press, Boulder. 292 pp.

Chippendale, G.M., 19... Can the Central Australian pastures survive with pastoral use? Austr. arid zone res. conf., Alice Springs, 1965.

Christie, E.K., 1975. A study of P nutrition and water supply on the early growth and survival of buffel grass grown on a sandy red earth from South West Queensland. Austr. J. of Exp. Agric. & Anim. Husb. 15/72, 239-249.

Christie, E.K., 1978. Ecosystem processes in semi-arid grasslands I. Primary production and water use of two communities possessing different photosynthetic pathways. Aust. J. Agric. Res. 29, 773-787.

Christie, E.K., 1979. Eco-physiological studies of the semi-arid grasses *Aristida leptopoda* and *Astrebla lappacea*. Austr. J. of Ecology 4, 223-228.

Christie, E.K., 1981. Biomass and nutrient dynamics in a C4 semi-arid Australian grassland community. J. of Appl. Ecol. 18, 907-918.

Christie, E.K., 1982? A note on the significance of Eucalyptus populnea for buffel grass production in infertile semi-arid rangelands. Charleville Pastoral Labratory. DPP, Queensland.

Christie, E.K. & J. Moorby, 1975. Physiological responses of semi-arid grasses I. The influence of P supply on growth and phosphorus absorption. Austr. J. of Agric. Res. 26, 423-436.

Cissé, A.M., 1986. Dynamique de la strate herbacée des pâturages de la zone sud-sahélienne. Thèse Ph.

D. Université Agronomique, Wageningen.

Condon, R.W., J.C. Newman & G.M. Cunningham, 1969. Soil erosion and pasture degeneration in central Australia III. The assessment of grazing capacity. J. of the Conserv. Serv. of NSW. 25, 225-250.

Coulibaly, D., 1995. Recherche d'un modèle d'exploitation de *Stylosanthes* hamata en banque fourragère et en pâturage amélioré. Thèse présentée pour obtenir le titre de Docteur de Spécialité, option: Nutrition animale. Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée (ISFRA), Bamako.

Coulibaly, Z., J. Kouao Brou, J. Cesar, D. Dulieu, 1991. Accroissement de la production fourragère au niveau terroir. Résultats de deuxième année. A.T.P. IMVT - CIRAD, Maisons-Alfort Cedex. IDESSA, Bouake, Côte - d'Ivoire. 53 pp.

Day, K.J., 1977. Fertility studies on 3 red earth soils of the Daly Basin, N.T. Techn. Bull. 22, Dep. of the Northern Territory, Anim. Industr. & Agric. Branch.

Diallo, A., 1978. TRANSHUMANCE: comportement, nutrition et productivité d'un troupeau zébus de Diafarabé. Thèse presentée en vue d'obtenir le titre de Docteur de Spécialité en biologie. Centre Pédagogique Supérieure, Bamako, Mali.

Eberson, J.P. & P. Lucas, 1965. Trees and soil nutrients in South West Queensland. Qld. J. of Agric. & Anim. Scs. 22, 431-435.

Ebersohn, J.P. & G.R. Lee, 1972. The impact of sown pastures on cattle numbers in Queenland. Austr. Vet. Journ. 48, 217-223.

Elberse, W.Th. & H. Breman, 1989. Germination and establishment of Sahelian rangeland species. I. Seed properties. Oecologia 80, 477-484.

Elberse, W.Th. & H. Breman, 1990. Germination and establishment of Sahelian rangeland species. II. Effects of water availability. Oecologia 85, 32-40.

Friedel, M.H., K.M. Cellier & K.P. Nicolson, 1980. Nutrient deficiencies in central Australian semi-desert rangelands, with reference to decline in range conditions. Austr. Rangel. J., vol. 2, no. 2, 151-161.

Gardener, C.J., 1980a. Tolerance of perennanting *Stylosanthes* plants to fire. Austr. J. of Exp. Agric. & Anim. Husb. 20, 587-593.

Gardener, C.J., 1980b. Diet selection and liveweight performance of steers on Stylosanthes hamata - native grass. Aust. J. Agric. Res. 31, 379-392.

Gardener, C.J., 1981. Population dynamics and stability of Stylosanthes hamata c.v. Verano in grazed pastures. Aust. J. Agric. Res. 32, 63-74.

Gardener, C.J., 1993. The colonization of a tropical grassland by *Stylsanthes* from seed transported by cattle. Aust. J. Agric. Res. 44, 229-315.

Gillard, P., 1979. Improvement of native pasture with Townsville stylo in the dry tropics of sub coastal Northern Queensland. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 19, 325-336.

Gillard, P., 1982. Beef cattle production from improved pastures; the use of Stylosanthes species in the sub-humid tropics of Aystralia. World Animal Review 44, 2-8.

Gillard, P., L.A. Edye & R.L. Hall, 1980. Comparison of *Stylosanthes humilis* with *Stylosanthes hamata* and *Stylosanthes subsericea* on pasture composition and cattle liveweight gain. Aust. J. Agric. Res. 31, 205-220.

Graaf, S. van der & H. Breman, 1993. Agricultural production: ecological limits and possibilities. Contribution to the Sahel ecology, economy and demography study. Rapports PSS no. 3. Prepared for the Club du Sahel. IER, Bamako/DAN-UAW, Wageningen/ AB-DLO, Wageningen, 39 pp.

Gray, J.R., 1969. Requirements of financial policies for extensive range enterprises. In: R.O. Slatyer & R.A. Perry, Eds. Arid Lands of Australia. Austr. Nat. Univ. Press, Canberra.

Griffiths Davies, J., 1952. Pastures in the Australian economy. The J. of Austr. Inst. Agric. Sci. 18, 60-67.

Griffiths Davies, J. & A.G. Eyles, 1965. Expansion of Australian pastoral production. The J. of Austr. Inst. Agric. Sci. 31, 77-93.

