

Rapports PSS N° 20 (Chapitre 1 et 2)

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

Projet de coopération scientifique

Recherche d'un modèle d'exploitation de *Stylosanthes hamata* en banque fourragère et en pâturage amélioré

Thèse pour obtenir le titre de Docteur de Spécialité, Option : Nutrition Animale

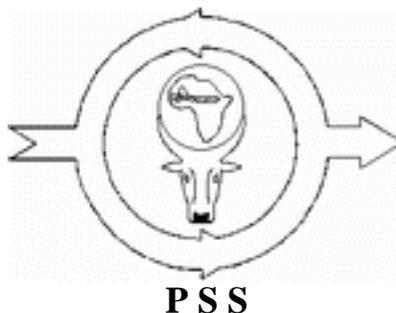
à l'Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée*

Dounanké Coulibaly**

* ISFRA, B.P. 241, Bamako

** Institut d'Economie Rurale (IER), B.P. 258, Bamako

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



Rapports PSS N° 20

Wageningen, 1996

Rapports du projet Production Soudano-Sahélienne (PSS)

Numéro 20

Table des matières

- [Avant-propos](#)
- [Résumé](#)

- [1. Introduction](#)
 - [1.1. Justification](#)
 - [1.2. Objectifs](#)
 - [1.2.1. But](#)
 - [1.2.2. Objectifs](#)
 - [1.2.2.1. Objectifs globaux](#)
 - [1.2.2.2. Objectifs spécifiques](#)
 - [1.2.3. Hypothèses](#)
- [2. Matériels et méthodes](#)
 - [2.1. Milieux physiques et végétations des terrains d'étude](#)
 - [2.1.1. Localisation géographique](#)
 - [2.1.2. Climat](#)
 - [2.1.3. Sols et végétation](#)
 - [2.2. Stratégie de germination et d'installation du Stylo](#)
 - [2.2.1. Introduction justificative](#)
 - [2.2.2. Objectifs de l'étude](#)
 - [2.2.3. Matériels et méthodes](#)
 - [2.2.3.1. Test de viabilité des semences](#)
 - [2.2.3.2. Test de germination](#)
 - [2.2.3.3. Test de résistance des plantules à la sécheresse](#)
 - [2.3. Pâturage amélioré](#)
 - [2.3.1. Traitements appliqués](#)
 - [2.3.2. Modèle d'exploitation des traitements](#)
 - [2.3.2.1. Détermination des taux de charge](#)
 - [2.3.2.2. Conduite de l'exploitation](#)
 - [2.3.3. Etude interannuelle du tapis herbacé](#)
 - [2.3.3.1. Composition floristique](#)
 - [2.3.3.2. Estimation de la production de biomasse herbacée de fin de croissance](#)
 - [2.3.3.3. Evaluation de la qualité fourragère](#)
 - [2.3.4. Consommation apparente et ingestion estimée](#)
 - [2.3.5. Sélectivité \(indice de préférence\)](#)
 - [2.3.6. Mesure de l'évolution pondérale des animaux](#)
 - [2.4. Banque fourragère](#)
 - [2.4.1. Installation de la banque](#)
 - [2.4.2. Méthodes de gestion appliquées](#)
 - [2.4.2.1. Application de P, désherbage et pâture précoce](#)
 - [2.4.2.2. Périodes d'exploitation](#)

- [2.4.2.3. Taux de charge](#)
- [2.4.2.4. Conduite de l'exploitation](#)
- [2.4.3. Evaluation de la persistance du Stylo et autres paramètres](#)
 - [2.4.3.1. Mesure de la biomasse totale et contribution du Stylo](#)
 - [2.4.3.1. Autres paramètres](#)
- [2.4.4. Méthodologie de la pâture précoce](#)
- [2.5. Analyses statistiques](#)
- [3. Résultats et discussions](#)
 - [3.1. Résultats sur stratégie de germination et d'installation du Stylo](#)
 - [3.1.1. Test de viabilité](#)
 - [3.1.2. Test de germination](#)
 - [3.1.2.1. Taux de germination](#)
 - [3.1.2.2. Vitesse et hétérogénéité de la germination](#)
 - [3.1.3. Test de résistance à la sécheresse](#)
 - [3.2. Discussions](#)
 - [3.2.1. Taux de germination](#)
 - [3.2.2. Vitesse et hétérogénéité de la germination](#)
 - [3.2.3. Résistance à la sécheresse](#)
 - [3.3. Résultats sur pâturage amélioré](#)
 - [3.3.1. Variation interannuelle de la composition floristique](#)
 - [3.3.1.1. Variation et traitements](#)
 - [3.3.1.2. Variation et charges](#)
 - [3.3.1.3. Variation - pluviosité et compétition interspécifique](#)
 - [3.3.2. Evolution interannuelle de la biomasse herbacée](#)
 - [3.3.2.1. Biomasses mesurées](#)
 - [3.3.2.2. Biomasses Standardisées](#)
 - [3.3.3. Valeur alimentaire et exploitation des parcours](#)
 - [3.3.3.1. Valeur nutritive \(teneur en N et DMO\)](#)
 - [3.3.3.2. Consommation apparente](#)
 - [3.3.3.3. Sélectivité](#)
 - [3.3.4. Production animale des différents traitements](#)
 - [3.3.4.1. Production en 1992](#)
 - [3.3.4.2. Production en 1993](#)
 - [3.4. Discussions sur pâturage amélioré](#)
 - [3.4.1. Persistance de Stylosanthes hamata](#)
 - [3.4.1.1. Persistance et application du phosphore](#)
 - [3.4.1.2. Persistance et stratégie de pâture](#)
 - [3.4.1.3. Persistance & particularité du site](#)

- [3.4.2. Valeur nutritive et production animale](#)
 - [3.4.2.1. Teneur en azote et DMO](#)
 - [3.4.2.2. Production animale](#)
- [3.5. Résultats sur banque fourragère](#)
 - [3.5.1. Pluviométrie annuelle](#)
 - [3.5.2. Dynamique interannuelle du rendement fourrager de la banque et du parcours naturel](#)
 - [3.5.3. Persistance de Stylosanthes hamata](#)
 - [3.5.3.1. Effet de la période d'exploitation](#)
 - [3.5.3.2. Effet des taux de charge par période](#)
 - [3.5.4. Pâture précoce comme méthode de gestion](#)
 - [3.5.5. Variation interannuelle de la qualité de la banque](#)
 - [3.5.5.1. Teneur en azote et DMO](#)
 - [3.5.5.2. Evolution de la disponibilité d'azote de la biomasse aérienne](#)
 - [3.5.6. Consommation apparente sur banque](#)
 - [3.5.6.1. Consommation apparente et offre fourragère](#)
 - [3.5.6.2. Consommation apparente et ingestion estimée](#)
 - [3.5.7. Indice de préférence de Stylosanthes hamata](#)
 - [3.5.7.1. Indice de préférence et période d'exploitation](#)
 - [3.5.7.2. Indice de préférence et taux de charge](#)
 - [3.5.8. Production animale permise par la banque](#)
 - [3.5.8.1. Production animale en année 1 d'exploitation \(1992\)](#)
 - [3.5.8.2. Production animale en année 2 d'exploitation \(1993\)](#)
- [3.6. Potentiel et stratégie d'utilisation des banques fourragères de Verano en zone soudano-sahélienne du Mali](#)
 - [3.6.1. Introduction](#)
 - [3.6.2. Elaboration du modèle et résultats](#)
 - [3.6.2.1. Disponible fourrager et qualité des parcours naturels et de la banque](#)
 - [3.6.2.2. Combinaison parcours naturel & banque : taux de charge](#)
 - [3.6.2.3. Production animale due à la banque en fonctions des combinaisons](#)
 - [3.6.3. Potentiel de Stylosanthes hamata et choix d'un scénario](#)
- [3.7. Discussions sur banque fourragère](#)
 - [3.7.1. Production et pérennité de Stylosanthes hamata](#)
 - [3.7.2. Persistance de Stylosanthes hamata sous pâture](#)
 - [3.7.3. Qualité de la banque](#)
 - [3.7.4. Charge optimale](#)
- [Bibliographie](#)
 - [Abréviations utilisées dans le texte](#)

○ [Annexes](#)

« The research for this publication was financed by the Netherlands' Minister for Development Co-operation. 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 Co-operation ».

Avant-propos

Avant d'exposer les résultats de ce travail, qu'il nous soit permis de manifester notre gratitude à toutes les personnes morales et/ou physiques qui ont contribué ou facilité sa réalisation :

- les autorités des Pays-Bas qui ont mis à notre disposition les moyens nécessaires pour cette formation ;
- les autorités du Mali (à travers l'IER) qui ont facilité et financé en partie cette formation (Salaires, allocation de bourse) ;
- la direction de l'Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée (ISFRA) et tout son corps professionnel pour la qualité des cours dispensés ;
- le personnel du projet PSS à travers sa Direction ;
- les agents de terrain de l'Equipe Exploitation Fourragère, pour leur dévouement, singulièrement : Fousséni Dembélé, Issa F. Koné, Koni Diarra et Oumar Koné ;
- les agronomes du projet PSS : MM. Daouda Koné, Rob Groot, Wim Quak, qui nous ont permis de mieux comprendre les inter-relations Climat-Sol-Plante ;
- Dr Henk Breman, qui est un vrai ami du Sahel, pour avoir accepté de diriger la présente thèse et pour ses critiques très pertinentes ;
- Dr Oumar Niagando, Directeur Général de l'IER, pour sa compréhension de nos problèmes et ses prises de position ;
- Dr A.M. Cissé, pour ses cours d'écologie et ses résultats de recherche ;
- Dr Modibo T. Traoré, précédemment Directeur de la SRZ/Niono, pour nous avoir exhorté à nous présenter au concours de l'ISFRA ;
- les chercheurs de l'Equipe Exploitation Fourragère : Yacouba Coulibaly et Gert Kaasschieter, pour leur participation active à la réalisation de ces résultats ;
- le personnel des deux laboratoires de Sotuba : Sol et Nutrition animale, pour leur collaboration franche et sincère ;
- le jeune biométricien Karounga Camara, pour son dévouement et sa compétence ;
- Que les Dr Pierre Hiernaux, Abou Bacayoko et Abdrahamane Diallo, trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude, pour l'assistance reçue du début à la fin de ces travaux.

Nos remerciements vont également à nos frères Bakary S. Coulibaly (IER/Bamako), Bantiéni Traoré (Sotuba), Gomi Touré, Mamadou Sangaré (CRRA/Niono) Ousmane Nafalo Coulibaly (Université de

Perdue/USA) pour leur contribution morale et matériel.

Aux familles : Coulibaly, Diarra à Bamako et Gakou à Niono.

Enfin, notre sincère reconnaissance à Mlle Aminata Koïta qui, si elle n'était pas née, le PSS l'aurait créée pour ses traitements de textes.

*A Bola Coulibaly, Lonia Coulibaly, Baya Coulibaly
Mes regrettés parents qui m'ont tout donné, mais qui n'ont rien reçu de moi ;*

*A ma femme Oumou Modibo Sow,
pour son calme légendaire pendant ces périodes d'absence ;*

*A Safi, Bandiougou, Mah, Bassetou,
puisse Dieu leur permettre de grandir.*

Résumé

Les travaux de thèse ici présentés portent sur les résultats et conclusions de deux essais d'amélioration des parcours naturels conduits de 1991 à 1994.

Le but recherché est l'amélioration directe des parcours naturels par sursemis de *Stylosanthes hamata* cv Verano (pâturage amélioré) et indirecte par la combinaison de leur exploitation avec celle d'une banque fourragère de la même espèce. Dans chacune de ces situations, le modèle de gestion susceptible de favoriser la persistance de l'espèce introduite, tout en permettant une production animale ha⁻¹ capable de maximiser les investissements est investigué.

L'essai pâturage amélioré est conduit au Nord de la savane (750 mm an⁻¹). Nous sommes partis de l'hypothèse que *Stylosanthes hamata* pouvait servir d'espèce amélioratrice de ces parcours à cause du comportement pérenne qu'elle pourrait avoir sous ce climat, renforçant sa capacité de compétition. L'objectif recherché est le maintien de l'espèce par l'apport de P, qui doit également renforcer sa capacité de compétition suite à la stimulation de sa capacité de fixation d'azote. L'apport de stylo et du stylo+P sur la disponibilité fourragère (quantité et qualité) et sur la productivité des animaux (gain de poids) est aussi cerné.

L'essai banque fourragère est conduit au sud du Sahel (500 mm an⁻¹). Elle est exploitée sur pieds comme complément d'un parcours de la localité (Ranch de Niono). Le modèle de gestion, en plus de l'application de P tient compte de la période d'exploitation et de l'intensité d'exploitation par période. L'efficacité de la pâture précoce comme outil probable de gestion de la banque dans la zone a également fait l'objet d'investigation.

L'étude de la stratégie de germination et de résistance à la sécheresse de *Stylosanthes hamata* non prévue au début, est apparue ensuite comme une nécessité pour mieux se prononcer sur sa potentialité de servir comme espèce des banques fourragères et/ou de l'amélioration des parcours de la région vue son comportement plutôt annuel que pérenne.

Essai stratégie de germination et d'installation du stylo

Stylosanthes hamata a eu une stratégie de germination comparable à celle de *Zornia glochidiata* (hétérogène). Une fraction des semences germe dans un délai de -4 jours et le taux final de germination n'est atteint qu'au bout de 2 à 3 semaines.

Les semences scarifiées ont une vitesse de germination moyenne (1,75 j) supérieure à celle des non scarifiées (3,75 j). Cette vitesse est atteinte plus rapidement sur substrat fin que grossier.

Le taux de germination du stylo (toutes semences confondues) a été meilleur sur substrat sablo-limoneux (81 %) que sur sable grossier (72 %).

Stylosanthes hamata peut être considérée comme une espèce à survie élevée, donc résistante à la sécheresse. Cette résistance est apparue meilleure sur sable grossier que sur sable fin.

Essai Pâturage amélioré

Deux traitements visant l'amélioration de la valeur d'une ancienne jachère du domaine de la station de recherche agronomique de Cinzana sont appliqués :

- traitement I (PI) : ensemencement du pâturage naturel avec le *Stylosanthes hamata* (5 kg de semence ha⁻¹).

- traitement II (PII) : pâturage ensemencé de stylo + 50 kg de TSP ha⁻¹ an⁻¹.

Une partie du pâturage dénommée PO a servi de témoin.

Le semi a été effectué en ligne continue en fin Juillet de l'année 1991. Pendant cette année d'installation, aucune exploitation n'a eu lieu. C'est pendant les deux années suivantes que chaque traitement a été exploité par des ovins mâles entiers de race Djallonké à 3 différents taux de charge. Ces taux furent respectivement de 12, 24 et 36 ovins ha⁻¹ pour les traitements PI et/ou PII versus 9, 18 et 27 pour le témoin PO. En terme d'UBT, les charges ont varié de 1 à 4 UBT ha⁻¹ en moyenne. Mais compte tenu de l'étroitesse des traitements, 5 ovins ont été utilisés pour réaliser chacune des charges suscités et les superficies réajustées en conséquence. L'exploitation des traitements a eu lieu en fin de saison de pluies début saison sèche de chaque année. Le temps de conduite des animaux est fixé à 9 h j⁻¹ (8-17 h). L'abreuvement se faisait une fois par jour, et le soir aux étables tous les animaux recevaient à volonté une complémentation minimale sous forme de pierre à lécher.

Les principaux résultats obtenus ont été les suivantes :

Stylosanthes hamata en sursemis dans le parcours naturel n'a pas persisté au delà de 2 ans malgré

l'apport de P. Cette dynamique du stylo a été peu liée aux charges appliquées. La concurrence est apparue comme facteur clef de ce manque de persistance de l'espèce. *Stylosanthes* n'a pu se comporter comme supposée pérenne au départ. Le comportement majoritairement annuel de l'espèce, sa faible force de concurrence par rapports aux graminées du site (*Pennisetum pedicellatum* et *Diheteropogon hagerupii*) et la fertilité relativement bonne du site ont réduit la persistance de l'espèce. Mais pendant l'année où elle était représentée par beaucoup de pieds bisannuels sa force de concurrence fut la plus élevée. Pour une contribution de moins de 1 % à la densité, l'espèce a pu contribuer pour 17 % à la formation de la biomasse.

C'est également pendant la seule année où l'effet bénéfique de l'introduction du stylo et surtout du stylo +P fut noté aussi bien sur le rendement (kg ha⁻¹ de MS) des traitements que sur leur valeur nutritive.

La consommation apparente de matière sèche (kg UBT⁻¹) est apparue fortement corrélée à l'offre fourragère (kg UBT⁻¹). Les pertes de biomasse des traitements suite à la pâture sont alors apparues proportionnellement à leur disponibilité fourragère par UBT.

L'indice de préférence du stylo a été plus élevé que celui des espèces locales (fin septembre -début saison sèche). L'application de P s'est traduite par une augmentation de l'indice de préférence de stylo passant de 0,12 dans PI à 0,30 dans PII.

Les gains de poids des animaux des parcours améliorés ont été meilleurs à ceux du témoin pendant la seule année où le stylo contribuait pour 17 % à la formation de la biomasse. A une charge constante de 2,5 UBT ha⁻¹, l'introduction du stylo a permis une augmentation de la production animale ha⁻¹ de 5 kg de poids vif par rapport au parcours naturel versus 30 kg pour le traitement avec le phosphore (PII). La différence entre PI et PII fut de 24 kg ha⁻¹ en faveur du second. Ces productions animales ne suffisent pas pour rentabiliser les investissements par manque de persistance de l'introduction.

Essai banque fourrage

1,5 ha de la banque a été installé en Juillet 1991 au ranch de Niono (5 kg de semence ha⁻¹) en ligne continue sous forme de monoculture et fertilisée par 50 de TSP ha⁻¹, aussi bien en année d'installation que durant le 3 années suivantes. Elle a en outre bénéficié d'un désherbage manuel en 1992 tout comme en 1991. Aucun désherbage n'a eu lieu en 1993 et en 1994. C'est en dernière année (1994) que la pâture précoce a eu lieu pour juger de son efficacité comme un outil de gestion des banques ou des parcours améliorés de stylo en zone soudano-sahélienne.

La banque fut compartimentée en 2 parcelles PI et PII exploitées respectivement au moment de la floraison-fructification et après fructification.

Trois taux de charge sont également appliqués à chacune des 2 parcelles. La méthode de réalisation de ces différentes charges est la même que celle décrite pour le pâturage amélioré à la différence que les ovins supplémentés sur la banque passent les 2/3 de leur temps de conduite sur le parcours naturel.

La banque est exploitée le soir en 3 h de pâture par jour. Le lot non supplémenté ne vit que du parcours naturel. D'une superficie de 5 ha en 1992, le parcours naturel a été ramené à 2 ha en 1993 c'est même 2 ha.

Les principaux résultats obtenus ont été les suivants :

La production de la banque en 2^e année d'installation fut de l'ordre de 3,8 t ha⁻¹ de MS. Sa production est plus élevée que celle des légumineuses locales comme *Zornia glochidiata* dans les mêmes conditions. L'espèce a eu un comportement annuel bien que certains pieds aient pu survivre d'une saison à la suivante.

Au cours des 2 dernières années de l'étude (1993-1994), où le Stylo a été maintenu en compétition avec les herbacées locales, sa contribution à la biomasse n'a pu atteindre en moyenne 50 % dans aucune des 2 parcelles. La baisse de persistance a été cependant plus sévère dans la parcelle exploitée au moment de la floraison fructification du stylo (PI) que dans celle dont l'exploitation est différée après fructification (PII). Dans les 2 sous-parcelles C1, homogène au départ et qui ne diffèrent que par leur période d'exploitation, la contribution du stylo à leur biomasse fut de 7 % (exploitée moment floraison fructification) contre 38 % (exploitée après fructification).

L'effet positif de la pâture précoce a été noté. Il s'est traduit par une diminution moindre de la contribution de *Stylosanthes hamata* à la biomasse de fin de saison. Cette contribution a été en moyenne de 26 % pour les sous parcelles pâturées précocement versus 16 % pour les témoins.

La teneur en N et la DMO de la banque (état de monoculture) en 1992 ont été respectivement de 17 g kg⁻¹ et 62 % au moment de la floraison-fructification versus 15 et 53 après la fructification. Cette différence de qualité entre les 2 parcelles de la banque a disparu en 1993 au cours de laquelle les teneurs en N et en DMO furent de 12 g kg⁻¹ et 55 % dans PI versus 12 et 53 dans PII.

Comme au niveau du pâturage amélioré, la consommation apparente est apparue fortement corrélée à la l'offre fourragère. La perte de biomasse a été plus élevée après fructification de stylo (37 %) qu'au moment de sa floraison-fructification (23 %).

L'indice de préférence du stylo a été plus élevé au moment de la floraison-fructification (0,32) qu'après fructification (0,02). Mais pendant chacune des 2 périodes, le stylo a été plus sélectionné que les herbacées locales du site. Cette préférence pour le stylo fut élevée à tous les taux de charge appliqués.

Les taux de charge n'ont pas suffisamment varié pour pouvoir exprimer la capacité de charge optimale. A une charge constante de 1,5 UBT ha⁻¹, les productions animales ha⁻¹ de la banque ont été respectivement de 31 et 14 kg de poids vif en première et deuxième période de l'année 1992 versus 15 et 16 pour l'année 1993.

Du modèle de simulation, les productions animales (kg de P.V.) de la banque sont apparues meilleures dans la savane qu'au Sahel. De même l'utilisation de la banque pendant les 6 premiers mois de la saison sèche a donné de meilleurs résultats en terme de gain de poids net ha⁻¹ que son utilisation durant les 9 mois de la saison sèche.

1. Introduction

1.1. Justification

Dans la zone soudano-sahélienne les pâturages naturels constituent la base de l'alimentation des ruminants qui y sont tributaires toute l'année. Une des particularités du disponible fourrager de ces pâturages est leur grande variabilité saisonnière tant en quantité qu'en qualité. Les productions animales étant largement tributaires de ce disponible, la croissance du bétail dans ces zones est alors caractérisée en général par des périodes courtes de gain de poids en hivernage (3-4 mois), suivies par des périodes plus longues de perte de poids en saison sèche (8-9 mois).

Si une certaine perte est bien acceptable, la perte totale de tout le gain de poids acquis en hivernage est incompatible avec la viabilité d'un système d'élevage. Cette dernière situation est malheureusement typique pour certaines conditions au Sahel (Ketelaars, 1985). Le même auteur (1985), dans le cadre d'une analyse critique de la situation de l'élevage au Niger, au Mali et au Burkina-Faso, arrive à la conclusion que pour une certaine viabilité du troupeau qu'au moins 25 kg du gain de poids de la saison pluvieuse doit rester en fin d'année (fin de saison sèche) pour des bovins de 1 à 5 ans. Ainsi pour un gain de 60 kg pour une saison humide de 3 mois, la perte de poids moyen par animal pendant la saison sèche ne doit pas dépasser 35 kg. Mais pour cela le menu doit répondre à une certaine exigence minimale de qualité : 7 g N kg⁻¹ de fourrage sec en saison sèche.

Malheureusement en zone soudano-sahélienne la teneur moyenne en N de la strate herbacée des parcours pendant la saison sèche est généralement au dessous de 5 g N kg⁻¹ de matière sèche (Ketelaars, 1985). La fraction qui doit alors répondre à l'exigence minimale de qualité (7 g N kg⁻¹) dans cette zone est très faible (Ketelaars *et al.*, 1991). Une perte acceptable de poids des animaux ne devient alors possible que dans les (rares) localités où la faible occupation des parcours leur permet une certaine sélection.

Les parcours du delta et de la savane Sud, malgré leur qualité moyenne très basse, peuvent offrir des possibilités relativement faibles de sélection à cause des repousses.

Même dans ces zones (notamment les zones d'inondation comme le delta) il y a des indications que les avantages potentiels qu'elles peuvent offrir sont presque entièrement anéantis souvent par une pression animale trop élevée (Ketelaars, 1985). Les ressources fourragères du delta sont convoitées par de nombreux troupeaux étrangers à telle enseigne que les taux de charge y atteignent souvent un animal à l'hectare (De Leeuw & Milligan, 1983 ; cités par Wagenaar *et al.*, 1988). Quant aux parcours du Nord

Sahel malgré leur haute qualité, ils ne peuvent être utilisés au delà de la saison des pluies en raison du manque d'eau qui marque la période de retour des bovins transhumants (Wagenaar *et al.*, 1988).

&171; Cependant toute amélioration même limitée du régime alimentaire peut se traduire par des changements relativement importants du gain de poids. Ainsi, dans les conditions actuelles, un supplément qui permet d'augmenter de 10 % l'assimilation totale en énergie, peut doubler la production bovine &187; (Ketelaars, 1991). Un tel accroissement de la productivité tient au fait qu'à un bas niveau de production, pratiquement toute l'énergie est utilisée à des fins d'entretien.

Cette influence positive de la supplémentation n'est point ignorée des chercheurs et des agro-pasteurs. C'est ainsi que plusieurs options techniques visant à une plus grande valorisation du menu des animaux ont vu le jour avec la création des centres de recherches zootechniques dans les pays soudano-sahéliens.

- La supplémentation de la ration de base des animaux par les sous produits agricoles et agro-industriels demeure toujours une alternative importante. Mais la quantité des concentré par tête de bétail dans les pays sahéliens est faible (Ketelaars, 1985). Les sous produits agricoles (résidus de récolte) peuvent contribuer à améliorer en partie le menu des animaux dans les systèmes agro-pastoraux en début de saison sèche (Dicko & Sangaré, 1981 ; Colin de Verdière, 1994 ; Baoua Issoufou, 1994). Mais généralement les tiges de mil et de sorgho de qualité également médiocre et qui constituent l'essentiel de ses résidus de récolte pouvant suppléer les parcours en début de saison sèche sont utilisés à d'autres fins (Abdoulaye Moussa, 1993).

- La supplémentation sur la base des cultures fourragères implique que les agro-pasteurs disposent du temps pour leur culture en question, leur récolte, leur stockage et conservation. La sensibilité de la production des cultures à graines pour la longueur de la saison fait qu'il existe souvent un manque de main-d'oeuvre en début d'hivernage et pendant les récoltes ([Veeneklaas *et al.*, 1990](#) cités par Breman 1993). En plus la priorité donnée en général aux cultures vivrières et au coton risque d'être un obstacle pour l'optimisation des cultures fourragères sous les conditions actuelles de prix ([Breman & Niangado, 1993](#)).

Pour toutes ces raisons le projet PSS a envisagé également d'autres options d'amélioration de la situation fourragère (quantité et qualité) par l'introduction de légumineuses dans les parcours. Cette stratégie de valorisation des parcours doit permettre une meilleure efficacité de la microflore du rumen facilitant la digestion de la cellulose ainsi que la synthèse de protéines microbiennes, condition sine qua non d'une productivité chez les ruminants. Pour ce faire le menu doit contenir suffisamment d'azote et d'énergie disponibles pour entretenir la flore microbienne du rumen et les légumineuses, contrairement aux graminées, semblent généralement mieux indiquées pour jouer ce rôle (Ndlovu, 1992). Cette introduction de légumineuse objet de la présente étude peut se concevoir de 2 façons :

- l'amélioration directe des pâturages naturels à travers l'installation en leur sein d'une légumineuse (pâturages améliorés) ;
- l'amélioration indirecte des pâturages naturels par une combinaison de leur exploitation avec l'accès à une culture de légumineuse (banque fourragère).

Dans chacune de ces situations 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 une diminution du besoin en main-d'oeuvre, un des goulots d'étranglement des cultures fourragères. En effet la banque fourragère est considérée au départ comme une monoculture de légumineuses qu'on essaie de gérer au fil des ans par la pâture et non par le système de fauche, stockage et distribution à l'auge. Elle doit bénéficier comme toute culture des droits fonciers en vigueur. Elle sert de supplément aux parcours. Les parcours naturels sont généralement considérés comme des terres à accès libre. Cependant ceux améliorés seront également exclus de l'utilisation commune car leur maintien exige aussi une gestion stricte comme il apparaît d'une synthèse de l'amélioration des terrains de parcours en Australie tropicale (Breman, 1993).

La légumineuse le *Stylosanthes hamata* c.v verano a été choisie, car cette plante s'est avérée très résistante à la sécheresse sous les tropiques et à l'antracnose, maladie à laquelle les autres espèces de Stylo sont sensibles. Elle est mentionnée comme une plante qui a eu du succès comme banque fourragère au Nord du Nigéria (Tarawali *et al.*, 1992). Elle fut utilisée comme espèce amélioratrice des jachère en Côte d'Ivoire (Anonyme 1, 1987) et des résidus de récoltes au Niger (Garba, 1990 ; Kouamé, 1991 ; Kouamé & Renard, 1992). La monoculture se comporte bien au Sud du Mali sous une pluviométrie de 1 200 mm. an⁻¹ (De Leeuw, 1992 ; DRSPR/Sikasso, 1990). Un autre argument de choix est la capacité de l'espèce de se comporter comme pérenne sous les conditions relativement humides et comme annuelle sous des conditions climatiques sévères.

Dans l'ouvrage de [Penning de Vries & Djitèye \(1982\)](#) l'option de l'enrichissement des pâturages en légumineuses n'a pas été considérée comme économiquement rentable pour les parcours sahéliens compte tenu des rapports de prix (intrants - extrants) au début des années 1980. Les frais élevés sont surtout occasionnés par la pauvreté des sols en P qui entraîne la nécessité d'apport d'engrais phosphatés, et par le caractère annuel des pâturages exigeant un réensemencement fréquent. Ce dernier aspect fait que les conclusions ne sont pas automatiquement valables pour la savane et pour des régions à concentration suffisante des eaux d'écoulement dans le Sud Sahel (Breman & Traoré, 1987). Breman & Traoré (1987) ont dû se prononcer au sujet de cette option sur la base d'expériences effectuées dans le Nord de l'Australie. En effet l'extrême Nord de l'Australie est le plus approchant du climat et du sol de la savane d'Afrique Occidentale ([Breman & De Ridder, 1991](#)). Cette ressemblance ressort également des valeurs constatées pour la capacité de charge des pâturages et la production animale (Breman & Traoré, 1987). L'introduction du Stylo dans les savanes du grand Nord de l'Australie a fait augmenter la production bovine annuelle de 1-2 kg. ha⁻¹ de poids vif à 35-40 kg en cas d'application de P. Sans fertilisation phosphatée la production est de l'ordre de 5-10 kg. ha⁻¹ de poids vif, mais l'introduction de la légumineuse n'est pas à maintenir. En effet le phosphore est apparu comme essentiel dans la persistance des légumineuses dans les banques ou en sursemis dans les parcours naturels (Winter *et al.*, 1989 ; De Leeuw, 1994). Les sols de la zone soudano-sahélienne sont généralement considérés comme carencés en N et P ([Penning de Vries & Djitèye, 1991](#)). Il ressort également des études du PPS ([Penning de Vries & Djitèye, 1991](#)) que les graminées de ces zones germent et croissent plus rapidement que les légumineuses. Cela confère aux premières une force de compétition plus élevée par rapport aux secondes. Les légumineuses fixatrices d'azote pouvant être peu dépendantes de l'azote du

sol, l'application de P devrait favoriser leur maintien en renforçant leur capacité de compétition face aux graminées. Cela justifie l'application de P aussi bien au niveau du parcours amélioré qu'au niveau de la banque.

A l'heure actuelle on ne dispose pas de données relatives à la savane d'Afrique Occidentale et aux régions à concentration suffisante des écoulements d'eau dans le Sud Sahel dans lesquelles il y a eu introduction de légumineuses dans les parcours naturels avec des observations plus étalées dans le temps, du besoin en P et des effets sur la production animale (Breman & Traoré, 1987). Cette constatation justifie l'introduction du Stylo dans les pâturages de Cinzana (pâturage amélioré) où l'espèce doit profiter de son comportement de pérenne sous une pluie de 750 mm pour se maintenir. Par contre comme les expériences du PPS s'opposaient à l'amélioration des parcours du ranch, on a supposé qu'il sera plus facile de maintenir une banque fourragère sous 500 mm an⁻¹ de pluie. Le comportement du Stylo comme une annuelle sous une telle pluviométrie pourra constituer un avantage pour la durabilité de son introduction par la production de graines.

Parmi les facteurs de rentabilité de la banque et du parcours amélioré, la durabilité du peuplement légumineux introduit demeure un élément important. Cette durabilité du Stylo en plus de l'application de P dépendra probablement de la période et de l'intensité d'exploitation. La pauvreté des parcours (azote et énergie) en saison sèche, notamment dans sa seconde moitié fait que celle-ci serait mieux indiquée pour être supplémentée par rapport à la première. Cependant le risque de perte de la valeur des légumineuses (quantité et qualité) en seconde période et même pendant une partie de la première impose à la prudence quant à la période d'utilisation optimale de la banque ou du parcours amélioré. Pour ces raisons le parcours amélioré a été utilisé en fin saison pluvieuse - début saison sèche. Quant à l'utilisation de la banque, deux périodes d'exploitation sont investiguées.

La première est effectuée au moment de la floraison-fructification (valeur alimentaire optimale) avec risque probable de compromettre le maintien de l'espèce (comportement période est une exploitation différée après fructification avec baisse de qualité et quantité mais maintien annuel sans survie de suffisamment de semence). La deuxième probable sous hypothèse que la plante aura un comportement d'annuelle dans cette zone (Sud Sahel).

Le présent thème vise d'une part à étudier l'influence de P sur le maintien du Stylo en sursemis dans les parcours naturels, et d'autre part à élaborer une stratégie de gestion simple permettant une contribution notable et durable de *Stylosanthes hamata* dans les banques. Ce succès doit dépendre fortement de trois facteurs influençant ensemble la force de compétition du Stylo : la disponibilité en P, l'intensité et le moment d'exploitation (Breman, 1993).

1.2. Objectifs

1.2.1. But

Créer d'une part un parcours de haute qualité (pâturage amélioré) et d'autre part assurer une

supplémentation adéquate des parcours naturels par l'utilisation combinée d'une banque fourragère de *Stylosanthes hamata* en vue d'une augmentation de la productivité animale (gain de poids).

1.2.2. Objectifs

1.2.2.1. Objectifs globaux

- Rechercher un modèle d'exploitation de *Stylosanthes hamata* permettant d'assurer la durabilité de son introduction dans la production fourragère.
- Etudier l'efficacité de l'utilisation de *Stylosanthes hamata* en pâturage amélioré et en banque fourragère dans la production secondaire.

1.2.2.2. Objectifs spécifiques

a. Pâturage amélioré

- Définir sous une pluviométrie $187; 750\text{ mm}$ le comportement de *Stylosanthes hamata* en sursemis dans le pâturage naturel fertilisé ou non en P et exploité dans chacune des 2 situations sous 3 différents taux de charge pendant une période de trois ans.
- Quantifier l'apport du Stylo et du Stylo + P sur la production primaire (quantité de biomasse produite et qualité) et secondaire (productivité animale ha^{-1}).

b. Banque fourragère

- Etudier l'effet de deux périodes d'exploitation (la première moment floraison fructification ; la deuxième après fructification) et celui de 3 différents taux de charge par période sur la persistance de *Stylosanthes hamata* fertilisé en P et exploité sur pieds comme supplément pendant trois années consécutives.
- Pour chaque période d'exploitation (moment de pâture) dégager la charge optimale (productivité animale ha^{-1} la plus élevée) compatible avec la persistance du Stylo.

1.2.3. Hypothèses

1a *Stylosanthes hamata* peut servir d'espèce amélioratrice des parcours de la savane à cause du comportement pérenne qu'elle pourrait avoir sous ce climat, renforçant sa capacité de compétition.

1b L'application de P, en stimulant la productivité du Stylo à travers la stimulation de la fixation d'azote, devrait favoriser son maintien par un renforcement de sa capacité de compétition par rapport aux autres herbacées non fixatrices.

2a L'avantage d'une exploitation de la banque du Stylo au moment de la floraison-fructification (disponibilité fourragère en quantité et qualité) pourrait être perdu par la non persistance vu l'importance clef de sa production semencière pour sa persistance.

2b La faiblesse relative de la qualité fourragère de la banque lors d'une exploitation différée après fructification pourra être compensée par une meilleure persistance de l'espèce.

3a La pâture précoce peut être un outil efficace de gestion d'une banque fourragère dans la zone soudano-sahélienne, comme elle l'est ailleurs.

3b La force de compétition du Stylo, renforcée ou non par l'application du phosphore dépasse celle de *Zornia glochidiata* grâce à une dilution plus grande d'azote de la biomasse aérienne, menant à une productivité supérieure à égale disponibilité de N et P.

2. Matériels et méthodes

2.1. Milieux physiques et végétations des terrains d'étude

2.1.1. Localisation géographique

La Station de Recherche Agronomique de Cinzana (SRAC) créée en 1979 est située dans les limites de coordonnées de 5deg.56' longitude Ouest et 13deg.18' latitude Nord et à une altitude de 278-285 m (Document 10 ans Cinzana).

Le ranch de Niono d'une superficie de 12 000 ha se trouve à 14deg.20' Nord et 5deg.50' Ouest à une altitude de 300 m (Cissé, 1986).

2.1.2. Climat

Le climat des 2 zones est semi-aride, de type Nord-Soudanais pour la Station de Cinzana et Sud-Sahélien pour le ranch de Niono. Leur modèle climatique est caractérisé par des pluies estivales fortement liées à la saison. L'ETP est très élevée pendant l'année entière ([Breman & De Ridder, 1991](#)).

Précipitations : Il existe une seule saison des pluies de Juin à Septembre qui est régie par l'alternance du mouvement de l'harmattan et de la mousson dans les 2 localités. La moyenne annuelle de pluviosité enregistrée à Cinzana de 1985 à 1994 est de 651 mm avec un écart type de 95 mm.

Celle enregistrée à Niono sur 28 ans (1950-1978) est de 581 mm avec un écart type de 160 mm ([Penning de Vries & Djitèye 1991](#)) ; et celle des dix dernières années (1985-1994) de 441 mm avec un écart type de 142 mm. La pluviosité des sites d'études pendant les 4 années d'observation est reportée au Tableau 1.

Tableau 1. Quantité totale de pluies exprimée en mm an⁻¹.

Années /Localités	1991	1992	1993	1994
Cinzana	652	749	580	849
Niono	659	370	280	567

Période active de végétation : La période active de végétation des graminées annuelles et de la plupart des pâturages tropicaux correspond à la période pendant laquelle la pluviosité mensuelle est supérieure à la moitié de l'évapotranspiration potentielle (Boudet, 1991). Elle est représentée à Cinzana et à Niono respectivement par les Figs 1 et 2.

Les données sur l'ETP à Cinzana n'étant pas disponibles les moyennes décadaires d'ETP obtenues par le Centre Agrhymet, Niamey sur 30 ans (1951-1980) à Ségou, localité située à 44 km à l'Ouest de Cinzana ont été considérées comme représentatives du site de l'essai. Les moyennes décadaires de la pluviosité des 4 années d'étude sont celles du site. Sur la base de ces données la période active de la végétation herbacée à Cinzana s'échelonne de la deuxième décade de Juin à la fin du mois de Septembre (100 jours ; Fig. 1).

La saison de croissance principale au ranch de Niono est empruntée à [Penning de Vries & Djitéye, 1982](#) (Fig. 2). Elle s'étend sur 65 jours (mi-juillet au 20 Septembre).

Figure 1. Période active de végétation à Cinzana (1991-1994) représentée par la partie hachurée.

Figure 2. Période active de la végétation dans la partie Sud du Sahel (500-700 mm).

La saison de croissance principale a été hachurée.

2.1.3. Sols et végétation

L'aménagement par introduction de Stylo ou de Stylo + P porte sur une ancienne jachère de 13 ans du domaine de la Station de Cinzana. Il fait partie des sols ferrugineux tropicaux, peu lessivés provenant d'une ancienne formation colluvio-alluviale limono-sableux (Keïta *et al.*, 1981).

Ce sont des sols généralement pauvres de texture limono-sableuse, mais avec la durée de la jachère une partie de sa fertilité

(N et P) s'est reconstituée (Groot & Koné 1993). La végétation du terrain d'étude est le domaine de *Piliostigma reticulatum*, *Guiera senegalensis*, *Combretum micranthum* etc., avec un couvert graminéen à base d'annuelles dominées par *Pennisetum pedicellatum*. Le recouvrement ligneux est de 27 % et le taux des légumineuses dans la strate herbacée est de 5 % en année normale (Coulibaly, 1993).

La banque fourragère et le parcours naturel des ovins d'essai se situent sur le complexe sablonneux du Ranch de Niono (unité de sol S2). L'unité S2 est caractérisée par les anciennes dunes très aplanies ou

presque plates. L'angle moyen des pentes est 3 %. La surface du sol est souvent couverte d'une croûte d'algues responsables d'un ruissellement de 20 à 40 % de la pluie annuelle (Stroosnijder & Van Heemst, 1991). Au moment de la première année de notre étude *Schoenefeldia gracilis* et *Zornia glochidiata* dominaient la strate herbacée du parcours naturel. La strate ligneuse est dominée par *Combretum ghasalense*, *Acacia seyal* et *Acacia senegal*.

2.2. Stratégie de germination et d'installation du Stylo

2.2.1. Introduction justificative

Les études agronomiques qui se rapportent à *Stylosanthes hamata* ont surtout concerné l'influence de différents niveaux de fumure phosphatée sur sa production semencière et de biomasse en monoculture (Koné *et al.*, 1994 ; Cissé, 1989 ; Griffiths, 1992) en fin saison. Les arrières effets de l'espèce sur certaines cultures de céréales ont été également testés (Kouamé, 1991 ; Garba, 1990). Mais nous ne connaissons pas à l'heure actuelle d'étude concernant la stratégie de germination du *Stylosanthes hamata* et la résistance de ses plantules à la sécheresse au Sahel. Cependant vu le comportement annuel de l'espèce sous les conditions climatiques sévères, une telle étude devient une nécessité pour mieux se prononcer sur sa potentialité de servir comme espèce des banques fourragères et/ou de l'amélioration des parcours de la région.

En effet il ressort de plusieurs études (Bremner & Cissé, 1981 ; [Penning de Vries & Djitèye \(eds\), 1982](#) ; Cissé, 1986 ; Elberse & Bremner, 1989) que la vitesse et l'homogénéité de la germination et l'établissement des plantes annuelles sont présumés être importants dans la dynamique de la végétation des pâturages sahéliens. Les mêmes auteurs arrivent aussi à la conclusion que le succès de l'établissement d'une espèce dépendra de la résistance de ses plantules à la sécheresse. La résistance à la sécheresse est une caractéristique de l'espèce qui a une grande importance dans un environnement comme le Sahel à cause de l'irrégularité des pluies en début de saison (Elberse & Bremner, 1990). Ainsi la stratégie de germination des espèces (rapide, lente et/ou hétérogène, le nombre de vagues de germination) et la résistance des plantules à la sécheresse influencent de façon décisive les contributions spécifiques à la densité des plants et à la biomasse de fin de saison.

Ces caractères des espèces (germination & résistance) sont apparus aussi liés au substrat et à la hauteur de pluies appliquées. L'efficacité d'une pluie dépend du substrat qui influence le taux de ruissellement et la vitesse de l'évaporation (Cissé, 1981). Dans le présent essai le ruissellement est nul, le sol interviendra alors par sa texture, sa compacité qui déterminent son point de flétrissement et le contact graine - substrat. La germination et la résistance à la sécheresse de *Stylosanthes hamata* sont étudiés sur sable grossier et sable-limoneux, favorables à l'espèce dans la zone.

La stratégie de germination, la résistance à la sécheresse ainsi que les autres caractères qui déterminent la force de concurrence des herbacées locales des 2 sites de l'essai ont déjà fait l'objet d'études (auteurs ci-dessus cités). La présente étude de la stratégie de germination de *Stylosanthes hamata* et de la résistance de ces plantules à la sécheresse aidera à mieux cerner sa dynamique dans les associations avec

les espèces locales.

D'autres facteurs qui influencent la dynamique intra et interannuelle du Stylo en association à savoir sa production de semences, son type de photosynthèse C3, sa capacité de fixation d'azote et d'assimilation du phosphore, sa vitesse de croissance sous différentes combinaisons sols/climats seront étayées par la littérature (Koné, 1993 ; Griffiths, 1991 ; Tarawali 1991 et autres).

2.2.2. Objectifs de l'étude

- Déterminer la stratégie de germination des semences de *Stylosanthes hamata* suivant qu'elles soient scarifiées ou pas sous conditions hydriques limitative ou non limitative et à deux profondeurs de semis, pratiquées chacune sur deux types de substrats (sable grossier et sable limoneux).
- Déterminer la résistance des plantules à la sécheresse en rapport avec les conditions énumérées ci-dessus.

2.2.3. Matériels et méthodes

2.2.3.1. Test de viabilité des semences

Le test de viabilité vise à déterminer la fraction de semences de *Stylosanthes hamata* (scarifiée ou non) apte à la germination. L'environnement dans les boîtes de pétri (humidité du substrat, de l'air et l'aération assurée) offre les conditions optimales pour la germination de toutes les semences viables. Cette hypothèse a été confirmée par Breman & Elberse, 1989 par le test colorimétrique. Pour ce test de viabilité 300 semences scarifiées ont été mises à germer dans 6 boîtes de pétri (50 par boîtes). Il en a été de même chez les semences non scarifiées. Les semences ont été étalées sur une couche de coton servant de substrat. Le coton et les semences ont été maintenus humides (sans les noyer), jusqu'au moment où aucune germination n'était encore enregistrée (plus de deux semaines). Dans ces conditions, toute semence qui ne germe pas est considérée comme non viable (graines immatures, enveloppes vides ou graines altérées par la scarification, etc.). Ce test de viabilité des semences permet de déterminer ultérieurement au cours de l'essai de germination dans les pots (conditions sub-optimales proches de celles du terrain) le nombre de semences viables semées par rapport au total mises à germer. Les semences germées dans les pots sont alors exprimées comme fraction des semences viables semées, pour l'estimation du taux, de la vitesse et de l'hétérogénéité de la germination.