Hacker, J.B., N.H. Shaw & L. 't Mannetje, 1982. More beef from spear grass country. Rodd's Bay pasture research, Central Queensland, 1945-1977. Div. of Trop. crops and pastures. Res. rep. 2, pp. 41.

Hanson, J. & J.H. Heering, 1994. Genetic resources of *Stylosanthes* species. In: P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed-Saleem & A.M. Nyamu (eds). *Stylosanthes* as a forage and follow crop. Proceedings of the Regional Workshop on the Use of *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992. International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, p. 55-61.

Hoefsloot, H., F. van der Pol & L. Roeleveld, 1993. Jachères améliorées. Options pour le développement des systèmes de production en Afrique de l'Ouest. Bulletin 333. KIT, Amsterdam, 86 pp.

Holmes, W.E., 1983. Eastern mulga economic survey 1972-1980. Rural Inf. Publ. 1. DPI, Queensland.

Howes, K.M.W., Ed. 1978. Studies of the Australian arid zone III. Water in rangelands. Proc. Symp. Alice Springs 1974. CSIRO, Div. of Land Res. Mngmnt, Brisbane. pp. 255.

Jones, R.J., 1974. The relation of animal and pasture production to stocking rate on legume based and nitrogen fertilized subtropical pastures. Proc. Austr. Soc. Anim. Prod. 10, 340-343.

Jones, R.J., 1982. Agronomy of Leucaena leucocephala. Div. of trop. crops and pastures, Inf. Service, sheet 41/4. CSIRO, Australia.

Jones, R.J. & R.M. Jones, 1978. The ecology of Siratro-based pastures. In: J.R. Wilson, Ed. Plant relations in pastures, CSIRO, Melbourne. p. 353-367.

Kaufman, R. von & M.A. Mohamed Saleem, 1989. Interaction between agronomy and economics in forage legume research. In: ILCA-bulletin 35, CIPEA, Addis Abeba, p. 22-27.

Ketelaars, J.J.M.H., 1991a. La production animale. In: H. Breman & N. de Ridder. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. KARTHALA, ACCT, CABO-DLO et CTA. KARTHALA, Paris, p. 357-388.

Ketelaars, J.J.M.H., 1991b. La productivité des bovins. In: H. Breman & N. de Ridder. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. KARTHALA, ACCT, CABO-DLO et CTA. KARTHALA, Paris. p. 82-89.

Krul, J.M. & H. Breman, 1991a. L'influence du feu. In: F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitèye (eds.), La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Res. Rep. 918. Pudoc, Wageningen. p. 346-351.

Krul, J.M. & H. Breman, 1991b. Les légumineuses. In: F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitèye (eds.), La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Res. Rep. 918. Pudoc, Wageningen. p. 296-303.

Leeuw, P.N. de, 1994. Stylo as forage and fallow: Synthesis and review. In: P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed-Saleem & A.M. Nyamu (eds). *Stylosanthes* as a forage and follow crop. Proceedings of the Regional Workshop on the Use of *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992. International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, p. 325-334.

Leeuw, P.N. de & W.L. Brinckman, 1975.Pasture and rangeland improvement in the Northern Guinea and Sudan zone of Nigeria. Paper given at International symposium on animal production in the tropics, Ibadan, March, 1973. Samaru Conference Paper 5, 1-13.

Leeuw, P.N. de, M.A. Mohamed-Saleem & A.M. Nyamu (eds), 1994. *Stylosanthes* as a forage and follow crop. Proceedings of the Regional Workshop on the Use of *Stylosanthes* in West Africa held in

Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992. International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, 340 pp.

Leeuw, P.N. de, A. Roeleveld & E. Agishi, 1994. Population dynamics and yield of *Stylosanthes* hamata cv Verano pastures in northern Nigeria. In: P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed-Saleem & A.M. Nyamu (eds). *Stylosanthes* as a forage and follow crop. Proceedings of the Regional Workshop on the Use of *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992. International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, p. 105-111.

Leloup, S., 1985. De stikstofkringloop in savanne-ecosystemen en de stikstoffixatie bij acacia. Literatuurstudie. Vakgroep Oecologie, VU, Amsterdam. 23 p.

Letts, G.A., 1965. Cattle industry in the arid zone. Austr. arid zone res. conf., Alice Springs, 1965. p. Fv-Fx.

Little, D.A. & K. Agyemang, 1994. An assessment of stylo as a source of supplementary feeding. In: P. N. de Leeuw, M.A. Mohamed-Saleem & A.M. Nyamu (eds). *Stylosanthes* as a forage and follow crop. Proceedings of the Regional Workshop on the Use of *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992. International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, p. 147-154.

Low, W.A. & J.T. Wood, 1979. Growth rates of british breed calves in central Australia. Austr. J. Exp. Agric and Anim. Husb. 19, 283-289.

Main, A.R., 1969. Native animal resources. In: R.O. Slatyer & R.A. Perry, Eds. Arid lands of Australia, Austr. Nat. Univ. Press, Camberra, p. 93-104.

Mani, R.I., R. von Kaufmann, A.R. Egan, R.M. Dixon & J.H.G. Holmes, 1994. Development of grazing and utilisation strategies for stylo-based pasture supplies adapted to cattle production systems. In: P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed-Saleem & A.M. Nyamu (eds). *Stylosanthes* as a forage and follow crop. Proceedings of the Regional Workshop on the Use of *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992. International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, p. 155-165.

't Mannetje, L., 1965. Speargrass pastures in South East Queensland and their management. Neth. J. agr. Sci. 13/2, 157-163.

`tMannetje, L. & N.H. Shaw, 1972. N fertilizer responses of a Heteropogon contortum and a Paspalum plicatulum pasture in relation to rainfall in central coastal Queensland. Austr. J. of Exp. Agric. & Anim. Husb. 12, 28-35.

Mc Cosker, T.H., C.A. Emerson & A.E. Garrard, 1982. Extensive beef property development strategies for North Australia. In: .....Ed., Animal Production in Australia, pp. 333-336.