2.2.3.2. Test de germination

Environnement expérimental

L'essai a lieu en milieu semi-contrôlé dans des pots exposés au soleil le jour et dans le magasin la nuit (éviter les pluies naturelles). Les pots ont chacun une superficie de 25 x 25 cm et une profondeur de 40 cm. Ils sont remplis au 35/40 avec une même quantité d'un substrat donné (uniformisation de la densité dans les pots d'un même substrat). Le substrat est bien tassé pour obtenir une superficie aplanie et horizontale.

Substrats

Deux types de substrats sont utilisés : le sable grossier et le limono-sableux (Tableau 2).

Scarification des semences

La moitié des semences de Stylo est décortiquée par pilage dans un mortier avec des grains de sable de façon à ne pas les briser. L'autre moitié est laissée intacte. L'état des semences est suivi par simple observation à l'oeil nu et à l'aide d'une loupe binoculaire.

Semis

Les semences sont étalées de façon homogène à raison de 100 semences par pots. A l'aide d'un tamis on couvre bien les semences en y ajoutant 0,5 cm d'une couche de substrat dans certains pots et 2 cm dans d'autres. 0,5 cm est probablement la profondeur de semis dans les parcours naturels et 2 cm la profondeur de semis qui peut être obtenue par suite de piétinements dans une banque fourragère sablo-limoneux. Les semences non scarifiées étant celles des conditions naturelles les deux profondeurs sont appliquées à celles-ci (0,5 sans piétinement et 2 cm profondeur probable suite au piétinement). Les semences scarifiées sont soumises qu'à la profondeur de 0,5 cm. Cependant les semences scarifiées d'un pot furent soumises accidentellement à la profondeur de 2 cm.

Simulation de la pluie

Deux régimes d'arrosage, dont l'un supérieur à l'évapotranspiration dans la zone fixée à 6 mm j⁻¹ en Mai et Juin (Elberse & Breman, 1990), et l'autre la moitié de celle-ci sont appliqués :

- 30 mm de pluie chaque 4 jours (condition hydrique non limitative) ;
- 15 mm de pluie chaque 4 jours (condition hydrique limitative).

Les pots sont maintenus sur une surface horizontale pour que l'eau s'infilte de façon homogène. L'eau est appliquée à travers un tamis de même surface que celle des pots placés sur leur bord supérieur. Une possibilité pour l'évacuation de l'excès d'eau (s'il existe) est créée à l'intérieur de chacun des pots en faisant trois trous de 1 cm de diamètre sur leur face inférieure et qui sont fermés partiellement par un maille de tamis en fer pour éviter une perte significative de substrat. La pluviosité de 30 mm et de 15 mm (Tableau 2) sur une surface de 25x25 cm (surface des pots) correspond à un volume d'eau de 1,875 litres et 0,9375 litres respectivement.

Tableau 2. Schéma expérimental du test de germination.

Substrat	Sable grossier (SG)				Sable Limoneux (SL)			
	15		30		15		30	
Pluviométrie mm (4 j) ⁻¹	15		30		15		30	
Traitement de semences	SC	NSC	SC	NSC	SC	NSC	SC	NSC
Profondeur de semis (cm)	0,5	0,5 et 2	0,5	0,5 et 2	0,5	0,5 et 2	0,5	0,5 et 2
Répétition	3	3 et 3	3	3 et 3	3	3 et 3	3	3 et 3

SC = scarifiées NSC = non scarifiées

Les observations ont débuté dès le lendemain des semis et sont effectuées à un rythme de une fois par jour (8 h du matin). Les résultats ont porté sur :

- Le taux de germination : Ici la germination a été confondue à la levée. On parle alors de germination dès l'émergence des plantules (cf Cissé, 1981). Le taux de germination est la fraction de semences germées par rapports au nombre de semences viables semées, exprimé en %.
- La vitesse et l'hétérogénéité de la germination : 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 d'émergence des plantules dans le temps comme fraction en pourcentage des semences viables semées a permis de juger de l'hétérogénéité : répartition dans le temps de la germination.

2.2.3.3. Test de résistance des plantules à la sécheresse

Deux semaines après le semis, l'étude de la stratégie de germination a continué dans un pot pour chaque situation (12 pots au total) et l'étude de la résistance à la sécheresse dans les 24 pots restants. Pour ce faire on cesse d'arroser ces pots. L'intervalle entre la dernière pluie simulée et le début de mortalité des plantules ainsi que le cumul des mortalités dans le temps sont notés.

Les conditions plus ou moins uniformes dans les pots par rapport à celles des champs permettent ainsi une meilleure comparaison entre les espèces dans une situation de manque d'eau. Pour donner une estimation chiffrée à l'aptitude à la survie (résistance à la sécheresse) des plantules ; des durées (en jours) correspondant à 50 % du taux de survie seront maintenues par référence aux études de Cissé (1986). Ainsi, si 50 % de mortalités sont enregistrées avant 30 jours, le Stylo sera considéré comme une espèce non résistance et résistante au cas où cette durée excéderait 30 jours. La résistance de l'espèce est alors étudiée en fonction des deux substrats (sable grossier et sable limoneux) et pour chaque substrat des hauteurs de pluies appliquées (15 et 30 mm).

2.3. Pâturage amélioré

2.3.1. Traitements appliqués

1,5 ha de la jachère a été ensemencé en *Stylosanthes hamata* à raison de 5 kg de semence par ha dans la dernière décade de Juillet 1991. Le sursemis a été effectué en ligne continue à la main à une profondeur de moins de 2 cm (interligne = 50 cm). En vue d'une bonne introduction de la légumineuse, cette superficie a reçu 50 kg de Triple Super Phosphate (TSP) ha⁻¹ au moment du semis. Aucune exploitation par les animaux n'a été effectuée en 1991, l'année d'installation.

En 1992 ces 1,5 ha furent divisés en 2 parcelles dites améliorées de 0,75 ha chacune.

- La première parcelle appelée traitement PI n'a plus reçu d'apport de P.
- La deuxième parcelle appelée traitement PII a par contre bénéficié durant les trois années consécutives d'exploitation de la même dose de P qu'en année d'installation en fin Juillet.
- Un ha de la jachère qui n'a subi aucun traitement a servi de témoin et est appelé P0.

2.3.2. Modèle d'exploitation des traitements

2.3.2.1. Détermination des taux de charge

Chaque traitement a été soumis à 3 différents taux de charge. Pour le calcul de ces taux de charge nous sommes partis des hypothèses de base suivantes :

- matière sèche volontaire ingérée (MSVI) j^{-1} ovin $^{-1}$ fixée à 2,5 % du poids vif, soit 0,450 kg de MSVI pour un ovin de 18 kg ;
- durée d'exploitation = 120 jours ;
- disponible fourrager = 50 % de la biomasse totale attendue de chaque traitement ;
- biomasses totales attendues par ha^{-1} = 2 000 kg pour P0, 2 600 kg pour PI et PII.

Sur la base de ces données, les taux de charge ont été de 18, 24 et 24 ovins ha^{-1} respectivement pour P0, PI et PII. Les taux C2 ont été considérés comme charges moyennes pour chaque traitement. Les autres taux de charge C1 (charge faible) et C3 (charge forte) d'un traitement donné représentent respectivement 50 et 150 % de sa charge moyenne C2.

Ainsi les taux de charge appliqués pendant chacune des 3 années d'exploitation furent de 9, 18 et 27 ovins ha^{-1} pour P0 versus 12, 24 et 36 pour PI et PII (Tableau 3). Mais compte tenu de l'étroitesse de la superficie des traitements 5 ovins furent choisis par taux de charge et les superficies furent ajustées en conséquence. Cela a nécessité la compartimentation de chaque traitement en 3 sous parcelles de superficies différentes (Tableau 4).

Tableau 3. Taux de charge bruts appliqués aux traitements. Les chiffres sans parenthèses représentent le nombre d'ovins ha^{-1} et ceux entre parenthèses les superficies en ha nécessaires pour réaliser ces différentes charges sur la base de 5 ovins par C.

Traitements	Taux de charge	C1	C2	C3
Pâturage naturel (P0)		9 (0,54)	18 (0,27)	27 (0,19)
Pâturage naturel + P (PI)		12 (0,41)	24 (0,20)	36 (0,14)
Pâturage naturel + Stylo + P (PII)		12 (0,41)	24 (0,20)	36 (0,14)

Tableau 4. Superficies disponibles (ha) pour 5 ovins et taux de charge (C) en UBT ha^{-1} des traitements.

		C1		C2		C3	
ha		UBT ha^{-1}		ha		UBT ha^{-1}	
		1992	1993			1992	1993

P0	0,54	0,9	1,2	0,27	1,9	2,4	0,19	2,8	3,5
PI	0,41	1,2	1,5	0,20	2,5	3,1	0,14	3,7	4,4
PII	0,41	1,3	1,5	0,20	2,5	3,0	0,14	3,8	4,5

Comme le poids moyen des ovins a légèrement varié d'une année à l'autre et pour des raisons de commodité, les charges précises furent exprimées en UBT ha⁻¹ pour chacune des trois années d'exploitation. Cette conversion en UBT ha⁻¹ tient compte du poids vif moyen des ovins par charge (C) et du rapport entre les besoins d'entretien d'un ovin (23 g kg^{-0,75}) et de celui d'un UBT (32 g kg^{-0,75}) ces normes sont celles de l'ARC.

2.3.2.2. Conduite de l'exploitation

Les animaux

Au cours de chacune des 3 années d'exploitation 45 jeunes ovins mâles entiers de race Djallonké ont été réparties en 9 lots randomisés de 5 têtes chacun. Ces lots ont été ensuite attribués au hasard aux 9 sous parcelles correspondant aux taux de charge des 3 traitements (15 ovins par traitement). Les ovins ont été vaccinés contre la pasteurellose et ont subi un déparasitage interne.

Mode d'exploitation

Les traitements ont été exploités les 2 années consécutives (1992 et 1993) au cours de la première moitié de la saison sèche. Cette période a été choisie vu la qualité relativement bonne des parcours naturels en hivernage, l'appétibilité restreinte du Stylo pendant cette époque, et le risque continu relativement élevé de perdre le Stylo au cours de la saison sèche (pertes de feuilles, moisissures termites, pluies précoces).

En 1992, vu le comportement semi-pérenne du Stylo (présence de pied bisannuels vigoureux), le système de rotation de 20 jours de repos entre deux pacages des ovins fut imposé à chaque paddock des sous parcelles des traitements en vue de bénéficier des repousses de Stylo. Ainsi chaque sous parcelle &171; C &187; de chacun des traitements fut subdivisé en 3 paddocks à raison de 10 jours de pâture par paddock. Quatre rotations furent effectuées (120 jours).

En 1993, vu le comportement annuel du Stylo (jeunes pieds du resemis naturel), les paddocks furent supprimés et le système de rotation précédemment appliqué a été ramené à deux passages des ovins sur toutes les sous parcelles séparés d'une période de repos de 1 mois (Septembre). Le 1er passage nommé pâture précoce d'une durée de 21 jours a eu lieu du 10 au 31 Août.

Cette pâture précoce est une stratégie communément utilisée dans la gestion des pâturages améliorés et/ou des banques fourragères de légumineuses. En général les graminées germent et croissent plus rapidement que les légumineuses en début de saison de pluies et peuvent rapidement les étouffer. Otsyira *et al.* (1987) rapportent que : &171;le bétail préfère les graminées au Stylo, spécialement en début de saison de croissance. Une pâture soigneusement contrôlée à cette période peut accroître la proportion du Stylo dans la biomasse totale de fin de saison&187;. Le second passage (exploitation

effective des traitements) est alors intervenu du 26 Septembre au 09 Décembre (75 jours).

Le temps de conduite des ovins était fixé à 9 h j⁻¹ (8h à 17h) pendant chacune des 2 années d'exploitation. Le soir tous les ovins recevaient une supplémentation minérale sous forme de pierres à lécher à volonté. L'abreuvement se faisait une fois par jour.

Le calendrier annuel d'exploitation des traitements a été le suivant :

1991 : année d'installation, pas d'exploitation ;

1992 : 10 Septembre 1992 au 08 Janvier 1993 (4 mois d'exploitation) ;

1993 : 10 au 31 Août pâture précoce (21 jours)

26 Septembre au 09 Décembre (75 jours) exploitation proprement dite.

2.3.3. Etude interannuelle du tapis herbacé

2.3.3.1. Composition floristique

Introduction

Le changement interannuel de la composition floristique de la strate herbacée des traitements a été décrit et analysé au cours de 3 années consécutives (1992, 1993 et 1994) à partir de 2 observations principales. Il s'agit de l'importance relative des principales espèces ou groupes d'espèces herbacées à la densité et à la biomasse de fin de saison des pluies (fin Septembre). En année d'installation (1991) seule la contribution des herbacées à la densité de P0 et celle de PI et PII confondus (la division des 1,5 ha de pâturage + Stylo en PI et PII n'était pas encore faite) a été estimée. Dans cette analyse de changement de la composition floristique, on essaie de cerner principalement l'influence des traitements (introduction du Stylo avec application ou pas de P) de la pâture (taux de charge appliqués) et de la pluviosité sur la persistance du peuplement du Stylo introduit. Mais l'influence de la pluviosité est étudiée en rapport avec les caractères dominants du Stylo et des espèces locales en présence, caractères qui déterminent leur force de concurrence.

Méthodologie

La méthode d'échantillonnage des placeaux (1 m²) et placettes (25 x 25 cm) fut utilisée en 1992. Les placeaux sont disposés à distances régulières en suivant les diagonales de chacune des sous parcelles. A l'intérieur de chaque placeau sont alors disposées 4 placettes. L'inventaire floristique, la densité et la biomasse des herbacées sont alors effectués à l'intérieur de ces placettes. Ces estimations sont ensuite reportées au m². Les placettes ont l'avantage de permettre assez de points de prélèvements pour couvrir l'hétérogénéité des traitements (composition floristique, densité et biomasse) sans que la fauche de leur contenu ne soit un facteur d'évolution des herbacées au cours des années ultérieures. Ainsi les différentes estimations ont été effectuées dans 108 placettes (27 placeaux) dans chaque traitement en fin Septembre 1992.

Au cours des deux succédantes années d'observation (1993 et 1994) en vu de cerner l'hétérogénéité des traitements mieux qu'en 1992 les placeaux furent abandonnés au profit des transects (4 par sous

parcelles). Les placettes sont alors disposées le long des transects sur des points équidistants les uns des autres et matérialisés par des piquets numérotés. Les 4 transects d'une même sous parcelle sont également équidistants les uns des autres car séparant celle-ci en 5 parties égales. 4 dates de mesures ont été retenues par année d'observation. Celles de 1993 ont été effectuées au début et à la fin de chaque période d'exploitation (cf calendrier d'exploitation). Celles de 1994 ont été faites à un rythme de 30 jours à partir de fin Septembre. Pour chacune de ces dates de mesure 40 piquets ont été identifiés par sous parcelle (10 par transect ; 120 par traitement). La distribution de ces points de prélèvement (160) par sous parcelles entre les 4 dates de mesure a été effectuée par groupe de 4 points successifs au cours de laquelle chaque point est affecté au hasard à une date de mesure. Un exemple de cette distribution de points dans une sous parcelle quelconque est illustré par la Fig. 3. Pour une date de mesure les placettes sont placées au niveau des points correspondants à celle-ci. Les mêmes opérations effectuées en 1992 dans les 4 placettes d'un plateau sont reconduites dans les 4 placettes successives d'une même date de mesure.

Comme énoncé précédemment, l'évolution interannuelle de la composition floristique à la densité et à la biomasse ont porté uniquement sur les mesures de fin de saison (fin Septembre). Celles des autres dates d'une même année donnaient plutôt l'évolution périodique de la biomasse sous l'effet de la pâture et de la dégradation naturelle.

Mesures de la contribution à la densité

Après l'inventaire floristique dans les 4 placettes d'un plateau (1992) ou dans les 4 placettes successives d'une même date de mesure sur les transects (1993 et 1994) on procède au dénombrement des individus par espèce qui s'y trouvent (nombre de pieds par espèce dans 4 placettes). L'opération se poursuit sur les autres groupes de 4 placettes dans chacune des sous parcelles de chaque traitement.

La contribution relative à la densité d'une espèce i notée (n_i %) dans une sous parcelle ou dans un traitement est la proportion exprimée en % du nombre total de pieds de l'espèce i par rapport au nombre total de pieds de toutes les espèces recensées dans cette sous parcelle ou dans ce traitement.

$$n_i (\%) = \frac{\text{nombre de pieds de l'espèce } i}{\text{nombre total de pieds de toutes les espèces}} \times 100$$

Mesures de la contribution à la biomasse

Après le dénombrement des espèces dans les 4 placettes d'un plateau ou dans les 4 placettes successives d'une même date de mesure sur les transects, on fauche au ras du sol leur biomasse. Ensuite on procède à la séparation des principales espèces qui sont pesées. L'opération se poursuit sur les autres plateaux ou points retenus pour la date de mesure. La proportion de chaque espèces principales ou groupe d'espèces (les autres) est alors déterminée par rapport à la biomasse totale récoltée après détermination de la matière sèche.

La contribution spécifique à la biomasse notée (B_i %) est donnée par la formule :

$$B_i (\%) = \frac{\text{Biomasse de l'espece } i \text{ (en MS)}}{\text{Biomasse totale de toutes les especes (en MS)}} \times 100$$

1	2	1	2
3	3	3	3
2	4	4	1
4	1	2	4
4	3	3	3
1	4	4	2
3	2	1	1
2	1	2	4
2	3	1	4
4	4	2	1
3	1	3	2
1	2	4	3
4	4	4	2
3	2	2	4
2	1	3	3
1	3	1	1
2	1	3	3
1	3	1	1
2	1	3	4
3	3	2	1
4	2	1	3
1	4	4	2
3	2	4	1
4	4	2	3
2	3	1	4
4	4	2	3
2	3	1	4
1	1	3	2
3	3	3	4
2	2	4	1

1	4	2	2
4	1	1	3
3	1	4	3
1	4	2	2
2	3	1	4
4	2	3	1
2	1	1	3
4	4	3	4
1	3	2	1
3	2	4	2
2	3	4	3
3	4	2	2
1	2	1	1
4	1	3	4

Figure 3. Distribution au hasard des points de relevés dans une parcelle quelconque d'un traitement.

Les points de prélèvement d'une ligne sont équidistants de 2,51 m.

La distance interligne est fonction de la superficie de la parcelle et du cas de figure envisagée (cf méthodologie) :

1 points de prélèvement à la date 1 ;

2 points de prélèvement à la date 2 ;

3 points de prélèvement à la date 3 ;

4 points de prélèvement à la date 4.

Mesure de la force de concurrence

Une indication de la somme des avantages et des désavantages des propriétés des espèces peut être obtenue par la comparaison de l'importance en nombre de pieds et en biomasse des différentes espèces d'une végétation ([Penning de Vries & Djitèye, 1991](#)). Autrement dit, il s'agit de connaître l'ordre des espèces suivant leur poids moyen par pied à la fin de la croissance. Les espèces les plus compétitives auront des pieds relativement lourds. La base théorique qui justifie ce mode d'analyse de la compétition est donnée par Van den Bergh (1968). Pour plus de détails se conférer à [Penning de Vries & Djitèye \(1991\)](#).

2.3.3.2. Estimation de la production de biomasse herbacée de fin de croissance

Biomasse mesurée

Après toutes les opérations énumérées ci-dessus dans une sous parcelle, on découpe en morceaux l'ensemble de la récolte qui est mélangé et 3 échantillons d'environ 500 g chacun sont constitués en vue de la détermination de la matière sèche (MS) et des analyses de laboratoires. La production de biomasse d'une sous parcelle ou d'un traitement (kg ha^{-1} de MS) est déterminée par l'extrapolation du poids de

biomasses récoltées (ramené à la MS) dans les groupes de 4 placettes (0,25 m²) à la surface d'un ha.

Estimation théorique du rendement d'azote (Nb)

L'estimation du rendement en azote du site du parcours amélioré disponible pour la production de la biomasse aérienne de la strate herbacée vise à déterminer sa représentativité du point de vue fertilité par rapport à l'ensemble de l'unité de paysage auquel il appartient. Le Nb du site comparé à celui de l'unité permet de savoir si les résultats obtenus (biomasse) ont un caractère local ou s'il est possible de les extrapoler à l'ensemble de l'unité auquel appartient le site de l'étude. Le Nb de l'unité a été déjà estimé dans [Bremen & De Ridder \(1991\)](#). L'essentiel de la méthodologie de son estimation est décrite ci-dessous. Pour d'amples informations, référence pourra être faite au manuel édité en 1991 par les dits auteurs.

$$N_{lh} = 0,0083 \times I / (f_{lh} - 0,13) = N_{lign} + Nb$$

N_{lh} : Quantité moyenne d'azote (kg ha⁻¹) dans la biomasse aérienne annuelle de la strate herbacée (Nb) et celle des feuilles et des fruits des espèces ligneuses (N_{lign}) en situation d'équilibre.

f_{lh} : la part du N_{lh} , qui se perd annuellement par suite de différents processus.

I : la quantité d'eau infiltrée (mm an⁻¹).

La part des pertes annuelles d'azote (f_{lh}) est calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$f_{lh} = (rc \times f_{li}) + (1 - rc) \times f$$

dans laquelle :

rc : le taux de recouvrement des espèces ligneuses ;

f_{li} : la part de la quantité moyenne d'azote dans la biomasse aérienne de la strate ligneuse (feuilles et fruits) qui se perd annuellement ;

f : la part de la quantité moyenne d'azote dans la biomasse aérienne de la strate herbacée perdue annuellement.

L'estimation de Nb, c'est-à-dire la part de N_{lh} disponible pour la strate herbacée, se fait alors en déduisant de N_{lh} la quantité d'azote absorbée annuellement par les espèces ligneuses en concurrence avec la strate herbacée (N_{lign}).

N_{lign} correspond à la quantité d'azote des feuilles et des fruits multipliée par 0,4 (situation d'équilibre) et diminuée d'une quantité fixe due à la différenciation des niches écologiques (4 kg ha⁻¹).

Standardisation de la biomasse mesurée (Rendement d'azote N_s)

La Standardisation en éliminant l'influence des variations interannuelles de la pluviosité sur la

production de biomasse vise à déterminer la représentativité des années d'étude, c'est-à-dire savoir si les résultats ont un caractère temporaire lié aux années d'étude ou s'il est possible de les généraliser. La quantité d'azote totale de la biomasse aérienne de la strate herbacée mesurée en fin de croissance d'une année d'étude (N_m) est alors ramenée à celle d'une année standard N_s . L'année standard est définie comme une année normale avec une pluviosité moyenne du point de vue de la quantité et de la distribution ([Breman & De Ridder, 1991](#)). Pendant une telle année, la contribution des légumineuses à la biomasse de strate herbacée est de 5 %. Comme cette contribution des légumineuses et la pluviosité de l'année de mesure peuvent différer de celles d'une année moyenne le N_m est alors standardisé en fonction de ces deux éléments.

Standardisation en fonction de la contribution des légumineuses (N_i)

Le N_i appelé N intermédiaire s'obtient comme suit :

$$N_i = N_m - (L/100 - 0,05) \times B \times [N] \times L \times (c/100) \times 10^{-3}$$

L : contribution des légumineuses à la biomasse de la strate herbacée (%) pour l'année de mesure.

B : biomasse de la strate herbacée à la fin de la saison de croissance (kg ha^{-1}) pour l'année de mesure.

c : part d'azote fixée dans les légumineuses (50-65 ou 75 %). Ici $c = 75$ %.

$[N]$: taux d'azote des légumineuses (g kg^{-1}) = 20 pour une biomasse totale $> 1750 \text{ kg ha}^{-1}$.

Standardisation du N_i en fonction de la pluviométrie (N_s)

$$N_s = F_{50}/F_m \times N_i$$

F_{50} : fraction d'azote correspondant à la profondeur d'humidification pour une année moyenne.

F_m : fraction d'azote correspondant à la profondeur d'humidification pour une année de mesure.

La biomasse standardisée est alors obtenue comme suit :

$$B = 1000 N_s/[N]$$

$[N]$: taux d'azote de la biomasse aérienne de la strate herbacée pour une année standardisée ($N = 6,7 \text{ g kg}^{-1}$)

L'exemple de l'estimation du N_b du site et de la Standardisation du rendement d'azote mesurée pendant l'année 1992 sont reportés au Tableau de l'[annexe](#).

2.3.3.3. Evaluation de la qualité fourragère

Le taux d'azote (N) est déterminé par la méthode de l'auto analyseur au laboratoire des sols de Sotuba. La digestibilité de la matière organique (DMO %) est déterminée à partir de la méthode in vitro

&187; de Tilley & Terry (1963) au laboratoire de nutrition animale de Sotuba. Ensuite la DMO % &171; in vivo &187; est estimée par la formule de régression linéaire établie sur la base des DMO % &171; in vitro &187; des standards utilisés.

2.3.4. Consommation apparente et ingestion estimée

La consommation apparente est déterminée par le couple biomasse en défens des cages et biomasse après passage des animaux (biomasse hors cage). Cette méthodologie est empruntée à Diarra & Hiernaux (1983) qui l'ont utilisé dans le delta intérieur du fleuve Niger au Mali. La biomasse en défens (Bd) est celle non soumise à la pâture. Elle est mesurée par fauche sur des surfaces mises en défens à la fin de l'exploitation d'un parcours par les animaux. La biomasse après pâture (Bpât) est assimilée au refus et est déterminée parallèlement à la biomasse en défens par la fauche en dehors des cages. Pour la mise en défens des cages grillagées de 80 x 80 x 130 cm ont été utilisées.

La consommation apparente exprimée en kg est alors déterminée par la formule :

$$\text{Cons. app} = \text{Bd} - \text{Bpât}$$

L'ingestion réelle a été estimée par l'équation $[\text{GMQ} = 0,43 (\text{MOID} - 23) \times \text{g kg}^{-0,75}]$ dérivée de [Breman & De Ridder \(1991\)](#), dans laquelle MOID représente l'ingestion de la matière organique en $\text{g kg}^{-0,75}$ et GMQ le gain moyen quotidien exprimé dans la même unité.

2.3.5. Sélectivité (indice de préférence)

L'appétibilité est un aspect de la sélectivité. Il s'agit d'une notion en grande partie relative et il est plus indiqué de parler de préférence relative des espèces animales pour telle plante ou partie de plante ([Breman & De Ridder, 1991](#)).

Ainsi la sélectivité pour une plante ou partie de plante est chiffrée à partir d'un indice dit de préférence. Cet indice pour une plante donnée est le logarithme népérien du quotient de sa contribution dans le menu et dans le disponible (Ivlev, 1961 ; Jacobs, 1974 ; cités par Duncan (1983)). Il fournit alors une expression linéaire de la sélectivité.

$$\text{Indice de préférence} = \text{Ln} (\text{menu}/\text{disponible})$$

Pour une meilleure interprétation de la sélectivité le quotient ci-dessus est transformé comme suit :

$$\text{Indice de préférence (IP)} = \text{Ln} (1 + \text{menu}/\text{disponible}) - \text{Ln} 2$$

Ainsi : IP = 0 : l'espèce végétale n'est ni sélectionnée, ni rejetée ;

IP > 0 : l'espèce végétale est choisie préférentiellement par rapport aux autres, on parle de sélectivité

active ;

IP < 0 : l'espèce végétale est relativement rejetée.

2.3.6. Mesure de l'évolution pondérale des animaux

Les ovins étaient pesés chaque 10 jours (double pesée). La régression linéaire de la forme $y = a + bx$ a été appliquée pour estimer le GMQ (Gain Moyen Quotidien) de chaque ovin. Dans la formule $y = a + bx$, y représente le poids vif de l'ovin à x jours d'essai, a son poids vif initial, b le GMQ et x le nombre de jour d'essai.

2.4. Banque fourragère

2.4.1. Installation de la banque

1,5 ha de culture pure de *Stylosanthes hamata* c.v verano a été installée au ranch de Niono en Juillet 1991. Le semis a été effectué en ligne continue (interligne 50 cm) avec 5 kg de semence ha⁻¹. Elle a bénéficié de 50 kg de TSP ha⁻¹ dès l'installation des plantules de Stylo.

2.4.2. Méthodes de gestion appliquées

2.4.2.1. Application de P, désherbage et pâture précoce

- Pour favoriser la persistance du Stylo la même dose de TSP fut appliquée en fin Juillet de chacune des 3 années d'exploitation.
- La banque a en outre bénéficié d'un désherbage manuel en 1992. Aucun désherbage n'a eu lieu en 1993 et 1994. La pâture précoce avait été préconisée pour ces 2 années comme un des éléments de méthode de gestion à développer pour le maintien du Stylo. Elle n'a eu lieu finalement qu'en 1994 suite à certaines contraintes survenues dans le calendrier d'exécution (temps). La justification de la pâture précoce a été largement énoncée au point 2.3.2 du présent chapitre. La méthodologie d'une telle stratégie de gestion appliquée à la banque est reportée au point 2.4.4 du présent sous chapitre.

2.4.2.2. Périodes d'exploitation

La banque a été compartimentée en 2 parcelles (parcelle I et II) de 0,75 ha chacune et qui ont été exploitées respectivement en période I (moment floraison - fructification) et période II (après fructification du Stylo), comme supplément au parcours du complexe sablonneux S2 du ranch dans lequel la banque a été installée.

Le calendrier annuel d'exploitation de la banque a été fixé comme suit :

Année 1992 : Période I (18 Septembre - 18 Décembre) 90 jours ;

Période II (19 Décembre 1992 - 19 Mars 1993) 90 jours ;

Année 1993 : Période I (07 Septembre au 05 Novembre) 60 jours ;

Période II (06 Novembre 1993 au 05 Janvier 1994) 60 jours ;

Année 1994 : Pâturage précoce d'une durée totale de 4 jours pour toutes les parcelles. Il n'y a pas eu d'exploitation proprement dite de la banque en 1994.

La variation dans la durée des périodes d'une année à l'autre est liée à la variation interannuelle du disponible en Stylo de la banque.

2.4.2.3. Taux de charge

La méthodologie est la même que celle utilisée sur le pâturage enrichi à la différence que l'ingestion journalière d'un ovin sur la banque est fixée à 1,5 % de son poids vif (en 3 heures de pâturage). C'est ainsi que sur la base d'une disponibilité fourragère de 900 kg ha⁻¹ (le 1/3 de la biomasse totale) et d'un poids moyen de 27 kg par ovin, 3 taux de charge (C1 = 12, C2 = 24 et C3 = 36 ovins ha⁻¹) furent appliqués à chacune des parcelles de la banque en 1992 pendant 90 jours. Les mêmes taux (ovins. ha⁻¹) ont été maintenus aussi en 1993 pour une durée de 60 jours par parcelle. La méthode utilisée pour la réalisation pratique de ces différentes charges, vu l'étroitesse des parcelles est identique à celle utilisée sur les traitements PI ou PII de Cinzana (voir 2.3.2.a).

Les charges exprimées en UBT ha⁻¹ (Tableau 5) furent fixées en tenant compte du poids vif des ovins, du temps de pâturage dans la banque et dans le Parcours, de la dimension des sous parcelles de la banque et du parcours naturel et de l'utilisation commune de ce dernier. La conversion en UBT ha⁻¹ tient également compte du besoin d'entretien d'un ovin fixé à g kg^{-0,75} et de celui d'un UBT (32 g kg^{-0,75}).

Tableau 5. Superficies disponibles (ha) pour 5 ovins et taux de charge (C) en UBT ha⁻¹ des parcelles (P) de la banque.

	C1			C2			C3		
	ha	UBT ha ⁻¹		ha	UBT ha ⁻¹		ha	UBT ha ⁻¹	
		1992	1993		1992	1993		1992	1993
PI	0,41	0,45	0,66	0,20	0,92	1,30	0,14	1,32	1,93
PII	0,41	0,54	0,68	0,20	1,08	1,36	0,14	1,61	2,00

PI = Parcelle exploitée au moment de la floraison-fructification ;

PII = Parcelle exploitée après fructification.

2.4.2.4. Conduite de l'exploitation

4 lots randomisés de 5 ovins mâles entiers de race Djallonké ont été répartis au hasard entre les 3 sous parcelles (C1, C2 et C3) de chacune des parcelles de la banque et le parcours naturel au moment de leur exploitation. Au cours d'une même année d'exploitation les mêmes lots d'ovins affectés aux sous parcelles (C1, C2 et C3) de la parcelle I sont réutilisées pour les sous parcelles correspondantes de la parcelle II.

Le temps de conduite de tous les lots a été fixé à 9 heures par jour (8-17 h). Les 3 lots supplémentés sur la banque y passent le 1/3 de leur temps de conduite et les 2/3 sur le parcours du ranch. Le lot témoin vivait exclusivement du parcours naturel. Ce dernier d'une superficie de 5 ha en 1992 fut ramené à 2 ha en 1993 pour ne permettre que l'entretien des ovins. L'exploitation de la banque se faisait le soir. Le même supplément minéral et les mêmes conditions d'abreuvement et de prophylaxie étaient identiques à ceux de Cinzana.

2.4.3. Evaluation de la persistance du Stylo et autres paramètres

2.4.3.1. Mesure de la biomasse totale et contribution du Stylo

La biomasse herbacée des 2 parcelles de la banque a été estimée au courant du mois d'Octobre (date probable de fin de croissance du Stylo dans la zone) de chacune des 2 années d'exploitation. Le début d'exploitation de la parcelle I étant antérieur à cette période (cf. calendrier d'exploitation) sa biomasse de fin de croissance (sans pâture) a été mesurée dans des cages de mise en défens et celle de la parcelle II dans des placettes de 50 x 50 cm disposées au hasard sur 4 transects par sous parcelles comme à Cinzana. Le contenu de chaque cage ou placette a été fauché au ras du sol et séparé en Stylo, graminées, légumineuses locales et forbes. La moyenne de la biomasse totale (en M.S) récoltée dans les cages ou placettes d'une sous parcelle ou parcelle est ensuite rapportée à l'hectare.

2.4.3.1. Autres paramètres

La méthodologie développée pour l'estimation de la consommation apparente, de l'appétibilité relative du Stylo, de la valeur nutritive de la banque et de l'évolution pondérale des ovins a été identique à celle du pâturage amélioré (voir 2.3).

2.4.4. Méthodologie de la pâture précoce

La pâture précoce a été exécutée en 1994 (suite à l'envahissement de la banque par les graminées) comme méthode de gestion simple pouvant permettre une augmentation de la contribution du Stylo à la biomasse totale en fin de saison.

Ainsi les sous parcelles C1 et C3 des parcelles I et II ont été soumises à la pâture précoce et leur C2 ont servi de témoin.

Sa durée a été très brève pour ne pas perturber l'installation du Stylo ; mais l'intensité d'exploitation très

élevée pour diminuer suffisamment la contribution des espèces envahissantes. C'est ainsi que 19 taurillons de race Maure âgés de 3-4 ans soit l'équivalent de 17 UBT ont été utilisés pour une journée de pâture par sous parcelle (18 au 21 Juillet). Le temps de passage des animaux (en heures par jour) sur une sous parcelle a été fonction de son disponible fourrager. Le troupeau était enlevé de la sous parcelle après une diminution suffisante de la taille des espèces envahissantes. La contribution relative du Stylo à la biomasse en fin Octobre sur les 6 parcelles et la comparaison des C1 et C3 avec les C2 d'une même parcelle ont servi comme jugement de l'efficacité du traitement (voir 2.3).

2.5. Analyses statistiques

Pour la comparaison entre plusieurs moyennes l'analyse de variance &171; Anova &187; a été utilisée. Le test &171; t &187; de Student est appliqué pour la différence entre 2 moyennes. Les seuils de signification ont été définis par rapport à 5 %. Les lettres de l'alphabet sont utilisées pour caractériser ces comparaisons :

- Les moyennes accompagnées d'une même lettre pour une même ligne et/ou colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % ($P > 0,05$).
- Celles accompagnées de lettres différentes diffèrent par contre au même seuil de signification (5 %).

[Chapitre 3, Bibliographie et Annexes](#)

Rapports PSS N° 20 (Chapitre 3)

Recherche d'un modèle d'exploitation de *Stylosanthes hamata* en banque fourragère et en pâturage amélioré

[Table des matières,](#)
[Chapitre 1 et 2](#)

3. Résultats et discussions

3.1. Résultats sur stratégie de germination et d'installation du Stylo

3.1.1. Test de viabilité

Sur un total de 300 semences scarifiées soumises au test 243 ont germé soit un taux de 81 %. Par contre le taux de germination pour les 300 semences non scarifiées fut de 54 % (162 germinations). Les semences scarifiées ont alors montré une viabilité de 1,5 fois plus élevée que les semences indemnes. Cette viabilité élevée chez les semences scarifiées s'explique par l'élimination (par brisure) de la plupart des mauvaises semences suite à l'action mécanique de la scarification. Celles-ci sont constituées de semences immatures ou trop altérées, d'enveloppes vides, etc. Les semences non scarifiées seraient composées d'une fraction importante de ces semences non viables, éliminées lors de la scarification. Ce qui explique leur faible viabilité par rapport aux premières.

Les vitesses pour atteindre 50 % de germination effective (nombre de semences germées exprimées comme fraction du nombre total de semences viables semées) n'ont pas excédé plus de 1 jour aussi bien chez les scarifiées que chez les non scarifiées. Mais leur germination s'étale sur 15 jours (semences scarifiées) versus 18 jours (semences non scarifiées).

Les taux de germination obtenus dans les pots (conditions proches de celles du terrain) ont été un peu plus faibles par rapport à ceux obtenus dans les boîtes de pétri. Les taux de germination ont été respectivement de 65 et 39 % pour les scarifiées et les non scarifiées dans les pots pour une viabilité respective de 81 et 54 % (boîtes de pétri). Toutes les semences viables n'ont donc pas germées dans les conditions des pots. On peut s'attendre au même résultats dans les conditions du terrain à cause de la perte des germences qui n'atteignent pas la levée visible.

3.1.2. Test de germination

3.1.2.1. Taux de germination

Les résultats sur le taux de germination en fonction des 2 substrats, des hauteurs de pluies et de la nature des semences sont reportés au Tableau 6.

Tableau 6. Taux de germination comme fraction (%) du nombre total de semences « viables » semées.

Pluies	Nature semences	Sable-limoneux (%)	Sable-grossier (%)
30 mm	scarifiées	89	78
	non scarifiées	78	64
15 mm	scarifiées	81	74
	non scarifiées	77	73

Profondeur de semis

La profondeur de semis de 2 cm n'a pas permis la germination du Stylo. Ce phénomène a été constaté aussi bien avec les semences scarifiées que non scarifiées indépendamment des substrats et des hauteurs de pluies appliquées. Dans les 36 pots totalisant 3 600 semences, seules 3 germinations ont été observées. En conséquence toutes les données de germination et de résistance à la sécheresse qui suivent ont été étudiées pour la profondeur unique de semis de 0,5 cm.

Scarification des semences

Le taux de germination (substrats et pluviosités confondus) des semences scarifiées (80 %) a été significativement supérieur ($P < 0,05$) à celui des non scarifiées (73 %).

- Cette influence significativement positive de la scarification des semences sur le taux de germination est indépendante de la nature du substrat. Sur substrat sablo-limoneux les taux de germination ont été de 85 et 78 % respectivement pour les semences sacrifiées et non scarifiées versus 76 et 69 % sur substrat sable grossier.

- Les mêmes tendances ($P < 0,05$) sont également observées en faveur des semences scarifiées par rapport aux non scarifiées pour les deux hauteurs de pluies. Cependant si les scarifiées ont eu un taux de germination plus élevé ($P < 0,05$) que les non scarifiées sous 30 mm, cette différence significative disparaît sous 15 mm de pluie. Les taux de germination furent de l'ordre de 83 et 71 % respectivement pour les semences scarifiées et non scarifiées avec des séquences de 30 mm de pluies versus 78 et 75 % sous 15 mm.

Substrats

Le taux de germination du Stylo (toutes semences et pluviosités confondues) a été significativement meilleur ($P < 0,05$) sur substrat sablo-limoneux (81 %) que sur sable grossier (72 %).

- Ce résultat est confirmé avec les semences scarifiées qui ont atteint un taux de germination significativement élevé ($P < 0,05$) sur substrat S.L (85 %) que sur substrat S.G (76 %). La même tendance est observée avec les semences non scarifiées (78 %) sur substrat S.L versus 69 % sur substrat S.G.

- Le fait que le substrat S.L soit plus favorable à la germination du Stylo que le substrat S.G se vérifie

également avec chacune des 2 hauteurs de pluies appliquées. Sous les séquences de 30 mm le substrat S.L s'est avéré plus favorable ($P < 0,05$) à la germination du Stylo que le substrat S.G (84 contre 71 %). Cette tendance est également notée sous 15 mm (79 contre 74), bien que la différence ne soit significative au seuil de 5 %.

Hauteurs de pluies

Les séquences de pluies de 30 mm n'ont pas globalement (semences et substrats confondus) entraîné un meilleur taux de germination à celles de 15 mm au seuil de 5 % (77 contre 76 %).

- Les semences scarifiées n'ont pas montré un taux de germination significativement plus élevé au seuil de 5 % sous les averses de 30 mm (83 %) que sous celles de 15 mm (78 %). De même le taux de germination des semences non scarifiées sous 30 mm (71 %) ne diffère pas ($P > 0,05$) de celui obtenu sous 15 mm (75 %).

- L'effet des pluies de 30 mm sur le taux de germination du Stylo (toutes semences confondues) n'a pas été meilleur à celui de 15 mm sur aucun des 2 substrats ($P > 0,05$). Sur substrat S.L les taux de germination furent de 84 et 79 % respectivement sous 30 mm et 15 mm versus 71 et 73 % sur S.G.

Conclusion

Il ressort alors des résultats obtenus sur les taux de germination dans les pots exprimés comme fraction (%) des semences viables semées (Tableau 6) que :

- le milieu réel (terrain) offre des conditions sub-optimales pour la germination (toutes les graines viables ne mènent pas à la levée) ;
- la scarification améliore la germination ;
- le substrat sablo-limoneux s'avère être un milieu un peu plus favorable à la germination que le substrat sable-grossier ;
- les averses de 15 mm tous les 4 jours considérées comme faibles par rapport à celles de 30 mm, étaient suffisantes pour la germination pendant la période considérée (20 Août - 10 Septembre) caractérisée par une hygrométrie relativement élevée.

La situation pourrait être différente au cours de la période naturelle de la germination car l'évapotranspiration potentiel est de 6 mm j^{-1} (Juin-Juillet) contre 4 mm j^{-1} en Août-Septembre.

3.1.2.2. Vitesse et hétérogénéité de la germination

a. Vitesse de germination : La vitesse de germination a été définie comme le temps nécessaire à la germination de 50 % des semences aptes à germer (cf [2.2.3.2](#)). Cette vitesse est donc d'autant plus élevée que le temps est court. Les vitesses de germination en jours dans les différentes situations (Tableau 7) découlent de la Fig. 4.

Tableau 7. Vitesse de germination de Stylosanthes hamata sous les conditions de l'essai.

Conditions de germination	Vitesses de germination en jours					
	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5
SL 30 S.Sc		+				
SL 30 S.N.Sc			+			
SL 15 S.Sc		+				
SL 15 S.N.Sc						+
SG 30 S.Sc		+				
SG 30 S.N.Sc					+	
SG 15 S.Sc			+			
SG 15 S.N.Sc				+		

SL : Sable-Limoneux ; SG : Sable-Grossier ; 30 = 30 mm de pluies ;
15 = 15 mm de pluies ; SSc : Semence scarifiées ; SNSc : Semences non scarifiées.

Figure 4. Courbes de germination dans le temps des semences scarifiées et non scarifiées sur substrat sable limoneux (SL) et sable grossier (SG).

Les courbes sont également en fonction des hauteurs de pluies appliquées (séquences de 30 mm et 15 mm). Les taux de germination sont exprimés comme fraction en % des graines viables semées.

Les semences scarifiées ont une vitesse de germination moyenne (1,75 j) supérieure à celles non scarifiées (3,75 j).

Cette vitesse est atteinte plus rapidement sur substrat SL (2,75 j) que sur SG (3 j) Tableau 7.

Il ressort des expériences de Cissé (1986) que la vitesse de germination est une notion relative. *Diheteropogon hagerupii*, *Blepharis linarifolia*, *Schoenefeldia gracilis* ont été classées comme espèces à germination rapide ; tandis que *Borreria chaetocephala* ; *Borreria stachydea* et la plupart des dicotylédones comme espèces à germination lente (Cissé, 1986). Les espèces du premier groupe atteignaient 50 % de germination effective en 2,5 jours et les secondes en 4 jours ou plus. Breman & Elberse (1989) obtenaient les mêmes tendances et classification dans un essai de germination en laboratoire, avec les mêmes espèces bien que les vitesses de germination aient un peu augmenté.

Au regard de ces résultats et dans les conditions naturelles de germination (semences non scarifiées), *Stylosanthes hamata* peut être considérée comme une espèce à germination lente (plus de 4 jours). En milieu réel à Cinzana, le temps pour atteindre 50 % de germination malgré une averse de 45 mm survenue au lendemain des semis a excédé 5 jours. La scarification améliore cependant la vitesse de germination du Stylo.

Hétérogénéité de la germination

Stylosanthes hamata peut être considérée comme une espèce à germination lente et hétérogène. Une fraction des semences germe dans un délai de moins de 4 jours et le taux final de germination n'est

atteint qu'au bout de 2 à 3 semaines. Cela est valable pour tous les cas de figure de l'essai (Fig. 4). En 1991 lors du sursemis du pâturage naturel avec le Stylo, des germinations étaient encore enregistrées plus d'un mois après le semis. Les semis ont eu lieu du 26 au 27 Juillet et les dernières levées ont été enregistrées en fin Août.

Il est probable que *Stylosanthes hamata* ait la même stratégie de germination que certaines dicotylédones herbacées de la zone soudano-sahélienne notamment *Zornia glochidiata*, *Cassia mimosoides* et *Borreria chaetocephala*. Les semences de ces espèces sont composées généralement 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 de la présence de craquelure dans les téguments. Ces craquelures seraient liées surtout à la déshydratation des graines en fin de maturité. Le sol et donc la température élevée les favoriseraient (Cissé, 1986).

3.1.3. Test de résistance à la sécheresse

Les premières mortalités des plantules sont enregistrées deux semaines après la dernière séquence de pluie de 15 mm sur chacun des 2 substrats. Avec les séquences de 30 mm les mortalités sont décalées de 2 semaines et ne surviennent qu'après 1 mois indépendamment des substrats utilisés (Fig. 5).

Les durées correspondant à 50 % du taux de survie des plantules après des séquences de 15 mm de pluie furent respectivement de 33 et 38 jours sur le sable limoneux (S.L) et le sable grossier (S.G) versus 38 et 43 pour les séquences de 30 mm. La survie a été alors relativement meilleure sur substrat S.G (texture grossière) que sur substrat S.L (texture relativement fine).

Sur un même substrat cette survie a été d'autant bonne que la quantité de pluie reçue était élevée. Les plantules meurent relativement tôt dans les &171; traitements &187; à 15 mm, mais les pieds les plus résistants survivent aussi longtemps que ceux à 30 mm. La taille relativement réduite des plantules sous 15 mm ferait qu'elles auraient un besoin moindre en eau. Cependant après 55 jours sans pluie, toutes les plantules sont mortes indépendamment de la quantité d'eau reçue au moment de leur germination (Fig. 5).

Au regard de la classification de Cissé entre espèces à survie élevée et faible (cf point 2.4.3). *Stylosanthes hamata* peut être considérée comme une espèce à survie élevée, donc résistante à la sécheresse. 50 % de mortalités des plantules ne sont enregistrées qu'après 30 jours (Fig. 5). Cependant une certaine prudence s'impose quant à cette conclusion. En effet bien que les expériences de Cissé eurent lieu également dans des pots avec des substrats du ranch et des séquences de 20 mm de pluies, les conditions de ses essais étaient plus contrôlées que les nôtres. De même le présent test s'est déroulé à un moment où l'humidité de l'air était très élevée.

Figure 5. Courbe de survie des plantules sur sable grossier (SG) et sable limoneux (SL) en fonction des hauteurs de pluies reçues lors de la germination (15 et 30 mm).

3.2. Discussions

3.2.1. Taux de germination

Profondeur de semis

L'influence de la profondeur d'ensemencement sur le taux de germination des espèces à petites graines a été démontrée par de nombreux essais en serre. Les profondeurs optimales recommandées variaient de 0,5 à 1,5 cm (Bogdan, 1964 ; Smith, 1966 ; Stonard, 1969 ; cités par Grant, 1975).

Dans le présent essai, une couche de terre de 2 cm d'épaisseur empêche pratiquement l'émergence des plantules de Stylo. L'enfouissement des semences à 0,5 cm permet des taux raisonnables de germination aussi bien sur substrat sablo-limoneux que sur substrat sable-grossier. Il n'est pas possible de conclure à une profondeur idéale de semis avec seulement 2 niveaux testés, cependant 0,5 cm ne doit pas s'écarter beaucoup de l'idéale car à cette profondeur 77 % des semences viables semées ont germé (substrat, pluviosité et nature des semences confondues).

Scarification des semences

L'influence positive de différents traitements visant à lever la dormance des semences parmi lesquels la scarification a été démontrée dans de nombreux essais (Grant & Claworthy, 1975 ; Cissé, 1986 ; Elberse & Breman, 1989 ; Elberse & Breman, 1990). La dureté et/ou l'imperméabilité des téguments ou albumens en gênant l'absorption de l'eau, limiterait la germination. La scarification en réduisant l'imperméabilité des enveloppes, améliorerait l'absorption d'eau et d'oxygène et de ce fait le taux de germination. La scarification a fait passer le taux de germination de *Borreria stachydea*, une dicotylédone à l'albumen dur, de 28 à 81 % en 10 jours de mise à germination (Cissé, 1986). De même l'ablation des enveloppes de graines de *Schoenefeldia gracilis* a fait passer le taux final de germination de 21 à 72 %. Le rôle des enveloppes serait comparable à celui des téguments ou de l'albumen. Elles ralentiraient les échanges gazeux entre l'embryon et le milieu extérieur et limiterait de ce fait la capacité de germination (Cissé, 1986). Ainsi la scarification des semences de *Stylosanthes hamata* crée des conditions favorables à la germination dont le taux passe de 73 % (semences non scarifiées) à 80 % (semences scarifiées). L'effet de la scarification devient intéressant pour expliquer l'hétérogénéité de la germination de *Stylosanthes hamata* en milieu réel. Il ressort des études de Penning de Vries & Djitèye (1982), de l'apparition de craquelures dans les téguments de certaines graines en saison sèche. Celles-ci ne seraient plus imperméables. Cette fraction aurait une vitesse de germination rapide ; 10 % des semences de *Stylosanthes hamata* sont considérées comme non dures (Griffiths, 1994).

Substrat

Dans cette étude le substrat sablo-limoneux dans les 2 situations de pluviosité s'est avéré un milieu plus favorable à la germination des semences de Stylo que le sable grossier. Cela corrobore les résultats obtenus par Breman & Elberse (1990), sur la germination des graines de 25 espèces herbacées du Sahel malien dans les &171; chambres climatiques &187;. Le taux de germination de 17 espèces était élevé sur limon (texture fine) contre 6 sur sable (texture grossière) et 2 espèces étaient indifférentes aux substrats. Parmi les 6 dicotylédones du groupe, seule *Cassia tora* avait un taux de germination élevé sur

sable que sur limon.

Le taux de germination dépendrait du contact graine-substrat (Elberse & Breman, 1990 ; Cissé, 1986 et Grant *et al.*, 1975). La morphologie des semences peut favoriser ou défavoriser ce contact. Chez *Cenchrus biflorus* les barbes gênent l'enfouissement des semences (Cissé, 1986). La germination des graines duveteuses de *Cenchrus ciliaris* serait améliorée si on enlevait les soies et les glumelles (Humphreys, 1978). Ce contact est accru par la finesse de la texture (Cissé, 1986).

Le substrat sablo-limoneux (texture fine) a alors permis un contact meilleur que le substrat sable grossier (texture grossière) et ce contact pour chacun des substrats a été d'autant meilleur que la semence est scarifiée. En effet le tassement du sol autour de la semence favoriserait la montée de l'eau (par capillarité) vers le lit de germination (Humphreys, 1978). Ce tassement a été donc plus efficace avec le sable limoneux que grossier.

Hauteur de pluies

Généralement les taux de germination augmentent pour la même espèce avec l'accroissement de la hauteur de la pluie (Cissé, 1986). Un tel effet n'a pas été noté entre les hauteurs de pluies appliquées. L'effet des pluies de 30 mm n'a pas été significativement meilleur ($P > 0,05$) à celui des 15 mm. Ces dernières considérées comme condition hydrique limitative étaient loin de l'être. Ces hauteurs d'eau ont été fixées par rapport à l'évapotranspiration obtenue à Niono pendant les mois de Juin et Juillet (cf [2.2.3.2](#)). Les essais de germination n'ont eu lieu que du 20 Août au 10 Septembre (période où ETP serait de loin inférieur à 6 mm j^{-1}). Si l'on ajoute à cela que l'année 1994 fut une année de pluviosité exceptionnelle, ou des pluies étaient enregistrées chaque 2 jours (Août à Septembre), il devient probable que les 15 mm de pluies appliquées chaque 4 jours ($3,75 \text{ mm j}^{-1}$) serait de loin supérieure à la moitié de l'évapotranspiration journalière comme supposée au début. Les séquences de 15 mm de pluies considérées comme sub-optimales pour la germination par rapport à celles de 30 mm se sont donc avérées optimales pour la germination par suite d'une hygrométrie relativement élevée.

3.2.2. Vitesse et hétérogénéité de la germination

Bewley & Black (1978) ont divisé schématiquement le processus de germination en 3 phases :

- une phase d'imbibition : processus qui dépend de la vitesse d'infiltration de l'eau à travers le tégument de la graine et des facteurs d'inhibition ;
- une phase de processus métaboliques : l'absorption de l'eau est fortement réduite ;
- une phase de germination visible : émergence des plantules.

La vitesse de germination d'une espèce dépendrait de la durée de chacune de ses phases.

La vitesse de germination entre semences scarifiées et non scarifiées s'explique par la durée de la phase d'imbibition. Le temps d'imbibition serait plus court chez les semences traitées par absence de tégument dur ou d'enveloppe gênant la pénétration de l'eau contrairement aux semences non traitées. Cela se traduit alors par une vitesse de germination plus élevée chez les premières. Le substrat sablo-limoneux

en permettant un bon contact avec les graines, maintenant l'humidité autour de celles-ci et permet alors une vitesse de germination rapide en réduisant la durée de la phase d'imbibition.

Avec les hauteurs de pluies de 30 mm, l'imbibition serait plus courte (disponibilité en eau élevée autour des graines) qu'avec celles de 15 mm. D'où une vitesse de germination plus élevée avec les séquences de 30 mm, bien que le taux final de germination soit le même pour les 2 hauteurs de pluies. Il est également admis qu'en plus de l'imperméabilité qu'une fraction des graines de Stylo (fraction à germination lente) contient des facteurs inhibiteurs occasionnant une dormance chez celle-ci (Mc Keon, 1984). Cette dormance ne serait dans ce cas levée qu'après un temps relativement long, d'où une germination étalée dans le temps indépendamment des conditions de germination.

3.2.3. Résistance à la sécheresse

En étudiant plusieurs espèces herbacées de la zone sahélo-soudanienne sous des classes de pluies supérieures à 20 mm, Cissé (1986) a trouvé une liaison très étroite entre leur taux de survie et leur vitesse de germination. Les espèces à germination rapide avaient un taux de survie élevé comparées aux espèces à germination lente ; phénomène également rapporté par Breman & Elberse (1990). L'espèce à vitesse de germination hétérogène (*Zornia glochidiata*) avait également un taux de survie élevé. Dans le présent essai, *Stylosanthes hamata*, qui a une stratégie de germination semblable à celle de *Zornia glochidiata*, a développé une bonne aptitude à la survie. Cette résistance de l'espèce à la sécheresse est reconfirmée par nos observations de terrain en 1994 dans les parcelles agronomiques de Cinzana, où l'espèce était entretenue comme une monoculture. Après les 33 mm de pluie du 07 Mai, qui avaient provoqué une importante vague de germination du Stylo, la survie des plantules fut suivie dans 16 placettes de 100 x 25 cm. L'espèce a développé une résistance intéressante à la sécheresse durant le reste du mois caractérisée par une relative sécheresse. Sur 880 plantules inventoriées le 12 Mai seules 76 sont mortes à la date du 31 Mai, soit un taux de survie de 91 %.

Stylosanthes hamata doit posséder un ajustement osmotique substantiel qui contribuerait à maintenir sa turgescence à des potentiels hydriques très bas (Fisher & Ludlow 1984 ; cités par Garba 1991). Cette turgescence du Stylo est considérée comme un caractère favorable à la survie dans des conditions hydriques déficitaires. L'espèce doit également posséder une forte régulation stomatique comme rapporté par Van Keulen (1982) comme facteur de résistance à la sécheresse. Luiz (1989) est arrivé également à la conclusion que *Stylosanthes hamata* est une espèce écologiquement favorable pour des environnements caractérisés par des périodes de sécheresse au cours de la croissance. L'auteur explique cette résistance de l'espèce par le fait que sous condition hydrique limitative, elle produit peu de feuilles mais développe rapidement un système racinaire important lui assurant une meilleure survie.

La mortalité est apparue liée à la texture du sol (Cissé, 1986 ; Breman & Elberse, 1989). Si le substrat à texture relativement fine a permis un meilleur taux de germination par suite d'un bon contact graines-substrat, il s'est avéré par contre moins bon que le substrat à texture grossière quant à la survie des plantules. Grant *et al.* (1975) sont arrivés à la même conclusion dans un essai sur l'influence du substrat sur la résistance à la sécheresse des espèces herbacées.

Pour une même quantité d'eau infiltrée, le rôle des substrats sur la survie des plantules dépendrait de leur disponibilité en eau pour la plante. Cette disponibilité en eau conditionnerait la survie des plantules et serait inversement proportionnelle au point de flétrissement des substrats. Les substrats fins sont reconnus avoir un point de flétrissement supérieur à celui des substrats grossiers (Stroosnijder, 1982). Cela se traduit par une disponibilité hydrique plus élevée sur ces derniers par rapport aux premiers. D'où un taux de survie de 50 % atteint tardivement sur sable grossier par rapport à sable fin par *Stylosanthes hamata*.

La texture grossière empêche ou limite la remontée capillaire alors que la texture fine favorise la remontée. C'est la raison pour laquelle le substrat sable-limoneux se dessèche vite en profondeur contrairement au substrat sable-grossier. Cet avantage du sable grossier et son point de flétrissement bas par rapport au sable-limoneux permettent à égale quantité d'eau une survie plus longue sur le premier que sur le second.

Cependant si le substrat grossier s'est avéré favorable à la survie des plantules de Stylo que le substrat relativement fin ; l'inverse a été notée par Cissé en 1986, avec les herbacées en milieu réel (ranch de Niono). Les substrats fins (limon-sable ; limon et argile) se sont montrés plus favorables à la résistance des plantules des herbacées que le substrat grossier (sable-limon). L'auteur a expliqué cette situation par les caractères des dits substrats et par une redistribution de l'eau. Le taux de ruissellement était plus élevé sur le substrat grossier par rapport aux substrats fin, une certaine concentration d'écoulement était même notée sur l'argile.

Conclusions pratiques

Au vu des résultats obtenus sur la stratégie de germination et d'installation du Stylo, les conclusions ci-dessous peuvent être tirées :

- 2 cm est une profondeur de semis trop grande pour *Stylosanthes hamata*. La profondeur de semis de 0,5 apparaît plus convenable.
- La scarification améliore le taux et la vitesse de germination de Stylo. Cependant avec l'irrégularité de la distribution des pluies en début de saison, phénomène caractéristique des zones sahélo-soudanaises, il serait prudent pour le semis de faire un mélange de semences scarifiées et non scarifiées de Stylo. Ainsi dans des situations d'une mauvaise distribution de pluies en début de saison, le Stylo pourra s'installer plus tard à partir des semences non scarifiées. Dans le cas contraire il bénéficiera par sa fraction de semences scarifiées des avantages liés à une vitesse de germination rapide.
- Pour une bonne levée des sols fins (sablo-limoneux ou limono-sableux) seraient préférables aux sols à texture grossière (sable grossier, sols caillouteux). Des sols intermédiaires favorables à la germination et à la résistance du Stylo doivent être recommandés.
- Dans une banque fourragère installée en première année comme une monoculture, le semis doit être fait à un moment où les pluies sont assez régulières pour éviter des morts pré-germinatives (condition d'un taux de germination élevée). Dans une telle situation le semis doit se faire uniquement avec des semences scarifiées.
- Dans une situation de sursemis de pâturage naturel celui-ci doit se faire dès le début de l'hivernage, en

utilisant un mélange de semences scarifiées et non scarifiées. L'importance d'un tel mélange est indiquée au second tiré de ces conclusions.

Après l'année d'installation du pâturage amélioré et de la banque, *Stylosanthes hamata* s'est régénérée par resemis naturel avec une présence notable de pieds bisannuels en 1992. L'espèce a eu une stratégie de germination semblable à celle de *Zornia glochidiata*. Une fraction des semences, celle à téguments probablement altérés par les intempéries, ont germé probablement en même temps que les espèces à germination rapide des sites d'essai : *Schoenefeldia gracilis* pour la banque, *Pennisetum pedicellatum* et *Diheteropogon hagerupii* pour le pâturage amélioré. L'autre fraction, vraisemblablement la plus importante à téguments intacts a germé plus tard. Les plantules de *Stylosanthes hamata* ont développé également une survie étonnante lors des périodes successives de pluies - sécheresses enregistrées en début de saisons. Il se pourrait que l'espèce n'ait pas été beaucoup menacée lors de son installation par des irrégularités pluviométriques enregistrées au début des saisons.

Cependant ces caractères avantageux de *Stylosanthes hamata* pour son installation ne serait pas suffisants (sans une gestion adéquate) pour sa persistance dans les banques ou dans les parcours améliorés en zone soudano-sahélienne. Cette persistance (dominance dans le temps et dans l'espace) dépendra plutôt de sa force de concurrence par rapport aux graminées en présence, constituées pour la plupart d'espèces C4 à vitesse de germination rapide et de haute taille (cf [3.2](#)).

3.3. Résultats sur pâturage amélioré

Dans ce sous chapitre sont traités la variation interannuelle de la composition floristique, notamment la dynamique de *Stylosanthes hamata* en fonction de l'application de P, des taux de charge et de la pluviosité des années. L'influence de l'introduction du Stylo et/ou de l'apport de P sur l'évolution de la production de biomasse et sa qualité sont également traitées (voir [3.3.2](#) et [3.3.3](#)) de même que les productions animales ([3.3.4](#)). Les différentes méthodes d'estimation de ces différents paramètres ont été élaborés au point 3 du [chapitre 2](#).

3.3.1. Variation interannuelle de la composition floristique

En année d'introduction du Stylo (1991), des études détaillées sur la composition floristique en fonction des traitements (P) et de leurs parcelles (C) soumises à différents taux de charge n'ont pas été effectuées contrairement aux succédantes années. En effet la compartimentation du parcours du site en P0 ; PI et PII et leur subdivision en sous parcelles C1, C2 et C3 pour réaliser les différents taux de charge n'étaient pas encore faites. Seule la contribution des espèces à la densité de fin de saison fut effectuée dans le parcours ou l'introduction du Stylo a eu lieu (futurs PI et PII). De cette étude il est apparu que le pâturage ensencé de Stylo était composé d'un tapis herbacé mixte où les graminées et les dicotylédones (légumineuses + forbes) avaient une importance égale. *Pennisetum pedicellatum* était peu représentée (7 %) et *Borreria chaetocephala* l'espèce la plus importante (38 %). *Stylosanthes hamata* contribuait pour 3 % à la densité pour un total de 8 % pour les légumineuses locales. La référence pourra être faite à cette situation de départ dans la mesure du possible, notamment en ce qui concerne la

dynamique interannuelle des espèces ci-dessus citées.

3.3.1.1. Variation et traitements

Densité de fin de saison

L'évolution de la densité des plants d'herbacées (nombre de pieds m⁻²) toutes espèces confondues montre une tendance à la baisse d'une année d'observation à l'autre (Tableau 8). La chute est observée chez toutes les espèces composantes du tapis herbacé des différents traitements exceptée chez *Diheteropogon hagerupii*. Chez cette dernière l'évolution du nombre de pieds m⁻² est presque constante.

Il est à noter que cette réduction de la densité des herbacées de 1992 à 1994 est accompagnée par l'augmentation progressive de la contribution des graminées au détriment des dicotylédones.

Stylosanthes hamata a subi une véritable régression durant la période de l'essai. En année d'introduction (1991), elle contribuait pour 3 % à la densité. Cette contribution a chuté à 0,75 % en moyenne en 1992 (6 pieds m⁻²). En 1993 sa contribution a encore régressé et l'espèce n'est représentée que par un seul pied m⁻² (0,29 % de la densité totale) pour devenir négligeable en 1994.

La contribution des graminées et des forbes au nombre total de pieds en fin de saison 1992 était respectivement de 54 et 39 % pour une contribution de 8 % pour les légumineuses. La dicotylédone non légumineuse *Borreria chaetocephala* avait la contribution la plus élevée dans tous les traitements (33 %) avec *Pennisetum pedicellatum* comme espèce co-dominante (21 %). Cette tendance s'est inversée en 1993 par un accroissement important de la contribution à la densité des espèces graminéennes (79 %) et un fort recul de celle des forbes où la régression de *Borreria chaetocephala* est spectaculaire (Tableau 8). Celle-ci ne représentait plus que 10 % de la densité totale. *Pennisetum pedicellatum* est devenue l'espèce dominante (27 % de contribution) avec *Schizachyrium exile* comme co-dominante.

En 1994 les graminées ont encore accru leur présence pour atteindre 89 % du nombre total de pieds contrairement aux forbes qui ont régressé (4 % de contribution). *Pennisetum pedicellatum* a encore renforcé sa position de dominance passant de 27 % en 1993 à 31 % en 1994 avec *Diheteropogon hagerupii* comme espèce co-dominante.

La contribution moyenne à la densité des légumineuses locales a peu varié au cours des 3 années d'observation. Elle fut de 8,6 et 7 % respectivement en 1992, 1993 et 1994.

Ce genre de fluctuation interannuelle de la composition floristique de la densité et qui est indépendante des traitements appliqués est lié notamment à la pluviosité et aux caractères des espèces (voir [3.3.1.3](#)).

Tableau 8. Evolution interannuelle de la contribution relative (%) des principales espèces herbacées à la densité de fin Septembre suivant les différents traitements.

Espèces Années	Pâturage naturel (P0)			Pâturage naturel + Stylo (PI)			Pâturage naturel + Stylo + P (PII)		
	1992	1993	1994	1992	1993	1994	1992	1993	1994
<i>Diheteropogon hagerupii</i>	6	1	12	7	10	36	2	+	7
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	26	36	34	21	25	22	18	20	38
<i>Brachiaria ramosa</i>	12	19	24	+	1	2	+	+	2
<i>Elionurus elegans</i>	3	5	3	3	11	12	14	8	19
<i>Schizachyrium exile</i>	4	10	7	21	19	9	16	38	14
Autres graminées	2	6	7	3	13	11	3	14	9
Sous total graminées	53	77	87	55	79	92	53	80	84
<i>Stylosanthes hamata</i>	-	-	-	0,79	0,27	-	0,75	0,31	+
<i>Zornia glochidiata</i>	4	5	8	3	+	1	3	+	2
Autres légumineuses (Indigo)	3	2	1	3	6	4	5	4	5
Sous total légumineuses	7	7	9	7	7	5	9	4	7
<i>Hibiscus asper</i>	3	1	+	7	+	+	2	+	+
<i>Borreria chaetocephala</i>	36	9	2	27	9	1	36	13	2
Autres forbes	1	6	2	4	5	2	+	3	2
Sous total forbes	40	16	4	38	14	3	38	16	4
Pieds m ⁻² et écart types	781 ±318	316 ±231	263 ±99	724 ±448	404 ±190	314 ±150	972 ±435	479 ±233	287 ±86

Les espèces sont classées par groupe et suivant l'ordre décroissant de leur poids relatif par pied ;
+ Contribution très faible $\leq 0,5$ % ; - Espèces absentes dans les relevés.

Biomasse de fin de saison

L'évolution interannuelle des biomasses récoltées en fin de saison suit la même tendance dans les 3 traitements. Une diminution significative ($P < 0,05$) de la biomasse totale est notée de 1992 à 1993, suivie

par une véritable augmentation en 1994 (pour plus de détail cf 3.3.2).

Si *Stylosanthes hamata* contribuait pour 14 et 18 % respectivement à la biomasse des traitements PI (fertilisé seulement en 1991) et PII (fertilisé chaque année) en deuxième année d'installation (1992), cette contribution est devenue négligeable au cours des 2 succédantes années (Tableau 9).

Tableau 9. Evolution interannuelle de la contribution spécifique (en %) des principales espèces herbacées à la biomasse de fin Septembre suivant les différents traitements.

Espèces Années	Pâturage naturel (P0)			Pâturage naturel + Stylo (PI)			Pâturage naturel + Stylo + P (PII)		
	1992	1993	1994	1992	1993	1994	1992	1993	1994
<i>Diheteropogon hagerupii</i>	7	3	10	16	14	36	4	+	8
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	33	69	56	21	63	44	25	69	44
<i>Brachiaria ramosa</i>	11	12	5	1	1	1	+	1	1
<i>Elionurus elegans</i>	nd	2	2	nd	2	3	nd	8	12
<i>Schizachyrium exile</i>	2	+	1	4	1	1	4	4	8
Autres graminées	2	1	4	9	6	7	8	2	4
Sous total graminées	55	88	78	51	87	92	41	85	77
<i>Stylosanthes hamata</i>	-	-	-	14	+	+	18	+	+
<i>Zornia glochidiata</i>	4	3	18	7	+	2	3	+	16
Autres légumineuses (Indigo)	1	+	1	3	2	5	7	2	5
Sous total légumineuses	5	3	19	24	3	7	28	2	21
<i>Hibiscus asper</i>	3	+	+	6	+	+	3	+	+
<i>Borreria chaetocephala</i>	32	4	1	11	7	+	26	11	1
Autres forbes	5	3	1	8	3	1	2	2	1
Sous total forbes	40	8	3	25	10	1	31	13	2

Biomasse en MS et écart type (g m ⁻²)	380 ±144	348 ±152	573 ±235	456 ±137	251 ±123	559 ±259	503 ±153	276 ±116	641 ±296

Les espèces sont classées par groupe et suivant l'ordre décroissant de leur poids relatif par pied

+ Contribution très faible $\leq 0,5$ %

- Espèces absentes dans les relevés.

nd : non déterminée incluse dans autres graminées

La contribution des graminées à la biomasse s'est renforcée au cours des 2 dernières années d'observation par rapport à 1992 dans tous les traitements, au détriment des dicotylédones non légumineuses. Leur contribution est passée de 49 % en 1992 à 87 et 82 % respectivement en 1993 et 1994 versus 32, 10 et 2 % pour les dicotylédones non légumineuses. Cette évolution de l'accroissement des graminées à la biomasse indépendamment des traitements appliqués est due à celui de *Pennisetum pedicellatum* et de *Diheteropogon hagerupii*. La contribution moyenne de ces 2 espèces dans les 3 traitements est passé de 35, 73 et 66 % respectivement en 1992, 1993 et 1994. *Pennisetum pedicellatum* est demeuré l'espèce dominante au cours de ces 3 années d'observation avec une forte explosion en 1993, passant de 26 % (1992) à 67 pour régresser à 48 % en 1994.

Borreria chaetocephala, qui était l'espèce co-dominante en 1992 avec une contribution moyenne de 23 %, a régressé au cours des 2 dernières années pour ne représenter que 1 % de la biomasse totale de 1994 versus 7 % en 1993. Par contre les légumineuses naturelles ont régressé de 1992 à 1993 passant de 8 à 3 % pour atteindre une contribution relativement élevée en 1994 (16 %) par rapport aux années précédentes.

Conclusions

Stylosanthes hamata en sursemis dans le pâturage naturel n'a pas persisté au delà de 2 ans malgré l'apport de P. Les graminées ont augmenté leur présence (densité) au cours des 2 dernières années de l'étude au détriment du Stylo et des autres dicotylédones non légumineuses (forbes). La contribution à la densité des légumineuses naturelles a cependant été moins affectée. La pâture &171; précoce &187; du 10 au 31 Août est intervenue un peu tardivement et pendant l'année où la densité du Stylo était insignifiante.

La contribution de *Stylosanthes hamata* à la biomasse est devenue négligeable au delà des 2 premières années d'introduction malgré l'application de P. Si en deuxième année d'installation *Pennisetum pedicellatum* et *Borreria chaetocephala* co-donnaient la biomasse totale de la strate herbacée avec une contribution moyenne de 17 % de Stylo ; tous les traitements peuvent être considérés comme des parcours fortement dominés par *Pennisetum pedicellatum* et *Diheteropogon hagerupii* en fin d'essai. Cette évolution de la composition floristique de la densité et de la biomasse semble encore indépendante des traitements appliqués. Elle dépendrait plutôt des variations interannuelles de pluviosité et de la force de compétition des espèces en présence (cf [3.3.1.3](#)).

3.3.1.2. Variation et charges

Des résultats présentés ci-dessus (3.3.1.1) il est apparu que la différence d'évolution de composition floristique entre traitements est restreinte.

L'interaction entre les traitements et leurs charges n'a pas été également significatif du point de vue de cette évolution. Pour ces raisons l'influence de la pâture sur les variations interannuelles de composition floristique n'est pas analysée entre les sous parcelle C1, C2 et C3 (soumis aux différents taux de charge) d'un même traitement. Elle est plutôt analysée pour tous les traitements confondus. Les résultats présentés sont alors les moyennes des C1, C2 et C3 des 3 traitements.

Densité de fin de saison

La régression interannuelle observée sur la densité (nombre de pieds m⁻²) et la contribution relative des espèces ou groupes d'espèces dans les différents traitements sont les mêmes aux différents taux de charge. Cette régression de la densité (nombre de pieds m⁻²) dans les sous parcelles C accompagne l'augmentation progressive de la contribution des graminées (Tableau 10).

La régression du Stylo et l'expansion des graminées composées pour l'essentiel de *Pennisetum pedicellatum* et de *Diheteropogon hagerupii* semblent après 3 ans indépendantes de la pression pastorale. De même la régression des dicotylédones non légumineuses (% du nombre total de pieds) est généralisée quelque soit le taux de charge appliqué. Cependant la régression de *Borreria chaetocephala* en 1993 a été d'autant plus élevée que la charge appliquée en 1992 était forte. La régression de cette espèce a été de 59, 71 et 76 % respectivement dans les charges C1, C2 et C3. En 1994 l'espèce ne représentait plus que 3 % dans les charges faibles (C1) versus 1 % pour les charges moyennes et fortes (C2, C3). Par contre les taux de charge élevés semblent favoriser la contribution de certaines légumineuses naturelles comme *Zornia glochidiata* (Tableau 10). Ce jugement doit cependant être fortement nuancé vu leur contribution faible et irrégulière durant les années d'observation.

Tableau 10. Evolution interannuelle de la contribution relative (%) des principales espèces herbacées la densité totale de fin Septembre (n. m²) suivant les différentes charges.

Espèces Années	C1 (Faibles)			C2 (Moyennes)			C3 (Fortes)		
	1992	1993	1994	1992	1993	1994	1992	1993	1994
<i>Diheteropogon hagerupii</i>	7	4	28	3	5	17	2	3	10
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	16	19	27	24	28	41	28	33	26
<i>Brachiaria ramosa</i>	1	+	1	7	10	10	8	10	17
<i>Elionurus elegans</i>	5	13	12	9	6	10	7	4	12

<i>Schizachyrium exile</i>	21	34	18	6	19	5	10	12	7
Autres graminées	2	6	6	3	10	6	2	17	15
Sous total graminées	52	76	91	52	78	90	57	79	87
<i>Stylosanthes hamata</i>	0,56	0,12	+	0,56	0,33	+	0,35	0,14	+
<i>Zornia glochidiata</i>	7	4	2	+	4	4	1	4	6
Autres légumineuses (Indigo)	4	1	2	3	2	3	4	3	4
Sous total légumineuses	11	5	4	3	6	7	5	7	10
<i>Hibiscus asper</i>	1	+	+	8	1	+	2	1	+
<i>Borreria chaetocephala</i>	32	13	3	35	10	1	34	8	1
Autres forbes	3	5	2	1	4	2	1	4	2
Sous total forbes	36	18	5	44	15	3	37	13	3
Pieds m ⁻² et écart types	925 ±454	468 ±264	354 ±122	802 ±393	351 ±226	266 ±106	663 ±309	380 ±170	244 ±87

Les espèces sont classées par groupe et suivant l'ordre décroissant de leur poids relatif par pied ;
+ Contribution très faible ≤ 0,5 % ; - Espèces absentes dans les relevés.

Biomasse de fin de saison

L'évolution de la biomasse totale de fin de cycle semble plutôt être liée aux années de mesure qu'aux charges appliquées (Tableau 11). La biomasse totale a chuté dans toutes les sous parcelles (C) de 1992 à 1993 pour atteindre leur niveau le plus élevé en 1994. Cette évolution presque similaire dans les sous parcelles, semble peu liée aux charges appliquées.

Comprise entre &171; 8 et 12 % &187; en 1992 la contribution de *Stylosanthes hamata* à la biomasse de 1993 et 1994 était devenue négligeable dans toutes les sous parcelles soumises à différents taux de charge (Tableau 11).

En 1992 les sous parcelles pouvaient être considérées comme des parcours mixtes ou *Pennisetum pedicellatum* (28 %) et *Borreria chaetocephala* (23 %) co-donnaient. En 1993, *Pennisetum pedicellatum* a renforcé sa position de dominance passant de 28 % en 1992 à 67 % en moyenne dans les

sous parcelles soumises à différents taux de charge. L'espèce est dominante également en 1994 bien qu'elle ait régressé par rapport à 1993 au profit de *Diheteropogon hagerupii* qui voit sa contribution passer en moyenne de 6 à 18 %. Par contre *Borreria chaetocephala* a diminué d'importance pour ne représenter que 7 % en 1993. En 1994 sa contribution est négligeable.

Les légumineuses naturelles ont diminué d'importance de 1992 à 1993 pour accroître significativement leur contribution en 1994 indépendamment de la pression pastorale.

En définitive l'évolution de la composition floristique de la biomasse est encore après 3 ans sensiblement la même aux différents de charge appliqués probablement à cause de leur faiblesse relative.

Tableau 11. Evolution interannuelle de la contribution spécifique (en %) des principales espèces herbacées à la biomasse aérienne totale ($g\ m^{-2}$) de fin Septembre suivant les différentes charges.

Espèces Années	C1 (Faibles)			C2 (Moyennes)			C3 (Fortes)		
	1992	1993	1994	1992	1993	1994	1992	1993	1994
<i>Diheteropogon hagerupii</i>	12	6	28	6	8	13	8	4	13
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	19	67	43	32	64	62	32	69	40
<i>Brachiaria ramosa</i>	1	+	+	5	7	2	7	6	4
<i>Elionurus elegans</i>	nd	6	6	nd	3	4	nd	3	7
<i>Schizachyrium exile</i>	5	3	4	3	1	2	+	2	5
Autres graminées	6	2	1	5	5	6	8	3	8
Sous total graminées	43	84	82	51	88	89	55	87	76
<i>Stylosanthes hamata</i>	11	+	+	12	+	+	8	+	+
<i>Zornia glochidiata</i>	7	+	11	3	2	7	3	2	18
Autres légumineuses (Indigo)	2	1	3	4	1	2	7	1	5
Sous total légumineuses	20	1	14	19	3	9	18	3	23
<i>Hibiscus asper</i>	2	+	+	6	1	+	3	+	+
<i>Borreria chaetocephala</i>	24	10	1	23	6	+	23	6	+

Autres forbes	10	4	2	+	1	1	+	3	+
Sous total forbes	36	14	3	29	8	2	26	9	1
Biomasse de MS et écart type (g m ⁻²).	454 ±164	271 ±121	574 ±283	451 ±158	284 ±102	645 ±283	424 ±	319 ±	554 ±222

Les espèces sont classées par groupe et suivant l'ordre décroissant de leur poids relatif par pied ;

+ Contribution très faible $\leq 0,5\%$; - Espèces absentes dans les relevés ; nd : non déterminée incluse dans autres graminées

Conclusion

La dynamique de la composition floristique de la densité apparaît encore très peu liée à la pression pastorale (renforcement de la dominance des graminées dans toutes les &171; charges &187;). Une très légère tendance à l'accroissement de la contribution des légumineuses au détriment des autres dicotylédones est notée dans les sous parcelles soumises à des charges relativement élevées. L'évolution de la composition floristique de la biomasse est sensiblement la même aux différents taux de charge.

En définitive le manque de persistance du Stylo d'une part et l'évolution de la composition floristique des autres herbacées d'autre part semblent plutôt liées aux variations interannuelles de pluviosité et à la force de compétition des espèces en présence qu'à la pâture. Le point 3.3.1.3 soutient cette hypothèse.

3.3.1.3. Variation - pluviosité et compétition interspécifique

Il ressort des résultats ci-dessus ([3.3.1.1](#) ; [3.3.1.2](#)) que la variation interannuelle de la composition floristique de la densité et de la biomasse du tapis herbacé en fin de saison est peu influencée par les traitements et charges appliquées. Le substrat du site de l'essai étant considéré globalement comme homogène, la pluviosité doit jouer un rôle capital surtout par l'importance des pluies et leur répartition au début de l'hivernage et par la quantité totale. Cette répartition de la pluviosité journalière au début de l'hivernage ou avant celui-ci conditionne les germinations effectives (la densité des plantules qui vont contribuer à la biomasse de fin de cycle (Cissé, 1986).

Quant à la contribution relative d'une espèce à la biomasse totale de fin de saison, celle-ci dépendrait en plus de sa stratégie de germination, de l'effet combiné des caractères dominants qui déterminent sa force de concurrence (Breman *et al.*, 1989). Ainsi la variation interannuelle de la composition floristique de la densité est analysée par rapport à la pluviosité du début de saison de chaque année et celle de la biomasse par rapport à l'évolution de la force de concurrence des espèces en présence.

Pluviosité et composition floristique de la densité

Année 1991 : En 1991 le pâturage amélioré était composé d'un tapis herbacé mixte où les graminées et les dicotylédones (légumineuses + forbes) avaient une importance égale quant à leur contribution à la

densité de fin de saison. *Pennisetum pedicellatum* était peu représentée (7 %) et *Borreria chaetocephala* l'espèce dominante (38 %). *Stylosanthes hamata* avait une contribution de 3 % versus 5 % pour les légumineuses naturelles.

En 1991 la première pluie du 15 Avril (12,9 mm) a provoqué vraisemblablement la première vague de germination des espèces rapides (graminées en général). Au cours de la période de sécheresse qui en a suivi (Fig. 6), les plantules de cette première vague ont probablement séché. La deuxième pluie du 18 Mai (19 mm) et celle du 20 Mai (8,6 mm) ont provoqué une seconde vague de germination des espèces à germination rapide et vraisemblablement la première vague des espèces lentes (*Borreria chaetocephala*). La période sans pluie de 14 jours pouvait à nouveau provoquer une mortalité plus ou moins importante de plantules des espèces à germination lente comme rapide.

Ainsi les pluies des 15 et 18 Juin (37 mm au total) ont provoqué la germination d'une grande portion du stock semencier restant. Déjà à cette période, la plupart des espèces à germination rapide comme *Pennisetum pedicellatum* et qui germent par peu de vagues (Cissé, 1986) ont déjà probablement épuisé leur stock semencier d'où elles seront peu représentées lors du bilan de l'installation. Par contre *Borreria chaetocephala* qui germe lentement et en plusieurs vagues, ayant subi moins de perte de semence, domine la strate herbacée (38 %). Aucune mortalité des plantules par rapport à la disponibilité en eau n'étant envisageable lors des périodes succédantes (Fig. 6). Ce genre de pluviosité favorise également la légumineuses *Zornia glochidiata*, qui profitera de sa fraction de semence à germination lente pour accroître sa contribution à la densité de fin de saison.

La pluie de 45 mm survenue au lendemain du semis du Stylo (27 Juillet) a été favorable à sa germination ou 50 % de levée a été notée à la date du 31 Août 1991. La régularité de la pluviosité qui a suivi a permis la survie des plantules du Stylo. Cependant bien que la viabilité des semences scarifiées du Stylo était 81 % (boîte de pétri) il est probable que ce taux (fraction de semences ayant émergée effectivement) ne soit pas atteint sur le terrain à cause d'une profondeur excessive de semis. Une profondeur de semis supérieure à 2 cm n'est pas favorable à la germination de *Stylosanthes hamata* (cf 3.2.1). L'espèce a finalement contribué pour 3 % à la densité de fin de saison en année d'introduction.

Année 1992 : En année 1992 les graminées ont accru légèrement leur contribution à la densité passant de 49 à 54 %. La contribution de *Pennisetum pedicellatum* s'est beaucoup accrue passant de 7 à 22 %. Une légère régression est notée au niveau des dicotylédones mais *Borreria chaetocephala* est demeuré l'espèce dominante (Tableau 8).

Les séquences de pluies - sécheresse favorables aux espèces à germination lente et/ou hétérogène sont aussi observées pendant la période de germination - installation de 1992 tout comme en 1991 (Fig. 6). Les 27 mm de pluies exceptionnelles enregistrées du 21 au 24 Janvier 1992 ont probablement provoqué la germination chez toutes les espèces sans grande dominance, mais avec une pré-dominance de celles à germination rapide. Avec la période de sécheresse de 3 mois d'après, toutes ces plantules sont perdues. Les petites pluies espacées du mois de Mai n'étaient pas suffisantes pour la germination des espèces lentes, mais assez pour celles à germination rapide (Fig. 6). La pluviosité de 53 mm enregistrée lors de la

première décade du mois de Juin était suffisante pour faire germer la majorité des espèces, mais celles à germination rapide qui ont déjà épuisé probablement une partie de leur stock semencier sont relativement réduites. Une végétation mixte s'est alors installée dominée par la dicotylédone *Borreria chaetocephala*.

Stylosanthes hamata espèce à germination hétérogène (cf [3.3.2](#)) devrait être favorisée comme *Borreria chaetocephala* par ce genre de pluviosité pour mieux se maintenir par sa fraction de semence à germination lente. Il est probable que le Stylo ait produit peu de semences en 1991 suite à la compétition et beaucoup de pieds n'ont pas survécu à la saison sèche de 1991 à 1992. L'espèce ne contribue alors que pour 1 % de la densité de 1992 versus 3 % en 1991.

Année 1993 : Si la composition floristique de la densité des herbacées a peu varié de 1991 à 1992, une véritable évolution est observée en 1993 avec une forte progression des graminées dominées par *Pennisetum pedicellatum* au détriment des dicotylédones non légumineuses. *Stylosanthes hamata* est peu représentée.

Après les 13,4 mm du 14 Mai, suivies d'une petite période de sécheresse, les pluies bien que souvent petites ont été suffisamment régulières (Fig. 6) pour la germination des graines et la survie des plantules de toutes les espèces. Le nombre de plantules de chaque espèce a été fonction probablement de son stock semencier. La régression de *Borreria chaetocephala* est certainement due à l'influence négative de la pâture survenue en fin de saison de pluies de 1992 (cf [3.3.1](#)). En effet l'espèce a un cycle long. La plante demeure verte à un moment où la majorité des graminées sont à l'état de paille. L'espèce porte ses inflorescences pendant longtemps et qui sont bien appetées par les moutons (cf [3.3.3.3](#)). La grande appétence des feuilles et fruits (observation de terrain) en fin Septembre, début Octobre pourrait soutenir l'hypothèse de la faiblesse de son stock semencier pour son installation en 1993.

L'hypothèse suivant laquelle *Stylosanthes hamata* très peu représentée en 1992 n'a pu produire assez de semences pour son maintien en 1993 vu son comportement d'annuelle cette année peut être retenue.

Figure 6. Editions journalières de pluie et pluviométrie annuelle (mm an^{-1}) du site du parcours amélioré.

Année 1994 : En 1994 les graminées ont encore accru leur présence (% du nombre total de pieds) par rapport à 1993, passant en moyenne de 78 à 89 %. Cette propension est notée chez les espèces graminéennes à germination rapide (*Pennisetum pedicellatum* et *Diheteropogon hagerupii*) comme celles à germination lente (*Elionurus elegans*). C'est surtout *Diheteropogon hagerupii* qui a accru considérablement sa contribution à la densité passant de 4 % (1993) à 18 %. Une légère augmentation de la contribution des légumineuses locales est également notée par rapport à 1993, contrairement aux dicotylédones non légumineuses qui ont diminué d'importance. *Stylosanthes* est à peine présente.

Les 34 mm de pluies enregistrées le 06 et le 07 du mois de Mai 1994 ont provoqué une première vague de germination de toutes les espèces du site (observation personnelle). Mais cette germination fut importante chez les espèces à germination rapide comme *Pennisetum pedicellatum*, *Diheteropogon*

hagerupii, et *Brachiaria ramosa*. La période relative de sécheresse qui s'est installée durant le reste du mois de Mai et pendant une partie du mois de Juin (Fig. 6) a provoqué la mortalité de certaines plantules des espèces peu résistantes à la sécheresse (*Pennisetum pedicellatum* et *Borreria chaetocephala*), tandis que *Diheteropogon hagerupii*, *Elionurus elegans*, et *Zornia glochidiata*, qui sont résistantes à la sécheresse, ont subi peu de perte. Par la suite les pluies sont devenues suffisamment régulières (Fig. 6) pour permettre la germination complète des espèces sans grande perte de leurs plantules. *Diheteropogon hagerupii* a certainement profité de sa capacité de germer en plusieurs vagues contrairement à *Pennisetum pedicellatum*, pour mieux se maintenir par les dernières vagues survenues au moment des pluies irrégulières. Ce genre de pluviosité pendant la période de germination - installation est favorable aux espèces à germination lente et/ou hétérogène et celles germant en plusieurs vagues et résistantes à la sécheresse comme *Diheteropogon hagerupii*. Ces espèces (germination lente et/ou hétérogène) ayant perdu peu de semences lors des pluies irrégulières (ayant peu germées) profitent de leur stock semencier peu entamé pour mieux s'installer lors des pluies régulières. D'où la présence accrue de *Elionurus elegans*, *Zornia glochidiata*, *Indigofera* sp par rapport à 1993. *Borreria chaetocephala* et *Stylosanthes hamata* n'ont pas pu profiter de ce genre de pluviosité pour mieux se maintenir, probablement à cause de leur stock semencier restreint.

Force de compétition et composition floristique de la biomasse

Les mesures des biomasses spécifiques à la fin de la saison de croissance et le dénombrement des individus par espèce ont permis de déterminer la force de concurrence des espèces herbacées. la méthode qui est celle empruntée à Van den Bergh (1968) est décrite au point 2.3.3.