Mc Cosker, T.H. & C.A. Emerson, 1982. The failure of legume pastures to improve animal production

in the monsoonal dry tropics of Australia. In: .....Ed., Animal Production in Australia, pp. 337-340.

Mc Cown, R.L., 1980. The climatic potential for beef cattle production in tropical Australia I. Simulating the annual cycle of liveweight change. Agric. Systems 6, 303-317.

Mc Cown, R.L., 1981. The climatic potential for beef cattle production in tropical Australia III. Variation in the commencement, cessation and duration of the green season. Agric Systems 7, 163-178.

Mc Cown, R.L., 1982. The climatic potential for beef cattle production in tropical Australia IV. Variation in seasonal and annual productivity. Agric. Systems 8, 3-15.

Mc Cown, R.L. & C. J. Gardener, 1983. Diet-quality considerations in the design and management of pastures in seasonally dry tropics of Australia. In: J.A. Smith & V.W. Hays, Eds., Proc. XIV Int. Grassl. Congr., Lexington 1981. p. 756-759.

Mc Cown, R.L., P. Gillard, L. Winks & W.T. Williams, 1981. The climatic potential for beef cattle production in tropical Australia II. Liveweight change in relation to agroclimatic variables. Agric. Systems 7, 1-10.

Mc Ivor, J.G., 1981. Seasonal changes in the growth, dry matter distribution and herbage quality of three native grasses in Northern Queensland. Austr. J. of Exp. Agric. & Anim. Husb. 21, 600-609.

Mc Ivor, J.G., R.J. Jones, C.J. Gardener & W.H. Winter, 1983. Development of legume based pastures for beef production in dry tropical areas of Northern Australia. In: J.A. Smith & V.W. Hays, Eds., Proc. XIV Int. Grassl. Congr., Lexington 1981.

Mc Lintock, G.T., 1970. The economics of pasture improvement for beef production in the Northern Territory: a summary. Quaterly Rev. Agric. Econ. 23, 82-96.

Mohamed-Saleem, M.A. & P.N. de Leeuw, 1994. Stylo-based pastures for livestock production. In: P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed-Saleem & A.M. Nyamu (eds). *Stylosanthes* as a forage and follow crop. Proceedings of the Regional Workshop on the Use of *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992. International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, p. 139-145.

Mott, J.J., J.C. Tothill & E.J. Weston, 1981. Animal production from native woodlands and grasslands of Northern Australia. J. of the Austr. Inst. of Agric. Sc., 132-141.

Nix, H.A., 1983. Methods for coping with variation in climate and soils. In: Proceedings Agro-research for Australia's semi-arid tropics, a symposium on the role of research in agricultural development, Darwin, N.T., Australia, 21-25 march 1983. CSIRO.

Norman, M.J.T., 1963. The pattern of dry matter and nutrient content changes in native pastures at

Katherine, Northern Territory. Austr. J. of Exp. Agric. & Anim. Husb. 3, 119-124.

Norman, M.J.T., 1966. Katherine Research Station 1956-1964. A review of published work. CSIRO, Div. of Land Res. Techn. Paper 28.

Norman, M.J.T. & J.E. Begg, 1973. Katherine Res. Station: a review of published work, 1965-1972. Div. of land Res., Techn. paper 33, CSIRO, Australia.

Otsyina, R.M., R.R. von Kaufmann, M.A. Mohamed Saleem & H. Suleiman, 1987. Manual on fodder bank establishment and management. Subhumid Zone Programme International Livestock Centre for Africa. ILCA, Addis Ababa.

Penning de Vries, 1991. La production potentielle des pâturages naturels. In: F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitèye (eds.) , La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Res. Rep. 918. Pudoc, Wageningen. p. 165-180.

Penning de Vries & van Keulen, 1991. La production actuelle et l'action de l'azote et du phosphore. In: In: F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitèye (eds.), La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Res. Rep. 918. Pudoc, Wageningen. p. 196-225.

Penning de Vries, F.W.T. & M.A. Djitèye (eds.), 1991 (2ème édition). La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Res. Rep. 918. Pudoc, Wageningen. 525 pp.

Perry, R.A., 1965. The pastoral industry in Central Australia in relation to land types and stock waters. Austr. arid zone res. conf., Alice Springs, 1965. p. E1-E4.

Playne, M.J., 1972. Nutritional value of Townsville stylo and of spear grass dominant pastures fed to sheep 2. The effcet of superphosphate fertilizer. Austr. J. of Exp. Agric. & Anim. Husb. 12, 373- 377.

Playne, M.J. & K.P. Haydock, 1972. Nutritional value of Townsville stylo and of spear grass dominant pastures fed to sheep 1. The effcet of plant maturity. Austr. J. of Exp. Agric. & Anim. Husb. 12, 365-372.

Pressland, A.J., 1976. Effect of stand density on water use of mulga woodlands in South West Queensland. Austr. J. of Bot. 24, 177-199.

Probert, M.E. & J. Williams, 1983. Seasonal changes and the effect of P application on teh N and P concentrations of four perennial stylosanthes. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb., draft.

Rickert, K.G., 1981. Grazing improved and native pastures. Qld. Agric. J., 110-112.

Rickert, K.G. & W.H. Winter, 1980. Integration of feed sources in property management: extensive systems. Trop. Grassl. 14/3, 239-245.

Rickert, K.G., G.M. Ms Keon & J.H. Prinsen, 1983. Growing beef cattle on native pasture oversown with legume sine-stem stylo in subtropical Australia. In: J.A. Smith & V.W. Hays, Eds., Proc. XIV Int. Grassl. Congr., Lexington 1981. p. 762-765.

Robinson, I.B. & N.C. Sing, 1975. Estimated profitability of investment in legume pasture development in far North Queensland. Trop. Grassl. 9/3, 199-207.

Rose, A.L., 1952. Some problems of beef production. The Austr. Vet. J. 28, 288-291.

Scattini, W.J. & E.E. Powell, 1982. Simulation of production variability from native pastures in South East Queensland. Proc. Austr. Soc. Anim. Prod. 14, 197-210.