Compétition et traitements : En 1992 *Stylosanthes hamata* a été l'espèce la plus compétitive (Tableau 12). Cette force de compétitivité de l'espèce s'explique par son comportement bisannuel exceptionnel noté pendant cette année. En effet 1992 était la seule année où l'espèce était représentée par un mélange de pieds annuels et bisannuels avec une proportion élevée des derniers. Pendant les autres années de l'étude l'espèce avait régénéré par resemis. *Stylosanthes hamata* a tiré profit des avantages liés à un comportement pérenne : être le premier sur le terrain, profiter de la période des pluies irrégulières pour accroître sa biomasse et se maintenir en fin de saison de croissance par des pieds plus développés.

Même si l'application de P a stimulé le Stylo en 1992 il n'y a pas eu de différence entre la parcelle PI qui a reçu une seule dose de P à l'installation (1991) et PII fertilisée en 1991 et 1992. (poids d'un pied = 11 g dans le traitement PI, versus 13 g dans le traitement PII) et durant les succédantes années. Pendant celles-ci la force de concurrence du Stylo a été si basse que l'espèce est devenue insignifiante dans les traitements en densité comme en biomasse (Tableau 12).

Une certaine stimulation de la légumineuse naturelle *Zornia glochidiata* est notée dans les traitements PI et PII par rapport à P0. Les deux premiers traitements ont été fertilisés en année d'installation du Stylo (1991) et PII au cours des autres années. En 1993 l'application de P a été sans effet sur *Zornia glochidiata* où l'espèce occupe la même position dans P0 et PII (Tableau 12). Sa force de compétition a été élevée en 1994 par rapport aux autres années indépendamment des traitements. Cette forte compétitivité serait liée à la pluviosité de l'année où l'espèce s'est vite installée (cf 3.3.1.3 a). La même explication peut être retenue pour la graminée à germination lente *Elionurus elegans*.

Pennisetum pedicellatum est devenue l'espèce dominante dans tous les traitements pendant les deux dernières années d'observation (Tableau 12). En effet *Pennisetum pedicellatum* est une espèce à germination rapide ; à photosynthèse de type C4 ; à cycle long ; de haute taille, produisant beaucoup de semences (nombre) et se développant aussi bien à l'ombre qu'au soleil dans la zone. Elle tire avantage de son caractère d'espèce à germination rapide par le fait qu'elle apparaît tôt sur le terrain, profite des moments humides durant la période de croissance discontinue pour absorber les éléments nutritifs notamment l'azote et croître pour augmenter sa biomasse initiale (Cissé, 1986). De part sa photosynthèse de type C4, elle profite plus des conditions offertes dans la zone de l'étude durant la phase de croissance continue pour accroître davantage sa biomasse.

Par contre *Stylosanthes hamata* comme la plupart des dicotylédones est une espèce à germination lente et hétérogène, à photosynthèse de type C₃, de faible taille ramifiée. Ces caractères de *Stylosanthes hamata* la défavorisent dans une végétation mixte à *Pennisetum pedicellatum* sous des conditions de croissance non perturbées en hivernage (absence de pâture) et sur des substrats à ruissellement restreint. La densité du recouvrement ligneux du pâturage amélioré (27 %) et la haute taille de *Pennisetum pedicellatum* ont fini par anéantir le Stylo (étiolement des pieds) suite à la concurrence pour la lumière, le Stylo étant héliophile. On s'attendait à ce que *Stylosanthes hamata* tire profit de la plus value d'une pérenne comme en 1992. Malheureusement l'espèce s'est comportée comme une annuelle lors des précédentes années. De plus l'espèce n'a pas suffisamment profité de sa capacité de fixer de l'azote à la suite de l'application du phosphore. La carence en azote du site de l'essai (jachère de 13 ans) étant restreinte 27 kg de N ha⁻¹ absorbés par la biomasse aérienne de la strate herbacée seule (contre 15 en moyenne) il est vraisemblable que les espèces graminéennes à germination rapide profitent mieux de l'application de P.

Tableau 12. Classification des espèces de gauche à droite suivant leur force de concurrence (poids relatif par pied) en fonction des années et par rapport à l'introduction du Stylo et/ou l'application du phosphore, les plus compétitives sont à gauche.

1992								
P0	Pen. ped.	Dih. hag.	Hib. asp.	Bra. ram.	Bor. cha.	Sch. exi.	Zor. glo.	
PI	Sty. ham.	Dih. hag.	Pen. ped.	Bra. ram.	Zor. glo.	Hib. asp.	Bor. cha.	Sch. exi.
PII	Sty. ham	Dih. hag.	Hib. asp.	Pen. ped.	Zor. glo.	Bra. ram.	Bor. cha.	Sch. exi.
1993								
P0	Dih. hag.	Pen. ped.	Bra. ram.	Bor. cha.	Eli. ele.	Hib. asp.	Zor. glo.	Sch. exi.
PI	Pen. ped.	Dih. hag.	Hib. asp.	Bra. ram.	Bor. cha.	Zor. glo.	Eli. ele.	Sty. ham. Sch. exi.
PII	Pen. ped.	Bra. ram.	Dih. hag.	Hib. asp.	Eli. ele.	Bor. cha.	Zor. glo.	Sty. ham. Sch. exi.

1994								
P0	Pen. ped.	Zor. glo.	Dih. hag.	Eli. ele.	Bor. cha.	Hib. asp.	Bra. ram.	Sch. exi.
PI	Pen. ped.	Zor. glo.	Dih. hag.	Hib. asp.	Bra. ram.	Eli. ele.	Bor. cha.	Sch. exi. Sty. ham.
PII	Pen. ped.	Dih. hag.	Zor. glo.	Hib. asp.	Eli. ele.	Bra. ram.	Sch. exi.	Bor. cha. Sty. ham.

Tableau 13. Classification des espèces de gauche à droite suivant leur force de concurrence (poids relatif par pied) en fonction des années et par rapport à la charge les plus compétitives sont à gauche.

1992								
Faible (C1)	Sty. ham.	Hib. asp.	Dih. hag.	Pen. ped.	Bra. ram.	Bor. cha.	Zor. glo.	Sch. exi.
Moyen (C2)	Sty. ham.	Dih. hag.	Pen. ped.	Zor. glo.	Hib. aspo	Bra. ram.	Bor. cha.	Sch. exi.
Forte (C3)	Sty. ham.	Dih. hag.	Zor. glo.	Hib. asp.	Pen. ped.	Bra. ram.	Bor. cha.	Sch. exi.
1993								
Faible (C1)	Pen. ped.	Dih. hag.	Bra. ram.	Hib. asp.	Zor. glo.	Bor. cha.	Eli. ele.	Sty. ham.
Moyen (C2)	Pen. ped.	Dih. hag.	Hib. asp.	Bra. ram.	Bor. cha.	Zor. glo.	Eli. ele.	Sty. ham.
Forte (C3)	Pen. ped.	Dih. hag.	Eli. ele.	Bor. cha.	Bra. ram.	Zor. glo.	Hib. asp.	Sch. exi.
1994								
Faible (C1)	Pen. ped.	Zor. glo.	Dih. hag.	Hib. asp.	Eli. ele.	Bor. cha.	Bra. ram.	Sch. exi. Sty. ham
Moyen (C2)	Pen. ped.	Dih. hag.	Zor. glo.	Hib. asp.	Sch. exi.	Eli. ele.	Bra. ram.	Bor. cha. Sty. ham.
Forte (C3)	Pen. ped.	Dih. hag.	Zor. glo.	Sch. exi.	Eli. ele.	Bra. ram.	Hib. asp.	Bor. cha. Sty. ham.

Compétition et taux de charge : Il est utile de rappeler que la position en 1992 des espèces les unes par rapport aux autres dans les différentes sous parcelles dévolues aux différents taux de charge peut être considérée comme une situation de départ (sans effet de l'exploitation). Bien que l'exploitation des sous parcelles aient commencé le 10 Septembre, les observations sur la densité et la biomasse des espèces d'où découle leur force de concurrence ont lieu en fin Septembre et dans des cages de mise en défens. *Stylosanthes hamata* était l'espèce la plus compétitive. Les raisons de cette forte compétitivité du Stylo en 1992 furent suffisamment soutenues au point ci-dessus du présent sous chapitre. La position de *Pennisetum pedicellatum* était variable d'une sous parcelle à une autre, et celle de *Zornia glochidiata* renforcée dans les sous parcelles qui seront dévolues aux charges relativement élevés au fil des années d'observation (Tableau 13).

Pennisetum pedicellatum est devenue l'espèce la plus compétitive au cours des deux dernières années

d'observation et cela indépendamment de la charge appliquée. La pâture effectuée du 10 au 31 Août 1993 qui avait pour but de diminuer la force de concurrence des graminées à vitesse de croissance rapide (*Pennisetum pedicellatum* et *Diheteropogon hagerupii*) au profit du Stylo n'a pas été efficace. La force de compétition du Stylo a été très faible (dans toutes les sous parcelles C) en 1993 et si faible en 1994 que ses plantules étiolées étaient à peine visibles (Tableau 13).

Elionurus elegans et *Zornia glochidiata* d'une façon générale sont favorisées respectivement de façon directe et indirecte par les taux de charge élevés. Mais l'ordre de leur force de concurrence dans les sous parcelles au cours des années 1993 et 1994 est tel qu'il est peu lié à la pâture (Tableau 13).

3.3.2. Evolution interannuelle de la biomasse herbacée

3.3.2.1. Biomasses mesurées

Biomasses et traitements

En année d'installation de *Stylosanthes hamata* (1991) dans le parcours naturel la biomasse herbacée n'a pas fait l'objet d'évaluation. En 1992 une augmentation de la biomasse de l'ordre de 1 t de MS ha⁻¹ est notée en moyenne dans les parcours aménagés (PI et PII) par rapport au témoin (P0). Cependant la variabilité des biomasses mesurées est telle que cette augmentation n'est pas significative au seuil de 5 % (Tableau 14). La production moyenne de biomasse obtenue dans les trois traitements (P0, PI et PII) a été de l'ordre de 4,4 t ha⁻¹. Cette biomasse moyenne a chuté significativement (P<0,05) en 1993 de l'ordre de 1 t ha⁻¹. Cette diminution de la biomasse de 1992 à 1993 ne concerne cependant que les traitements à Stylo. La biomasse du parcours témoin est restée constante au cours de ces deux années et sa production de 1993 est supérieure significativement (P<0,05) à celle des parcours aménagés (Tableau 14).

En 1994, une augmentation significative (P<0,05) de la biomasse est notée dans tous les traitements par rapport à chacune des deux années antérieures (Tableau 14). La différence (P<0,05) qui existait entre les parcours aménagés et le témoin en 1993 en faveur de ce dernier a disparu pendant cette dernière année d'observation (1994).

De ces résultats il ressort que l'introduction du Stylo dans le parcours naturel fertilisé ou non en P n'a pas entraîné une augmentation significative au seuil de 5 % de la production de biomasse herbacée par rapport au parcours naturel au cours de ces trois années d'observation. C'est seulement pendant l'année (1992) où le Stylo contribuait pour 17 % en moyenne à la biomasse des parcours améliorés qu'une augmentation (non significative au seuil de 5 %) de 1 t ha⁻¹ fut notée en faveur des parcours aménagés. En 1992 le Stylo était représenté par un nombre relativement important de pieds bisannuels. Ceux-ci ont profité des avantages liés à une herbacée pérenne pour être très compétitive (Tableau 13). La biomasse par pied de Stylo était de 10 à 20 fois supérieure à celle des herbacées locales, malheureusement sa contribution à la densité était restreinte (1 %). La production des parcours améliorés pouvait probablement être supérieure à celui du parcours naturel en 1992 si la densité du Stylo avait été importante. La production de 1992 de *Stylosanthes hamata* en monoculture sur une parcelle contiguë aux parcours améliorés et installée en même temps que ceux-ci soutient cette conclusion. Cette

production du Stylo en monoculture a été respectivement de 8 et 11 t ha⁻¹ sans et avec apport de P (Koné & Groot, 1993).

Tableau 14. Evolution interannuelle de la biomasse (t ha⁻¹) par charge (C) et par traitement (P).

	1992	1993	1994	Moyenne
C1	3,4 (1,2)	2,7 (1,1)	4,9 (1,2)	
P0 C2	3,9 (1,7)	3,8 (0,8)	7,0 (2,9)	
C3	4,4 (1,5)	5,3 (1,7)	5,3 (2,3)	
Sub moy.	3,8 Aa (1,4)	3,9 Aa (1,6)	5,7 Ba (2,4)	4,5 a (2,0)
C1	4,4 (1,6)	2,8 (1,5)	5,1 (1,7)	
PI C2	4,6 (1,6)	2,7 (1,0)	6,2 (3,6)	
C3	4,6 (0,6)	3,1 (1,3)	5,4 (2,1)	
Sub. moy	4,6 Aa (1,4)	2,9 Bb (1,2)	5,6 Ca (2,6)	4,3 a (2,1)
C1	5,7 (1,3)	3,4 (1,0)	7,2 (4,2)	
PII C2	5,0 (1,4)	3,5 (1,1)	6,1 (1,9)	
C3	3,7 (1,3)	2,9 (1,3)	5,9 (2,4)	
Sub. moy.	4,9 Aa (1,5)	3,3 Bab (1,1)	6,4 Ca (2,9)	4,9 a (2,4)
Moyenne	4,4 a (1,5)	3,3 b (1,4)	5,9 c (2,6)	

Lettres majuscules = Comparaison interannuelle ; Lettres minuscules = Comparaison intra-annuelle ;
Les moyennes accompagnées d'une même lettre pour une même ligne et/ou pour une même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.

La contribution du Stylo étant devenue négligeable au cours des deux dernières années de l'essai, une quelconque augmentation de la biomasse ne pouvait être escomptée que suite à l'apport de P sur le parcours PII en supposant que N ne soit limitatif. Le fait que la stimulation de la biomasse de ce dernier parcours (fertilisé chaque année avec 50 kg de TSP) n'ait été obtenue par rapport aux autres au cours des deux dernières années pourrait s'expliquer par la fertilité relative du site. Celle-ci serait au dessus de la moyenne et/ou la carence en P serait moindre (18 kg ha⁻¹ de P-Bray dans les horizons de 0,60 m).

Conclusion

L'évolution interannuelle de la biomasse des trois parcours est peu liée aux traitements.

Biomasses et charges

Il est à rappeler que bien que la pâture ait débuté dans la première décade de Septembre 1992, les mesures de biomasses de fin de cycle (fin Septembre) ont été effectuées dans les cages de mise en défens. Donc la biomasse de 1992 constitue une situation de départ pour les années ultérieures. D'autre

part, l'interaction entre traitements (P) et charge (C) n'ayant pas été significative ($P < 0,05$), l'effet de la charge sur l'évolution interannuelle de la biomasse n'est pas étudié par traitement isolé. Il est plutôt étudié à partir des biomasses moyennes des C1, C2 et des C3 (tous traitements confondus).

Pour une même année de mesure, il n'apparaît pas de différence significative au seuil de 5 % entre la biomasse des différentes sous parcelles allouées aux taux de charge (Tableau 15). Aucune différence significative ($P < 0,05$) n'est également notée entre la moyenne de leur production obtenue en trois ans (Tableau 15).

Tableau 15. Evolution de la biomasse mesurée (en $t\ ha^{-1}$) par charge (C) tous traitements confondus.

Charge/année	1992	1993	1994	Moyenne
C1	4,5 (1,6) Aa	3,0 (1,2) Ba	5,7 (2,8) Ca	4,4 a (2,6)
C2	4,5 (1,6) Aa	3,3 (1,0) Ba	6,4 (2,8) Ca	4,8 a (2,4)
	4,2 (1,2) Aa	3,8 (1,8) Aa	5,5 (2,2) Ca	4,6 a (2,0)

Pour légende voir Tableau 14

Leurs biomasses ont évolué de la même façon que celles des traitements au cours des trois années d'observation. Cette tendance est une chute significative ($P < 0,05$) en 1994 par rapport aux deux années antérieures de mesure (Tableau 15). Cependant la constance de l'évolution de la biomasse des sous parcelles C3 (soumises à des taux de charge élevés) entre 1992 et 1993 contrairement aux autres sous parcelles (taux faible) mérite réflexion. La particularité de l'année 1993 par rapport aux deux autres années d'exploitation est que pendant celle-ci une pâture précoce est intervenue du 10 au 31 Août (cf méthodologie). Le résultat attendu était une diminution de la force de compétition des graminées composantes majeures des sous parcelles par une réduction de leur taille donc de leur biomasse. C'est plutôt l'effet inverse qui semble obtenu. Au lieu d'une diminution de biomasse dans les sous parcelles soumises à des taux de charge forte (C3) c'est plutôt une stimulation qui est observée. Cette tendance est notée dans les sous parcelles C3 des traitements P0 et PII en 1993 bien que la différence avec les autres sous parcelles ne soit significative au seuil de 5 % (Tableau 15). Au regard de ces résultats il apparaît clairement que les fluctuations interannuelles de biomasse ne sont pas encore expliquées par les pâtures survenues en début de saison sèche de chaque année.

Conclusion

L'évolution interannuelle de la biomasse des parcours de l'essai n'est ni expliqué par le traitement (introduction du Stylo, et/ou du Stylo + P) et encore moins par la pâture. La différence de fertilité du site étant considérée comme restreint entre les trois années de mesure ; les variabilités interannuelles de biomasse seraient liées aux variations interannuelles de pluviosité (répartition et quantité totale) sur la composition floristique et la production de biomasse totale.

Biomasses et pluviométrie

Les résultats présentés aux points (1.1 et 1.2) du présent sous chapitre (3.3.2) ont montré que l'évolution interannuelle des biomasses mesurées dans les différents traitements n'était ni expliquée par le type d'aménagement et encore moins par les pâtures de débuts de saison sèche. De l'analyse de la Fig. 7, il ressort que ces variations de biomasse sont étroitement liées à celles de la pluviométrie des années de mesure. Le maximum de biomasse a été obtenu pendant l'année la plus pluvieuse et le minimum avec l'année la plus sèche. Tous traitements confondus, la production de biomasse par mm de pluie a été sensiblement la même pendant chacune des années de mesure. Chaque mm de pluie tombée a entraîné respectivement en 1992, 93 et 1994 une production de biomasse de 6, 6 et 7 kg ha⁻¹.

Figure 7. Production de biomasse (t ha⁻¹) et pluviométrie annuelle (mm).

3.3.2.2. Biomasses Standardisées

L'évolution interannuelle des biomasses mesurées est apparue liée aux variations de pluviométrie d'une année à l'autre (cf 3.3.2.1.3). Il n'est donc pas exclu que ces variations interannuelles de pluviosité aient masqué l'effet de l'aménagement sur la production de biomasse au cours des années d'observation. Pour éliminer alors l'influence de variations interannuelles de pluviosité sur l'évolution des biomasses mesurées ; leurs rendements en azote sont standardisés par rapport à la pluviométrie d'une année normale dans la zone de l'étude (750 mm) et par apport à 5 % de contribution des légumineuses à la biomasse totale (cf [2.3.3](#)). Ainsi la Standardisation en éliminant le caractère temporaire des biomasses liées à la particularité des années de leur mesure, permet de se prononcer sur la représentativité de celles-ci (années de mesure). La comparaison inter(annuelle) des rendements standardisés de l'azote des biomasses aériennes (NS) permet de dégager les causes de leur fluctuation indépendamment de la spécificité des années de mesure.

La confrontation est également faite entre le Nb (disponibilité de N pour la production de biomasse aérienne) de la zone d'étude (Nord Savane) et celui du site de l'essai pour se prononcer sur la représentativité de celui-ci par rapport à la première. Autrement dit, il s'agit de savoir si les résultats obtenus sur le site de l'essai sont extrapolables à l'ensemble de la savane septentrionale du Mali (cf [2.3.3](#)).

Evolution des biomasses standardisées (Ns) : L'effet bénéfique de l'introduction du Stylo + P (PII) est surtout observé pendant la seule année où le Stylo était représenté par des pieds en majorité bisannuels. Le maintien du Ns entre 1992 et 1993 dans PI et PII et son augmentation dans P0 sont dus à l'expansion exceptionnelle de *Pennisetum pedicellatum* en 1993. L'effet bénéfique de l'apport de P sur le Ns de PII a été noté pendant chacune des 3 années. La moyenne de Ns des 3 années a été plus élevée dans le traitement PII que dans les autres (Tableau 16).

Tableau 16. Evolution interannuelle des biomasses mesurées (Nm) et standardisées (Ns) en fonction des traitements (P).

	P0			PI			PII	
	Nm	Ns		Nm	Ns		Nm	Ns
1992	21	21		26	26		31	31
1993	27	31		23	27		26	30
1994	36	24		28	19		39	26

Nm : Quantité de N en g kg⁻¹ dans la biomasse mesurée ;

Ns : Quantité de N en g kg⁻¹ dans la biomasse standardisée.

Conclusion

L'effet bénéfique de l'introduction du Stylo sur la production de biomasse n'a duré qu'une seule année ; celle où le Stylo était représenté par ses pieds bisannuels. L'application de P contre s'est traduite par une augmentation moyenne du Ns dans PII par rapport aux autres traitements. Une comparaison entre Nm et Ns montre que les tendances observées quant à l'évolution des biomasses mesurées étaient vraisemblablement liées aux variations pluviométriques des années d'étude.

Représentativité du site de l'étude (Nb)

Dans une situation de parcours naturel dans la zone de l'étude (Nord Savane), la disponibilité de N pour la production de biomasse herbacée notée Nb est en moyenne de 11 kg ha⁻¹ pour l'unité de paysage à laquelle appartient notre site (Féc ; [Breman & De Ridder, 1991](#)). Cette disponibilité moyenne d'azote correspond à une production de biomasse de 1600 kg ha⁻¹ à une teneur moyenne en N de 6,7 g kg⁻¹ de MS sous une pluviométrie normale de 750 mm an⁻¹.

Compte tenu de la protection du site de l'essai et de l'absence de feu durant une période de 13 ans, la perte d'azote de la strate herbacée (f) devient faible et n'est que de l'ordre de 0,22 au lieu de 0,4 en situation d'équilibre (cf [Breman & De Ridder 1991](#)). De même le ruissellement suite à la biomasse restante ne devient que 40 % au lieu de 50 % admise sur une telle unité de la zone. Dans une telle situation et par rapport à la pluviométrie d'une année normale avec 5 % de contribution des légumineuses à la biomasse, le Nb du site est de 18 kg ha⁻¹ (cf méthodologie). Ce Nb désigne le potentiel de production herbacée du site de l'essai en année normale. Le potentiel (Nb) de la zone de l'étude étant de 11 kg ha⁻¹, il devient clair que le site de notre essai n'est pas représentative de la zone d'étude. Nous nous sommes trouvés sur un parcours particulier : taux de recouvrement ligneux élevé (27 %) ; fertilité du sol au dessus de la moyenne (N = 27 kg ha⁻¹ et P = 18 kg ha⁻¹ couches de 0,60 m). Cette particularité du site est de nature à limiter la persistance de *Stylosanthes hamata*. Sur des endroits représentatifs, on pourrait supposer que le Stylo pourrait avoir une plus grande chance de résister à la compétition avec la possibilité d'une grande stimulation par le phosphore.

3.3.3. Valeur alimentaire et exploitation des parcours

3.3.3.1. Valeur nutritive (teneur en N et DMO)

La détermination de N et de la DMO a porté sur les échantillons de 1992 et 1993. La valeur nutritive de ceux de 1994 n'ont pas été déterminés.

En 1992 la teneur en azote (g kg^{-1} MS) de la biomasse de fin de croissance (récolte du 10 Octobre 1992) non soumise à la pâture des parcours améliorés (PI et PII) est légèrement supérieure à celle des parcours témoin P0 (Tableau 17). Cette augmentation non significative ($P > 0,05$) de la valeur azotée du fourrage des parcours améliorés de 0,3 et 0,7 g/kg respectivement par PI et PII par rapport à P0 s'explique par l'apport du Stylo et du Stylo + P. En effet le Stylo d'une teneur en azote de 11 kg^{-1} MS au 10 Octobre 1992 contribuait pour 15 % à la biomasse de PI versus 18 % pour PII. La même tendance est observée entre la teneur en azote des parcours améliorés et celle du parcours naturel en 1993 (récolte de fin de cycle) malgré la régression du Stylo (Tableau 17). Cette situation pourrait s'expliquer par leur différence de production de biomasse (kg ha^{-1}) en fin de saison. En partant de l'hypothèse que la différence de teneur en azote ait été restreinte au cours d'une même saison ; une production fourragère élevée sur l'un se fait au détriment de la concentration azotée de ce fourrage qui devient faible par suite de dilution. La dilution de l'azote aurait été plus élevée sur le parcours naturel (P0) par rapport aux parcours améliorés (PI et PII).

Il n'apparaît pas un effet semblable du traitement sur la variation de la DMO (Tableau 17). Cette différence de qualité (teneur en azote) entre les parcours en fin croissance de chaque année disparaît en fin d'exploitation suite à l'indice de préférence élevé des légumineuses (Tableau 20). Pour une même date de mesure, la valeur nutritive des parcours (N et DMO) est légèrement plus élevée en 1992 qu'en 1993 (Tableau 17). En plus de l'apport du Stylo, la pression faible exercée en 1992 par rapport à 1993 entre deux dates de mesure pourrait être retenue.

Tableau 17. Evolution de la teneur en azote (g kg^{-1} de MS) et de la digestibilité de la matière organique (DMO %) par traitement (P).

	P0		PI		PII	
	N	DMO	N	DMO	N	DMO
<i>1992</i>						
10/10	5,4 (0,5)	51,3 (2,2)	5,7 (0,4)	52,6 (0,4)	6,1 (0,4)	47,8 (2,1)
10/11	4,4 (0,7)	44,5 (3,6)	4,5 (0,8)	48,9 (0,7)	5,7 (0,7)	46,2 (1,4)
10/12	3,6 (0,2)	42,2 (1,3)	4,3 (0,3)	46,5 (3,6)	3,7 (0,3)	43,3 (1,1)
08/01	3,5 (0,4)	45,2 (1,5)	3,6 (0,3)	44,2 (1,4)	3,3 (0,4)	43,5 (0,8)
Moyenne	4,3	45,8	4,5	48,0	4,7	45,2

1993						
25/09	6,9 (0,8)	51,7 (3,8)	7,9 (1,2)	49,7 (1,5)	7,9 (0,6)	50,0 (1,7)
03/11	3,2 (0,2)	43,0 (1,0)	3,0 (0,1)	41,0 (2,6)	3,1 (0,2)	41,3 (0,6)
10/12	3,8 (0,1)	37,3 (3,8)	3,3 (0,5)	40,3 (1,5)	3,8 (0,3)	40,0 (2,0)
Moyenne	4,7	44,0	4,8	43,7	4,9	43,8

3.3.3.2. Consommation apparente

La méthode de détermination de la consommation apparente a été l'objet du point 2.3.3.

Consommation - disponibilité et qualité fourragère : Les consommations apparentes ($\text{g tête}^{-1} \text{j}^{-1}$) obtenues dans les différents traitements (P) et dans &171; différents taux de charge &187; (C) ont été plus élevées en 1992 qu'en 1993 malgré le faible poids des animaux en première année (Tableau 18).

Tableau 18. Consommation apparente (A) et ingestion estimée (I ; $\text{kg tête}^{-1} \text{j}^{-1}$) par traitement (P) et taux de charge (C).

	C1			C2			C3			Moyenne		
	A	I	%	A	I	%	A	I	%	A	I	%
1992												
P0	2,0	0,5	26	1,2	0,5	44	0,9	0,5	54	1,4	0,5	41
PI	1,8	0,4	25	0,8	0,5	62	0,7	0,5	74	1,1	0,5	54
PII	1,7	0,7	38	0,9	0,6	59	0,7	0,5	67	1,1	0,6	55
1993												
P0	1,1	0,6	55	0,7	0,7	108	0,8	0,6	77	0,9	0,6	75
PI	0,9	0,6	67	0,4	0,7	174	0,4	0,6	145	0,6	0,7	110
PII	1,1	0,6	58	0,6	0,6	113	0,5	0,6	128	0,7	0,6	87

Pour une même année elles ont été plus fortes dans le parcours témoin (P0) que dans les parcours améliorés (PI et PII). Ce constat est étonnant à première vue surtout en 1992 ; car on s'attendait à une augmentation de la consommation dans PI et PII suite à l'amélioration inhérente consécutive à l'apport du Stylo d'une part et du Stylo + P d'autre part. Une augmentation de la consommation dans les parcours améliorés PI et PII était également attendu en 1993 suite à leur qualité relativement bonne par rapport à P0 en fin de croissance malgré la régression du Stylo (Tableau 17).

La moyenne de la consommation apparente (tous traitements confondus) a été également plus élevée dans les charges faibles que dans les charges fortes pendant chacune des années d'exploitation (Tableau 18).

La Fig. 8 Représente la régression établie entre les disponibilités en MS UBT⁻¹ obtenues dans les traitements (P) et sous parcelles (C) et les consommations en kg tête⁻¹ j⁻¹ correspondantes.

Figure 8. Relation entre offre fourragère de matière sèche (kg UBT⁻¹ j⁻¹) et consommation (kg MS tête⁻¹ j⁻¹).

De l'analyse de la Fig. 8 il apparaît clairement que la consommation apparente est corrélée positivement à l'offre fourragère. Cette forte corrélation entre consommation apparente et offre de fourrage explique les différences de consommation enregistrées entre les années et pour une même année entre les différents traitements. Elle explique également les différences de consommation entre les différentes sous parcelles (C) tous traitements confondus (Tableau 19 et Fig. 8). L'offre fourragère UBT ha⁻¹ a été plus élevée sur P0 que sur PI et PII par suite de la faiblesse relative des taux de charge qui lui ont été appliqués pendant chacune des années, à partir de la supposition d'une production faible et d'une qualité basse. Elle fut également élevée dans les charges faibles par rapport aux charges fortes. La ressemblance est forte entre les rapports établis par la Fig. 8 pour les 2 années et ceci malgré la grande différence entre leur densité et composition floristique. Cette ressemblance serait plus liée au comportement des moutons et à leur capacité de sélection qu'au caractère des parcours.

La consommation apparente sur un parcours est composée généralement de l'ingestion réelle et des pertes de biomasse de nature diverse. Ces 2 composantes de la consommation apparente seraient liées positivement à la disponibilité fourragère par UBT de ce parcours. Une disponibilité fourragère élevée permet une ingestion réelle élevée consécutive à une grande possibilité de sélection. Celle-ci a été rendue possible dans des situations de disponibilités fourragères par UBT élevées. L'infériorité de qualité de P0 a dû être compensée par un potentiel de sélection supérieur. Ce potentiel élevé de sélection et la perte de biomasse qui en résulte proportionnellement à la disponibilité fourragère expliqueraient les différences de consommation observées entre les différents parcours (P), les taux de charge (C) et les deux années 1992 et 1993.

Tableau 19. Offre fourragère de matière sèche (kg UBT⁻¹ j⁻¹) par traitement (P) et charge (C).

	C1	C2	C3
<i>1992</i>			
P0	32	17	13
PI	31	15	10
PII	37	17	8
<i>1993</i>			
P0	27	18	18
PI	23	10	8
PII	27	13	7

Consommation apparente et ingestion estimée : La consommation apparente sur un parcours, qui représente en fait la disparition de la biomasse sous l'action de la pâture, est très variable. Cette variabilité de la quantité apparemment consommée est liée aux différentes méthodologies utilisées pour son estimation et au moment de la pâture.

L'estimation de la consommation peut revêtir 3 aspects d'ordre méthodologique :

1) Pâture continue durant toute la période de la croissance des herbacées et consommation représentée par la différence de la biomasse en défens (intérieur des cages) et celle obtenue après pâture (hors des cages). Une telle consommation est généralement supérieure à l'ingestion réelle car composée de celle-ci et des pertes physiques de biomasse dues au piétinement et physiologiques suite à l'effet dépressif de la défoliation sur l'accroissement. Mais toutefois que la pâture entraîne une stimulation de l'accroissement de biomasse et que les pertes par piétinement sont moindres, le contraire peut être obtenu et la consommation apparente tendre même vers des valeurs insignifiantes. Cette dernière situation est exceptionnelle dans la zone de l'étude.

2) Pâture survenant de la fin de la période de croissance à une date quelconque dans la saison sèche, et consommation estimée comme différence entre biomasse de fin de saison et celle mesurée à la fin de la période de pâture. Dans ce cas, la consommation apparente sera toujours supérieure à l'ingestion réelle car composée de celle-ci et de la dégradation naturelle de biomasse (moisissures, termites, insectes, etc.).

3) La même période de pâture étant maintenue (fin croissance ; date quelconque dans la saison sèche) et la consommation estimée à partir de la récolte concomitante de la biomasse en défens (intérieur des cages) et celle restante (hors des cages = refus) à cette date quelconque. Dans un tel cas de figure le rapport consommation et ingestion réelle peut revêtir deux aspects :

- La consommation apparente peut être égale à l'ingestion réelle lorsque les pertes naturelles de biomasse à l'intérieur et en dehors des cages sont identiques.
- Elles peuvent différer en fonction de l'écart existant entre celles-ci (dégradation naturelle à l'intérieur et en dehors des cages).

Ces différentes méthodes d'estimation de la consommation apparente et la précision de l'estimation de l'ingestion réelle expliquent en grande partie les rapports observés entre elles dans la présente étude. L'ingestion calculée à partir du gain de poids des animaux et de la digestibilité de la matière organique du menu ($GMQ = 0,43 (MOID - 23) \text{ g kg}^{-0,75}$) donne généralement une bonne estimation de l'ingestion réelle (Ketelaars 1991). Dans la présente étude l'ingestion réelle a été estimée à partir de la DMO de l'offre fourragère et non de celle du menu.

La DMO du menu n'était pas disponible à cause de l'absence d'animaux porteurs de fistules oesophagiens. Dans une situation de non sélection, la valeur de l'offre peut correspondre à celle du menu. Cette situation (absence de sélection) étant difficilement réalisable sur un parcours, l'estimation de l'ingestion à partir de la DMO de l'offre et non à partir de celle du menu conduit alors à des erreurs d'estimation de l'ingestion réelle. La valeur nutritive du menu en général et sa digestibilité (DMO) en

particulier est plus élevée que celle de l'offre fourragère : d'où une surestimation de l'ingestion réelle (cf [2.3.3](#)).

Du Tableau 18 la consommation apparente a été plus élevée que l'ingestion à tous les taux de charge en 1992. L'écart entre elles a été d'autant grande que le taux de charge appliqué était faible (offre UBT⁻¹ élevée). La différence entre les ingestions en fonction des charges étant restreinte, les pertes de biomasse occasionnées par la pâture seraient proportionnelles à la quantité de l'offre fourragère par UBT obtenue dans les différents traitements (P) et/ou charge (C). Le point 1 du présent sous chapitre est explicite à ce sujet.

Lors d'une pâture différée en fin croissance comme celle survenue en 1993 et que la dégradation naturelle se passe de façon similaire au dedans ou en dehors des cages de mise en défens, l'ingestion se rapproche étroitement de la consommation apparente (Tableau 18, C1). A des taux de charge élevés (disponibilité fourragère faible) l'ingestion devient même supérieure à la consommation apparente (Tableau 18). Contrairement à 1992, la pâture au cours de l'année 1993 fut différée en fin de saison de croissance et l'estimation de la consommation a eu lieu en fin exploitation concomitamment dans des cages et en dehors de celles-ci. Une telle situation est similaire à celle évoquée au point 3 du présent sous chapitre et les raisons évoquées entre consommation et ingestion demeurent valable dans ce cas précis (1993). En effet, la biomasse d'un parcours subit des dégradations au cours de la saison sèche même à l'absence de pâture. Lors d'une mise en défens, les feuilles des herbacées deviennent la proie des termites, alors que l'influence de celles-ci devient moindre sur une parcelle perturbée suite à l'ingestion préférentielle de feuilles par les animaux. Dans pareil cas la consommation apparente représentée par la différence entre biomasse en défens et biomasse restante après pâture sera inférieure à l'ingestion réelle. Ce phénomène n'est pas exclu dans des situations où la pression pastorale limite l'intervention des termites en dehors des cages.

D'autre part la faiblesse de la DMO de l'offre fourragère de 1993, pourrait conduire à une surestimation de l'ingestion réelle comme précédemment énoncée. Une telle surestimation de l'ingestion combinée à une sous estimation de la consommation apparente conduisent à des rapports de plus de 100 % (Tableau 18).

3.3.3.3. Sélectivité

La sélectivité pour le Stylo par rapport aux autres espèces herbacées réunies par groupe en fonction de l'application de P et des taux de charge est chiffrée à partir d'un indice dit de préférence (I.P) en 1992. Sa contribution restreinte à la biomasse de 1993 n'a pas pu permettre une telle évaluation (Tableau 20).

A l'exception des graminées, tous les groupes d'espèces herbacées ont été consommées préférentiellement ($IP > 0$). *Stylosanthes hamata* a été bien acceptée. Cette préférence pour le Stylo a augmenté légèrement avec l'accroissement des taux de charge. Une amélioration de l'indice de préférence du Stylo a été également notée au fil de l'exploitation passant en moyenne de 0,19 en première rotation à 0,24 en troisième rotation. L'application de P a augmenté significativement l'indice

de préférence du Stylo. Cette influence positive de l'application du phosphore sur la préférence pour le Stylo n'a pas été observée avec les légumineuses naturelles. De même la différence entre l'indice de préférence du Stylo et celui des autres dicotylédones (légumineuses + forbes) a été restreinte.

En 1993 les graminées ont été moins rejetées qu'en 1992, probablement à cause d'une disponibilité fourragère totale restreinte. De même qu'en 1992, aucune influence de l'application de P sur l'amélioration de l'indice de préférence des légumineuses locales n'a été notée (Tableau 20). La différence entre l'indice de préférence des forbes dans les traitements PI et PII en faveur du premier pendant chacune des 2 années d'observation s'expliquerait par la nature des espèces qui les (forbes) composent.

Tableau 20. Indice de préférence des groupes d'espèces herbacées par traitement (P) et taux de charge (C).

	C1	C2	C3	Moyenne
1992 PI				
Graminées	-0,34	-0,25	-0,20	-0,26
Stylo	-0,14	0,35	0,15	0,12
Autres légumineuses	0,55	0,39	0,43	0,45
Forbes	0,28	0,10	0,13	0,17
PII				
Graminées	-0,25	-0,25	-0,43	-0,31
Stylo	0,22	0,28	0,41	0,30
Autres légumineuses	0,15	0,06	0,41	0,21
Forbes	0,11	0,11	0,11	0,11
1993 PI				
Graminées	-0,01	-0,01	0,00	-0,01
Stylo	*	*	*	*
Autres légumineuses	0,64	0,69	0,39	0,57
Forbes	0,36	0,22	-0,02	0,19
PII				
Graminées	-0,01	-0,01	0,00	0,00
Stylo	*	*	*	*
Autres légumineuses	0,68	0,57	*	0,63
Forbes	0,27	-0,38	-0,02	-0,04

* indice de préférence non estimée à cause de l'extrême faiblesse de la disponibilité de l'espèce ou du groupe d'espèce.

3.3.4. Production animale des différents traitements

3.3.4.1. Production en 1992

Les gains moyens quotidiens (GMQ) obtenus durant la période de l'essai (Septembre à Janvier) sont faibles. Le GMQ négatif enregistré dans la charge faible (C1) du parcours amélioré PI (Pâturage naturel + Stylo) est imputable à l'état sanitaire de certains de ses animaux et celui de C3 PII (charge élevée du parcours + Stylo + P) à la disponibilité fourragère restreinte par UBT de cette sous parcelle (Tableau 19). Cependant les gains moyens quotidiens enregistrés par les animaux du parcours amélioré PII sont relativement élevés. Cette augmentation est d'autant plus importante que la charge appliquée est faible (Tableau 21).

Tableau 21. Gain moyen quotidien ($g\ tête^{-1}$) et production animale ($kg\ ha^{-1}$) des traitements (P) soumis à différents taux de charge (C). Années 1992 et 1993.

	C1	C2	C3
Année 1992			
GMQ ($g\ tête^{-1}\ j^{-1}$)			
P0	1	2	-1
PI	-8*	2	3
PII	20	8	-8
Gain ($kg\ UBT^{-1}$ en 120 jours)			
P0	1,6	3,1	-1,6
PI	-12,7*	3,1	4,9
PII	28,7	12,9	-12,6
Production ($kg\ ha^{-1}$ en 120 jours)			
P0	1,4	5,9	-4,5
PI	-15,2*	7,8	18,1
PII	37,3	32,3	-47,9
Année 1993			
GMQ ($g\ tête^{-1}\ j^{-1}$)			
P0	-15	3	-14
PI	-7	7	-2
PII	1	-8	-13
Gain ($kg\ UBT^{-1}$ en 75 jours)			
P0	-10,5	2,2	-10,4
PI	-5,2	5,2	-1,6
PII	0,8	-6,1	-10,0

Production (kg ha ⁻¹ en 75 jours)			
P0	-12,6	5,3	-36,4
PI	-7,8	16,1	-7,0
PII	1,2	-18,3	-45,0

* état sanitaire douteux

Malgré la faiblesse de la valeur nutritive (N et DMO) moyenne de l'offre fourragère pendant la période de l'essai (Tableau 21) ; les animaux ont pu sélectionner un menu au dessus de l'entretien dans ce parcours PII. Le sélectionnément des dicotylédones par rapport aux graminées et celle des feuilles et fruits par rapport aux autres organes ont permis aux animaux d'améliorer significativement la valeur nutritive de leur menu par rapport à celle de l'offre fourrage.

Pour mieux illustrer l'impact de l'amélioration des parcours sur la production animale ; les gains moyens quotidiens sont transformés en production de poids vif par hectare pour la durée de l'essai (Tableau 21 et Fig. 9).

Figure 9. Production animale ha⁻¹ (en kg de poids vif) des 3 parcours en 1992.

La Fig. 9 est une estimation des productions animales (kg de poids vif ha⁻¹) des 3 parcours en fonction des charges appliquées exprimées en UBT ha⁻¹ en 1992. Elle permet ainsi d'estimer dans chaque parcours la production (kg ha⁻¹) pour une charge donnée comprise entre zéro et le maximum appliqué ici (4 UBT ha⁻¹).

La Fig. 9 montre une différence significative entre le parcours PII et les deux autres (P0 et PI). La différence entre ces derniers est restreinte. Ce n'est que dans le parcours PII qu'une nette influence de l'intensité d'exploitation sur la production animale par ha est notée : l'optimum se situant probablement à un taux de charge de 1,5 UBT ha⁻¹. En partant de cette charge optimale, l'introduction du Stylo et de l'application du phosphore ont entraîné une augmentation de la production animale par ha de l'ordre de 32 kg de poids vif par rapport à la production moyenne des 2 autres parcours. Cependant, malgré l'irrégularité de la production sur PI, on peut tirer une conclusion de l'effet de l'introduction du Stylo et/ou du Stylo + P en se référant aux productions obtenues dans les trois traitements (P0, PI et PII) à un taux de charge moyen de 2,5 UBT ha⁻¹ (Fig. 9).

Il apparaît ainsi que l'introduction du Stylo avec une seule application de P en année d'installation (PI) entraîne une augmentation de la production animale par ha de 5 kg de poids vif, lors d'une exploitation différée en deuxième année d'introduction. Cette augmentation de la production animale par rapport au parcours naturel passe à 30 kg de poids vif par ha lorsque le parcours enssemencé en Stylo est fertilisée 2 années de suite (PII). Cette &171; double fertilisation &187; du parcours enssemencé en Stylo entraîne également une augmentation de la production animale par ha de 24 kg de poids vif par rapport à l'apport de P seulement en année d'installation.

3.3.4.2. Production en 1993

Si les parcours améliorés ont permis une certaine production animale par ha par rapport au parcours naturel en 1992 (deuxième année d'installation), aucune amélioration n'est notée en 1993 (Tableau 21). Cette situation était prévisible compte tenu de la contribution négligeable du Stylo à leur biomasse (cf Tableau 9).

Les gains moyens quotidiens enregistrés par les différents lots ne diffèrent pas significativement ($P > 0,05$) aussi bien au niveau des 3 traitements qu'au niveau des taux de charge appliqués. Les animaux ont généralement perdu du poids au cours de l'essai. Les GMQ positifs enregistrés dans certains lots sont simplement dus aux performances individuelles de certains de leurs animaux indépendamment du traitement et de la charge appliquée. Cette baisse de la production animale des parcours en 1993 s'explique d'une part par la faiblesse de la contribution des légumineuses à leur biomasse et d'autre part par leur disponibilité fourragère par UBT faible par rapport à 1992 (Tableau 19). La faiblesse de la disponibilité fourragère (kg.UBT^{-1}) des parcours en 1993 est liée à leur production de biomasse qui fut la plus basse durant les années d'essai (Tableau 17) et aux taux de charge relativement plus élevés (Tableau 1, méthodologie). Les animaux de 1993 étaient plus âgés et plus lourds que ceux de 1992.

Cette faiblesse de la disponibilité fourragère par UBT a dû limiter la sélectivité des animaux. Les graminées qui étaient relativement rejetées en 1992 sont consommées indifféremment en 1993 (Tableau 20). Les animaux n'ont donc pas pu sélectionner un menu d'une valeur nutritive (N et DMO) au dessus de l'entretien comme ce fut le cas en 1992.

3.4. Discussions sur pâturage amélioré

3.4.1. Persistance de *Stylosanthes hamata*

Notre objectif final en introduisant *Stylosanthes hamata* dans un parcours soudano-sahélien était l'amélioration quantitative et qualitative de ce dernier. L'introduction devrait pouvoir se maintenir durant un certain nombre d'année pour permettre une certaine productivité animale susceptible de rentabiliser les investissements.

Malheureusement, comme dans beaucoup d'essais d'amélioration des parcours en Afrique (Toutain, 1994), le nôtre n'a pas été également couronné de succès. Ce fut seulement en 2ème année d'installation (1992) où l'espèce avait eu une force de compétition élevée suite à la présence de pieds bisannuels, qu'un effet positif de l'introduction de *Stylosanthes hamata* est noté (Tableau 14). L'introduction s'est traduite par une augmentation de la production de biomasse de l'ordre de 1 t ha^{-1} par rapport au parcours témoin. La différence de rendement (t MS ha^{-1}) entre parcours à Stylo fertilisé seulement en année d'installation (1991) et celui fertilisé pendant ces 2 années consécutives (1991 et 1992) était restreinte. Des écarts de t ha^{-1} ont été également obtenus entre jachères sursemées de *Stylosanthes hamata* et jachères naturelles (t ha^{-1}) en 2ème année d'installation par Diarra *et al.* (1994) au Sud du Mali (pluviométrie = 900-1000 mm

an⁻¹). Mais contrairement à notre essai (où la persistance de *Stylosanthes hamata* n'est pas allé au delà de 2 ans), l'espèce a pu persister dans ces jachères pour une période de 3 ans avant leur mise en culture. Il est cependant important de signaler que ces soles fourragères n'étaient soumises à aucune pression animale, bien que celle-ci explique peu la non persistance de *Stylosanthes hamata* dans le présent essai. En plus l'introduction était faite sur des jachères jeunes. *Stylosanthes hamata* est rapportée pouvant être une espèce amélioratrice des jachères dans cette partie du Mali Sud (Diarra, 1994 ; Kébé, 1994) certainement à cause du comportement bisannuel qu'elle pourra avoir par suite de la pluviométrie relativement bonne de cette région.

Cependant des essais de production fourragère effectués par la FAO au Mali, au Burkina-Faso et au Niger (sous climat sahélo-soudanien) ont montré que *Stylosanthes hamata* pourrait être utilisée dans l'amélioration des parcours naturels dans ces régions moyennant des mesures strictes de gestion (Delabroux, 1986, cité par Toutain, 1994). Ces méthodes de gestion prennent en compte l'application de P, la mise en place d'une stratégie de pâture permettant de lutter efficacement contre les adventices (Agishi *et al.*, 1994 ; Mohamed Saleem *et al.*, 1986 ; Kachelriees, 1974 ; Griffiths & De Leeuw, 1994 ; Mc Cown, 1986 ; Curll, 1989 ; Sheath, 1989 ; Winter, 1986). Il est apparu clairement de l'atelier de Kaduna (1992) que *Stylosanthes hamata* est une espèce annuelle bien que certains pieds peuvent survivre jusqu'à la prochaine saison. Ce comportement de l'espèce fait que sa persistance dans les parcours est conditionnée par son stock semencier d'une saison de croissance à l'autre (de Leeuw, 1994). Pour garantir cette production de semence, les mesures de gestion préconisées ci-dessus sont apparues comme essentielles. Cependant dans des zones à pluviométrie élevée (zone guinéenne) il est probable que la proportion de pieds bisannuels soit assez importante. La force de concurrence élevée de ces pieds bisannuels pourrait faciliter la persistance de l'espèce dans ces zones.

3.4.1.1. Persistance et application du phosphore

Dans la présente étude un apport annuel de 50 kg de TSP ha⁻¹ (23 kg de P₂O₅) n'a pas permis la persistance de l'espèce au delà de 2 ans. Cependant cette dose n'était pas au dessous de l'optimale généralement recommandée pour le maintien de *Stylosanthes hamata* en Australie comme en Afrique de l'Ouest. Winter *et al.* (1989) recommandent 18 kg de P₂O₅ ha⁻¹ à l'installation et 5 kg pour son maintien lors des succédantes années. Otsyina *et al.* (1987), cité par de Leeuw (1994), conseillent 22-27 kg de P₂O₅ ha⁻¹ à l'installation et 14-18 kg comme dose d'entretien. La non réponse de *Stylosanthes hamata* au phosphore lors du présent essai s'expliquerait par la carence restreinte en P du site qui serait au dessus de la moyenne (Koné et Groot en préparation). Une production de 8 t ha⁻¹ de Stylo pure a pu être obtenue par ces auteurs sur le site sans apport de phosphore et 11 t ha⁻¹ avec 200 kg de P₂O₅. L'espèce dominante du site de l'essai, *Pennisetum pedicellatum*, est reconnue comme indicatrice d'une amélioration de sa fertilité (de Leeuw, 1994). La faible réponse de *Stylosanthes hamata* au phosphore peut être due également à la forte compétitivité des graminées comme rapportés par Agishi *et al.* (1987). Par suite de compétitivité la contribution de *Stylosanthes hamata* à la densité ou à la biomasse était devenue très négligeable (Tableaux 8 et 9). Bien que l'espèce répond généralement à l'application de P d'une façon positive il y a des sites et/ou des années où sa réponse est faible (Saleem *et al.*, 1994).

L'application de P est surtout efficace sur les légumineuses par rapport aux graminées si sa disponibilité naturelle est très restreinte à côté d'un déficit en N. Les légumineuses profitent alors de leur capacité de fixation de l'azote de l'air pour mieux rentabiliser l'apport de P par rapport aux graminées.

Malheureusement la fertilité de notre site a été telle que l'apport de P a plutôt stimulé les graminées par rapport aux légumineuses. On s'est alors trouvé dans la situation décrite par Penning de Vries & Djitéye (1991) où il est montré que les légumineuses annuelles ont peu de chance d'être stimulées d'une façon rentable à cause de la dynamique de la végétation et de la dominance d'autres espèces. Nos observations ne sont pas exceptionnelles en rapport à la stimulation des légumineuses locales par la fertilisation avec P. Quoi qu'en moyenne cette fertilisation entraîne une augmentation de la production totale de 30 à 40 % et une stimulation des légumineuses de 10 à 40 %, il y a des années et des sites sans effet (Tableau 12 ; Penning de Vries & Djitéye, 1991).

3.4.1.2. Persistance et stratégie de pâture

Une production acceptable de semence essentielle à la persistance de *Stylosanthes hamata* est conditionnée au contrôle des adventices (Griffiths, 1994, Saleem *et al.*, 1986 ; Agishi, 1994 ; Kachelriebs *et al.*, 1994). Le désherbage étant exclu comme méthode de gestion des parcours améliorés, le contrôle des adventices est alors assuré par le développement d'une stratégie de pâture. Celle-ci consiste généralement à une période courte d'exploitation intense en hivernage dès la période d'installation, pour éliminer les plantules des espèces à germination rapide et éventuellement une autre sur la végétation en pleine croissance si la première n'a pas été suffisamment efficace. La germination lente protégera le Stylo pendant la première période (Breman *et al.*, 1980) et son appétibilité restreinte en seconde période (Winter, 1988).

Nous n'avons pas pu malheureusement appliquer une telle gestion au cours de notre essai. La pâture précoce n'est survenue que pendant la seule année (1993) où le Stylo était à peine présent (1 pied m⁻²). La pâture effectuée en fin saison pluvieuse de l'année 1992 n'avait pas été précédée d'une pâture précoce et en année d'installation aucune exploitation n'a eu lieu pour diminuer la compétitivité des graminées au profit du Stylo.

Une telle gestion des parcours améliorés en Stylo, qui consiste à une pâture différée en fin saison des pluies non précédée par une pâture précoce (période d'installation), est rapportée par Mc Cown (1986) comme préjudiciable à la persistance de *Stylosanthes hamata*. Sous condition de faible niveau de P et pâture durant la saison des pluies (quand les graminées sont consommées préférentiellement) les pâturages améliorés ont retenu un degré élevé de pureté (Winter *et al.*, 1985, cité par Mc Cown, 1986). Lors d'une pâture différée jusqu'en saison sèche, les herbacées annuelles envahissent et font disparaître le Stylo au bout de peu d'année (Gillard & Fisher, 1978 ; Mc Cown, 1986). Il est probable qu'une meilleure persistance de l'espèce aurait pu être obtenue si on avait pu diminuer la compétitivité des espèces graminéennes par une ou deux périodes d'exploitation intensive au cours de l'installation et en pleine croissance comme stipulé au début du présent sous titre. Une diminution du recouvrement ligneux de 27 à 10 % aurait pu être également utile (Breman, 1994).

3.4.1.3. Persistance & particularité du site

L'introduction de *Stylosanthes hamata* dans les jachères récentes est reconnue comme la voie la moins chère pour son établissement (Agishi, 1994). L'âge avancé de la jachère de notre site (13 ans) au moment de l'introduction du Stylo lui confère quelques particularités qui expliquent le succès restreint de l'introduction :

- Koné & Groot (en préparation) indiquent que la carence en P des sols du site est relativement restreinte pour des sols sahélo-soudanais. De même la stimulation des légumineuses par P est apparue également restreinte. Une production de 8 t ha⁻¹ de *Stylosanthes hamata* de deuxième année a été obtenue sans application de phosphore. Avec une dose de 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹ la production ha⁻¹ a seulement augmenté de 2 t ha⁻¹ pour atteindre 11 t (niveau maximal) avec 200 kg de P₂O₅ ha⁻¹.
- La graminée dominante est *Pennisetum pedicellatum*, une espèce à germination rapide qui rend l'efficacité de l'installation du Stylo difficile (Breman *et al.*, 1980).
- Le recouvrement des espèces ligneuses était de 27 %.

Une compétition pour la lumière est réelle à Cinzana. L'importance du recouvrement ligneux et la prédominance des espèces herbacées de hautes tailles (*Pennisetum pedicellatum* et *Diheteropogon hagerupii*) ne sont guère favorables à la persistance de *Stylosanthes hamata*.

Cet effet négatif de l'ombrage sur le développement de *Stylosanthes hamata* est rapporté par plusieurs auteurs (Namibiari *et al.*, 1983 ; Mc Cown *et al.*, 1985 ; cités par Kouamé, 1991 ; Garba, 1990).

Une biomasse de 1500 kg ha⁻¹ est reconnu être le seuil pour une interception notable de la lumière (Breman *et al.*, 1991). *Pennisetum pedicellatum* et *Diheteropogon hagerupii* avaient à elles seules une production de biomasse supérieure à ce seuil dans tous les parcours.

La vitesse de germination de *Pennisetum pedicellatum*, son photosynthèse de type C₄, le développement de l'espèce se faisant aussi bien à l'ombre qu'au soleil dans la zone font qu'elle profite mieux des conditions offertes sur le site de l'essai. Par contre *Stylosanthes hamata*, de part sa stratégie de germination (lente et hétérogène), sa photosynthèse de type C₃, son port semi-érigé à prostré la défavorisent dans une telle végétation à *Pennisetum pedicellatum* sous des conditions de croissance non perturbée en hivernage (absence de pâture) et sur des substrats à ruissellement restreint.

L'espèce n'a pas suffisamment profité de sa capacité de fixer de l'azote à la suite de l'apport de P. En effet la disponibilité de l'azote du site pour la production de biomasse aérienne en année normale a été élevée (18 kg ha⁻¹) par rapport à la moyenne de la zone fixée à 11 kg ha⁻¹ ([Breman & De Ridder, 1991](#)). Dans une telle situation, l'apport de P se traduit par une augmentation considérable de la production des graminées, phénomène également rapporté par Curll *et al.* (1991), Penning de Vries & Djitéye (1991).

3.4.2. Valeur nutritive et production animale

3.4.2.1. Teneur en azote et DMO

L'effet positif de l'introduction de *Stylosanthes hamata* sur la valeur azotée des parcours améliorés n'a été noté que pendant la seule année (1992) où *Stylosanthes hamata* contribuait pour 17 % à leur biomasse. Mais cette augmentation de la teneur en azote du fourrage fut faible : 5,4 g kg⁻¹ MS pour le parcours témoin (P0) et 6 g kg⁻¹ MS comme moyenne des parcours aménagés (PI et PII) à la date du 10 Octobre 1992. Cette augmentation moindre de la teneur en azote du fourrage des parcours aménagés malgré une contribution relative de 17 % de Stylo à leur biomasse est due à la faiblesse de la concentration azotée de ce dernier (Stylo). La teneur en azote des échantillons de *Stylosanthes hamata* pure récoltés à cette période était relativement basse : 11 g kg⁻¹ MS.

Kébé (1994) rapporte une augmentation similaire de la teneur en N de 3,4 g kg⁻¹ suite à l'introduction de *Stylosanthes hamata* + *Brachiaria ruziziensis* dans les jachères au Sud du Mali (pluviométrie : 900 an⁻¹). Les jachères améliorées avaient en moyenne une teneur en azote de 7,6 g kg⁻¹ versus 4,2 g kg⁻¹ pour la jachère naturelle. Les échantillons de *Stylosanthes hamata* pure avaient une teneur en N également faible 10 g kg⁻¹, mais ni la date de récolte, ni la contribution du Stylo à la biomasse totale n'étaient indiquées. Koné *et al.* (en préparation) obtiennent des teneurs en azote de l'ordre de 12 g kg⁻¹ sur des échantillons de *Stylosanthes hamata* récoltés en Novembre 1992 sur une parcelle contiguë au site de notre essai. Little (1994) arrive à la conclusion que lorsque la plante est en phase de maturité ou de sénescence, son taux azoté peut devenir très faible. Peters (1992) cité par Little (1994) dans la zone subhumide du Nigéria a trouvé une teneur en azote de 16-17 g kg⁻¹ en fin saison de croissance qui décroît rapidement pour ne devenir que 10 g kg⁻¹ durant le reste de la saison sèche.

Mani (1992) obtient dans la zone subhumide du Nigéria une teneur moyenne en azote de 12,5 g kg⁻¹ durant la saison sèche et Tarawali (1994) 13 g kg⁻¹ en début de saison sèche à 9 g kg⁻¹ en milieu de saison. Une chute de la valeur azotée (N) de *Stylosanthes hamata* de 20 à 10 g kg⁻¹ entre Octobre et Avril est également rapportée par Saleem (1986) cité par de Leeuw (1994).

Ces pertes de qualité de *Stylosanthes hamata* dues principalement à la chute ou au pourrissement de ses feuilles seraient très sévères en début de saison (Agishi, 1982, cité par de Leeuw 1994). Cela suppose que les parcours enrichis en *Stylosanthes hamata* ne doivent être utilisés au delà d'une certaine période de la saison sèche, variable d'une zone écologique à une autre.

L'application du phosphore se traduit généralement par une augmentation de la concentration azotée du Stylo (Shaw *et al.*, 1986 ; Jones 1968 ; Ritson *et al.*, 1971, cités par Little 1994). Mais l'effet inverse peut être obtenu par suite de dilution (Little 1994). Dans le présent essai aucun effet de l'application du phosphore sur la concentration azotée du Stylo ne fut noté.

La digestibilité de *Stylosanthes hamata*, comme celle de la plupart des herbacées, est fonction de l'âge de la plante ; de sa composition morphologique et chimique. Des valeurs élevées de DMO de plants de Stylo âgés de moins de 6 mois de l'ordre de 61,5 % sont rapportées par Little *et al.* (1994). Des valeurs

plus élevées de 72-74 % ont été obtenues par Ouologuem *et al.* (1992). Des valeurs plus basses sont enregistrées en saison sèche : 51,5 % (Little *et al.*, 199) ; 46,5 et 41,5 % respectivement en début et moitié de saison sèche (Tarawali, 1994). Des valeurs de 37 % sont mêmes rapportées par Brinckman (1974) cité par Little (1994) pour des plants vieux de *Stylosanthes hamata* au Niger.

La tendance générale serait cependant une DMO de Stylo bonne dans son ensemble, même à un stade végétatif avancé (Ouologuem *et al.*, 1992). La DMO moyenne serait de 51,5 % au moins durant toute la saison sèche (Little *et al.* , 1994). La différence restreinte trouvée néanmoins entre la digestibilité du fourrage de nos parcours améliorés et témoin (Tableau 17) devrait s'expliquer par la contribution restreinte de l'espèce à la production fourragère.

L'indice de préférence de *Stylosanthes hamata* fut élevé en fin de saison de croissance et début saison sèche (10 Septembre - Janvier 1992), en accord avec les auteurs australiens (Hunter *et al.*, 1978 ; CIAT 1980 ; Gardener, 1980 ; Mc Lean *et al.*, 1981 ; cités par Little 1994). Nos résultats supportent également la conclusion suivant laquelle l'application du phosphore augmente l'appétibilité du Stylo (Winter *et al.*, 1981). L'indice de préférence du Stylo a été plus élevé dans le parcours fertilisé 2 années de suite (1991 et 1992) que dans celui qui n'a reçu qu'une seule application en année d'introduction (1991) cf Tableau 20.

Un tel effet n'a pas été obtenu avec les légumineuses locales en 1992, contrairement en 1993 (après 3 années consécutives d'apport du phosphore) probablement à cause de la différence de composition botanique du groupe des légumineuses des 2 années.

3.4.2.2. Production animale

Bien que le but de l'amélioration des parcours naturels soit l'accroissement de la production animale, peu de données ont été disponibles à ce sujet lors de l'atelier de Kaduna 1992. Le même constat est dressé par de Leeuw (1994) lors de la synthèse des communications faites au cours du dit atelier.

Il ressort cependant d'une évaluation sur le potentiel des légumineuses fourragères (Mc Cown *et al.*, 1986) que les banques ou les parcours améliorés ne sauraient être utilisés pour l'engraissement aussi bien en Australie qu'en Afrique.

L'introduction des légumineuses dont *Stylosanthes hamata* dans les savanes du grand Nord de l'Australie a augmenté la production bovine de 1 -2 kg ha⁻¹ de poids vif à 35-40 kg ha⁻¹ an⁻¹ en cas d'utilisation de P comme fertilisant. Avec l'introduction sans fertilisation, la production devient 5-10 kg ha⁻¹ an⁻¹ mais celle-ci n'est à maintenir. En utilisant des légumineuses plus P, la production animale augmente grâce à l'augmentation de la capacité de charge (de 15-20 ha UBT⁻¹ à 1-2 ha UBT⁻¹) et à l'augmentation de la production par tête de 30 à 60 kg UBT⁻¹ an⁻¹ ([Breman & De Ridder, 1991](#)).

La même tendance est observée avec l'introduction du Stylo et de l'application de P dans le parcours de Cinzana. La production animale ha⁻¹ augmente de 5 kg avec l'introduction du Stylo (PI) et de 30 kg

lorsque celle-ci bénéficie d'une fertilisation chaque année (PII). Cela à un taux d'exploitation constant de 2,5 UBT ha⁻¹ pendant 120 jours ou 0,8 UBT ha⁻¹ an⁻¹.

Malheureusement un tel effet n'a été noté que pendant la seule année 1992 (deuxième année d'introduction), la persistance de *Stylosanthes hamata* n'ayant pas été au delà de 2 ans. Mais le bénéfice de 30 kg ha⁻¹ de poids vif ne couvre même pas les frais d'installation et d'application du phosphore.

En supposant que l'introduction ait perduré quelques années, l'utilisation optimale d'un tel parcours serait au plus un maintien prolongé du gain de poids acquis en hivernage pendant quelques mois de la saison sèche. La basse qualité de *Stylosanthes hamata* en saison sèche (consécutive à la chute de ses feuilles) largement rapportée suppose que l'espèce ne doit être utilisée probablement au delà de la première moitié de la saison sèche.

3.5. Résultats sur banque fourragère

3.5.1. Pluviométrie annuelle

En année d'installation de la banque (1991) la pluviométrie du site n'a pas fait l'objet d'évaluation par manque de pluviomètre. Les mesures sur la pluviométrie ont alors porté sur les 3 succédantes années.

Les quantités totales de pluie (mm an⁻¹) des années 1992 et 1993 ont été inférieures à celle d'une année moyenne fixée à 500 mm dans la zone. L'année 1993 fut la plus sèche des 3 années d'observation et l'année 1994 la plus pluvieuse, avec une quantité totale de pluie supérieure à celle d'une année moyenne (Tableau 22).

La pluviosité de cette dernière année a été caractérisée par des éditions journalières avant et après la période active de végétation dans la zone contrairement à 1992 où la presque totalité des pluies sont survenues au moment de la croissance ([Fig. 2](#) et Tableau 22).

Tableau 22. Quantité totale de pluie (mm an⁻¹) et nombre total de jours de pluie an⁻¹ au cours des 3 années d'observation.

Années	1992	1993	1994
Pluies (mm)	370	280	567
jours	29	21	44

3.5.2. Dynamique interannuelle du rendement fourrager de la banque et du parcours naturel

La biomasse de la banque (t ha⁻¹) a chuté significativement (P < 0,05) de 1992 à 1993 pour augmenter

en 1994. L'augmentation de la biomasse de 1993 à 1994 est significative au seuil de 5 %, mais la différence entre la production de 1994 et celle de 1992 est faible (Tableau 23).

Les mêmes tendances sont notées aussi bien au niveau de la parcelle exploitée au moment de la floraison - fructification (PI) que celle dont l'exploitation est différée après fructification (PII) (Tableau 23 et [Fig. 12](#)). La biomasse du parcours naturel, contrairement à celle de la banque a peu évolué ($P > 0,05$) d'une année à l'autre (Tableau 23). La moyenne de la biomasse de la banque calculée sur les 3 années d'observation est supérieure à celle obtenue sur le parcours naturel au seuil de 5 %. Ce n'est qu'en 1993 ou aucune différence significative ($P > 0,05$) n'est noté entre leur production (Tableau 23)

Tableau 23. Evolution interannuelle du rendement fourrager en matière sèche ($t\ ha^{-1}$) de la banque et du parcours naturel.

Parcelles	1992		1993		1994	
	n	Rendement	n	Rendement	n	Rendement
PI	54	2,8a (2,6)	27	1,7c (1,3)	39	3,6e (2,6)
PII	54	4,8b (2,9)	27	2,7d (1,4)	39	4,1e (3,2)
Moyenne banque		3,8a (2,9)		2,2b (1,4)		3,9a (2,9)
Parcours naturel		2,2b (0,8)		2,2b (0,5)		2,2b (1,2)

()Ecart type, n = effectif

[Figure 12](#). Evolution interannuelle de la biomasse totale et celle de *Stylosanthes hamata* dans la parcelle PI (exploitée au moment de la floraison-fructification et dans la parcelle PII (exploitée après fructification).

Cette variation interannuelle du rendement de la banque s'explique par les fluctuations interannuelles de pluviométrie et de composition floristique.

La production de la banque a été la plus importante pendant les deux années les plus pluvieuses ; la plus basse production étant celle de l'année la plus sèche. Cependant malgré les différences de pluviosités entre les années 1992 et 1994 leur production de biomasse a varié très peu (Tableaux 22, 23 et Fig. 11). Cette situation indique qu'en plus de la pluviométrie, la composition floristique a joué également un rôle important dans les fluctuations interannuelles de biomasse. Il est beaucoup probable que malgré les différences de pluviosité entre les 2 années, l'eau disponible pendant la croissance ait peu différée entre elles. Contrairement à l'année 1992, où 95 % des pluies ont été enregistrées pendant la période de croissance, en 1994 une quantité importante de pluies sont survenues en dehors de celle-ci (Fig. 10). Le rôle de la composition floristique s'explique par la présence de pieds bisannuels de Stylo en 1992 qui peut résulter à une meilleure utilisation des facteurs de croissance (eau + éléments nutritifs).

Figure 10. Editions journalières de pluies (mm) et pluviométrie annuelle (mm an⁻¹) du site de la banque.

Figure 11. Quantité de pluie (mm an⁻¹) et rendement de matière sèche (t ha⁻¹) de la banque pendant chacune des années d'observation.

En 1993 la contribution du Stylo à la composition botanique de la banque a non seulement chuté (41 % en moyenne) mais les pieds de Stylo étaient des annuels. Cette situation combinée à une pluviométrie déficitaire (Tableau 22) ont réduit significativement ($P < 0,05$) le rendement de la banque par rapport aux deux autres années. La quantité d'eau tombée en 1993 n'était pas à mesure de mieux valoriser le phosphore apporté. Cela était justifié par la présence de cristaux de TSP non dissous sur les parcelles. En 1994, malgré une contribution plus faible de *Stylosanthes hamata* à la biomasse (24 %), la banque a atteint son rendement de 1992 suite à une pluviométrie élevée. La pluviométrie de l'année 1994 au dessus de la moyenne de la zone a permis un meilleur coefficient d'utilisation des éléments nutritifs, notamment les doses cumulatives de P apportées pendant 4 années successives et celle de N, par une bonne humidification en profondeur. A cela il faudrait ajouter la présence en nombre restreint de certains pieds bisannuels de Stylo en 1994. Ainsi les herbacées locales ont pu se substituer efficacement au Stylo si l'on se réfère aux rendements de la banque entre 1992 (culture pure) et 1994 (parcours mixte).

Cette variation interannuelle du rendement de la banque (t de MS ha⁻¹) n'est pas notée au niveau du parcours naturel où la biomasse est restée stationnaire pendant les 3 années consécutives (Tableau 23). Le parcours naturel du site se trouvant sur un substrat sable-limoneux et en supposant une capacité au champ de 10 % et un taux de ruissellement de 20 %, le Tableau III.12 en annexe suggère une humidification du profil de 1,3 ; 1,0 et > 2 m respectivement en 1992-93 et 1994. Ces profondeurs d'humidification correspondent successivement à une disponibilité en azote de 13 ; 12 et 15 kg ha⁻¹. L'écart restreint entre ces différentes disponibilités en azote explique probablement la faible variation interannuelle du rendement (t de MS ha⁻¹) du parcours naturel (Tableau 23).

3.5.3. Persistance de *Stylosanthes hamata*

3.5.3.1. Effet de la période d'exploitation

Variation interannuelle de la contribution relative (%) du Stylo à la biomasse : Suite au désherbage manuel effectué en 1992 sur la banque, opération qui a inhibé la compétition interspécifique, la banque était une culture presque pure de *Stylosanthes hamata*, tout comme en 1991 (année d'installation). Au cours des 2 dernières années de l'essai, la banque a été progressivement envahie par les herbacées locales au détriment du Stylo. Ces dernières étaient constituées principalement de graminées annuelles dont *Schoenefeldia gracilis* était la composante principale. Cette expansion progressive des graminées d'une année à l'autre s'est traduite par une baisse significative de la contribution du *Stylosanthes hamata* au fil des années. La baisse de la persistance du Stylo d'une année à l'autre a été plus accentuée dans la parcelle I (PI) (exploitée au moment de la floraison-fructification) que dans la parcelle II (PII), dont l'exploitation était différée après fructification (Tableau 24).

Tableau 24. Contribution relative (%) et biomasse absolue ($t\ ha^{-1}$) du Stylo dans les parcelles PI (exploitée moment floraison-fructification) et PII (exploitée après fructification).

Parcelles	1992			1993			1994		
	n	Biomasse	%	n	Biomasse	%	n	Biomasse	%
PI	54	2,8 \mathbf{a} (2,6)	100	27	0,4 \mathbf{c} (0,6)	22	39	0,2 \mathbf{ec} (0,7)	7
PII	54	4,8 \mathbf{b} (2,9)	100	27	1,5 \mathbf{d} (1,2)	52	39	1,6 \mathbf{fd} (2,9)	39
Moyenne banque		3,8 \mathbf{a} (2,9)	100		0,9 \mathbf{b} (1,1)	37		0,9 \mathbf{b} (2,2)	23

() Ecart type, n = effectif

Variation interannuelle de la biomasse du Stylo

Le rendement en Stylo ($t\ ha^{-1}$ de MS) de la banque pendant les 3 années d'observation a été le plus élevé en 1992 ou celle-ci a été entretenue comme monoculture. Au cours des 2 succédantes années, où le Stylo est maintenu en compétition avec les herbacées locales, sa production fut faible par rapport à celle de 1992 (Tableau 24). Cependant bien que la contribution relative du Stylo à la biomasse de 1994 fut faible par rapport à celle de 1993, sa biomasse absolue a peu varié entre ces 2 années (Tableau 24) suite à un meilleur rendement (t de MS ha^{-1}) de la banque en 1994 (Tableau 23).

Cette chute de la biomasse du Stylo de 1992 à 1994 a été plus accentuée dans la parcelle exploitée au moment de la floraison-fructification (PI) que dans celle exploitée après fructification (PII) Tableau 24 et [Fig. 12](#). Le déclin de la biomasse de Stylo a été de 92 % entre 1992 et 1994 dans PI versus 66 % dans PII.

Cette différence d'évolution de la persistance de *Stylosanthes hamata* (contribution relative et biomasse absolue) dans les deux parcelles de la banque serait probablement due en partie à leur situation de départ en 1992, situation imputable à leur toposéquence. La parcelle II serait un endroit à concentration des écoulements où l'infiltration serait supérieure à celle de PI. La présence accrue de *Tribulis terrestris* sur PI et celle de *Cassia tora* sur PII seraient indicatrice d'une différence d'infiltration entre les 2 parcelles. La biomasse en Stylo de la parcelle II (biomasse de fin de croissance de 1992, non soumise à la pâture) était significativement supérieure ($P < 0,05$) à celle de la parcelle I (4,8 t contre 2,8 t).

Cependant la toposéquence à elle seule ne doit pas être le seul facteur à l'origine de la variabilité interannuelle de la persistance (contribution relative et biomasse absolue) de *Stylosanthes hamata* entre les 2 parcelles. L'évolution de la persistance du Stylo dans les deux sous parcelles C1 (soumises à la même pression animale) des parcelles PI et PII permet de soutenir cette conclusion (Tableau 25). Les rendements en Stylo ($t\ ha^{-1}$ de MS) de ces deux sous parcelles ne différaient pas significativement en 1992 au seuil de 5 % avant toute exploitation. Cependant après 2 années consécutives d'exploitation, le rendement en Stylo de la sous parcelle exploitée après fructification a été 4 fois plus élevé que celui de la sous parcelle exploitée au moment de la floraison fructification (Tableau 25).

Tableau 25. Evolution interannuelle de la contribution relative (%) et biomasse absolue de *Stylosanthes hamata* ($t MS ha^{-1}$) dans les sous-parcelles C1 des parcelles PI et PII de la banque.

Années \ sous-parcelles	1992		1993		1994	
	Biomasse	%	Biomasse	%	Biomasse	%
C1PI	3,7 ^a (3,4)	100	0,5 ^b (0,7)	26	0,4 ^b (0,8)	7
C1PII	3,4 ^a (3,0)	100	1,0 ^c (1,3)	47	1,6 ^c (3,4)	38

C1PI= Parcelle exploitée au moment de la floraison-fructification ;

C1PII= Parcelle exploitée après fructification ;

() Ecart type ; n = effectif.

3.5.3.2. Effet des taux de charge par période

Variation interannuelle de la contribution relative du Stylo à la biomasse

La régression progressive de la contribution du Stylo à la biomasse des 2 parcelles de la banque de 1992 à 1994 est notée dans chacune des sous parcelles (C1, C2 et C3 soumises respectivement à des taux de charge faibles ; moyennes et fortes) qui les composent. Cette baisse de la persistance du Stylo au cours d'une année donnée est sensiblement la même dans chacune des sous parcelles (C) exploitées pendant la même période (Tableau 26). Pour une même période d'exploitation, les 3 taux de charges appliqués non pas suffisamment varié pour engendrer des effets significativement différents sur la persistance du Stylo. La chute plus accentuée de la contribution du Stylo à la biomasse des sous parcelles C2 de 1993 à 1994 par rapport aux C1 et C3 n'est en fait due qu'à l'action bénéfique de la pâture précoce appliquée sur celles-ci (C1 et C3) pendant cette dernière année (cf [3.5.4](#)).

Si la pâture a eu un effet dépressif sur la persistance de *Stylosanthes hamata* au moment de sa floraison - fructification, toutes les charges appliquées ont alors agit négativement et de même façon peu différente sur cette persistance (Tableau 26). En effet, l'hétérogénéité de la biomasse dans les différentes sous parcelles de PI soumises à différents taux de charge est telle que l'offre fourragère qu'elles permettent ne suit pas nécessairement les rapports préétablis entre les taux de charge (ovins ha^{-1}). Si on ajoute à cela que l'indice de préférence pour le Stylo a été élevé pendant la période de floraison-fructification (cf [3.5.7](#)), il est probable que la pression de pâture exercée sur le Stylo soit la même dans les différentes sous parcelles. Il est également probable que l'effet indirect de la pâture par suite de piétinement sur la persistance du Stylo d'une sous parcelle à l'autre ait été mineure. Malgré la structure sablo-limoneuse du substrat et le moment d'exploitation, la modicité de la pression pastorale (1 UBT ha^{-1} en moyenne) a certainement influencé peu le ruissellement pendant la durée de l'essai.

La persistance de *Stylosanthes hamata* a été relativement meilleure dans la parcelle II exploitée après

fructification. Cependant en absence de sous parcelle témoin (non exploitée), il est difficile de quantifier la nature exacte d'une pâture différée après fructification sur la persistance du Stylo. Cependant vu le comportement annuel de la majorité des plants de Stylo durant l'étude, la nature du substrat et l'époque d'exploitation, l'influence directe d'une exploitation différée après fructification sera moindre. En effet la biomasse du Stylo en monoculture dans les sous parcelles C2 et C3 soumises à des charges moyennes et fortes était plus importante que celle de la sous parcelle C1 soumise à une charge faible avant toute exploitation. Cette tendance s'est conservée du point de vue persistance du Stylo (Tableau 26). Il est alors probable que l'écart de disponibilité semencière entre sous parcelle ait été maintenu d'une saison à une autre.

L'influence indirecte de l'exploitation par suite de piétinement serait également restreinte vu la grande quantité de biomasse restante après chaque séjour des animaux dans cette parcelle.

Tableau 26. Influence des 3 taux de charge par parcelle sur la contribution relative et le rendement du Stylo. Les rendements sont exprimés en t de MS ha⁻¹.

		1992		1993		1994	
		Biomasse	%	Biomasse	%	Biomasse	%
PI	C1	3,7a (3,3)	100	0,5d (0,7)	26	0,4 d (0,8)	7
	C2	1,9b (1,2)	100	0,3d (0,6)	21	0,08d (0,3)*	3*
	C3	2,5ab (1,9)	100	0,3d (0,5)	19	0,2 d (0,8)	10
PII	C1	3,4a (2,9)	100	1,0d (1,3)	47	1,6 d (3,4)	38
	C2	5,7b (2,0)	100	1,7d (1,3)	57	1,1 d (2,2)*	29*
	C3	6,3b (2,5)	100	1,7d (1,1)	53	2,1 d (3,1)	50

La comparaison ne concerne que les sous-parcelles (C) d'une même parcelle (P).

* Effet pâture précoce (cf [3.5.4](#))

Variation interannuelle de la biomasse du Stylo

Les rendements en Stylo (t ha⁻¹ de MS) des 6 sous parcelles de la banque ont chuté significativement au seuil de 5 % de 1992 à 1993 pour se maintenir en 1994 au même niveau de production qu'en 1992 (Tableau 26).

La différence significative (P<0,05) qui existait entre certaines sous parcelles exploitées à la même période en 1992 (biomasse fin croissance non soumise à la pâture) a même disparu au cours des 2 succédantes années d'observation (Tableau 26). Pour une même période d'exploitation, les différents taux de charge appliqués ont eu sensiblement les mêmes effets sur la dynamique du rendement en Stylo. Les raisons déjà avancées ci-dessus au point 3.5.3.2 peuvent être maintenues.

Conclusion

La microvariabilité existant entre les 2 parcelles, microvariabilité qui a entraîné dès le départ une différence significative entre leur production, a masqué l'effet de la période d'exploitation sur le maintien du stylo. Au regard des résultats obtenus dans les sous parcelles PIC1 et PIIC2, la différence de persistance de *Stylosanthes hamata* dans les deux parcelles PI et PII de la banque peut être attribuée à leur moment d'exploitation. La banque a plus de chance d'être maintenue par une exploitation différée après fructification que par celle survenant au moment de la floraison-fructification. Pour une même période d'exploitation, les taux de charge appliqués n'ont pas suffisamment varié pour engendrer des différences significatives quant à leur action sur le devenir du Stylo. L'hétérogénéité de la biomasse des sous parcelles (C) a également contribué à ce dernier constat. Les avantages et désavantages liés aux 2 périodes d'exploitation sont discutés au point 3.7.

3.5.4. Pâturage précoce comme méthode de gestion

La pâturage précoce a été exécuté en 1994 (suite à l'envahissement de la banque par les graminées) comme une des méthodes de gestion pouvant permettre de maintenir une banque fourragère dans un état si pure que possible.

Les résultats représentés par la [Fig. 13](#) sont les moyennes de rendement annuel du Stylo (kg MS ha⁻¹) des sous parcelles C1, des C2 et des C3 des parcelles I et II en 1993 (année sans pâturage précoce) et 1994 (année de la pâturage précoce). La pâturage précoce s'est traduite par une diminution moindre de la contribution du *Stylosanthes hamata* à la biomasse de fin de saison (Tableau 26). Cette contribution a été en moyenne de 26 % pour les sous parcelles pâturées précocement versus 16 % pour les témoins.

La pâturage précoce a permis en 1994 une production de biomasse de Stylo plus élevée dans les sous parcelles concernées que dans les témoins (Tableau 26 et Fig. 13). Ces sous parcelles soumises à la pâturage précoce ont pu maintenir en 1994 leur production de 1993 contrairement aux témoins. Une amélioration du rendement en Stylo est même notée dans certaines sous parcelles par rapport à 1993 (Tableau 26). Mais l'hétérogénéité de la biomasse du Stylo est telle que de différence significative au seuil de 5 % ne sont pas à établir entre sous parcelles pâturées précocement et témoins (Tableau 26). Les résultats pouvaient être d'autant meilleures si la contribution du Stylo à la biomasse et à la densité de début de croissance était encore élevé en 1994.

Ces résultats indiquent que le contrôle des adventices dans la zone de l'étude est essentiel pour la persistance de *Stylosanthes hamata* comme rapporté sous d'autres zones agro-climatiques ([3.6.2](#)). Les graminées du site, notamment *Schoenefeldia gracilis*, ont une vitesse de germination et de croissance rapide par rapport à *Stylosanthes hamata*, espèce à germination lente et hétérogène. Ces caractères des espèces graminéennes du site leur confèrent une force de compétition plus élevée par rapport au Stylo.

Du Tableau 26, il apparaît que suite à la pâturage précoce, la contribution du Stylo a été meilleure dans les C3 par rapport aux autres. cela suppose que lors d'une pâturage précoce, le taux de charge doit être suffisamment élevé pour opprimer ces espèces à germination rapides au bénéfice du Stylo. Au cas où celles-ci ne sera pas efficace, une autre exploitation pourra survenir en pleine croissance où le Stylo sera

favorisé par son indice de préférence restreint.

Figure 13. Evolution de la biomasse du Stylo (kg ha^{-1} de MS) de 1993 à 1994 dans les sous-parcelles C1 et C3 soumises à la pâture précoce en 1994 par rapport aux sous-parcelles témoin C2.

Conclusion

La pâture précoce peut constituer au Sud Sahel une alternative moins onéreuse au désherbage et à l'emploi des herbicides pour favoriser la compétitivité de *Stylosanthes hamata*, condition sine qua non de son maintien. Les réponses positives liées à la pâture précoce dépendront du choix de l'intensité, de l'époque et de la fréquence de son application.

3.5.5. Variation interannuelle de la qualité de la banque

3.5.5.1. Teneur en azote et DMO

En 1992, la teneur en azote (g kg^{-1} de MS) du fourrage de la banque (culture pure de Stylo) a été significativement ($P < 0,05$) plus élevée dans la parcelle I (moment floraison) que dans la parcelle II (après fructification).

Cette différence de teneur en azote du fourrage des deux parcelles en rapport avec leur période d'exploitation en 1992, a cependant disparu en 1993 (Tableau 27). Malgré une exploitation tardive, la parcelle II a pu avoir le même niveau d'azote que la parcelle I exploitée en pleine floraison-fructification du Stylo en 1993 (Tableau 27). La qualité relativement basse du Stylo lors d'une exploitation après fructification a été compensée par un meilleur maintien de l'espèce. La baisse significative ($P < 0,05$) de la teneur en azote de la banque de 1992 à 1993 malgré son exploitation précoce et la baisse de la pluviométrie pendant cette dernière année est également due au changement notable de composition floristique observée dans chacune de ses parcelles de 1992 à 1993 (Tableau 24). Cette baisse de la teneur en azote de 1992 à 1993 a été plus accentuée sur la parcelle PI que sur la parcelle II en rapport avec la contribution du Stylo à la biomasse de chacune d'elle en 1993. Pour une même date de mesure, elle (azote) a varié de 19 à 11 g kg^{-1} de MS dans PI versus 15 et 12 g kg^{-1} MS pour PII (Tableau 27).

Tableau 27. Evolution interannuelle de la teneur en azote (g kg^{-1} de MS) et de la digestibilité de la matière organique (DMO %) de la banque et du parcours naturel.

	Parcelle I (PI)		Parcelle II (PII)		Parcours naturel (PN)	
	N	DMO	N	DMO	N	DMO

Campagne 92/93						
08/10/92	19 (3)	68 (3)	*	*	8 (2)	-
07/11/92	17 (4)	61 (7)	*	*	5 (1)	-
07/12/92	14 (2)	56 (7)	*	*	5 (1)	-
07/01/93	*	*	15 (2)	56 (4)	5 (1)	-
08/02/93	*	*	15 (2)	52 (3)	5 (1)	-
08/03/93	*	*	14 (3)	52 (4)	5 (2)	-
Moyenne	17 (4) a	62 (8) A	15 (2) b	53 (4) B	6 (2)	-
Campagne 93/94						
06/09/93	17 (1)	61 (2)	*	*	13 (1)	-
06/10/93	11 (1)	55 (3)	*	*	9 (1)	-
06/11/93	9 (1)	49 (4)	*	*	7 (1)	-
06/11/93	*	*	12 (1)	60 (3)	7 (1)	-
06/12/93	*	*	13 (1)	49 (1)	7 (1)	-
01/01/94	*	*	12 (1)	49 (1)	6 (1)	-
Moyenne	12 (4) a	55 (6) B	12 (1) a	53 (6) B	8 (3)	-

* Parcelles non exploitées pendant les dates concernées.

- Estimation de la DMO in vitro très mauvaise.

Les coefficients de régression entre DMO in vivo et in vitro étaient mauvais.

Une variation significative ($P < 0,05$) de la DMO du fourrage de la banque est également notée de 1992 à 1993. De 58 % (moyenne PI et PII) en 1992, la DMO de la banque est passée à 54 % en 1993. Si la variation de la DMO entre les deux parcelles était de 9 points en 1992 en faveur de PI ; cette différence significative a disparu en 1993.

La DMO du Stylo pure en fin de croissance et pendant la saison sèche est supérieure à la moyenne des espèces du parcours composées en majorité de graminées annuelles. La contribution à la biomasse élevée de *Stylosanthes hamata* dans la parcelle PII par rapport à PI fait que la DMO obtenue dans la première a été sensiblement la même que dans la seconde malgré la différence de leur période d'exploitation.

La teneur en azote du parcours naturel a été meilleure en 1993 par rapport à 1992 probablement à cause de la faiblesse de la pluviométrie de 1993. Les biomasses produites pendant les années sèche au Sud Sahel ont en général une teneur en azote élevée suite à une faible dilution. Mais la non différence entre la biomasse produite entre les 2 années supporte l'hypothèse suivant laquelle la différence de la teneur en azote des parcours serait due à une variabilité de la composition floristique. Au cours de chaque année d'exploitation, la teneur en azote du parcours a été naturellement plus élevée que la période d'exploitation était précoce (Tableau 27).

3.5.5.2. Evolution de la disponibilité d'azote de la biomasse aérienne

La disponibilité en azote de la biomasse aérienne (N en kg ha⁻¹) pour une date donnée a été obtenue en multipliant la teneur en azote (g kg⁻¹) du fourrage récoltée à cette date par la quantité totale de biomasse totale récoltée. Les résultats sont reportés au Tableau 28.

Tableau 28. Evolution de la disponibilité en azote (kg ha⁻¹) de la biomasse aérienne de la strate herbacée de la banque en fonction des années de mesure et des périodes d'exploitation.

	Parcelle I (PI)		Parcelle II (PII)	
	Biomasse Stylo (%)	Disponibilité d'azote	Biomasse Stylo (%)	Disponibilité d'azote
Campagne 92/93				
08/10/92	100	54	*	*
07/11/92	100	34	*	*
07/12/92	100	16	*	*
07/01/93	*	*	100	72
08/02/93	*	*	100	58
08/03/93	*	*	100	41
Campagne 93/94				
06/09/93	24	23		*
06/10/93	n.e	13		*
06/11/93	12	9		*
06/11/93	*	*	52	33
06/12/93	*	*	n.e	29
07/01/94	*	*	49	21

* Parcelles non exploitées pendant les dates concernées.

n.e. = non estimée

En 1994, la teneur en azote du fourrage de la banque n'a pas été évaluée à cause des problèmes d'accès au ranch suite à l'insécurité. En partant de la biomasse totale récoltée sur les 2 parcelles (Tableau 24) et de la biomasse du Stylo dans chacune d'elle, la disponibilité d'azote dans leur biomasse a été estimée. Compte tenu de la grande quantité de pluie tombée en 1994 pouvant se traduire par une dilution des éléments nutritifs, la teneur en azote fut fixée à 14 g kg⁻¹ et celle des autres herbacées à 5 g kg⁻¹ de MS (récolte effectué début Novembre). En partant de ces valeurs, la disponibilité en azote de la biomasse aérienne de la strate herbacée des 2 parcelles durant la période concernée fut fixée respectivement à 20 et 35 kg ha⁻¹ pour PI et PII.

La plus grande disponibilité en azote a été obtenue pendant l'année d'observation où le Stylo était en monoculture (1992). Une baisse significative de cette disponibilité en azote est notée de 1992 à 1993

dans toutes les parcelles (Tableau 28). Elle a peu varié entre 1993 et 1994. Elle fut de 33 et 35 kg ha⁻¹ respectivement en 1993 et 1994 dans la parcelle II. Il est probable que le même écart soit constaté dans la parcelle I (18-20 kg ha⁻¹).