Shaw, N.H. & L. 't Mannetje, 1970. Studies on a spear grass pasture in central coastal Queensland. The effect of fertilizer, stocking rate and oversowing with Stylosanthes humilis on beef production and botanical composition. Trop. Grassl. 4/1, 43-55.

Sheldon, B., 1980. Lease laws and the arid-zone pastoralist. Rural Research 107, 21-27.

Siebert, S.D., 19... Growth and water use of beef cattle on desert pastures. Austr. arid zone res. conf., Alice Springs, 1965.

Silcock, R.G., A. Noble & R.D. B. Whalley, 1976. Importance of P and N in the nutrition of grass seedlings growing in mulga soil. Aust. J. Agric. Res. 27, 583-592.

Skerman, P.J., D.G. Cameron & F. Riveros, 1988. Tropical forage legumes. FAO Plant production and protection series no. 2, FAO, Rome. 692 pp.

Stroosnijder, 1991. La pédologie du Sahel et du terrain d'étude. In: F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitèye (eds.) , La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Res. Rep. 918. Pudoc, Wageningen. p. 52-71.

Stroosnijder & Van Heemst, 1991. Le milieu sahélien et les terrains expérimentaux. In: F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitèye (eds.), La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Res. Rep. 918. Pudoc, Wageningen. p. 36-51.

Stroosnijder & Koné, 1991. Le bilan d'eau du sol. In: F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitèye (eds.), La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Res. Rep. 918. Pudoc, Wageningen. p. 133-165.

Tothill, J.C. & R.M. Jones, 1977. Stability in sown and oversown Siratro pastures. Trop. Grasslands 11, 55-65.

Tothill, J.C. & J.J. Mott, Eds., 1985. Ecology and management of the world's savannas. Austr. Acad. of Sci., Canberra, 384 p.

Toutain, B., B. Peyre de Fabrègues, G. Roberge, A. Bigot & G. Rippstein, 1994. Revue des travaux de recherche, de vulgarisation et d'utilisation effectués sur *Stylosanthes* en Afrique de l'Ouest. In: P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed-Saleem & A.M. Nyamu (eds). *Stylosanthes* as a forage and follow crop. Proceedings of the Regional Workshop on the Use of *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992. International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, p. 7-16.

Veeneklaas, F.R., S. Cissé, P.A. Gosseye, N. van Duivenbooden & H. van Keulen, 1990. Compétition pour des ressources limitées: le case de la cinquième région du Mali. Rapport 4. Scénarios de développement. CABO, Wageningen & ESPR, Mopti. 182 p. + annexes

Wesley-Smith, R.N., 1972. Liveweight gains of shorthorn steers on native and improved pastures at Adelaïde River, Northern Territory. Austr. J. of Exp. Agric. & Anim. Husb. 12, 566-572.

Wesley-Smith, R., 1982. Pastures in the Top End, a primer. Techn. Bull. 45, Div. of Agric. & Stock, Dept. of Prim. Prod., Darwin.

Westoby, M., 1980. Elements of a theory of vegetation dynamics in arid rangelands. Isr. J. Bot. 28, 169-194.

Wicksteed, L.T., 1978. An economic evaluation of pasture improvement alternatives; coastal Burnett foothills. Trop. Grassl. 12, 20-27.

Winks, L., F.C. Lamberth, K.W. Moir & P.M. Pepper, 1974. Effect of stocking rate and fertilizer on the performance of steers grazing Townville stylo based pasture in Northern Queensland. Austr. J. Exp. Agric. and Anim. Husb. 14, 146-154.

Winkworth, R.E., ... The soil water regime of an arid grassland (Eragrostis eriopoda community in Central Australia. .....

Willigen, P. de, G. Dijksterhuis & W. Chardon, in prép. Dynamique et disponibilité de P dans les sols soudano-sahéliens. In: Breman, H. & K. Sissoko, Eds., Intensification agricule au Sahel. Karthala, Paris.

Wilson, A.D., Ed., 1974. Studies of the Australian arid zone II. Animal production, Proc. Symp. Rangel. Res. Unit, Deniliquin, Oct. `71, SCIRO, Australia.

Liste des sigles et abréviations

AB-DLO : Institut de la Recherche Agrobiologique et de la Fertilité du Sol du Service de la Recherche Agronomique

C : carbon

CIPEA : Centre International pour l'Elevage en Afrique

Co : cobalt

Cu : cuiore

DAN-UAW : Département de l'Aménagement de la Nature de l'Université Agronomique de Wageningen

DRSPR : Département de la Recherche des Systêmes de Production Rurale

IER : Institut d'Economie Rurale

K : porassium

Mo : molubdène

N : azote

P : phosphore

Pff : parcelle de la banque fourragère

PI : parcelle parcours amélioré ayant reçu une fois l'apport de P

PII : parcelle parcours amélioré ayant reçu annuellement l'apport de P

PO : parcelle témoin de l'essai parcours amélioré

Ppn : parcelle parcours naturel, témoin de l'essai banque fourragère

PPS : projet Production Primaire Sahélienne

PSS : projet Production Soudane-Sahélienne

Pta : parcelle de la banque fourragère exploitée tardivement

région-PSS : zone des pays sahéliens entre les isohyètes de 300 et de 900 mm an^{-1}

S : soufre

SODEPRA : Société du Développement de la Production Animale

TSP : triple super phosphate

UBT : unité bovine tropicale (250 kg de poids vif)