3.5.6. Consommation apparente sur banque

3.5.6.1. Consommation apparente et offre fourragère

La consommation apparente (g tête j⁻¹) a été en moyenne plus élevée en 1992 qu'en 1993. Au cours d'une même année d'observation, elle a été plus élevée dans les sous parcelles exploitées après fructification que dans celles exploitées au moment de la floraison - fructification (Tableau 29).

La consommation apparente est apparue fortement corrélée à l'offre fourragère par UBT au cours de chacune des périodes d'exploitation comme ce fut le cas sur le parcours amélioré (Fig. 14 et Fig. 8). Les coefficients de corrélation furent de 0,95 et 0,89 respectivement en 1992 et 1993. Cette forte corrélation entre l'offre fourragère UBT⁻¹ et la consommation apparente (g tête⁻¹ j⁻¹) explique mieux les différences de consommation constatées entre années et pour une même année entre les 2 périodes (parcelles). Elle explique également les différences de consommations obtenues dans les différentes sous parcelles (C) soumises à des taux de charge différents (Tableaux 29, 30 et Fig. 14). Pour une même quantité d'offre fourragère UBT⁻¹ j⁻¹ (> 40 kg), la consommation apparente en kg tête⁻¹ j⁻¹ a été supérieure en 1992 qu'en 1993 (Fig. 14) malgré le faible poids des animaux en 1992 en rapport probablement avec les différences interannuelles de qualité de la banque (Tableau 27). La différence de consommation entre les années peut être aussi d'ordre méthodologique comme rapporté au point 3.5.6.2 ci-dessous.

Tableau 29. Consommation apparente (kg tête⁻¹ j⁻¹).

Année	Période	Charge		
		C1	C2	C3
1992	PI	2,1	0,6	0,4
	PII	1,3	0,9	0,6
1993	PI	0,7	0,4	0,5
	PII	0,8	0,7	0,6

PI= Parcelle exploitée au moment de la floraison-fructification ;

PII= Parcelle exploitée après fructification ;

C1, C2, C3 = représentent respectivement les charges faibles, moyennes et fortes.

Tableau 30. Offre fourragère en kg UBT⁻¹ j⁻¹ des sous-parcelles (C) par période d'exploitation (P).

		Sous-parcelles		
Année	Période	C1	C2	C3
1992	PI	96	23	21
	PII	73	61	45
1993	PI	50	21	15
	PII	54	36	28

Voir Tableau 29 pour les codes.

Figure 14. Relation entre offre fourragère ($\text{kg UBT}^{-1} \text{j}^{-1}$) et consommation de MS ($\text{kg t}^{-1} \text{j}^{-1}$).

3.5.6.2. Consommation apparente et ingestion estimée

Sur le parcours amélioré, l'ingestion a été estimée à partir du GMQ et de la matière organique ingérée digestible (MOID) du fourrage offert (cf [2.3.4](#)). Les erreurs qui peuvent découler d'une telle estimation de l'ingestion par le fait que la MOID de l'offre fourragère n'est pas égale à celle du menu (MOID offre < MOID menu) ont été déjà rapportées au point 3.3.3.2. L'estimation de l'ingestion à partir des deux paramètres (MOID et GMQ) devient encore plus compliquée; sur la banque ou en plus de la sous estimation de la MOID, le GMQ obtenu sur la banque n'est également qu'une estimation. Pour toutes ces raisons, l'ingestion journalière en 3 heures de pâture sur la banque est estimée à partir du poids vif des ovins. Elle a été fixée à 1,5 % du poids vif des ovins en 1992 (culture pure de Stylo) et à 1 % en 1993 (Stylo + espèces diverses). Pour plus de détail se référer à la méthodologie ([2.3.4](#))

La consommation apparente a été plus proche de l'ingestion estimée en 1993 qu'en 1992 (Tableau 31). La différence de méthodologie pour la mesure de la consommation en 1992 et 1993 largement rapportée au point 3.3.3.2 (parcours améliorés) explique les rapports constatés entre ingestion et consommation pendant chacune des années d'étude. La consommation apparente obtenue après croissance par fauche de la biomasse à l'intérieur et à l'extérieur des cages en fin d'exploitation se rapproche mieux de l'ingestion réelle (estimations de 1993) que celle obtenue entre biomasse de fin de croissance et fin d'exploitation.

Tableau 31. Ingestion estimée exprimée comme fraction en % de la consommation apparente.

		Charge		
Année	Période	C1	C2	C3
1992	PI	15	58	79
	PII	30	42	66
1993	PI	51	91	74

PI= Parcelle exploitée au moment de la floraison-fructification ;

PII= Parcelle exploitée après fructification.

Cependant dans un cas comme dans l'autre, la consommation apparente a été autant proche de l'ingestion que le disponible fourrager par UBT est faible (charges fortes). La différence de disponibilité fourragère entre les années, entre les parcelles et/ou les sous parcelles explique le rapport entre leur ingestion et consommation. La perte de biomasse, qui est la deuxième composante de la consommation apparente, serait proportionnelle à la disponibilité fourragère et expliquerait également la différence entre consommation et ingestion.

3.5.7. Indice de préférence de *Stylosanthes hamata*

3.5.7.1. Indice de préférence et période d'exploitation

Pour rappel, l'appétibilité du Stylo et des groupes d'espèces herbacées a été quantifiée à partir d'un indice dit de préférence et noté I.P (cf [2.3.5](#)). Bien que la banque fut exploitée en 1992 et 1993, l'indice de préférence du Stylo n'a été estimé que pendant l'année 1993 où la banque était une &171; culture mixte &187; contrairement à la première où la banque était une culture pure de Stylo.

Si en début de croissance, *Stylosanthes hamata* était rejeté par les ovins (Ballo, 1995), l'espèce a été bien sélectionnée durant chacune de nos périodes d'exploitation. L'indice de préférence de *Stylosanthes hamata* a été plus élevé au moment de la floraison-fructification (PI) que pendant l'après fructification (PII). Le même constat est noté avec les légumineuses locales (Tableau 32).

Cependant il est important de noter que l'indice de préférence plus élevé des légumineuses naturelles dans la parcelle I que dans la parcelle II serait due en plus de leur moment d'exploitation, à la différence de composition floristique existante entre elles. *Zornia glochidiata* une espèce appétée était la légumineuse locale dominante dans la parcelle I et *Cassia tora* espèce non appétée celle de la parcelle II (exception faite de la sous parcelle C1PII, où *Zornia glochidiata* dominait également).

La même explication peut être retenue quant à la variation de l'indice de préférence des forbes entre les deux parcelles. *Tribulis terrestris* dominait le groupe des forbes dans PI et les convolvulacées dans PII. Les graminées dominées par *Schoenefeldia gracilis* dans chacune des deux parcelles furent relativement rejetées pendant chacune des deux périodes (Tableau 32).

*Tableau 32. Indice de préférence de *Stylosanthes hamata* et des groupes d'espèces herbacées en fonction des périodes d'exploitation.*

Espèces	Parcelle I	Parcelle II
---------	------------	-------------

Graminées	-0,17	-0,06
Stylo	0,32	0,02
Autres légumineuses	0,17	-0,03
Forbes	-0,30	0,00

PI= Parcelle exploitée au moment de la floraison-fructification ;

PII= Parcelle exploitée après fructification.

3.5.7.2. Indice de préférence et taux de charge

Les ovins ont montré une préférence élevée pour le Stylo à tous les taux de charge appliqués (Tableau 33).

L'indice de préférence des autres espèces herbacées, exception faite des graminées, a été meilleur dans les sous parcelles C1 que dans les autres (C1 et C3). Dans ces dernières soumises à des taux de charge relativement élevés ; les espèces n'ont été consommées préférentiellement ni rejetées (Tableau 33). Cependant l'indice de préférence très élevé des légumineuses locales dans les C1 s'explique par l'importance de *Zornia glochidiata* dans celle-ci. Les différences entre les indices de préférence des espèces à l'intérieur d'une charge donnée sont d'autant restreintes que celle-ci est forte due à la limitation du choix alimentaire des animaux.

Tableau 33. Indice de préférence de *Stylosanthes hamata* et des groupes d'espèces herbacées en fonction des taux de charges.

Espèces	Sous-parcelles C1	Sous-parcelles C2	Sous-parcelles C3
Graminées	-0,24	0,04	-0,14
Stylo	0,25	0,11	0,14
Autres légumineuses	0,50	-0,14	-0,15
Forbes	0,06	-0,34	-0,11

C1 = Charge faible ; C2 = Charge moyenne ; C3 = Charge forte.

3.5.8. Production animale permise par la banque

Pour estimer la production animale due à la banque, le gain de poids des animaux témoins vivant uniquement du parcours naturel a servi d'élément de base. Ce GMQ obtenu sur le parcours naturel par les témoins a été réalisé par la quantité du menu ingéré en 9 heures de pâture par jour. Nous sommes partis de l'hypothèse que les animaux qui utilisent la banque comme supplément en passant 6 heures de

temps par jour sur le parcours naturel obtiennent sur celui-ci l'équivalent de 6/9 du gain réalisé par les témoins sous réserve que la banque n'influence leur comportement sur le parcours naturel. La production animale due à la banque en kg.UBT⁻¹ est alors le gain réalisé par animal supplémenté diminué du gain qu'il a obtenu sur le parcours naturel. Ce gain réalisé sur le parcours naturel est marqué d'un astérisque dans les Tableaux 34 et 35.

3.5.8.1. Production animale en année 1 d'exploitation (1992)

Pour une même période d'exploitation, les GMQ enregistrés par les animaux supplémentés dépassent celui des témoins quoi que la différence n'est pas significative au seuil de 5 %. La différence de GMQ est restreinte entre les lots supplémentés à différents taux de charge (Tableau 34) bien que la tendance soit une diminution du GMQ avec l'accroissement du taux de charge.

Tableau 34. Gain moyen quotidien (GMQ) en g tête⁻¹ et production animale en kg ha⁻¹ des sous-parcelles (C) par période d'exploitation en 1992.

	C1	C2	C3	Moyenne	P0
<i>Parcelle I</i>					
GMQ (g tête ⁻¹)	69(29)	69(34)	57(22)		51(27)
Gain de poids en 90 jours (kg UBT ⁻¹)	73	72	63		58 39*
Production animale due à la banque (kg UBT ⁻¹)	34	33	24		-
Charge animale (UBT ha ⁻¹)	0,45	0,92	1,32		0,31
Production animale de la banque (kg ha ⁻¹)	15	30	32	26	13
<i>Parcelle II</i>					
GMQ (g tête ⁻¹)	59(31)	45(32)	47(21)		52(27)
Gain de poids en 90 jours (kg UBT ⁻¹)	50	38	40		46 31*
Production animale due à la banque (kg UBT ⁻¹)	19	7	9		-
Charge animale (UBT ha ⁻¹)	0,54	1,08	1,61		0,38
Production animale de la banque (kg ha ⁻¹)	10	8	14	10	13

() écart type ;

Parcelle I : exploitée au moment floraison-fructification ;

Parcelle II : exploitée après fructification ;

C1 = Sous-parcelle soumise à une charge faible ;
 C2 = Sous-parcelle soumise à une charge moyenne ;
 C3 = Sous-parcelle soumise à une charge forte ;
 P0 = Parcours naturel.

* Gain de poids en kg UBT⁻¹ (estimé) obtenu sur le parcours naturel par les animaux supplémentés. Pour plus de détail se conférer au test (3.5.8).

Une supériorité sensible du GMQ est notée dans la parcelle I (exploitée au moment de la floraison-fructification) par rapport à la parcelle II (exploitée après fructification). Mais la variabilité des GMQ est telle que de différences significatives au seuil de 5 % ne sont pas à établir. La faible qualité relative de PII par rapport à PI (Tableau 27) a dû être compensée par une meilleure possibilité de sélection suite à une offre fourragère par UBT relativement élevée dans la parcelle II (Tableau 30). Cette offre fourragère élevée dans PII s'est traduite par une disponibilité en azote de la biomasse aérienne plus grande dans celle-ci que dans PI (Tableau 28).

Le manque de différence significative ($P > 0,05$) entre animaux supplémentés et témoins est cependant étonnant à première vue eu égard à la teneur en azote de la banque aussi bien en première (17 g kg⁻¹ de MS) qu'en seconde période (15 g kg⁻¹ de MS) en comparaison avec le parcours naturel où la teneur en azote a varié de 6 g kg⁻¹ (première période) à 5 g kg⁻¹ (deuxième période) Tableau 27. Il est vraisemblable que c'est la disponibilité élevée de fourrage par tête permettant une sélection efficace qui fait que le lot témoin arrive à croître (presque) comme les autres.

La différence entre les taux de charge cause néanmoins une différence notable entre la production animale par ha pour les lots qui ont eu accès à la banque comme supplément et le lot témoin. La production animale due à la banque a été relativement meilleure en première qu'en seconde période (Tableau 34). En première période, l'accroissement des taux de charge s'est traduit par une augmentation de la production animale par ha contrairement à la seconde (Tableau 34). La Fig. 15 des courbes d'estimation de la production animale par ha en fonction des taux de charge a été établie de la même façon que la [Fig. 9](#) (voir 3.3.4). En corrigeant les irrégularités, elle permet de comparer la production animale ha⁻¹ des deux parcelles à un même taux de charge. En partant d'une charge moyenne de 1,5 UBT ha⁻¹ (Fig. 15), l'exploitation de la banque s'est traduite par une production animale ha⁻¹ de l'ordre de 31 et 14 kg de poids vif respectivement en période I et II pendant cette première année d'exploitation. La production animale du parcours naturel fut de 13 kg de poids vif ha⁻¹ aussi bien en 1ère qu'en seconde période d'exploitation pour des taux de charge respectifs de 0,32 et 0,39 UBT ha⁻¹. La disponibilité fourragère de qualité du parcours naturel et la faiblesse des taux de charge appliqués a permis aux ovins de sélectionner un menu aussi sèche en période I qu'en période II.

[Figure 15.](#) Production animale par ha (en kg de PV) de la banque en fonction des années et des périodes d'exploitation.

3.5.8.2. Production animale en année 2 d'exploitation (1993)

Comme en 1992, les GMQ enregistrés par les animaux supplémentés en 1993 ont été relativement meilleurs ($P > 0,05$) en première qu'en seconde période (Tableau 34 et 35). Cette différence de GMQ non significative au seuil de 5 % entre les animaux des deux parcelles n'est pas étonnante au regard de leur valeur nutritive (Tableau 27). Cependant l'offre totale fourragère par UBT et la quantité de Stylo étaient relativement faible dans la parcelle I (exploitée au moment de la floraison-fructification) que dans la parcelle II (exploitée après fructification ; Tableau 30). La bonne qualité du fourrage de la parcelle I en Septembre et la forte sélection du Stylo pendant son exploitation (Tableaux 27 et 32) ont comblé efficacement la faiblesse relative de sa disponibilité fourragère UBT⁻¹ et la contribution restreinte de *Stylosanthes hamata* à sa biomasse. Ainsi les animaux sur PI ont pu sélectionner un menu d'une valeur nutritive au moins égale à celle du menu obtenu sur la parcelle II.

Si les GMQ enregistrés dans les différentes sous parcelles C1, C2 et C3 de la parcelle I soumises respectivement à des taux de charge faible, moyenne et forte ont été proportionnels à leur offre fourragère UBT⁻¹, il n'en ait pas été de même dans celles de la parcelle II (Tableaux 35 et 30) où l'irrégularité du GMQ entre lots a été notable (Tableau 35). Cette irrégularité du GMQ entre les différents lots des 3 sous parcelles de PII n'est pas également expliquée par leur composition floristique, notamment leur disponibilité en Stylo, qui fut respectivement 1,5, 1,25 et 0,8 t UBT⁻¹ (Tableaux 26 et 35). Elle serait probablement imputable à l'état sanitaire de certains animaux.

La différence de GMQ entre animaux supplémentés et témoins a été également restreinte comme en 1992 pendant chacune des deux période d'exploitation. Elle fut de 15 g en période I et 19 g en période II en rapport avec la disponibilité et/ou la qualité des parcours (banque et parcours naturel). Ces différences de gain de poids entre animaux supplémentés et témoins ont entraîné en moyenne, une production animale de 13 kg ha⁻¹ de poids vif dans la parcelle I et de 11 kg dans la parcelle II (Tableau 35) en 60 jours d'exploitation.

Tableau 35. Gain moyen quotidien (GMQ) en g tête⁻¹ et production animale en kg ha⁻¹ des sous-parcelles (C) par période d'exploitation.

	C1	C2	C3	Moyenne	P0
<i>Parcelle I</i>					
GMQ (g tête ⁻¹)	60	43	38		32
Gain de poids en 60 jours (kg UBT ⁻¹)	26	19	17		14 9*
Production animale due à la banque (kg UBT ⁻¹)	17	10	8		-
Charge animale (UBT ha ⁻¹)	0,66	1,30	1,93		1,20
Production animale de la banque (kg ha ⁻¹)	11	13	15	13	12

<i>Parcelle II</i>					
GMQ (g tête ⁻¹)	6	35	16		0
Gain de poids en 60 jours (kg UBT ⁻¹)	2	14	7		0 <0*
Production animale due à la banque (kg UBT ⁻¹)	2	14	7		-
Charge animale (UBT ha ⁻¹)	0,68	1,36	2,00		1,26
Production animale de la banque (kg ha ⁻¹)	1	19	14	11	< 0

< 0* = l'entretien des animaux supplémentés n'est pas assuré sur le parcours naturel en 6 heures de pâture car il a fallu 9 h de pâture pour que l'entretien du lot témoin soit assuré.

Comme en 1992, les taux de charge par parcelle n'ont pas suffisamment varié pour exprimer la charge (UBT ha⁻¹) au-dessus de laquelle, une baisse de la production animale (kg ha⁻¹) est notée (Tableau 35). On aurait dû avoir une ou deux charges plus élevées par période pour être mieux apte à établir une telle évolution de la courbe de productivité animale liée à l'intensité d'exploitation. A ces taux souhaités la faiblesse du gain de poids par animal se traduirait par une production animale par ha plus faible que celles obtenues avec nos charges appliquées. L'irrégularité signalée du GMQ entre lots de la parcelle II fait que les 19 kg ha⁻¹ obtenus avec la charge moyenne C2 (Tableau 35) peut ne pas être la production maximale. Au regard de la [Fig. 15](#), la production animale par ha de la banque permise à un taux de charge moyen de 1,5 UBT ha⁻¹, sans être l'optimale, peut servir d'élément de comparaison entre les 2 périodes. A ce taux, les productions animales ha⁻¹ ont été respectivement de 14 et 16 kg de poids vif respectivement en période I et II de l'année 2 d'exploitation (1993). Celles du parcours naturel furent de 12 kg de poids vif par ha en première période et négatives en seconde période contrairement à l'année 1 d'exploitation (1992). La différence de production animale du parcours naturel entre les 2 années est principalement due à la disponibilité fourragère par tête d'ovin ou par UBT entre les 2 années. De 5 ha en 1992, la superficie du parcours naturel fut réduite à 2 ha d'où une augmentation notable de la charge (UBT ha⁻¹) du parcours naturel en 1993 par rapport à 1992 (Tableaux 34 et 35).

3.6. Potentiel et stratégie d'utilisation des banques fourragères de Verano en zone soudano-sahélienne du Mali

3.6.1. Introduction

Il a été déjà signalé au point 4.2.2. du chapitre III que la faiblesse de la qualité de la banque de Stylo est telle que celle-ci ne saurait être utilisée pour l'engraissement des animaux même si elle conserve un degré assez élevé de pureté est en accord avec l'évaluation faite par Mc Cown *et al.* (1986) sur le potentiel des légumineuses fourragères.

En année 1 d'exploitation, la banque a permis à une charge moyenne de 1,5 UBT ha⁻¹ un gain de poids vif de 31 et 12 kg exploitée respectivement au moment de la floraison-fructification (3 mois par période) versus 14 et 16 kg en année 2 (2 mois par période). La perte de poids d'un bovin de la zone étant fixée à 36 kg (Ketelaars dans [Breman & De Ridder, 1991](#)) durant les 9 mois de la saison sèche, il devient clair que celle-ci ne peut être couverte par l'utilisation d'une telle combinaison de la banque et du parcours naturel. Cependant sa teneur en azote, qui est au dessus de celle du parcours naturel, fait qu'elle peut suppléer efficacement au manque de protéines de ceux-ci en accord avec Winter (1988) et De Leeuw *et al.*, (1994), si elle est judicieusement utilisée. Nous partons de l'hypothèse que si par mesure de gestion, la banque obtenait un degré assez élevé de pureté, son utilisation rationnelle serait le maintien prolongé d'une fraction ou de la totalité du gain de poids acquis en hivernage.

L'estimation de l'évolution du poids vif (kg mois⁻¹) par zone climatique de jeunes animaux dans les pays sahéliens par rapport au taux d'azote (g kg⁻¹) du disponible fourrager de la strate herbacée a été faite par Ketelaars (dans [Breman & De Ridder, 1991](#)). De cette estimation, il est apparu que la productivité la plus importante est prévisible dans le nord sec du Sahel ; vers le sud, elle diminue fortement pour augmenter progressivement dans les zones plus humides. En zone soudano-sahélienne (300-900 mm an⁻¹ de pluviosité), la perte mensuelle de poids a été estimée à 4 kg par bovin pour une durée moyenne de la saison sèche de 9 mois (Ketelaars, 1991). Cela se traduit par un gain annuel net de 10 kg par animal dans la zone pour un gain de poids de l'ordre de 46 kg acquis en hivernage. L'auteur reconnaît cependant que la situation alimentaire dans la zone pourra être un peu meilleure si on tenait compte de la contribution des espèces ligneuses et de l'apport des résidus de récoltes.

En effet, il n'y a pas d'arrêt brusque de la croissance animale simultanément à l'arrêt de la croissance végétale, lorsque la récolte céréalière a lieu et que les champs sont accessibles au bétail (Dicko & Sangaré, 1984 ; Leloup & Traoré, 1989 ; cités par Breman *et al.*, 1991).

En supposant que l'accès aux résidus de récolte empêche la chute de poids des animaux d'octobre à décembre, le gain annuel moyen par animal sera de l'ordre de 22 kg dans la zone soudano-sahélienne. Les sous-produits agro-industriels sont généralement utilisés dans des élevages spécialisés (zones péri-urbaines). Les données relatives à la vitesse de croissance des bovins sur les parcours des pays sahéliens sont certes rares, mais celles existant confirment néanmoins la tendance observée et dressée par Ketelaars (1991).

La productivité de l'élevage des bovins dans les pays sahéliens, en fonction de différents niveaux d'alimentation, dans le cas d'une gestion du troupeau pour la production de viande ou de lait a été également analysée par le même auteur. A ces différents niveaux d'alimentation correspondent différents niveaux de productivité animale, caractérisant nos systèmes d'élevage actuels ou futurs.

- Le niveau le plus bas décrit une situation où les boeufs ne sont pas en mesure d'augmenter leur poids net en une année de temps : aucun élevage bovin n'est possible. Les types de pâturage qui donnent lieu à une telle situation sont impropres à l'élevage sédentaire sans l'utilisation de suppléments de fourrage.

- Au niveau suivant, les animaux sont en mesure de prendre du poids en une année, mais le niveau de l'alimentation est tellement bas qu'une reproduction fructueuse de la population est impossible.

- Le niveau qui suit garantit la continuité de la population et les perspectives d'élevage commencent à devenir attrayantes du point de vue de la production de viande et de fumier. Cette situation correspond au niveau I de Ketelaars. Actuellement la plupart des systèmes d'élevage dans les zones agro-pastorales de la zone soudano-sahélienne oscilleraient autour de ce niveau. Le niveau II et III, dans le cas d'une gestion du troupeau pour la production de viande, permettent respectivement un gain annuel de poids vif par animal de 39 et 52 kg et une certaine production laitière disponible pour la consommation humaine. La banque en supplément des parcours est utilisée pour réaliser tels niveaux d'alimentation dans 3 zones agro-climatiques couvrant la zone d'intervention du projet PSS (sud Sahel 500 mm, nord savane 750 mm et sud savane 900 mm de pluie an⁻¹) en année moyenne et sèche. Deux scénarios sont réalisés : sauvegarder la totalité du gain de poids acquis en hivernage (scénario I) et pendant les 6 premiers mois de la saison sèche en admettant une certaine perte pendant le reste de la saison (scénario II). Dans chacune de ces zones, le scénario qui permet de maximiser les investissements (banques) sera maintenu.

3.6.2. Elaboration du modèle et résultats

L'estimation de la combinaison parcours naturel et banque dans une zone climatique quelconque, implique la connaissance de sa disponibilité fourragère moyenne (disponible herbacé et ligneux du parcours naturel d'une part et celui de la banque d'autre part) et de la teneur en N de ceux-ci.

3.6.2.1. Disponible fourrager et qualité des parcours naturels et de la banque

Le disponible fourrager (Herbacées + Ligneux) et la qualité de celui-ci (N en g kg⁻¹) des 3 zones retenues en année moyenne et sèche ont été estimés par [Breman & De Ridder \(1991\)](#) dans le Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Le Tableau 36 en est une dérivée.

Tableau 36. Disponibilité fourragère (kg ha⁻¹) et teneur moyenne en N (g kg⁻¹) du disponible de la strate herbacée et ligneuse et du disponible total pendant 9 mois (A) et 6 mois (B) de la saison sèche dans les 3 zones agro-climatiques retenues en année moyenne (P50%) et sèche (P10%).

A*	Sud du Sahel				Nord de la savane				Sud de la savane			
	P50%		P10%		P50%		P10%		P50%		P10%	
	Dispo	N	Dispo	N	Dispo	N	Dispo	N	Dispo	N	Dispo	N
Total	504	6,3	315	6,9	505	5,5	418	5,8	612	5,0	542	5,4
Herbacées	480	5,9	300	6,5	443	4,5	372	5,0	540	4,0	480	4,5
Ligneux	24	14,6	15	14,6	62	12,8	46	12,8	72	12,8	62	12,8
B*												

Total	336	6,3	210	6,9	336	5,5	278	5,8	408	5,0	361	5,4
Herbacées	320	5,9	200	6,5	295	4,5	248	5,0	360	4,0	320	4,5
Ligneux	16	14,6	10	14,6	41	12,8	30	12,8	48	12,8	41	12,8

Le rendement potentiel de la banque (kg ha^{-1} de M.S) en monoculture limité par l'eau dans chacune des 3 zones climatiques, aussi bien en année normale qu'en année sèche a été obtenu à partir d'un modèle développé par Quak (1995) de l'équipe de modélisation des systèmes du projet PSS (document en préparation). Ce modèle se résume en ce qui suit :

$$\text{Rdt (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{Ktc} \times \text{eau disponible} \times 10.000/\text{dpv} \times \text{cor. ut. eau}$$

Rdt : rendement ;

Ktc : valeur K de Tanner & Sinclair = 0,0048 ;

dpv : déficit de pression de vapeur = 1,29 ;

cor. ut. eau. : coefficient de correction pour l'utilisation non optimale de l'eau = 0,75 ;

l'eau disponible : obtenue à partir du bilan d'eau et exprimée en mm de pluie ;

10.000 : superficie d'un ha en m^2 .

Pour d'ample information sur la valeur K de Tanner & Sinclair et pour le bilan d'eau, référence pourra être faite au dit document.

Le rendement potentiel de *Stylosanthes hamata*, rendement limité par l'eau sur le type de sol dominant de chacune des 3 zones choisies aussi bien en année normale qu'en année sèche est reportée au Tableau 37. Les billons cloisonnés ont été choisis comme type de labour car minimisant le ruissellement. Les différentes valeurs de la teneur en N du Stylo (g kg^{-1} de MS) en année moyenne dans les 3 zones climatiques choisies furent fixées par rapport à nos résultats et à ceux des tiers. Mais le rapport observé entre la teneur en N du stylo en année moyenne et sèche dans une zone donnée a été calqué sur celui établi par Breman *et al.* (1991) entre la teneur en N de la strate herbacée de la même zone en année moyenne et sèche.

Tableau 37. Rendement potentiel (kg ha^{-1}) de *Stylosanthes hamata* en monoculture par zones agro-climatiques pendant les années normales (P10%) et sa teneur moyenne en azote (g kg^{-1}) pendant la saison sèche en fonction du type de sol dominant.

	Sud du Sahel		Nord de la savane		Sud de la savane	
	P50%	P10%	P50%	P10%	P50%	P10%
Pluies mm an^{-1}	500	340	750	530	900	750
Rendement	5800	3300	9800	6300	13300	10600

Teneur en N	13	14,5	[??]	13,5	11	12,5
-------------	----	------	------	------	----	------

3.6.2.2. Combinaison parcours naturel & banque : taux de charge

Les Tableaux 36 et 37 ont été utilisés pour estimer la combinaison parcours naturel et banque qu'il faut pour réaliser un menu d'entretien sans sélection pendant 9 mois (scénario I) et 6 mois (scénario II) de la saison sèche, dans chacune des 3 zones climatiques retenues, en année moyenne et sèche. L'exemple d'une telle estimation en zone sud Sahel durant les 9 mois de la saison sèche et en année de pluviosité normale est présenté ci-dessus.

Scénario I :

- maintien du poids des animaux pendant 9 mois ;
- disponible fourrager ha⁻¹ (herbacée + ligneux) = 504 kg (Tableau 36.) ;
- teneur en N de ce disponible = 6,3 g kg⁻¹ (Tableau 36) ;
- teneur moyen en N du Stylo = 13 g kg⁻¹ (Tableau 37).

Pour permettre l'entretien des bovins la teneur en azote du disponible fourrager obtenu sur parcours et banques doit être de 8 g kg⁻¹ (ARC). Le disponible en Stylo (x) nécessaire pour réaliser un tel menu en supposant que les animaux ne sélectionnent pas leur menu est obtenu de la façon suivante :

$$\frac{504 \times 6,3 + 13x}{504 + x} = 8 \rightarrow x = 172 \text{ kg}$$

x : quantité de Stylo nécessaire pour avoir un menu d'une teneur en N de 8 g kg⁻¹.

Il faut alors une disponibilité de 172 kg de *Stylosanthes hamata* à 13 g de N par kg pour supplémenter 1 ha du parcours naturel dont la disponibilité fourragère et la teneur en N de celle-ci sont fixés respectivement à 504 kg ha⁻¹ et 13 g kg⁻¹.

Sur la base d'une disponibilité de 35 % de la biomasse de fin de cycle de la banque durant la saison sèche, la quantité de stylo nécessaire pour permettre une disponibilité de 172 kg est égale à 172/0,35 = 492 kg. La production de 1 ha de la banque étant fixée à 5800 kg au sud Sahel en année normale (Tableau 37), la superficie de celle-ci nécessaire pour supplémenter 1 ha du parcours est alors = 492/5800 = 0,09 ha. Ainsi la fraction de 1 ha du parcours naturel à transporter en banque dans ce cas précis pour obtenir un menu d'entretien sans sélection est de 8,5 %.

La combinaison Parcours naturel et Banque réalisée, il revient de déterminer le nombre d'UBT ha⁻¹ pouvant être entretenu sur une telle combinaison. Pour l'exemple précis (entretien des bovins pendant 9 mois) cette détermination est faite sur la base des éléments ci-dessus :

Pour une teneur moyenne en azote de 8 g kg^{-1} du menu, l'ingestion journalière de matière sèche digestible est fixée à $36 \text{ g kg}^{-0,75}$ ([Breman & De Ridder, 1991](#)), soit 2263 g de matière sèche digestible $\text{UBT}^{-1} \text{ j}^{-1}$. Le coefficient de digestibilité de la matière sèche d'un tel menu par les bovins est de 48% ce qui correspond à une ingestion de MS de $4,7 \text{ kg UBT}^{-1} \text{ j}^{-1}$ et de 1269 kg UBT^{-1} en 9 mois. Le disponible fourrager de la combinaison (1 ha Parcours naturel + 0,09 ha Banque) de 676 kg permettent alors l'entretien de $0,53 \text{ UBT}$ pendant 9 mois ou $0,49 \text{ UBT ha}^{-1}$ de la combinaison.

L'estimation de la superficie du parcours sans banque permettant la même production animale qu'un ha de la combinaison parcours-banque est basée sur sa fraction de disponible fourrager qui pour un taux d'azote moyen donné répond à la norme de 8 g kg^{-1} exigée pour l'entretien. Cette fraction (Tableau 38) dérive de la Fig. II. 20 de [Breman & De Ridder \(1991\)](#). Dans le cas de l'exemple choisi, si 1 ha de la combinaison parcours-banque (8,5 % banque) permet l'entretien de $0,49 \text{ UBT}$ en 9 mois, il faudrait $1,9 \text{ ha}$ du parcours sans banque pour entretenir le même nombre d'UBT. Une telle combinaison permet d'entretenir 2 fois plus d'animaux qu'un parcours sans banque. L'ensemble des combinaisons Parcours & Banque, c'est-à-dire la fraction du parcours à transformer en banque et les superficies du parcours sans banques correspondantes par scénario et par zone climatique sont résumés au Tableau 38.

Tableau 38. Nombre d'UBT ha⁻¹ pouvant être entretenu sur les parcours naturels sans banque lors d'une exploitation continue en saison sèche (9 mois).

	Sud du Sahel		Nord de la savane		Sud de la savane	
	P50	P10	P50	P10	P50	P10
Disponible 1 (kg^{-1})	504	315	505	418	612	542
N* (g kg^{-1})	6,3	6,9	5,5	5,8	5,0	5,4
Fraction (%)	65	80	50	55	40	50
Disponible 2 (kg ha^{-1})	328	252	253	230	245	271
UBT ha ⁻¹	0,26	0,20	0,20	0,18	0,19	0,21

Disponible 1 : disponible fourrager pendant 9 mois à un taux d'azote N* ;

Fraction (P0) : fraction en % du disponible 1 qui a une teneur moyenne en azote de 8 g kg^{-1} ;

Disponible 2 : quantité de disponible fourrager correspondant à cette fraction (menu d'entretien).

3.6.2.3. Production animale due à la banque en fonctions des combinaisons

La production animale due à la banque dans une combinaison est obtenue à partir de la production animale de la combinaison et de celle du parcours naturel lorsque ce dernier est utilisé seul. Par exemple 1 ha de la combinaison parcours-banque où la banque représente 8,5 % permet la même production animale que $1,9 \text{ ha}$ du Parcours naturel non supplémenté (l'entretien de $0,49 \text{ UBT}$ en 9 mois). En d'autre

terme 0,915 ha du Parcours naturel + 0,085 ha de la banque se substitue à 1,9 ha du parcours naturel (0,915 + 0,985 ha). Ce qui signifie que 0,085 ha de la banque se substituent à 0,985 ha du parcours naturel (1 ha banque pour 11,6 ha parcours naturel). Si 1 ha du parcours naturel permet l'entretien de 0,26 UBT en 9 mois (Tableau 39), 1 ha de la banque dans la combinaison permet l'entretien de 3 UBT pendant la même période. Eviter la chute de poids chez 3 UBT dans la zone pendant les 9 mois de la saison, signifie autrement gagner 109 kg de poids vif en référence aux estimations de Ketelaars (1991).

La productivité animale en terme de gain de poids permise par 1 ha de la banque utilisé comme complément dans un tel scénario est de 109 kg. Les productions animales (kg de poids vif) dues à un 1 ha de la banque dans les différentes combinaisons (parcours + banque) sont reportées au Tableau 40.

Tableau 39. Fraction (%) des parcours naturels à transformer en banque et leur superficie sans banque pouvant réaliser la même production animale qu'un ha de la combinaison (Parcours + Banque) pour les 2 scénarios.

	Sud du Sahel		Nord de la savane		Sud de la savane	
	P50	P10	P50	P10	P50	P10
Fraction scénario I (9 mois)	8,5	4,8	9,0	7,5	12,5	8,5
Fraction scénario II (6 mois)	5,7	3,0	5,7	4,8	8,3	5,7
UBT ha ⁻¹ de la combinaison	0,49	0,28	0,60	0,44	0,88	0,63
UBT ha ⁻¹ des parcours naturels	0,26	0,20	0,20	0,18	0,19	0,21
Superficie sans banque	1,9	1,4	3	2,4	4,6	3

Tableau 40. Production animale (kg de poids vif) due à 1 ha de la banque dans les différentes combinaisons (parcours + banque) en année normale P50% et sèche P10 %.

Scénario	Sud du Sahel		Nord de la savane		Sud de la savane	
	P 50%	P 10%	P 50%	P 10%	P 50%	P 10%
I	109	67	167	127	193	177
II	105	69	173	139	201	181

3.6.3. Potentiel de *Stylosanthes hamata* et choix d'un scénario

Pour une même superficie, la combinaison Parcours-Banque a permis d'entretenir un nombre plus élevé d'animaux que le parcours naturel utilisé seul (Tableau 39). Cette différence entre combinaison (banque-parcours) et parcours sans banque est plus élevée dans la savane qu'au sud du Sahel et pour une même zone, elle est plus accentuée en année moyenne qu'en année sèche (Tableau 39). L'utilisation d'1 ha de la combinaison parcours-banque sans considération d'années a permis de multiplier le taux de charge en

moyenne par 1,7, 2,7 et 3,8 respectivement au sud du Sahel, au nord de la savane et au sud de la savane par rapport à 1 hectare du parcours naturel utilisé seul.

La production animale par ha de la banque utilisée comme supplément a été meilleure dans la savane qu'au sud du Sahel. Pour une même zone, les meilleures productions (Poids vif) ont été celle des années normales (Tableau 40)

L'utilisation de la banque pendant les 6 premiers mois de la saison sèche a donné de meilleurs résultats en terme de gain de poids (scénario II) par rapport à son utilisation durant les 9 mois de la saison sèche dans toutes les zones choisies aussi bien en année normale qu'en année sèche. L'exploitation de la totalité du disponible fourrager de la banque en 6 mois se traduit par l'utilisation de superficies moindres de la banque par rapport à une exploitation durant les 9 mois. Ce qui signifie que pour une même superficie de la banque dans une combinaison, le nombre d'animaux pouvant être entretenu en 6 mois est plus élevé qu'en 9 mois. Entretenir un nombre plus élevé d'animaux pendant 6 mois en admettant une certaine perte de poids pendant les 3 mois restants s'est avéré plus efficace que l'entretien d'un nombre limité d'animaux durant les 9 mois de la saison sèche sur les combinaisons parcours-banques.

Le prix du kg de viande étant fixé à 1 200 FCFA, et le coût moyen d'un ha de la banque entretenu pour le rendement potentiel limité par l'eau (désherbage, application de 200 kg de TSP) étant de 130 000 FCFA, une seule année d'exploitation suffit pour couvrir les frais dans la savane contre 2 au sud Sahel.

La situation du potentiel ne sera pas celle de l'application pratique. En aucun cas, la pâture précoce ne saurait permettre les mêmes productions de stylo que le désherbage systématique. En supposant que la banque garde une pureté de 60 % suite à la pâture précoce, il faudra 2 ans pour maximiser les investissements (clôture non comprise) dans la savane et 3 ans pour le sud Sahel avec le scénario II retenu comme meilleur.

3.7. Discussions sur banque fourragère

L'essai banque fourragère de *Stylosanthes hamata* visait à créer un parcours d'une meilleure disponibilité fourragère (quantité et qualité) pouvant suppléer efficacement les parcours naturels. Pour ce faire, la banque doit posséder un degré assez élevé de pureté, c'est à dire avoir une contribution appréciable de *Stylosanthes hamata* à sa biomasse.

L'objectif scientifique était d'investiguer la période optimale d'utilisation de la banque et le taux de charge pendant celle-ci pouvant l'assurer durant un certain nombre d'années une telle pureté afin de maximiser les investissements par une production animale ha⁻¹ appréciable. En plus la pâture précoce (période d'exploitation intense mais brève en début de croissance) fut appliquée pendant la dernière année d'observation pour juger de son efficacité comme méthode de gestion pouvant faciliter la persistance du Stylo au Sud Sahel, comme ce fut le cas dans d'autres zones agro-climatiques.

En comparaison avec le pâturage amélioré, les résultats ont été plus encourageants malgré la faible

pluviométrie de Niono par rapport à Cinzana. Ceci est en soit une indication de la force de compétition limitée du Stylo, car contrairement au parcours amélioré, la banque a été entretenue pendant les 2 premières années de son installation comme une culture pure. C'est pendant les 2 dernières années de l'étude, où la banque a été maintenue en compétition avec les herbacées locales que sa contribution à passer de 100 % (monoculture en 1992) à 37 et 23 % respectivement en 1993 et 1994. L'exploitation différée après fructification semble compatible avec une relative persistance du Stylo qu'une exploitation effectuée au moment de sa floraison-fructification au cours des 3 années d'observation. Ce dernier constat doit être légèrement nuancé par la différence de toposéquence entre les deux parcelles, dont chacune fut exploitée pendant l'une des périodes sus-indiquées. Pour une même période d'exploitation, les taux de charge ont agi sensiblement de la même façon sur la non persistance de *Stylosanthes hamata*. La production animale ha^{-1} (moyenne des 2 années 1992 et 1993) a été relativement meilleure au moment de la floraison-fructification qu'après fructification. La gestion appliquée n'a pas permis de déterminer par période la charge optimale, c'est à dire celle qui permet le maximum de production animale par ha^{-1} tout en assurant la persistance du Stylo. Mais l'essai nous a permis d'avoir des indications dans le sens des recherches futures pouvant aboutir à son obtention.

3.7.1. Production et pérennité de *Stylosanthes hamata*

Le rendement de la banque (t ha^{-1} de MS) a fluctué pendant les trois années d'observation. La production du Stylo fut la plus élevée en deuxième année d'installation (première année d'observation 1992), où il était maintenue sous forme de monoculture comme en année d'introduction. Cette production de la banque en 2ème année d'introduction de l'ordre de $3,8 \text{ t ha}^{-1}$ de MS est appréciable compte tenu de la faible pluviométrie de 280 mm en 1992. Avec l'application de P, la production du Stylo est surtout limitée par la disponibilité en eau. Nos résultats sont en accord avec l'estimation faite par Penning de Vries & Djitèye (1991) sur l'installation des monocultures de légumineuses au Sud Sahel. Pour une pluviométrie de 280 mm (celle de l'année 1992) le rendement potentiel des monocultures de légumineuses varierait de $3,5$ à 4 t ha^{-1} de MS. Kouamé (1991), a obtenu au Niger ($560 \text{ mm de pluie an}^{-1}$) un rendement de $3,9 \text{ t de MS}$ avec une monoculture de Stylo en 2ème année. Sa production est appréciable sous des pluviométries supérieures. Koné *et al.* (1993) ont obtenu avec une monoculture de *Stylosanthes hamata* de 2 ans, installée en même temps que la banque sous une pluviométrie moyenne de 750 mm au Mali, une production de 8 t de M.S sans fertilisation. Avec l'apport de P la production est passé à 11 t . Les mêmes auteurs ont obtenu en année d'installation de *Stylosanthes hamata* à Sotuba au Mali (800 mm) une production de 5 et de 9 t de MS respectivement sans apport et avec apport de P. Cissé (1989) a obtenu au Sud du Mali (Madina Diassa : $1\ 000\text{-}1\ 400 \text{ mm an}^{-1}$) avec une monoculture de *Stylosanthes hamata* de 2ème année des rendements de $7,3$, $8,5$ et 10 t ha^{-1} de MS respectivement sans fertilisation, avec 50 kg de P et $50 \text{ kg de P} + 25 \text{ kg de N}$.

Il ressort de cette étude que *Stylosanthes hamata* présente dans cette région du Sahel ($500 \text{ mm de pluie an}^{-1}$) un caractère annuel, bien que certains pieds d'une saison de croissance arrivent à survivre jusqu'à la prochaine saison. Ce comportement bisannuel de *Stylosanthes hamata* s'opposant au comportement pérenne qui lui est souvent attribué, est également reporté sous une pluviométrie semblable au Niger par Kouamé (1991) et Garba (1990). Il est important de noter que ce même comportement bisannuel de

Stylosanthes hamata est également reporté sous des pluviométries supérieures aussi bien en Afrique de l'Ouest qu'en Australie (cf persistance du Stylo ci-dessous : 3.7.2).

Les plants de Stylo n'auraient un potentiel de pérennité particulièrement élevé qu'en deuxième année (Gardener, 1981 cité par Edye, 1991). Cet auteur rapporte que les jeunes plants de verano, qui virtuellement ne fleurissent ou ne fructifient pendant la première année de croissance, ont un taux de survie de l'ordre de 93 %, mais que la durée de vie d'un plant ne dépasserait guère 2 ans. Koné (1993) et Coulibaly (1993) rapportent les mêmes constats sous une pluviométrie de 750 mm au Nord de la savane malienne, bien qu'aucune quantification de la contribution des pieds annuels et bisannuels de Stylo à la biomasse ou à la densité n'a été faite. Dans une monoculture ou parcours sursemé de *Stylosanthes hamata*, ces pieds bisannuels contribueraient de façon disproportionnée à l'accroissement de la biomasse (Gillard *et al.*, 1980 ; Gardener, 1980 ; Mott *et al.*, 1989) en accord avec nos observations. Il est probable que la contribution relative des pieds bisannuels de Stylo soit plus importante dans les régions assez humides, comme la zone guinéenne à cause de la bimodalité de sa pluviométrie.

3.7.2. Persistance de *Stylosanthes hamata* sous pâture

La persistance de *Stylosanthes hamata* dans les banques ou les parcours améliorés est une notion relative. La bibliographie disponible, bien que fournie et diversifiée, ne nous a pas permis de quantifier le seuil de contribution du Stylo à la biomasse totale au dessous duquel on ne peut plus parler de persistance. Ce seuil est difficile à fixer car variera par rapport au ratio superficie parcours naturel/ superficie banque, à l'intensité d'exploitation d'une telle combinaison et à l'objectif de production animale visé.

La persistance de *Stylosanthes hamata* est alors discutée par rapport à l'évolution de sa contribution relative à la biomasse d'une année à l'autre en fonction des périodes et des charges appliquées par période.

Au cours des 2 dernières années de l'étude (1993 et 1994), où le Stylo a été maintenu en compétition avec les herbacées locales, sa contribution moyenne à la biomasse n'a pu atteindre 50 % dans aucune des 2 parcelles. La baisse de persistance a été plus sévère dans la parcelle exploitée au moment de la floraison que dans celle dont l'exploitation était différée après fructification. La contribution du Stylo à la biomasse des 2 sous parcelles C1 (homogène avant toute exploitation en 1992) fut en 1994 de 7 % lors de l'exploitation survenant au moment de la floraison-fructification et de 38 % lors de l'exploitation différée après fructification. Cette manque de persistance du Stylo pendant les 2 dernières années de l'essai est due principalement à la faible compétitivité du Stylo et à la gestion dont la banque fut l'objet en 1993 (manque de pâture précoce).

Saleem *et al.* (1986) rapportent qu'au Nord du Nigéria (900-1 200 mm) ; les banques de *Stylosanthes hamata*, gérées convenablement par les chercheurs du CIPEA, sont demeurées productives pendant plus de 5 ans. Celles gérées par les agro-pasteurs n'ont pas pu persister au delà de 3 ans. En Australie tropicale sous pâture contrôlée, les banques de *Stylosanthes hamata* ont persisté pendant 6 ans (Gillard

et al., 1980).

La persistance de *Stylosanthes hamata* dans les banques ou en sursemis dans les parcours naturels, variable d'une zone écologique à une autre, dépendrait de sa capacité élevée de production de semences vu le comportement généralement annuel de l'espèce (Saleem *et al.* 1986 ; Gillard, 1980 ; Wilaipon *et al.*, 1983 ; Winter, 1989 ; Mani *et al.*, 1994 ; de Leeuw, 1994). Ces auteurs rapportent également que cette faculté de production semencière du Stylo serait à son tour influencée par la pluviométrie, l'application de P, la nature des espèces envahissantes et surtout le contrôle rigoureux de celles-ci. Le contrôle des adventices doit pouvoir favoriser la compétitivité du Stylo par rapport aux espèces herbacées composées pour l'essentiel des graminées.

Dans le présent essai, l'effet positif de la pâture précoce a été noté. Elle s'est traduite par une diminution moindre de la contribution de *Stylosanthes hamata* à la biomasse de fin de saison. Malheureusement elle n'est survenue que pendant la dernière année de l'essai, pendant laquelle la contribution du Stylo à la densité était déjà restreinte en début de croissance. La persistance du Stylo pourrait être améliorée si la pâture précoce était survenue également en 1993 vu son effet positif de 1994.

L'effet positif de la pression animale sur la persistance du Stylo est surtout notée lorsque la pâture a lieu en début de saison de croissance et pendant une bonne partie de celle-ci (Saleem, 1986 ; Agishi, 1984 ; de Leeuw *et al.*, 1994). Cette influence de la pâture a été également rapportée par les chercheurs australiens (Winter *et al.*, 1989 ; Curll *et al.*, 1989 ; Norton *et al.*, 1990). En Afrique comme en Australie tropicale, les graminées germent et croissent plus rapidement que les légumineuses en début de saison de pluies et peuvent rapidement les étouffer compromettant ainsi leur production de semences. Une pâture soigneusement contrôlée à cette période peut accroître la proportion du Stylo dans la biomasse de fin de saison (Otsyira *et al.*, 1987 ; de Leeuw *et al.*, 1994 ; Saleem, 1986 ; Wilaipon *et al.*, 1989). Ainsi, des taux de charge élevés en début de saison de croissance ont permis une augmentation notable et durable de la contribution de *Stylosanthes hamata* à la biomasse de fin de saison (Agishi *et al.*, 1986 ; Winter, 1989).

Stylosanthes hamata est connue pour avoir une palatabilité faible en saison de pluies (Blairs, 1963 ; De Leeuw *et al.*, 1974 ; cités par Agishi 1986). Cette appetibilité restreinte du Stylo par rapport à celle des graminées consommées préférentiellement en hivernage, expliquerait l'accroissement de sa proportion par suite de la diminution de celle des graminées dans la biomasse de fin de saison. Cet avantage (appetibilité restreinte) est perdu pour le Stylo en fin de saison de croissance (moment floraison-fructification).

Au Sud du Sahel (notre zone d'étude), une pression pastorale élevée en hivernage est rapportée comme favorable à la dominance de *Zornia glochidiata* (Penning de Vries & Djitèye, 1991). Mais ce que l'on gagne en pureté serait perdu en productivité. Il n'est pas exclu qu'une telle pression pastorale en début et en pleine croissance augmente la pureté de la banque de Stylo sans pourtant compromettre sa productivité. En effet bien que *Stylosanthes hamata* a la même stratégie de germination que *Zornia glochidiata*, elle est plus compétitive, plus productive que cette dernière. Cette force de concurrence

entre les deux espèces en faveur du Stylo, fait qu'on aura besoin d'une pression pastorale plus faible que celle exigée pour la pureté des parcours à *Zornia glochidiata*.

En effet *Stylosanthes hamata* est bien appréciée par les chèvres et les moutons au moment de la floraison-fructification (Norton, 1990 ; Agishi, 1982). Cette préférence élevée pour le Stylo en fin de saison de croissance est également rapportée par Wilaipon *et al.* (1983). Nos résultats confirment les leurs. L'indice de préférence du Stylo a été très élevé au moment de la floraison-fructification (Septembre - Octobre). Les graminées étaient plutôt rejetées. La pâture sélective des feuilles, inflorescences et fruits non encore tombés s'est traduite au cours des années par une réduction de sa production semencière. La persistance de *Stylosanthes hamata* étant fortement liée à sa production semencière (de Leeuw *et al.*, 1994), l'exploitation de la banque au moment de la floraison-fructification a agi négativement sur la persistance du Stylo. Agishi (1986) et Curll (1989) sont arrivés à la même conclusion. Dans la présente étude, la baisse de la persistance du Stylo de même ordre avec les différents taux de charge appliqués au moment de la floraison-fructification, s'expliquerait probablement par le fait que tous les pieds de Stylo des différentes sous parcelles ont été soumis à la même pression pastorale.

Stylosanthes hamata peut demeurer longtemps productif à condition de disposer d'un bon stock semencier d'une saison à une autre (de Leeuw, 1994 ; Edey, 1991). La pâture différée après fructification influencerait très peu ce stock semencier (Pitman *et al.*, 1986). Cet auteur n'a pas noté de différence significative entre la persistance de *Stylosanthes hamata* dans les parcelles pâturées et non pâturées lors d'une exploitation survenue en saison sèche. *Stylosanthes hamata* serait moins sensible à une exploitation différée après fructification d'où sa persistance meilleure par rapport à son exploitation au moment de la floraison-fructification.

Le devenir de *Stylosanthes hamata*, exploité après fructification dépendrait plutôt de la sévérité de la compétition avec les autres herbacées existantes au moment de la croissance (Haggar *et al.*, 1971 ; Kachelriebs *et al.*, 1992) qu'à la pâture. Dans le présent essai, les taux de charge appliqués et la durée de l'exploitation ont été tels, que l'influence indirecte de l'exploitation sur la dynamique interannuelle du Stylo est peu envisageable (cf [3.3.1](#)). En effet, l'impact du piétinement sur la dynamique de la composition floristique des herbacées (annuelles) de la zone est relativement mineure surtout lorsque la pâture survient en saison sèche (Hiernaux, 1993 ; 1994). Bien que sur sol sablo-limoneux le piétinement peut favoriser les graminées par rapport aux légumineuses (Curll, 1981), il n'est pas exclu que *Stylosanthes hamata* soit favorisé pour sa germination par un meilleur contact substrat-graines.

3.7.3. Qualité de la banque

La teneur en azote du Stylo pure de Septembre à Mars a été relativement meilleure à celle rapportée sous des zones agro-climatiques plus humides pendant la même période (cf [3.4](#)). Sa digestibilité (DMO) est également demeurée à un niveau acceptable. Cette relative augmentation de la valeur nutritive de *Stylosanthes hamata* au Sud Sahel (500 mm) serait due à une dilution moindre des éléments nutritifs et de la faible lignification des parois cellulaires du Stylo dans cette région par rapport aux zones humides (Penning de Vries & Djitéye, 1991).

L'objectif principal d'une banque de légumineuse est de suppléer au manque de protéines des parcours naturels. Cet objectif est atteint par une concentration élevée en azote du kg de fourrage offert par la banque par rapport au parcours naturel (Winter, 1988 ; de Leeuw *et al.*, 1994). *Stylosanthes hamata* n'est pas intéressant vu ce critère (N en g kg⁻¹ de MS) par rapport à la majorité des légumineuses locales de la zone de l'étude, à qualité supérieure comme *Zornia glochidiata* et *Alysicarpus ovalifolius*. Mais sa productivité (kg ha⁻¹ de MS) et sa force de concurrence élevées par rapport aux espèces sus-citées font d'elle une espèce de choix des banques fourragères. Cependant, malgré la baisse de la persistance du Stylo dans la banque, sa teneur en azote (g kg⁻¹ de MS) a été meilleure à celle du parcours naturel. Elle est restée durant chacune des périodes d'exploitation, au dessus du minimum requis pour l'entretien des animaux fixé, à 7 g d'azote kg⁻¹ de MS. La teneur minimale de la banque en azote (Septembre - Décembre), malgré l'exploitation, a été de 2 fois plus élevée que celle obtenue sur le parcours naturel, soit 12 g d'azote kg⁻¹ de MS, versus 6 pour le parcours naturel.

3.7.4. Charge optimale

La charge optimale de la banque a été définie comme celle permettant le maximum de production animale ha⁻¹ tout en assurant la persistance du Stylo.

L'exigence agronomique, à savoir la persistance de *Stylosanthes hamata*, n'a pu être atteinte. Mais des indications dans ce sens ont pu être identifiées à savoir une exploitation différée après fructification précédée par une pâture précoce en début de croissance. Une autre pourrait survenir en pleine croissance si la première n'a pas été efficace.

Du point de vue exigence zootechnique (production animale), les charges n'ont pas suffisamment varié pour pouvoir exprimer la capacité de charge optimale. Les productions animales (kg ha⁻¹) obtenues à chacune des périodes d'exploitation d'une année donnée sont apparues alors liées aux charges appliquées variant de 0,45 à 2,5 UBT ha⁻¹.

Il est possible que la charge optimale comme définie ci-dessus soit difficilement réalisable. A l'état pur 1992, l'exploitation de la banque au moment de la floraison-fructification s'est traduite par une production animale relativement élevée par rapport à une exploitation différée après fructification à cause de la différence de qualité et de la disponibilité fourragère entre les 2 périodes en faveur de la première. En 1993, les productions animales ont été les mêmes dans les 2 parcelles. La qualité relativement basse de *Stylosanthes hamata* et la perte élevée de biomasse en seconde période ont été compensées par un maintien relativement meilleur de l'espèce par rapport à la première période.

Conclusions et suggestions

Notre objectif final en introduisant *Stylosanthes hamata* dans un parcours de la savane septentrionale était l'amélioration quantitative et qualitative de ce dernier. L'introduction devrait pouvoir se maintenir durant un certain nombre d'années, sous l'hypothèse que le *Stylosanthes hamata* aurait un comportement

plutôt pérenne que annuelle dans cette région. En plus de ce comportement supposé pérenne dans ladite zone, le Stylo devrait tirer profit de l'application du phosphore pour accroître davantage sa force de concurrence au détriment des graminées vu la carence des sols soudano-sahéliens en N et P. Malheureusement *Stylosanthes hamata* présente dans cette région de la savane un comportement plutôt annuel comme au Sahel et la fertilité en N et P du site e de l'essai était au-dessus de la moyenne observée en zone soudano-sahélienne. Même sur des endroits représentatifs de la zone, il n'est pas certain que le seul apport de P, puisse permettre la persistance du stylo vu son comportement annuel et sa stratégie de germination hétérogène qui lui confèrent en général une force de compétition relativement faible par rapport aux espèces locales, composés en majorité de graminées C₄. La compétition est apparue comme un des facteurs clefs du manque de la stabilité de l'introduction.

Bien que nos résultats confirment l'impact positif de la pâture précoce comme un outil efficace de maintien du stylo (cas de la banque), *Stylosanthes hamata* aura très peu de chance de servir comme espèce amélioratrice des parcours de la zone soudano-sahélienne (300-900 mm an⁻¹) à cause de son comportement annuel dans cette région .

Stylosanthes hamata aura plutôt plus de chance dans les parcours des zones plus humides, où l'introduction pourra se maintenir grâce à l'importance relative des pieds bisannuels qu'elle pourra avoir dans cette zone.

Même dans ces zones, La pâture précoce et l'application de P seront également nécessaire pour une meilleure persistance de l'espèce. Dans de tels endroits des jachères récentes seront recommandées pour l'introduction du Stylo, car l'apport de P ne sera efficace pour son maintien que sur des sols à faible fertilité (N et P).

Des investigations doivent se poursuivre sur l'espèce autochtone *Stylosanthes fructicosa* de servir comme espèce amélioratrice dans la savane. Celle-ci est réellement pérenne sous 750 mm de pluviosité, mais qui malheureusement se lignifie vite. Cette lignification pourra être contrôlée par système de rotation. Des espèces exotiques pérennes et anthracnoresistantes, malheureusement rares pour le moment doivent être créées par le génie génétique en vue d'améliorer les parcours de la savane.

L'hypothèse suivant laquelle l'avantage d'une exploitation de la banque de *Stylosanthes hamata* au moment de la floraison-fructification (disponibilité fourragère en quantité et qualité) pourrait être perdue par la non persistance de l'espèce vu l'importance clef de sa production semencière pour sa persistance, est tout à fait vérifiée suite au comportement annuel de l'espèce au sud Sahel. Exploitées en culture pure en 1992, la persistance du stylo a été meilleure en 1993 dans la parcelle exploitée après fructification du Stylo que dans celle exploitée au moment de la floraison-fructification.

La faiblesse relative de la qualité fourragère de la banque lors d'une exploitation différée après fructification est compensée par une meilleure persistance de l'espèce. Cependant l'exploitation de la banque doit survenir dès qu'une quantité appréciable de graine est formée pour bénéficier d'un meilleur disponible fourrager (quantité et qualité) tout en sauvegardant la persistance de l'espèce.

L'effet positif de la pâture précoce comme outil de gestion d'une banque dans la zone soudano-sahélienne est confirmé comme sous d'autres climats. Cependant des investigations doivent être menées pour mieux préciser l'intensité, l'époque et la fréquence de celle-ci dans les 3 zones agro-climatiques des pays sahéliens (sud du Sahel, nord de la savane, sud de la savane). La pâture précoce pourra alors constituer un alternatif moins onéreux au désherbage et à l'emploi des herbicides préconisés ailleurs comme outil de gestion des banques. La rentabilité de la banque et son adoption comme paquet technologique, pouvant résoudre en partie l'épineux problème d'alimentation des animaux en saison sèche, est à ce prix.

Les légumineuses locales pouvant également servir d'espèce des banques fourragères comme *Zornia glochidiata* ont une qualité relativement supérieure à celle de *Stylosanthes hamata*, mais leur production est moindre. *Zornia glochidiata* ne pourra en aucun cas remplacer efficacement *Stylosanthes hamata* comme espèce des banques fourragères en zone soudano-sahélienne, bien qu'elles aient à peu près la même stratégie de germination et qu'elles soient toutes peu appetées en début de saison de croissance. *Stylosanthes hamata* de par sa force de concurrence relativement élevée, aura besoin d'une pression pastorale moindre en pleine croissance pour son maintien comparativement à *Zornia glochidiata* dont le maintien nécessitera une pression de pâture si élevée que ce que l'on gagne en pureté est perdu en terme de disponibilité fourragère. La force de compétition de Stylo renforcée ou non par l'application de P dépasse celle de *Zornia* grâce à une plus grande dilution de l'azote de la biomasse aérienne menant à une productivité supérieure à une disponibilité égale de N et P.

Stylosanthes hamata a des potentialités réelles de servir comme espèce des banques fourragères si des méthodes de gestion efficaces ébauchées dans ce document sont appliquées et son potentiel sera plus élevé dans la savane que dans le Sahel.

Des résultats de consommation apparente, il est apparu que la pâture libre cause des pertes énormes de fourrage aussi bien au niveau de la banque qu'au niveau du pâturage amélioré. La divagation ne saura être conseillé comme une méthode rationnelle de gestion de nos parcours.

Les banques fourragères ou les pâturages améliorés en légumineuses pérennes dans la savane pourront résoudre en partie l'épineux problème d'alimentation des animaux en saison sèche. Mais tant que demeure l'exploitation commune des parcours, toute tentative de leur amélioration sera parfaitement illusoire. Le code foncier voté par l'Assemblée Nationale du Mali, au cours d'une de ses sessions de 1995, permet cependant d'espérer.

Bibliographie

Anonyme 1. Bulletin d'accompagnement des semences commercialisées. Ferme semencière Badikaha-SODEPRA-Nord Korhogo.

Anonyme 2. Rapports Annuels Station Recherche Agronomique Cinzana (SRAC).

- Abdoulaye Moussa, 1993. Analyse floristique et capacité de charge de 3 terroirs du canton de Birni N'Gaouré. (Mémoire de fin d'étude agronomique univ. de Niamey).
- Agishi, E.C., 1982. Verano Stylo, a promising new legume for the Nigerian savanas. Proceedings of national conference on beef production held in Kaduna, Nigeria, 27-30 July 1982.
- Agishi, E.C., 1986. A smallholder approach to Stylo seed production in Nigeria in Potentials of forage legumes in farming systems of sub-saharan Africa. Proceedings of a workshop held at ILCA, Addis Abeba, 16-19 September 1985.
- Agishi, E.C., 1994. The production of seeds of *Stylosanthes* cultivas in Nigeria. In : P.N. de Leeuw, M. A. Mohamed Saleem & A.M. Nyamu (Eds). Proceeding of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992.
- Ballo, A., 1995. Influence de la supplémentation sur le comportement fourrager des taurillons sur la strate herbacée du parcours naturel en saison sèche. Résultats partiels, Thèse de doctorat de spécialité ISFRA-Bamako.
- Baoua, 1994. Pâturages naturels, comportement alimentaire et productivité des vaches laitières et allaitantes exploitant les parcours naturels de la région de Filingué. Mémoire d'Ingénieur, Faculté d'agronomie, Univ. de Niamey.
- Bergh, J.P. van den, 1968. An analysis of yields of grasses in mixed and pure stands. Ph.D. thesis AUW, Wageningen.
- Bewley, J.D. & M. Black, 1978. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination, vol. I in Elberse & Breman, 1989.
- Boudet, G., 1991. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Manuels et Précis d'élevage, IEMVT. Ministère de la Coopération, Paris.
- Breman, H., A.M. Cissé, M.A. Djitèye & W.Th. Elberse, 1982. Le fourrage botanique. Dans : F.W.T. Penning de Vries & M.A. Djitèye, eds). Productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturel.
- Breman, H. & N. Traoré, 1987. Analyse des conditions d'élevage et proportion de politiques et de programme. Rép. du Mali. Club du Sahel, Paris.
- Breman, H. & N. de Ridder (eds), 1991. [Manuel sur les pâturages des pays sahéliens](#). Karthala, ACCT, CABO-DLO et CTA, Karthala, Paris.

- Breman, H., N. de Ridder & H. van Keulen, 1991. Evaluation de la production des pâturages: évaluation semi-détaillée. Dans : [H. Breman & N. de Ridder](#). Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Karthala, ACCT, CABO-DLO et CTA, Karthala, Paris.
- Breman, H. & O. Niangando, 1993. [Maintenance de la production agricole sahélienne \(Rapport mi-chemin\)](#). Rapports PSS Ndeg. 6 PSS, AB-DLO, Wageningen.
- Cissé, A.M. 1986. Dynamique de la strate herbacée des pâturages de la zone sud-sahélienne. Thèse présentée à l'université de Wageningen.
- Cissé, M.I. 1986. Cultures fourragères et Agroforesterie en zone subhumide du Mali: synthèse des résultats de 3 années de Recherches à Madina Diassa.
- Colin, P. de Verdière, 1994. Investigation sur l'élevage pastoral au Niger. Rapport final du projet STD2. Université de Niamey. Faculté d'Agronomie.
- Coulibaly, D., 1993. Recherche d'un modèle d'exploitation de *Stylosanthes hamata* en culture pure en pâturage amélioré. Mémoire de DEA-ISFRA.
- Curll, M.L. & R.M. Jones, 1989. Legumes persistence in pastures. An australian perspective. In : G.C. Marten, A.G. Matches, R.F. Barners, R.W. Brougham, R.J. Clements & C.W. Sheath (eds). Persistence of forage legume. Proceeding of workshop in Honolulu, Hawaii, 18-22 July 1988.
- Dicko, M.S. & M. Sangaré, 1984. Feeding behavior of domestic ruminants in Sahelian zone. Proceedings of 2nd International Rangelands Congress. Adelaide, Australia.
- Diarra, L. & P. Hiernaux, 1983. Travaux agrostologiques dans le delta intérieur du fleuve Niger : résultats obtenus en saison sèche. Programme des zones arides et semi-arides CIPEA/Bamako.
- Diarra, L. & P.N. de Leeuw, 1992. Introduction de *Stylosanthes* dans les systèmes agro-pastoraux au Mali: revue bibliographique. In: P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed Saleem & A.M. Nyamu (Eds). Proceeding of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992
- Diarra, S., P. van der Poel & K.B. Demba, 1994. Test d'introduction des sols fourragers dans les exploitations agricoles du sud-Mali. In : P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed Saleem & A.M. Nyamu (Eds). Proceedings of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992.
- De Leeuw, P.N. & M.A. Mohamed Saleem, 1992. Management options for increasing productivity of *Stylosanthes hamata* cv in fodeler banks and in small holder leys in West Africa. In : P.N. de Leeuw, M.

- A. Mohamed Saleem & A.M. Nyamu (Eds). Proceeding of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992.
- De Leeuw, P.N., A. Roeleveld, E. Agishi, 1994. Population dynamics & yield of *Stylosantes hamata* cv Verano pastures in Northern Nigeria. In : P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed Saleem & A.M. Nyamu (Eds). Proceeding of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992
- De Leeuw, P.N. 1994. *Stylosanthes* as forage and Fallow : synthesis and review. In : P.N. de Leeuw, M. A. Mohamed Saleem & A.M. Nyamu (Eds). Proceeding of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992.
- Ducan, 1983. In : I.M.J. Heitkönig, 1993. Feeding strategy of roan antelope (*Hippotragus equinus*) in a low nutrient savanna. Unpublished PhD thesis, University of the Witwatersrand, Johannesburg.
- Edye, L.A., T.J. Hall, C.H. Middleton, W.B. Messer, C.M. Piggin, A.C. Schilinf, N.M. Klepack, 1991. Swand evaluation of fifteen *Stylosanthes hamata* accessions in twenty dry tropical environment. Trop. Grasslands 25, 1-11.
- Elberse, W.Th. & H. Breman, 1990, Germination and establishment of Sahelian rangeland species. I. seed properties (Oecologia-Springer-Verlag).
- Elberse, W.Th. & H. Breman, 1990. Germination and establishment of Sahelian rangeland species. II. Effects of water availability (Oecologia Springer-Verlag).
- Alzouma, Maïmouna, épouse de Garba, 1990. &171; Etude de écologie de la croissance et du rendement du mil (*Pennisetum americanum* L. Leeke) au Sahel &187;. Effet de l'association avec les légumineuses et autres relations. Thèse de doctorat es science. Université catholique de Louvain.
- Grant, P.J. & J.N. Clatworthy, 1975. De la germination des légumineuses. In : G.C. Marten, A.G. Matches, R.F. Barners, R.W. Brougham, R.J. Clements & C.W. Sheath (eds). Persistence of forage legume. Proceeding of workshop in Honolulu, Hawaii, 18-22 July 1988.
- Griffiths, R.G., 1994. *Stylosanthes* seed production management. In : P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed Saleem & A.M. Nyamu (Eds). Proceedings of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992.
- Hiernaux, P., 1993. C'est la sécheresse et non le bétail qui dégrade les parcours sahéliens. Revue CIPEA / Actualités.
- Hiernaux, P., 1994. The crises of sahelian pastoralism: ecological or economic ? CIPEA, International Livestock Center for Africa.

- Kachelriess, S. & S.A. Tarawali S.A. 1994. The effects of row spacing and weed control on seed production of *Stylosanthes* in the subhumid zone of Nigeria.
- Kébé, D. 1994. Modélisation de l'impact techno-écologique de l'introduction de *Stylosanthes hamata* dans les systèmes agraires villageois au sud du Mali. In : P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed Saleem & A. M. Nyamu (Eds). Proceedings of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992.
- Keita, B., D. Diallo & L. Dioni, 1981. Etude pédologique de la Station de Recherche Agronomique de Cinzana. SRCVO, IER, Bamako.
- Ketelaars, J.J.M.H., 1985. L'élevage au Niger, Mali et Burkina Faso: une analyse zootechnique. CABO, Wageningen.
- Ketelaars, J.J.M.H.; 1991. Taux d'azote et digestibilité des fourrages grossiers. Dans: [H. Breman & N. de Ridder \(eds\)](#). Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Karthala, ACCT, CABO-DLO et CTA. Karthala, Paris.
- Ketelaars, J.J.M.H. & H. Breman, 1991. Evaluation des pâturages et production animale. . Dans: [H. Breman & N. de Ridder \(eds\)](#). Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Karthala, ACCT, CABO-DLO et CTA. Karthala, Paris.
- Ketelaars, J.J.M.H. 1991. La production animale. Dans: [H. Breman & N. de Ridder \(eds\)](#). Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Karthala, ACCT, CABO-DLO et CTA. Karthala, Paris.
- Kouamé, N.C. 1991. Effects of *Stylosanthes* interplanting on millet grain yield, herbage yield, water millet efficiency and yields of subsequent millet crop. Phd Thesis. University of Florida.
- Kouamé, N.C., S. Hoefs, J.M. Powell, D. Roxas & C. Renard, 1994. In : P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed Saleem & A.M. Nyamu (Eds). Proceedings of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992.
- Krul, J.M. & H. Breman, 1982. Les légumineuses: importance, fixation d'azote et terrain à *Zornia glochidiata*. Dans : La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Pudoc, Wageningen, 525 p.
- Koné, D. & J.J.R. Groot, 1993. Utilisation du phosphore par *Stylosanthes hamata* et *Vigna unguiculata* en zone soudano-sahélienne du Mali. Rapport PSS, AB-DLO, Wageningen.
- Little, D.A. & R. Agyemany, 1994. An assessment of Stylo as a source of supplementary seeding. In : P.

- N. de Leeuw, M.A. Mohamed Saleem & A.M. Nyamu (Eds). Proceedings of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992.
- Luiz, J.C.B. & S.C. Schank, 1989. Effet of water stress on the growth of *Stylosanthes hamata* (L) Taub cv Verano and *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) sw. cv Schoefield. Tropical Agric. (Trinidad) 66, 105-109.
- Mani, R.I., R.R. Von Kaufmann, A.R. Egan, R.M. Dixon, R.M. & 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). Proceedings of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992.
- Mc Cown, R.L., W.H. Winter, M.H. Andrew, R.K. Jones & Peake. The Late D.C.I. 1986. In: I. Haque, S. Jutzi & P.J.H. Neate (eds). Potentials of forage legumes in farming systems. Proc. of workshop held at ILCA, Addis Ababa, 1985, p. 397-419.
- Mc Keon, G.M., 1984. Field changes in germination requirement: Effect of naturel rainfall on potential, germination speed and light requirement of *Stylosanthes humilis*, *Stylosanthes hamata* and *Digital ciliaris*. Aust. Agric. Res. 35, 805-818.
- Nalovu, L.R., 1992. Complementary of forage in ruminant digestion : theoretical considerations. In : Proceeding of the joint Feed Ressources Network Workshop held in Gaborone, Botwana. African Feed Research Network.
- Norton, B.W., P.J. Kennedy & J.W. Hales, 1990. Grazing management studies with australian cashmere goats. Trop. Grasslands 26, 94-96.
- Otsyina, R.M., R.R. Von Kaufmann, M.A. Saleem Mohamed & H. Suleiman, 1987. Manual on Fodder Bank Establishment and management. Subhumid Zone Programme International Livestock Centre for Africa. Printed by ILCA, Addis Ababa.
- Ouologuem, B., A.A. Reesse, B. Traoré & G. Reesse,. 1992. Détermination de la digestibilité de la vitesse du transit du digesta de *Stylosanthes hamata* chez les tourillons à la SRZ-Sotuba. Commissions Techniques Régionales spécialisées des productions animales - session Mars.
- Penning de Vries, F.W.T. & M.A. Djitèye (eds), 1982. [La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle](#). Pudoc, Wageningen, 525 pp.
- Quak, W., 1995. Document Equipe Modélisation des systèmes (E.M.S.) Projet PSS (en préparation).

Saleem Mohamed, M.A., R.M. Otsyira & M.H. Butter Worth, 1986. Performance of *Stylosanthes hamata* cv verano as influenced nutrient changes. Trop. Agric. (Trinidad) 63, 217-220.

Saleem Mohamed, M.A., H. Souleiman & R.M. Otsyina, 1986. Fodder bank for pastoralists or farmers. In: I. Haque, S. Jutzi & P.J.H. Neate (eds). Potentials of forage legumes in farming systems. Proc. of workshop held at ILCA, Addis Ababa, 1985.

Saleem Mohamed, M.A. & R.R. Von Kaufman. 1986. Effect of phosphorus application on the productivity and quality of three *Stylosanthes* cultivars. Trop. Agric. (Trinidad) 63, 212-216.

Saleem Mohamed, M.A., 1994. *Stylosanthes* for pasture development. An overview of ILCA's experience in Nigeria. In: P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed Saleem & A.M. Nyamu (Eds). Proceedings of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992.

Sheat, G.W. & J. Hodgson, 1989. Plant-animal factors influencing legume persistence. In: G.C. Marten, A.G. Matches, R.F. Barners, R.W. Brougham, R.J. Clements & C.W. Sheath (eds). Persistence of forage legume. Proceeding of workshop in Honolulu, Hawaii, 18-22 July 1988.

Stroosnijder, L. & H.D.J. van Heemst, 1991. La pédologie du Sahel. Dans: La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Pudoc, Wageningen, 525 p.

Tarawali, S.A., M.A. Saleem Mohamed & G.A. Tarawali, 1994. Establishment techniques for Stylo associated cropping systems. In: P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed Saleem & A.M. Nyamu (Eds). Proceedings of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992.

Tarawali, S.A., M. Peters & A.A. Jama, 1994. Species screening and multi-locational testing of Stylo species in West Africa. In: P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed Saleem & A.M. Nyamu (Eds). Proceedings of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992.

Toutain, B., B. Peyre de Fabrègues, G. Roberge, A. Bigot & G., Rippstein, 1994. Revue des travaux de recherche, de vulgarisation et de l'utilisation effectués sur *Stylosanthes hamata* en Afrique de l'Ouest. In: P.N. de Leeuw, M.A. Mohamed Saleem & A.M. Nyamu (Eds). Proceedings of the Regional workshop on the use of the *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, Nigeria, 26-31 October 1992.

Veeneklaas, F.R., S. Cissé, P.A. Gosseye, N. van Duivenbooden & H. Van Keulen, 1990. [Compétition pour des ressources limitées: le cas de la 5^e Région du Mali. Rapport 4. Scénarios de développement](#), CABO, Wageningen & ESPR, Mopti. 182 p.

Wagenaar, K.T., A. Diallo & A.R. Sayers, 1988. Productivité des bovins peuls transhumants dans le delta intérieur du Niger au Mali. Rapport de Recherche Ndeg. 13, CIPEA, Addis Abeba.

Wilaipon, B., 1984. Establishment, cutting and grazing management and nutritive value of *Stylosanthes hamata* cv verano. Tokyo Univ. of Agric. Mémoire 26, 136-186.

Winter, W.H., 1988. Supplementation of steers grazing *Stylosanthes hamata* pasture at Kaherine Northern Territory. Austr. J. Exp. Agric. 28, 669-682.

Winter, W.H., J.J. Mott & R.W. Mc Lean, 1989. Evaluation of management options for increasing the productivity of tropical savana pastures. 2. Legumes species. Austr. J. Exp. Agric. 29, 623-30).

Abréviations utilisées dans le texte

ARC : Agricultural Research Council

DMO : Digestibilité de la matière organique

MOID : Matière organique ingérée digestive

MOD : Matière organique digestible

MSI : Matière sèche ingerée

MSVI : Matière sèche volontairement ingerée

MS : Matière sèche

PV : Poids vif

$g\ t^{-1}\ j^{-1}$: Gramme par tête jour

GMQ : Gain moyen quotidien

UBT : Unité bétail tropical

N : Azote total

P : Phosphore

T.S.P. : Triple super phosphate

C : Capacité de charge

Bd : Biomasse en défens

Bpât : Biomasse après pâture

R : Rotation

IER : Institut d'Economie Rurale

SRZ : Station de recherche zootechnique

SRA : Station de recherche agronomique

CRRA : Centre régional de recherche agronomique

PSS : projet Production Soudano-Sahélienne.

Annexes

Tableau Evolution de la teneur en azote ($g\ kg^{-1}$ de MS) et de la digestibilité de la matière organique

(DMO %) par traitements (P) et par taux de charge (C).

	P0		PI		PII	
	N	DMO	N	DMO	N	DMO
1992						
date: 10/10/92						
C1	5,3	49,7	6,1	52,1	6,3	48,9
C2	5,0	50,4	5,7	52,7	5,7	49,0
C3	6,0	53,8	5,3	52,9	6,3	45,4
Moyenne	5,4	51,3	5,7	52,6	6,1	47,8
date: 10/11/92						
C1	4,3	44,4	5,3	49,2	6,3	47,7
C2	3,8	41,0	4,4	49,3	5,9	46,0
C3	5,2	48,1	3,7	48,1	5,0	45,0
Moyenne	4,4	44,5	4,5	48,9	5,7	46,2
date: 10/12/92						
C1	3,4	43,1	4,6	50,4	3,4	42,5
C2	3,7	40,7	4,1	45,9	3,7	42,8
C3	3,8	42,8	4,1	43,2	4,0	44,6
Moyenne	3,6	42,2	4,3	46,5	3,7	43,3
date: 08/01/93						
C1	4,0	46,2	3,8	45,8	3,7	44,4
C2	3,2	43,4	4,1	43,3	2,9	43,2
C3	3,3	45,9	3,0	43,4	3,2	43,0
Moyenne	3,5	45,2	3,6	44,2	3,3	43,5
1993						
date: 25/09/93						
C1	6,3	56,0	7,8	50,0	7,2	52,0
C2	6,7	49,0	6,7	48,0	8,4	49,0
C3	7,8	50,0	9,1	51,0	8,0	49,0
Moyenne	6,9	51,7	7,9	49,7	7,9	50,0
date: 03/11/93						
C1	3,4	43,0	3,2	39,0	3,2	41,0
C2	3,2	42,0	3,2	40,0	2,9	41,0
C3	3,0	44,0	3,4	44,0	3,2	42,0
Moyenne	3,2	43,0	3,0	41,0	3,1	41,3

date: 10/12/93						
C1	3,8	33,0	2,9	42,0	3,6	42,0
C2	3,8	40,0	3,2	40,0	3,7	38,0
C3	4,0	39,0	3,8	39,0	4,2	40,0
Moyenne	3,8	37,3	3,3	40,3	3,8	40,0

Estimation du Nb du site parcours amélioré et standardisation de la biomasse mesurée pour l'année 1992.

1. Calcul du Nb

P50% = 750 mm (pluviométrie normale dans la zone de l'étude)

Type de sol = ancienne formation colluvio alluviales limono-sableux

Unité de passage = Fé

SURru = 100 % (surface à ruissellement)

SURho = 0 % (Infiltration homogène)

R = 0,5, mais comme le sol est bien couvert : surface irrégulier à cause de la phytomasse ; absorption d'eau importante grâce à la MO (ni feu, ni pâture), fait diminuer le ruissellement (R).

R = 0,4

I = 450

Taux de recouvrement ligneux = 27 %

Nombre de couche de feuilles = 3

Production feuilles seules = $1200 \times 3 \times 0,27 = 972 \text{ kg ha}^{-1}$

Production de feuilles + fruits = $972 \times 1,15 = 1118 \text{ kg ha}^{-1}$

$Nb = Nlh - NLign$

$Nlh = 0,0083 \times I / (flh - 0,13)$

$flh = (rc \times fli) + (1 - rc) \times f$

$fli = 0,4 \times f$ avec minimum = 0,2

f pour 750 mm = 0,42 (cas global), mais l'endroit étant protégé (sans pâture) et n'ayant subi aucun passage du feu au cours de 13 ans, f = 0,25. Dans une situation d'équilibre dans le passé f = 0,42. La valeur de f sera donc la moyenne $(0,25 + 0,42) / 2 = 0,33$. f pour 750 mm = 0,33.

$fli = 0,4 \times 0,33 = 0,13$ d'où mini = 0,20

$flh = (0,27 \times 0,20) + (1 - 0,27) \times 0,33 = 0,29$

$Nlh = 0,0083 \times 450 / (0,29 - 0,13) = 23,3 \text{ kg ha}^{-1}$

Taux d'N des feuilles de ligneux en fin saison sèche dans la savane = 22 g/kg ms

Quantité d'N feuilles et fruits = $0,97 \times 22 / 1000 \times 1118 = 23,9 \text{ kg/ha}$

La quantité d'azote absorbée par les ligneux en concurrence avec les herbacées (NLign) :

$$NLign = (0,4 \times 23,9) - 4 = 5,56$$

La quantité d'azote de la strate herbacée (Nb) :

$$Nb = Nlh - NLign = 23.3 - 5.56 = 18 \text{ kg/ha}$$

Donc la quantité d'azote disponible par ha pour la production de la strate herbacée en année normale sur le site est de 18 kg/ha.

Taux d'azote d'un kg de matière sèche de fourrage en fin croissance (P50%) = 6,7 g.

La production de biomasse par rapport à la disponibilité de N du site en année normale est de

$$1000 \times 18/6.7 = 2687 \text{ kg/ha.}$$

2. Standardisation de la production de biomasse de 1992

Biomasse herbacée = 3798 kg/ha fin de croissance

Teneur en azote mesurée = 5, g kg⁻¹ MS

$$Nm = 5/1000 \times 3798 = 21 \text{ kg ha}$$

Contribution des légumineuses 1992 = 4 % différent de 5 % (situation en année normale) d'où calcul du Ni (N intermédiaire).

$$Ni = Nm - (L/100 - 0,05) \times B \times [N]L \times (C/100 \times 10^{-3})$$

$$L = 4 \%$$

$$B = 3798$$

$$[N]L = \text{taux d'N des légumineuses (g kg)} = 20 \text{ (valeur estimée)}$$

$$C = 75 \%$$

$$Ni = 21 - (0,04 - 0,05) \times 3798 \times 20 \times 0,75 \times 10^{-3} = 21,57$$

$$Ni = 21,57 \text{ kg ha}^{-1}$$

La pluviométrie de 1992 = 748 mm

Le Ni est alors standardisé en fonction de la pluviosité d'une année normale (750 mm).

$$NS = F_{50}/F_{am} \times Ni$$

F₅₀ : fraction d'azote dans la biomasse aérienne de la strate herbacée (Nb) correspondant à la profondeur d'humidification pendant une année moyenne.

F_{am}: fraction d'azote à la profondeur d'humidification dans l'année de prise de mesure (année 1992).

Calcul F 50 (année normale).

$$I = 450 \text{ mm}$$

$$H = 0,014(37 - 0,35 \text{ TS})$$

$$\text{TS} = \text{taux stable} = 60 \%$$

$$H = 0,014(37 - 0,35 \times 60) = 0,22$$

$$\text{Pour } H = 0,22 ; a = 0,35 \text{ (Fig. II.5)}$$

Profondeur d'humidification

$$\text{prh} = a(I - 69)/1,15$$

$$= 0,35 (450 - 69)/1,15 = 116 \text{ cm}$$

$$\text{La fraction F 50 pour prh} = 116 = 0,82 \text{ (Fig. II.7)}$$

Calcul F am (année de mesure).

$$I = 748 \times 0,6 = 449 \text{ mm.}$$

$$H = 0,22 \Rightarrow a = 0,35$$

$$\text{prh} = 0,35(449 - 69)/1,15 = 116$$

$$\text{F am pour prh} = 116 = 0,82$$

L'azote standardisé s'obtient comme suit:

$$\text{NS} = \text{F50}/\text{F am} \times \text{Ni} = 0,77/0,77 \times \text{Ni} ; (\text{F50} = \text{F am}).$$

$$\text{NS} = \text{Ni} = 21$$

La biomasse standardisée devient alors:

$$\text{B} = 1000 \text{ NS}/[\text{N}] = 1000 \times 21/6,7 = 3100.$$

En 1992, la production mesurée sur PO est de 3798 kg et la production pour une année moyenne de l'ordre de 3100 kg.

PERIODE ACTIVE DE VEGETATION A CINZANA 1991-1994

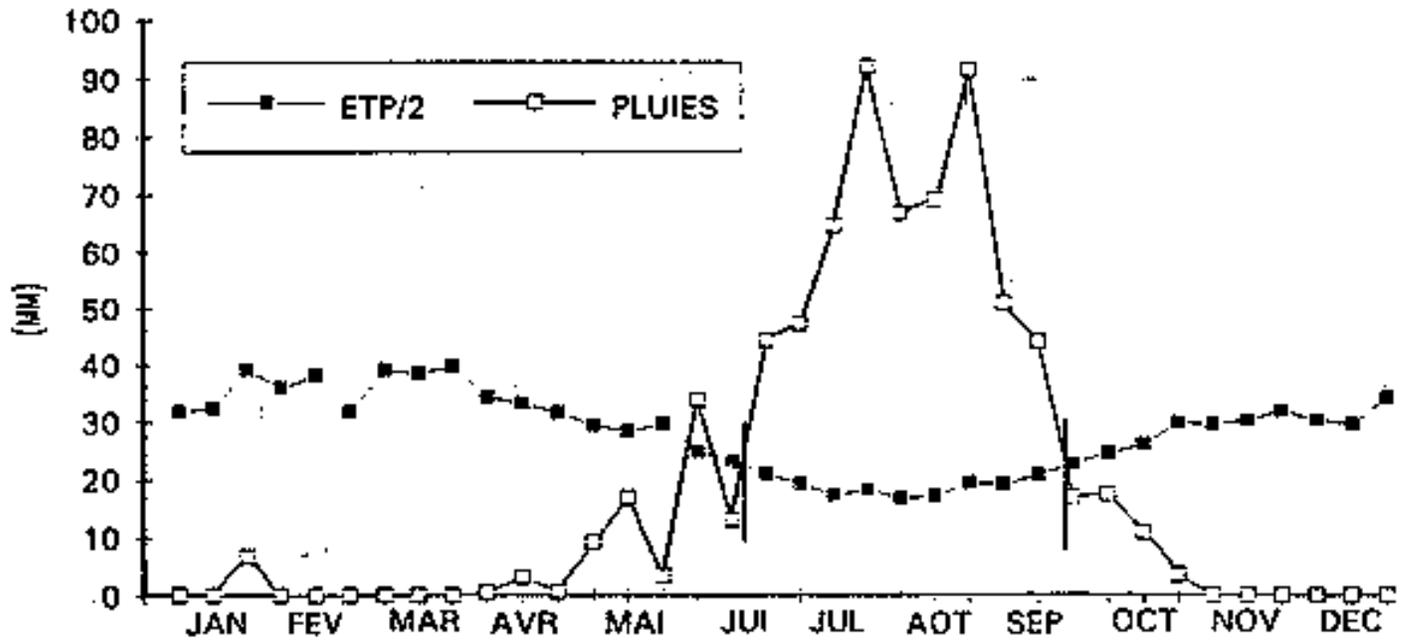


Figure 1. Période active de végétation à Cinzana (1991-1994) représentée par la partie hachurée.