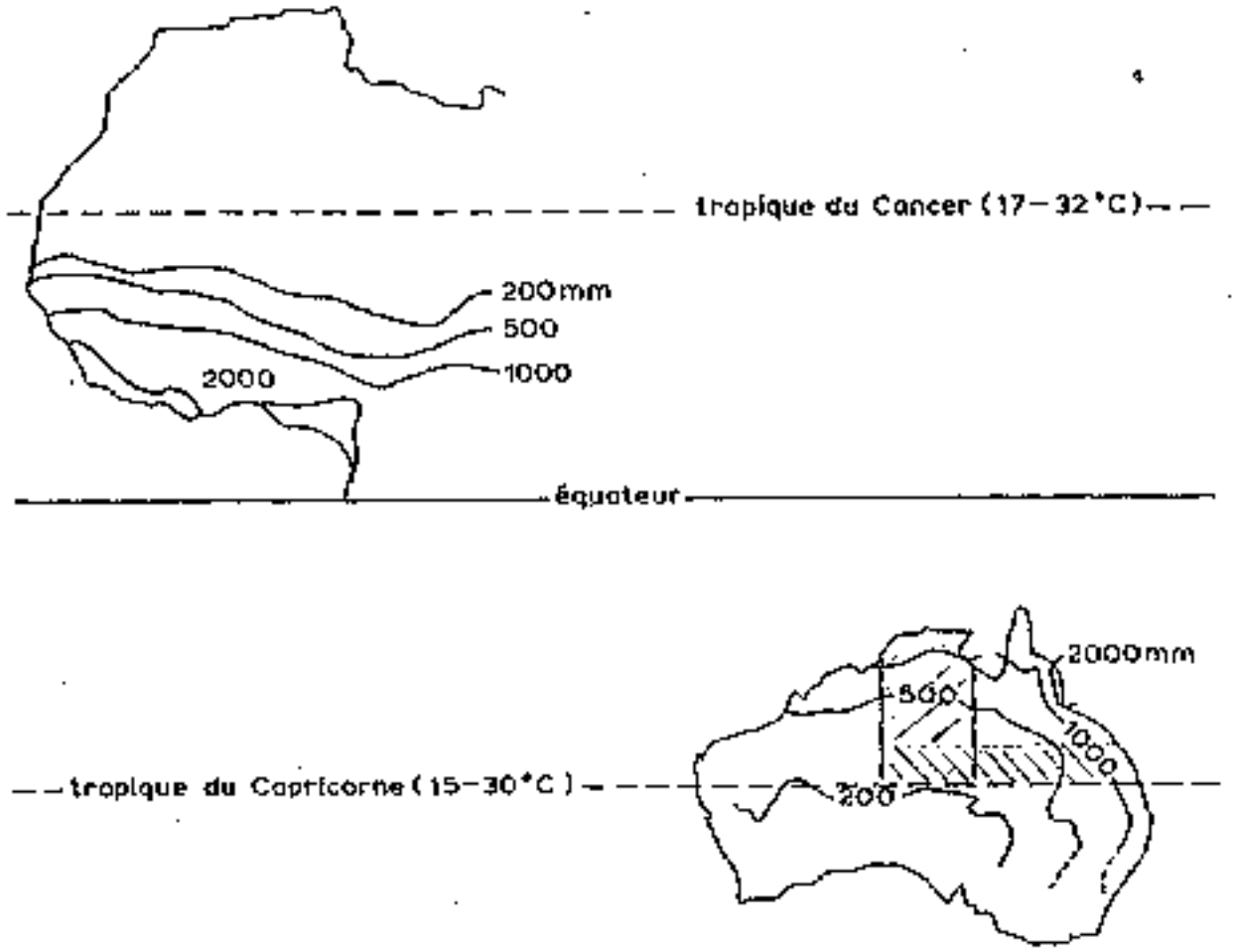

Figure 1. Pluviosité et position par rapport à l'équateur de la zone tropicale de l'Australie et de l'Afrique de l'Ouest. Indication des transects centre-nord et centre-est distingués en Australie.