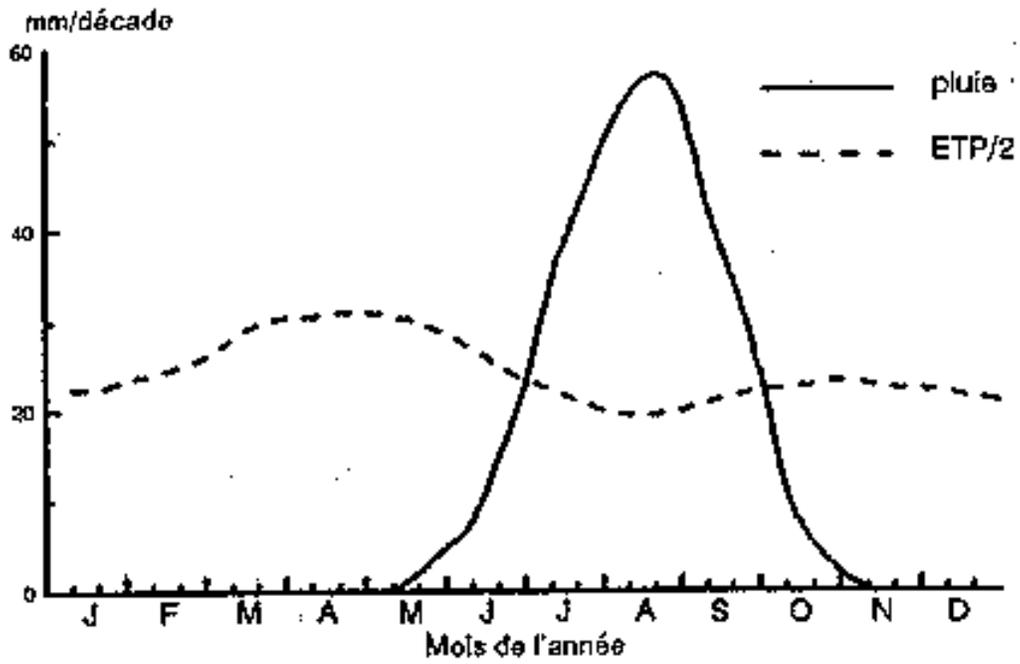


Figure 2. *Période active de la végétation dans la partie Sud du Sahel (500-700 mm).
La saison de croissance principale a été hachurée.*

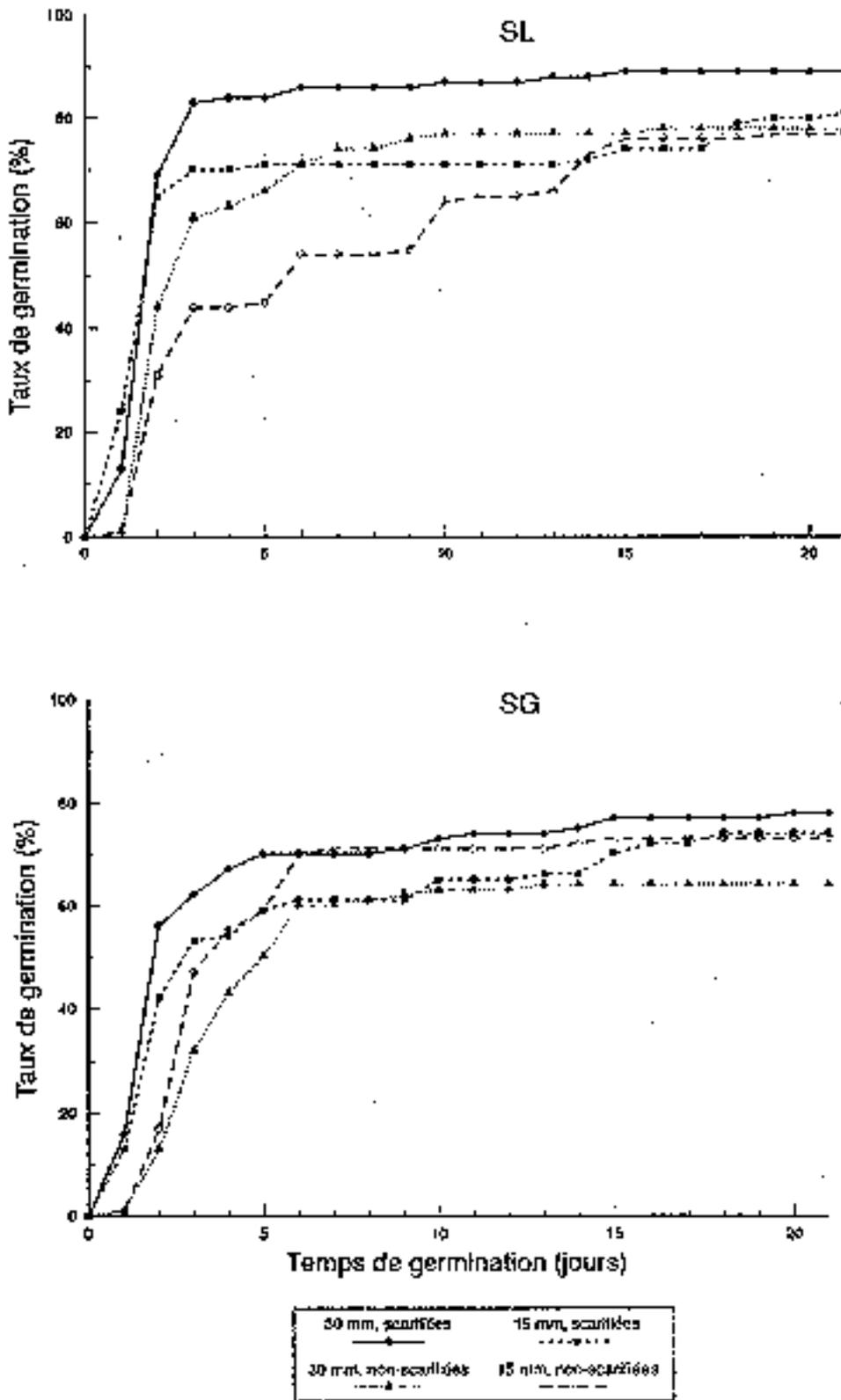


Figure 4. Courbes de germination dans le temps des semences scarifiées et non scarifiées sur substrat sable limoneux (SL) et sable grossier (SG). Les courbes sont également en fonction des hauteurs de pluies appliquées (séquences de 30 mm et 15 mm). Les taux de germination sont exprimés comme fraction en % des graines viables semées.

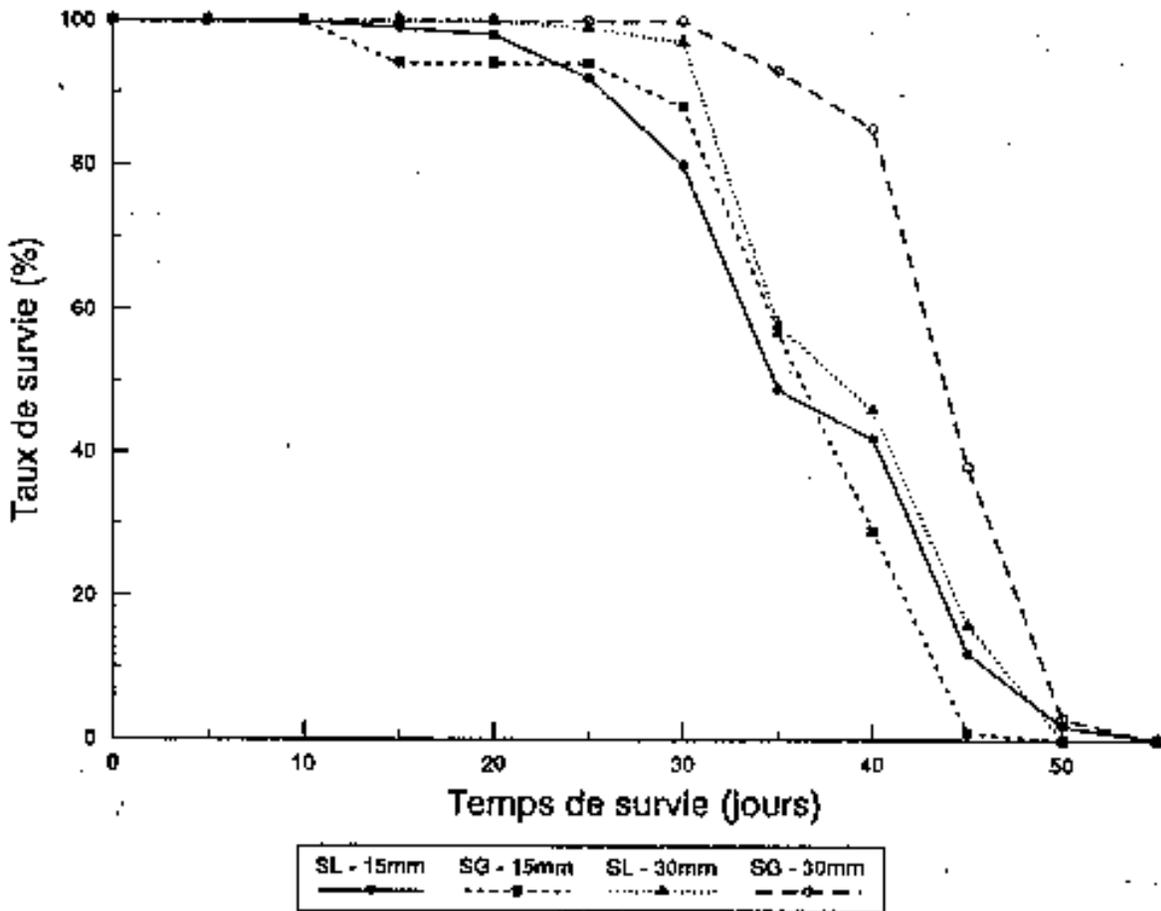


Figure 5. Courbe de survie des plantules sur sable grossier (SG) et sable limoneux (SL) en fonction des hauteurs de pluies reçues lors de la germination (15 et 30 mm).

pluviométrie journalière à GAZANA

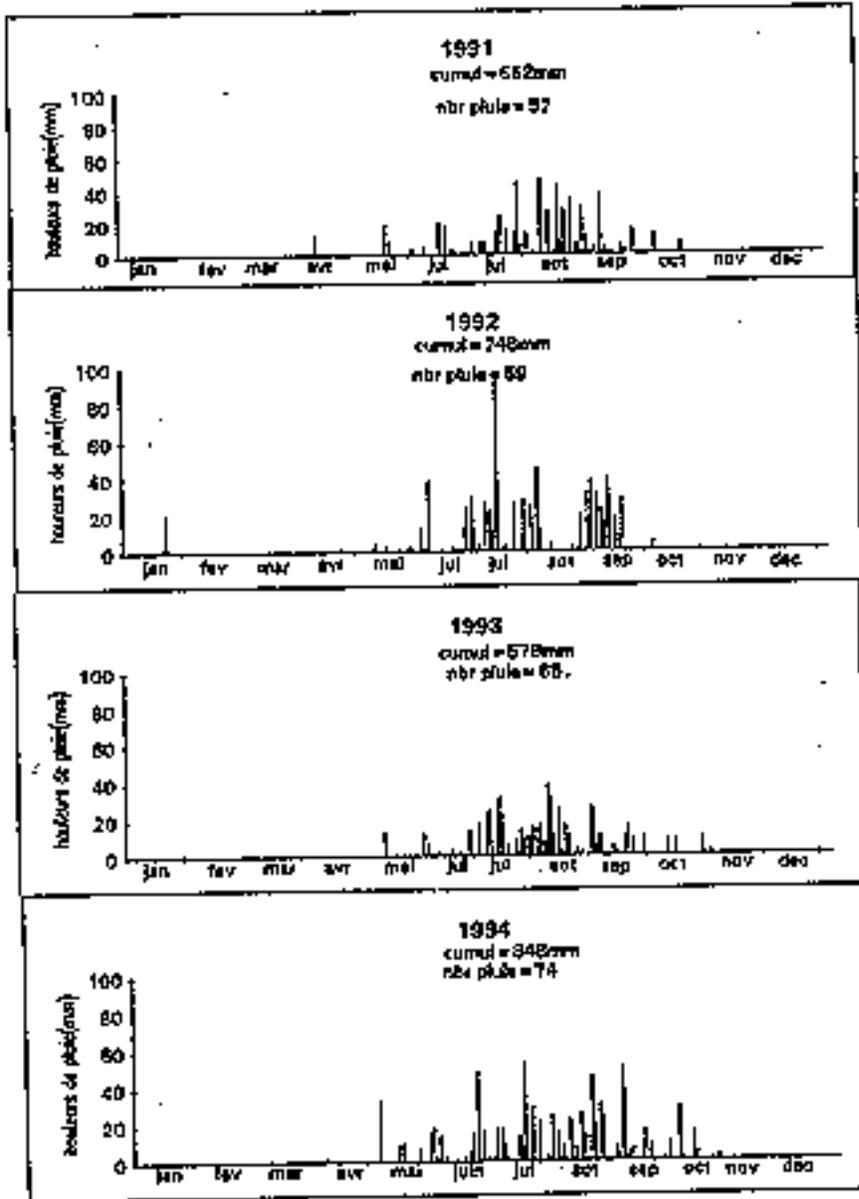


Figure 6. Editions journalières de pluie et pluviométrie annuelle (mm an⁻¹) du site du parcours amélioré.

pluviométrie journalière à cinzana

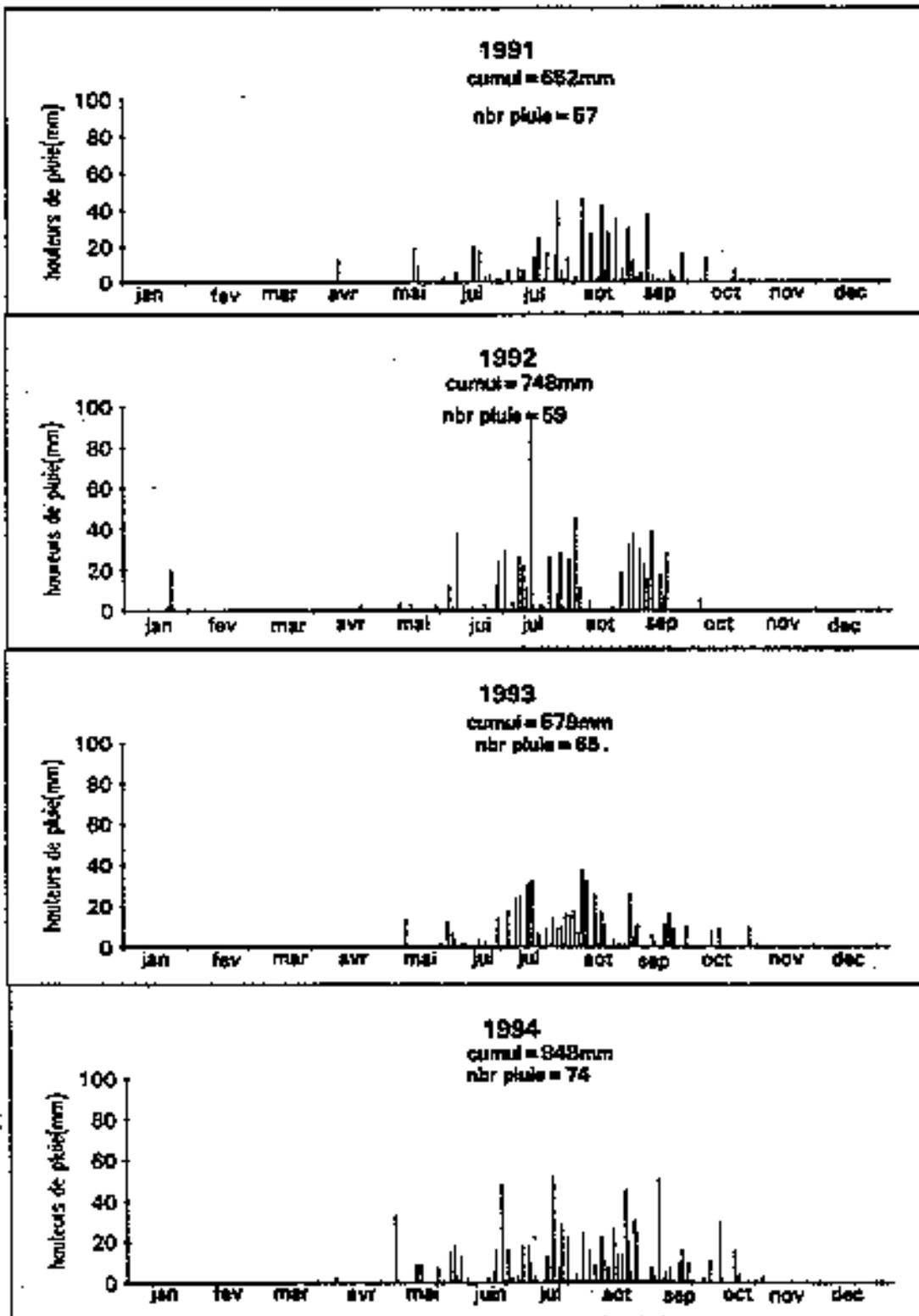


Figure 6. Editions journalières de pluie et pluviométrie annuelle (mm an^{-1}) du site du parcours amélioré.

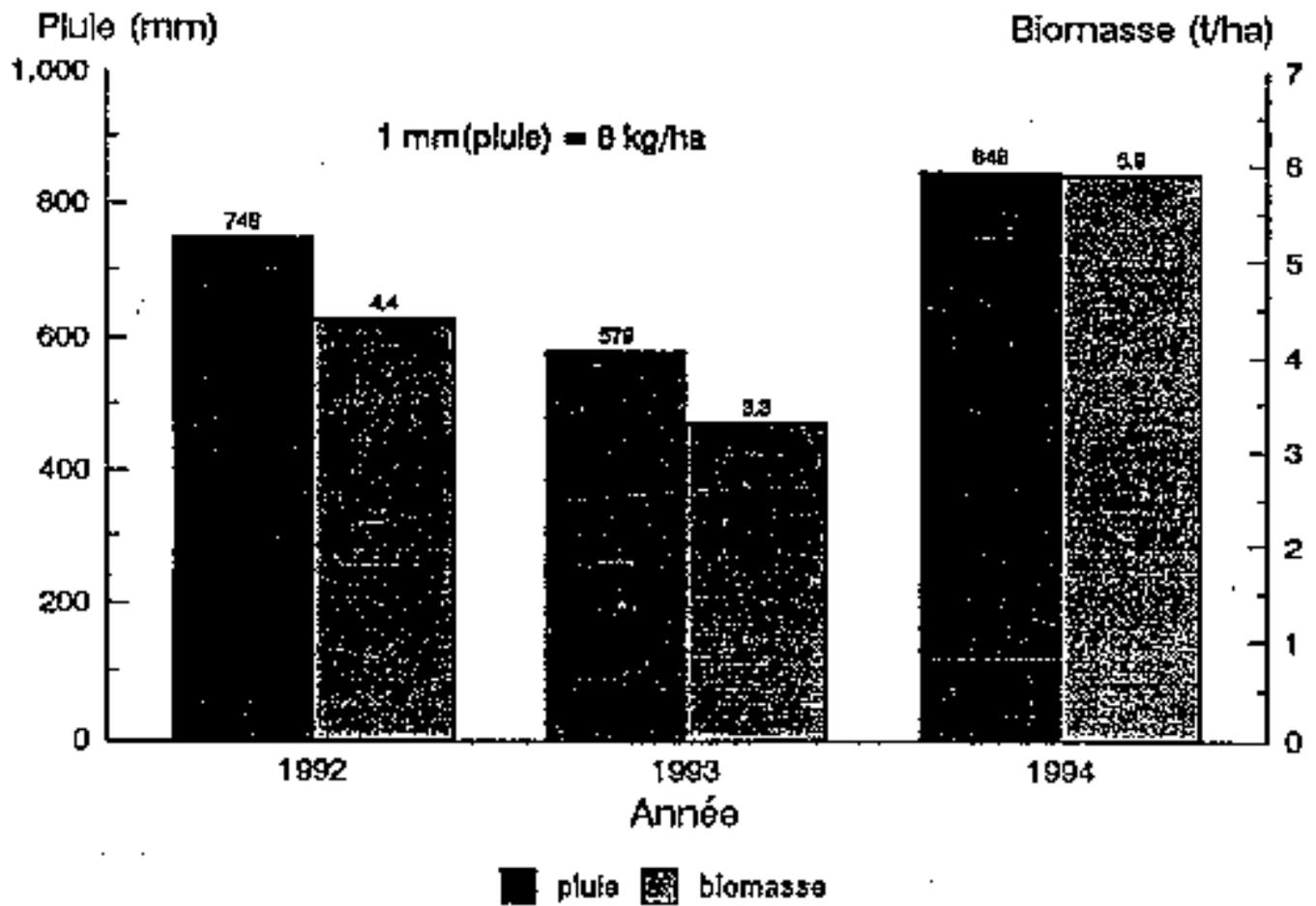


Figure 7. Production de biomasse ($t\ ha^{-1}$) et pluviométrie annuelle (mm).

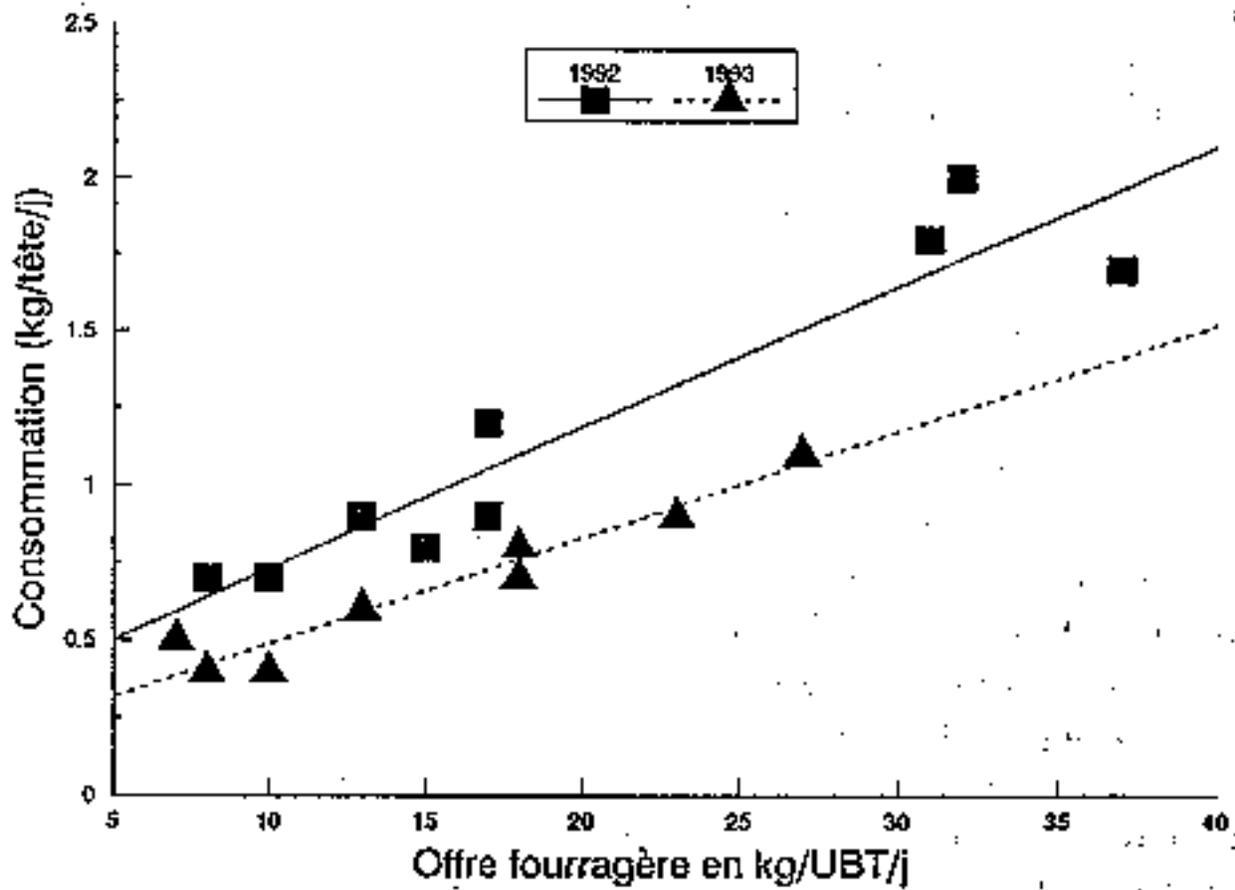


Figure 8. Relation entre offre fourragère de matière sèche ($\text{kg UBT}^{-1} \text{j}^{-1}$) et consommation ($\text{kg MS tête}^{-1} \text{j}^{-1}$).

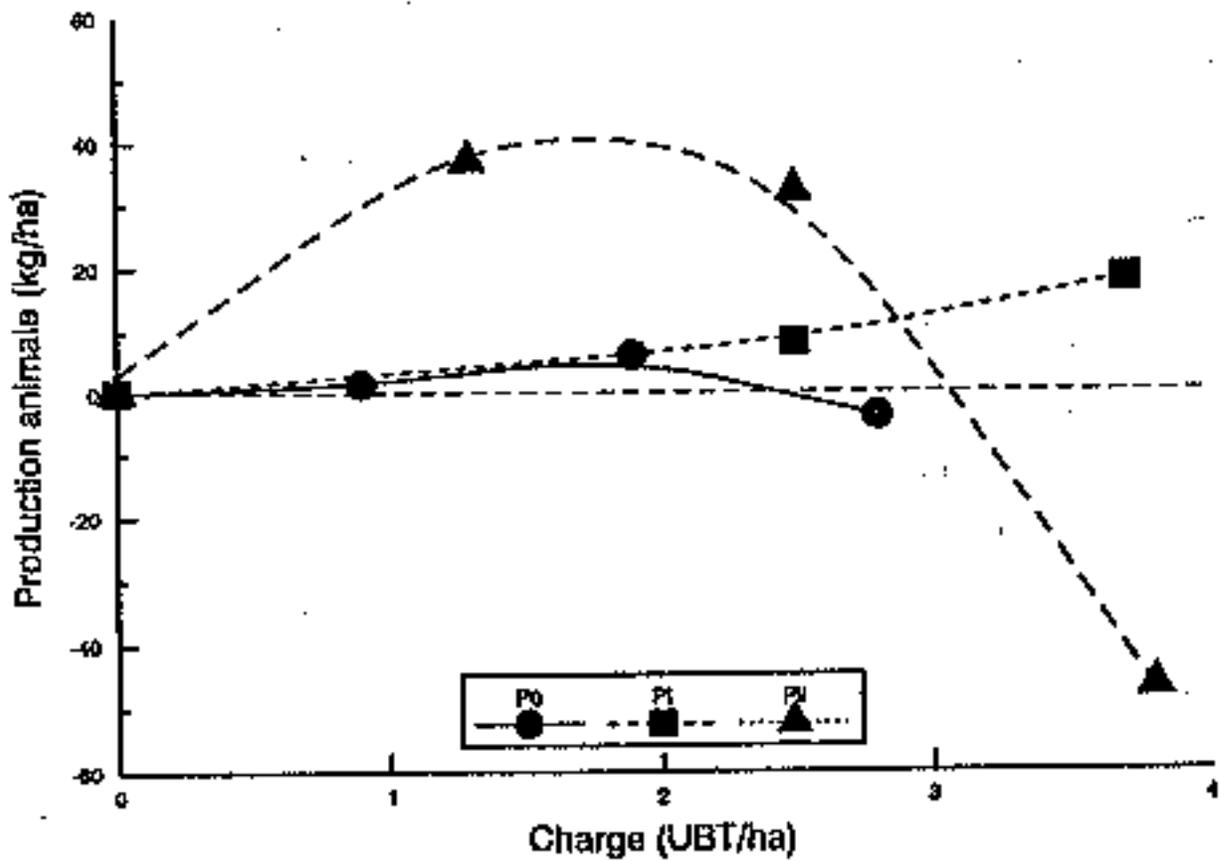


Figure 9. Production animale ha^{-1} (en kg de poids vif) des 3 parcours en 1992.

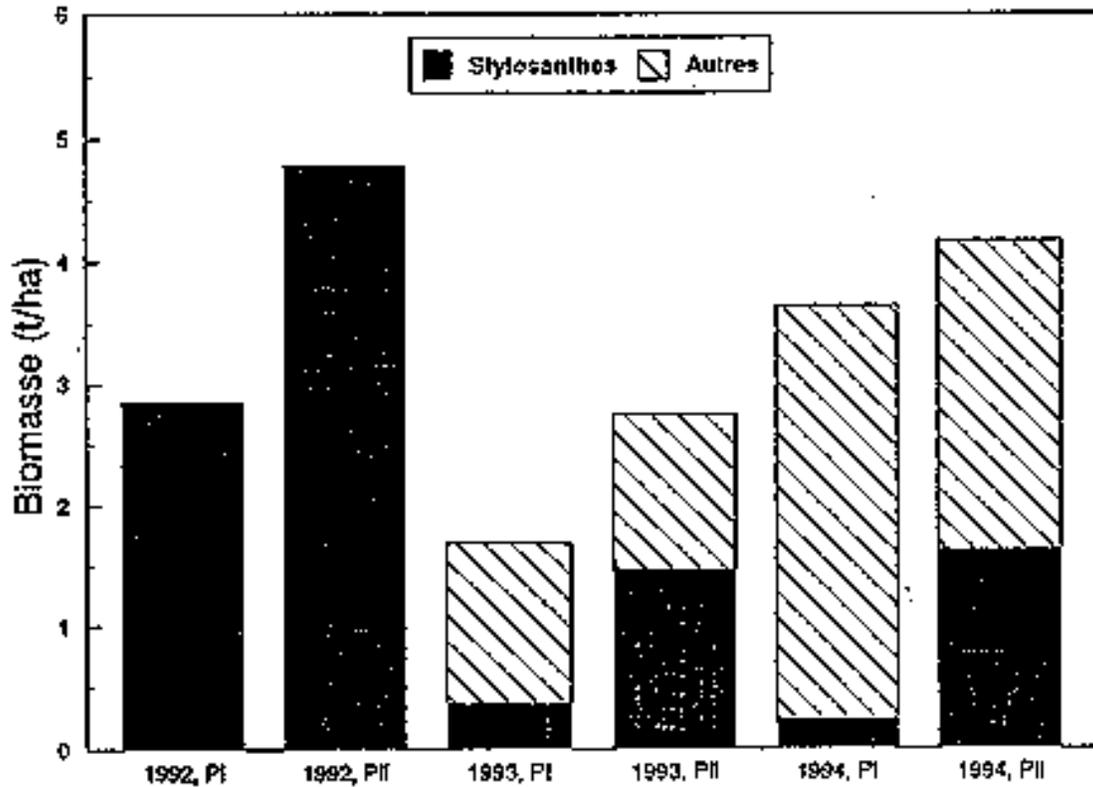


Figure 12. Evolution interannuelle de la biomasse totale et celle de Stylosanthes hamata dans la parcelle PI (exploitée au moment de la floraison-fructification et dans la parcelle PII (exploitée après fructification).

Pluviométrie journalière au Ranch de Niono.

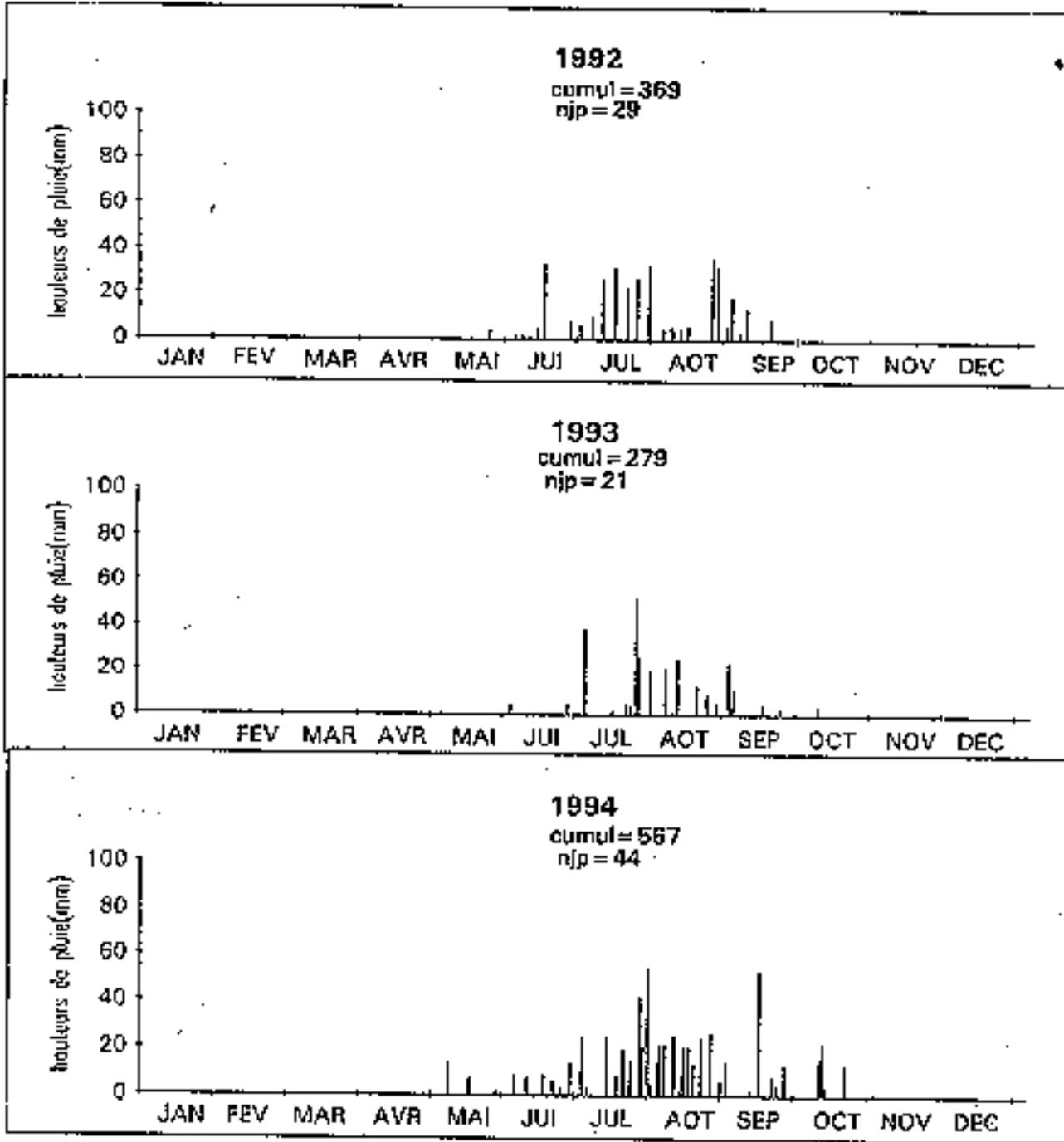


Figure 10. Editions journalières de pluies (mm) et pluviométrie annuelle (mm an⁻¹) du site de la banque.

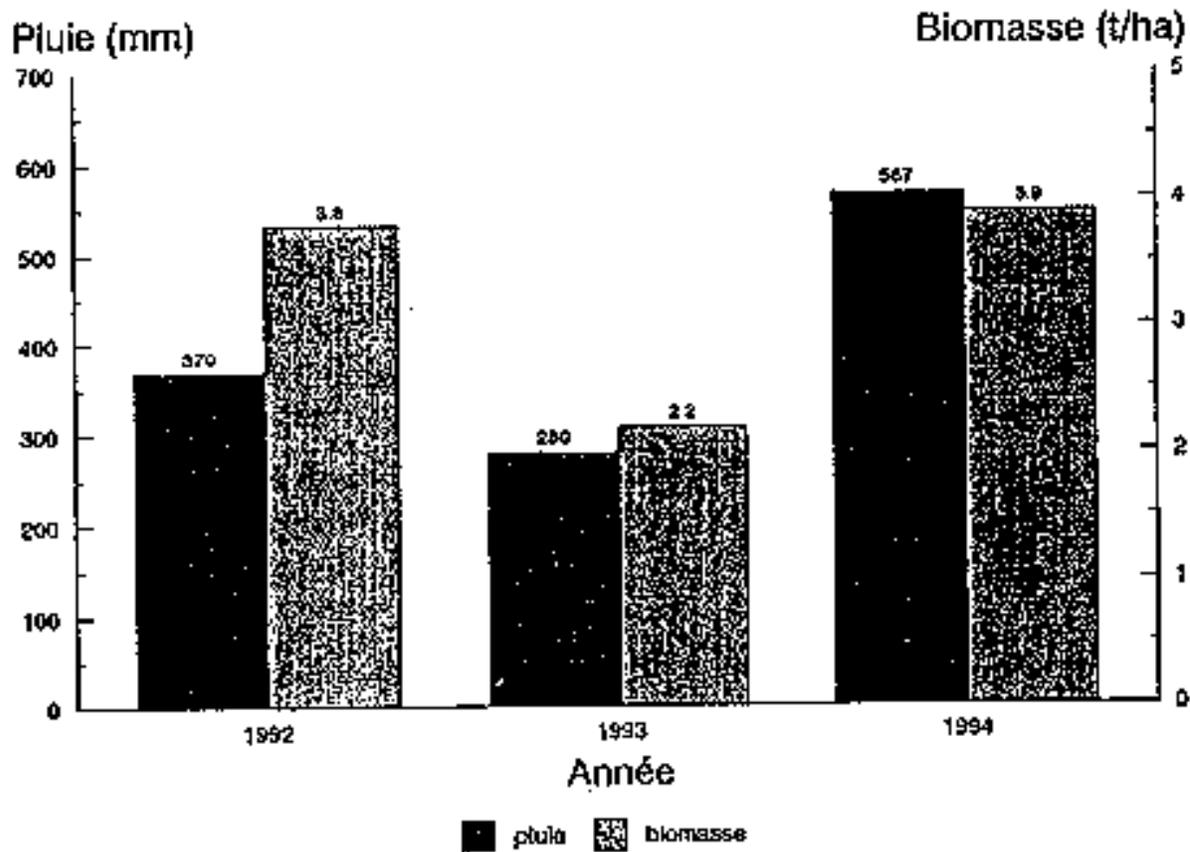


Figure 11. Quantité de pluie (mm an^{-1}) et rendement de matière sèche (t ha^{-1}) de la banque pendant chacune des années d'observation.

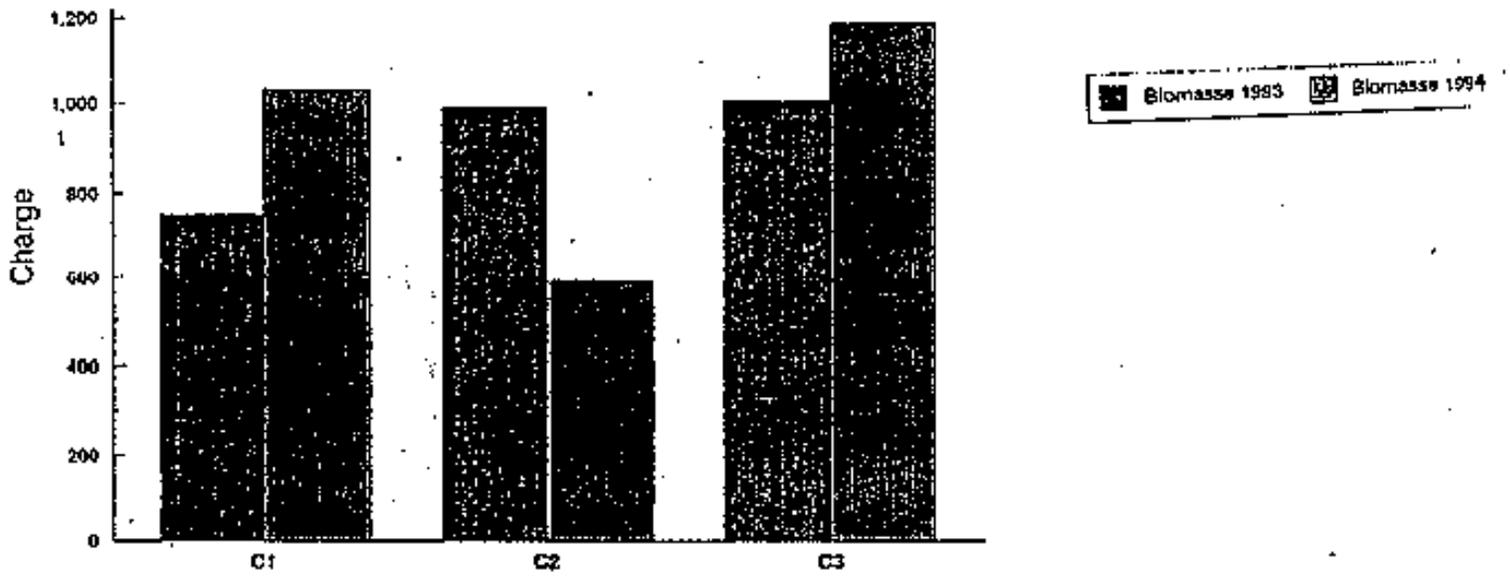


Figure 13. Evolution de la biomasse du Stylo (kg ha^{-1} de MS) de 1993 à 1994 dans les sous-parcelles C1 et C3 soumises à la pâture précoce en 1994 par rapport aux sous-parcelles témoin C2.

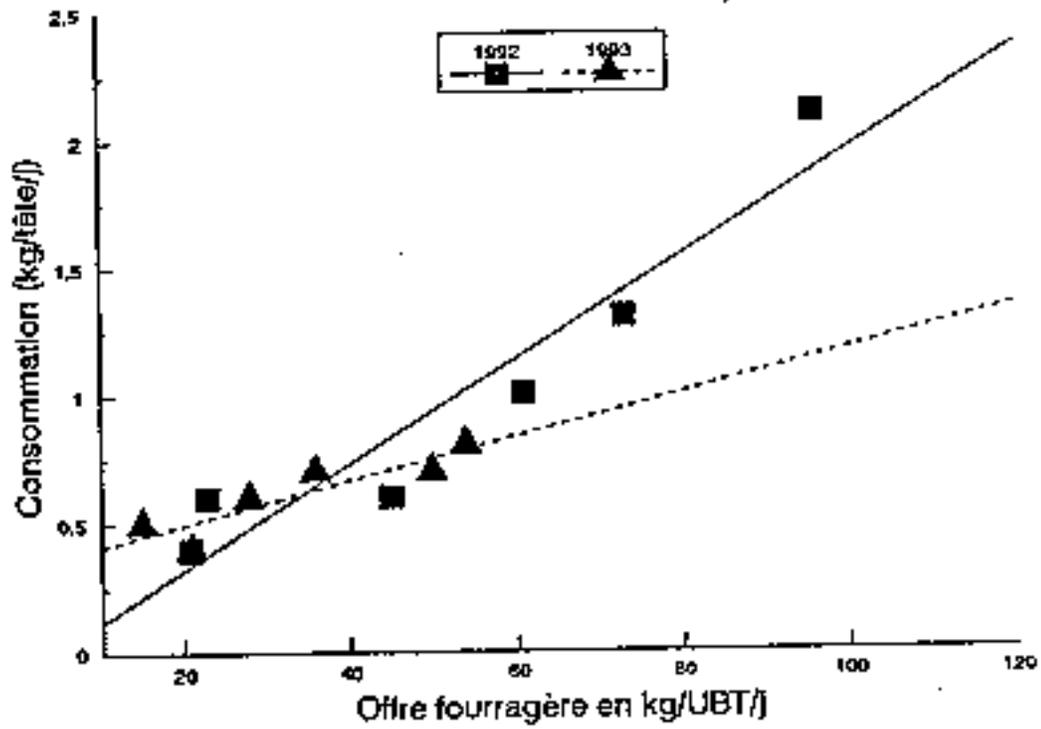


Figure 14. Relation entre offre fourragère (kg UBT¹ j⁻¹) et consommation de MS (kg t⁻¹ j⁻¹).

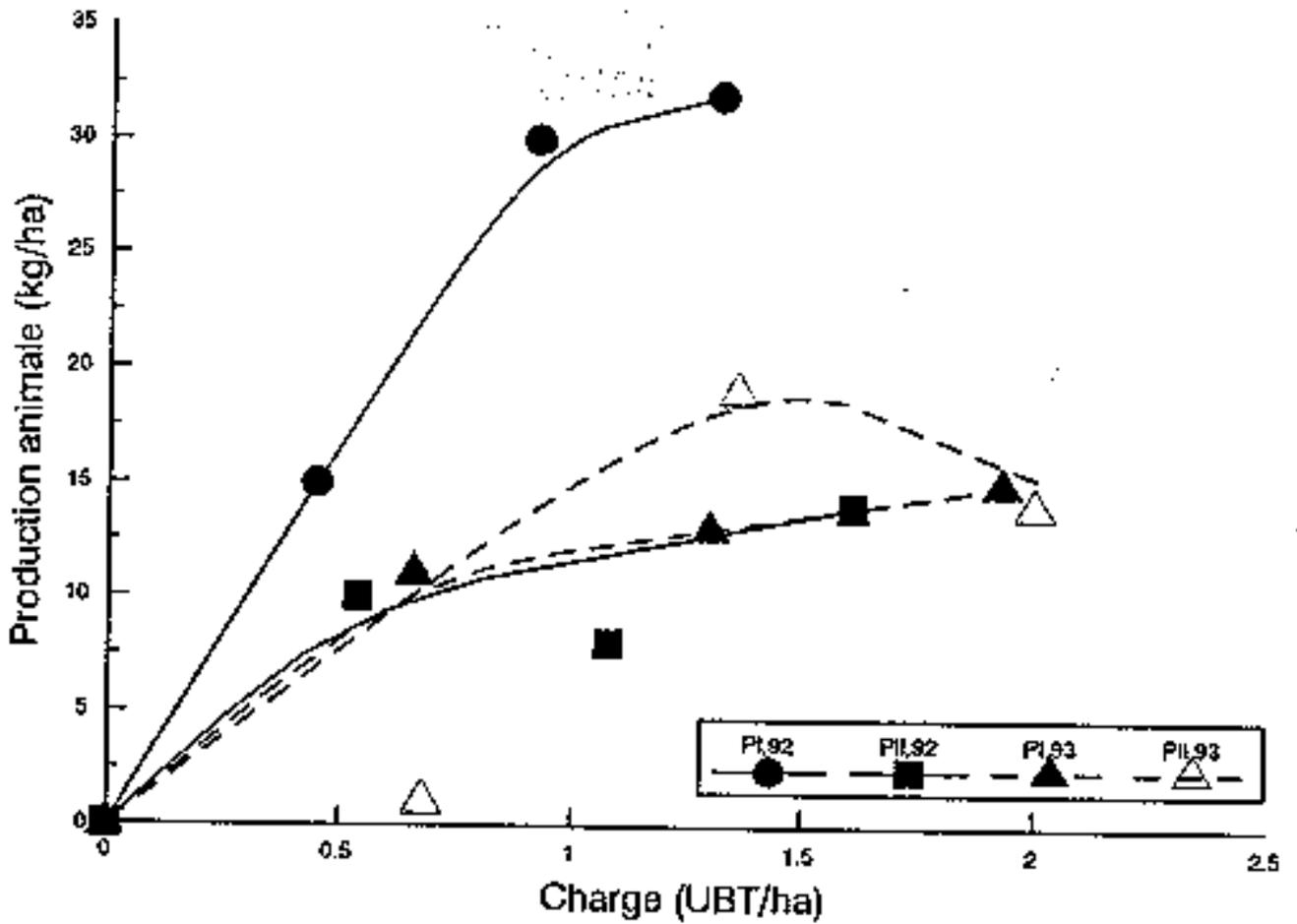


Figure 15. Production animale par ha (en kg de PV) de la banque en fonction des années et des périodes d'exploitation.