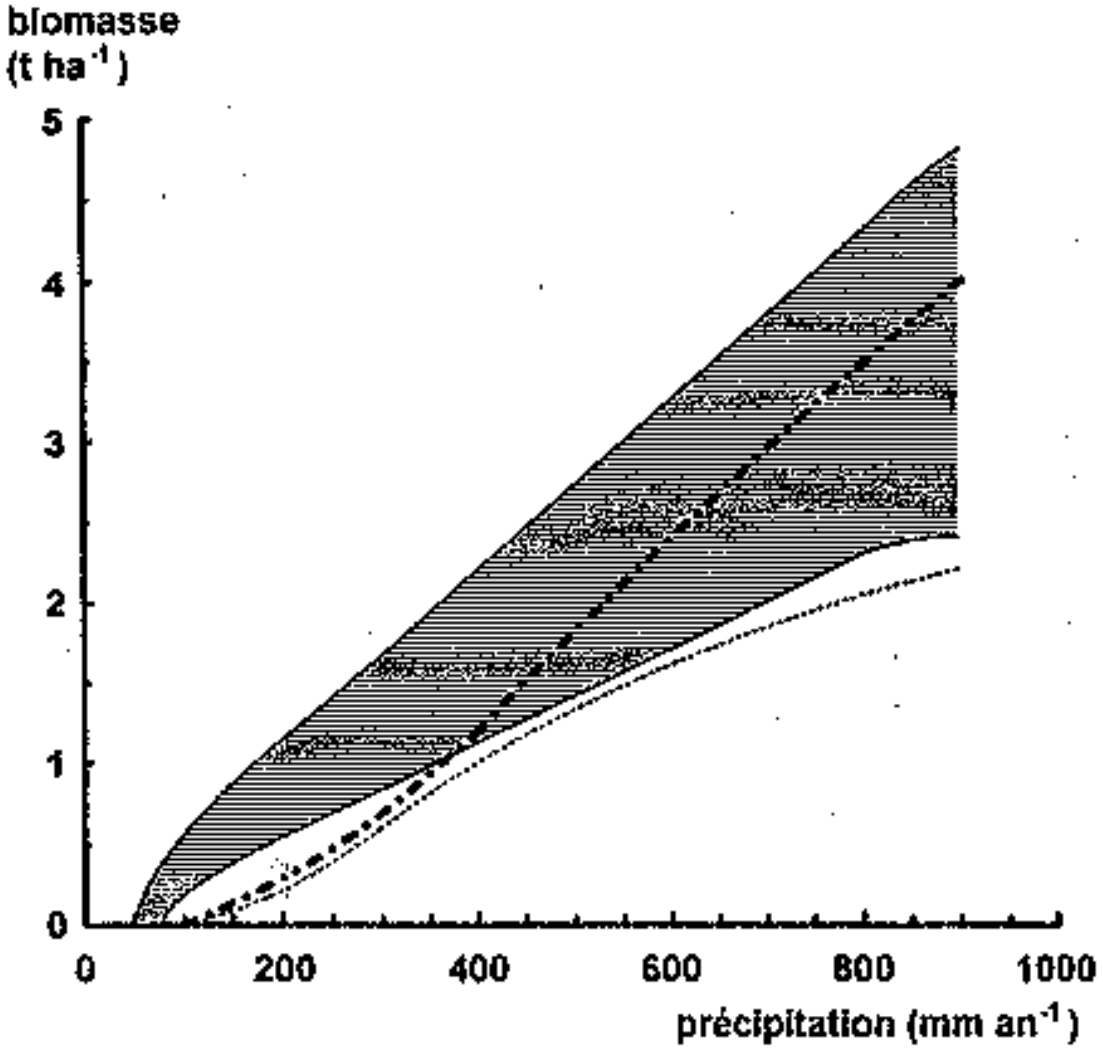

Figure 2. La production de la strate herbacée des parcours naturels de l'Afrique de l'Ouest par rapport à la pluviosité moyenne comparée avec la production moyenne des parcours des transects centre-nord (------) et centre-est (.....) en Australie.

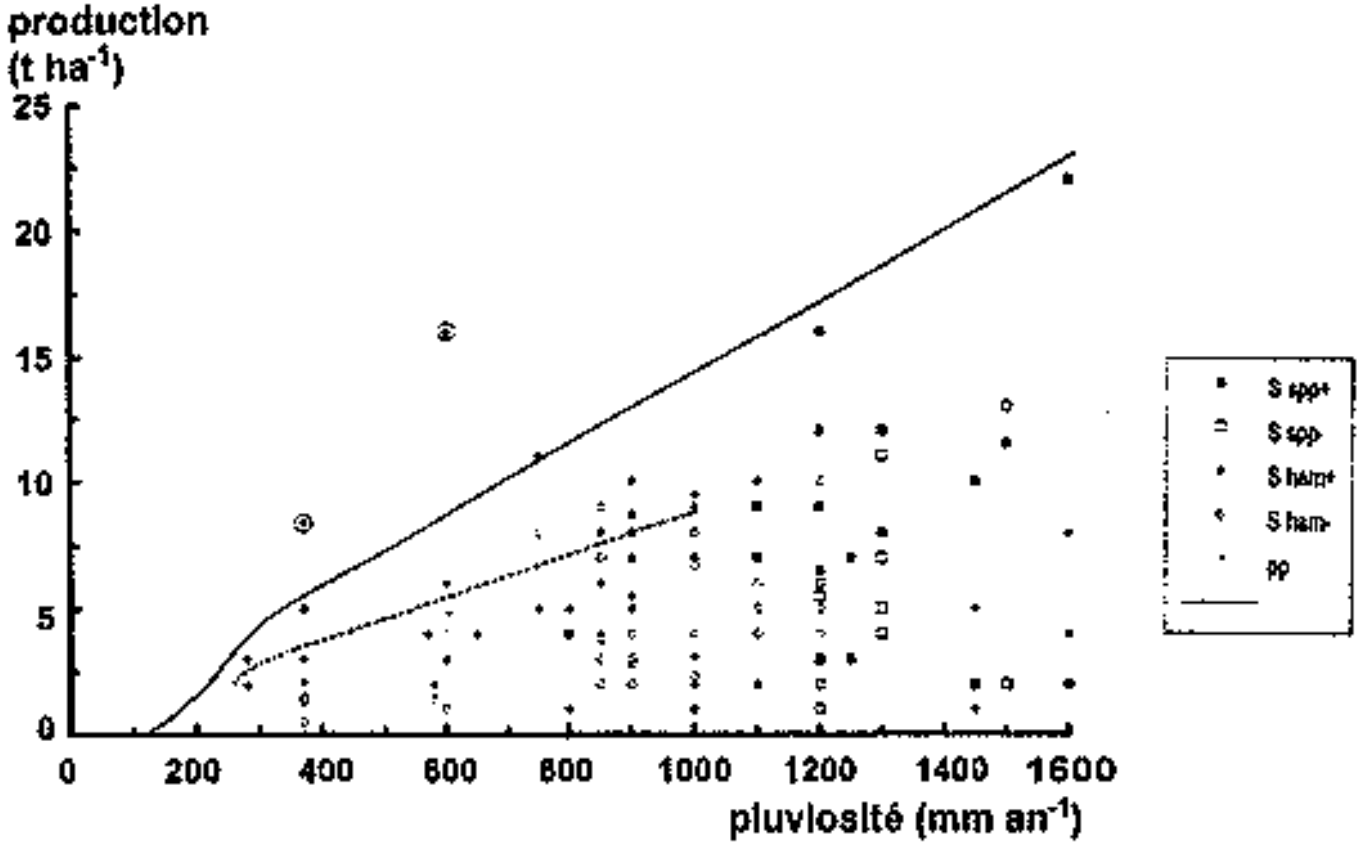

Figure 3. Le rapport entre la pluviosité et la production annuelle des banques et soles fourragères basées sur Stylosanthes hamata ( ) ou Stylosanthes spp ( ), oui ou non fertilisées avec du phosphore (signes remplis et ouverts) en Afrique de l'Ouest. La figure montre aussi la production théorique limitée par l'eau d'une espèce C3 (———) et la production maximale du niébé observée par le projet (-------).

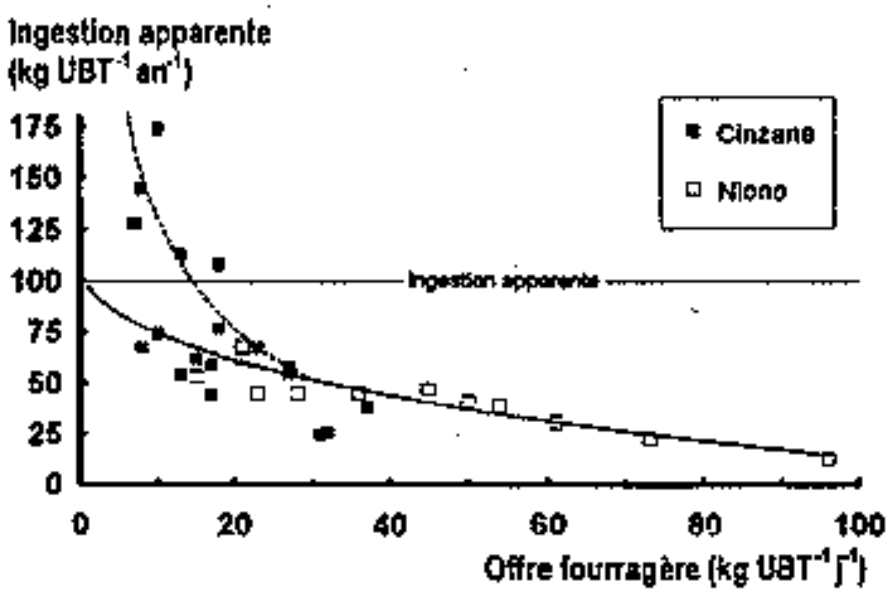

Figure 4. Une indication des pertes de pâture par rapport à l'offre de fourrage, à travers l'ingestion réelle exprimée comme pourcentage de l'ingestion apparente et liée à l'offre fourragère (kg UBT^{-1} j^{-1} de matière sèche).
( ) essai parcours amélioré; ( ) essai banque fourragère
———— rapport entre ingestion et l'offre; ..... anomalie, causé par le broutage des ligneux à cause de sécheresse vraisemblablement.

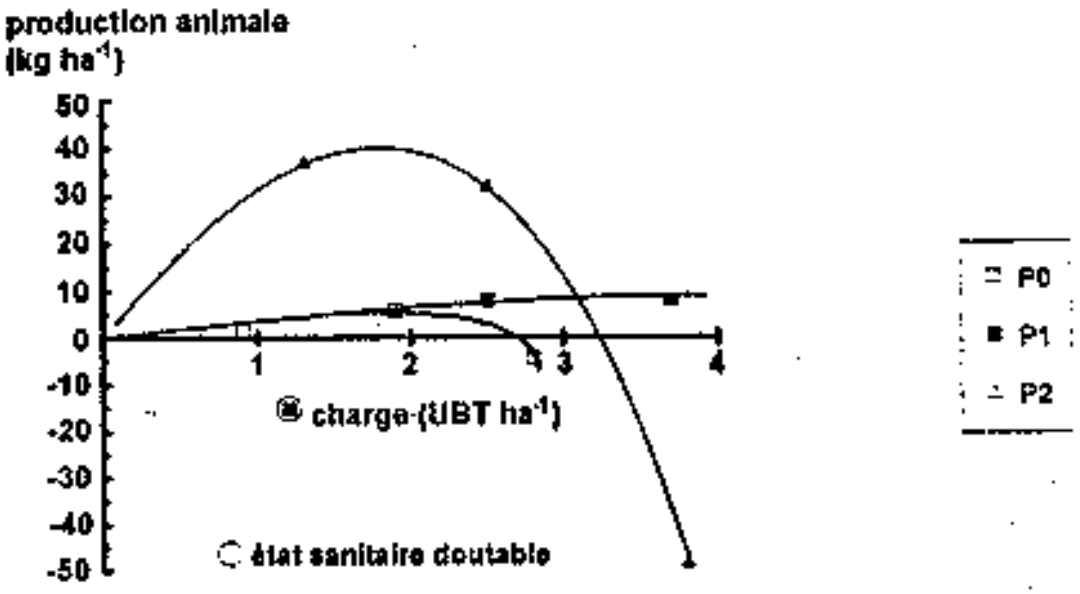

Figure 5. Le rapport entre la production animale (kg ha^{-1} de poids vif) des parcours améliorés (PI et PII) et témoin (P0) avec l'intensité d'exploitation de ces parcours (UBT ha^{-1}).
O état sanitaire doutable.

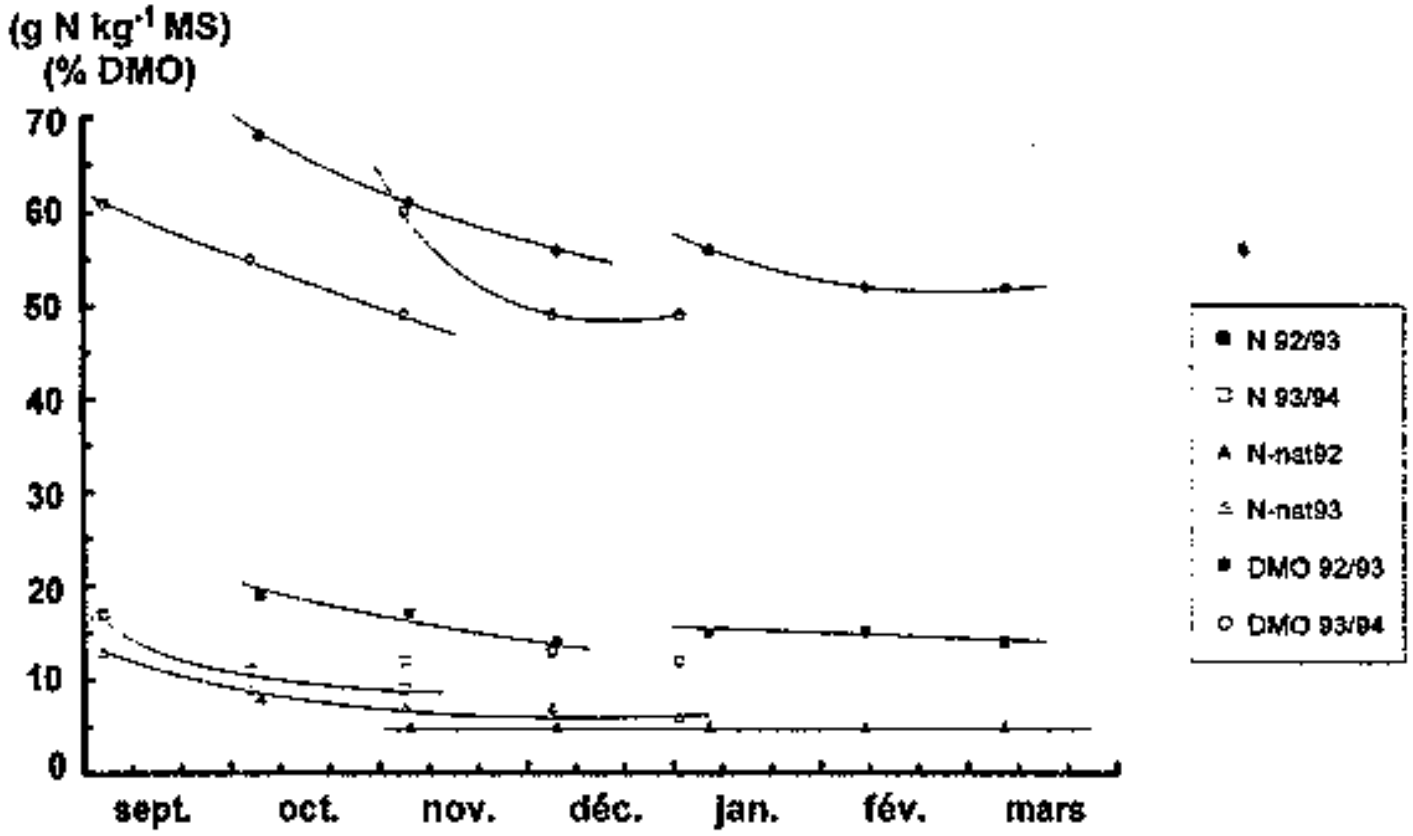

Figure 6. Evolution de la teneur en azote (g kg^{-1} de la matière sèche; ————) et de la digestibilité (% de la matière organique; .....) de la banque fourragère au cours des essais de la première et deuxième année d'utilisation, comparée avec l'évolution de la teneur en azote du parcours naturel.

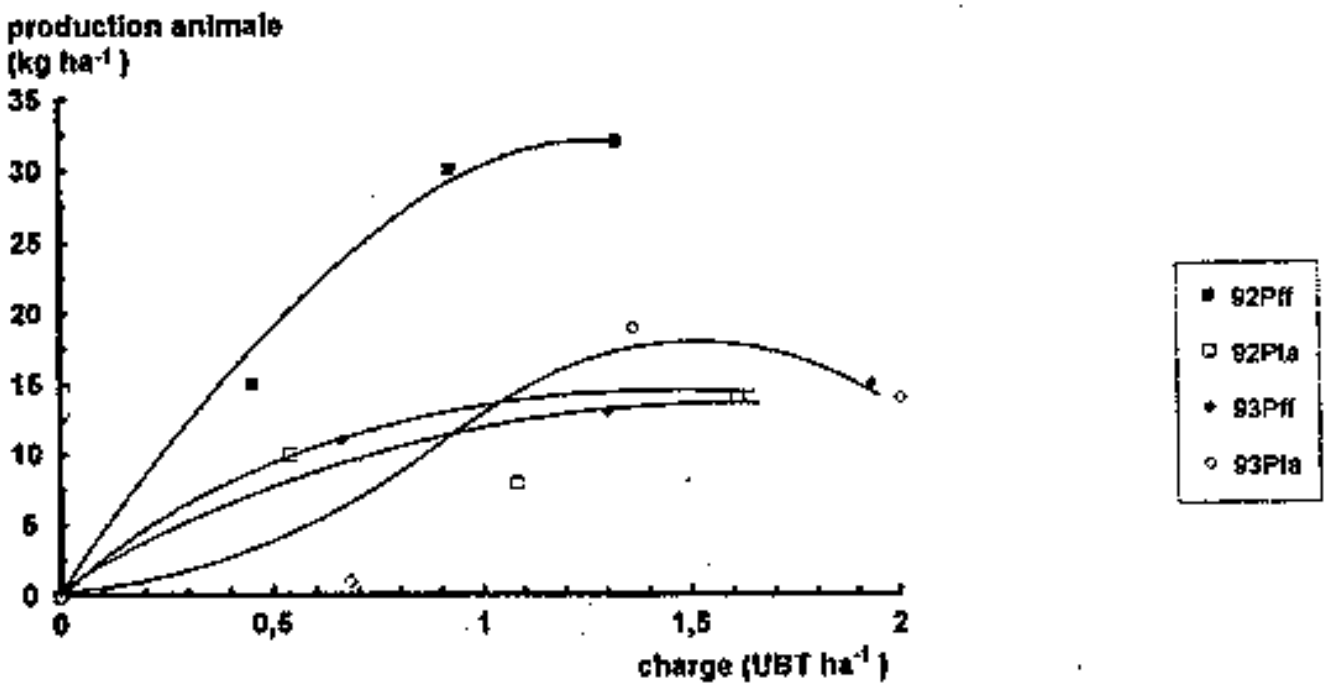

Figure 7. Le rapport entre la production animale (kg ha^{-1} de poids vif) des ovins supplémentes par la banque fourragère et l'intensité d'exploitation de la banque (UBT ha^{-1}), précisé par période (Pff et Pta) pour la première et la deuxième année d'exploitation.