

## 22

# Analyse spatiale de la pression animale comme facteur de désertification dans le nord du Sénégal

YVES PRÉVOST

*Projet SEN/84/X09, Création d'un Centre de suivi écologique (CSE), B. P. 154, PNUD, Dakar, Sénégal, téléphone : 221-32-54-94, télécopieur : 221-32-05-33*

### Résumé

Le CSE a utilisé à la fois des données satellitaires et des décomptes de bétail effectués au moyen d'un avion léger pour évaluer la pression de pâture exercée sur le fourrage disponible.

Un indice de végétation pour les saisons de croissance 1987, 1988 et 1989 a été calculé en cumulant les images composées décennales NDVI NOAA/AVHRR. Une carte numérique de la production végétale sur l'ensemble du Sénégal a été produite à partir de la droite de régression entre l'indice de végétation cumulé et les biomasses herbacées et foliaires prélevées au niveau des sites de contrôle au sol implantés en zone pastorale.

Des décompte du bétail ont été effectués au moyen de vols systématiques de reconnaissance (VSR) pendant les saisons sèches 1988 et 1989. Compte tenu de la grande variabilité des valeurs, il s'est avéré nécessaire de regrouper les observations à l'échelle des départements pour obtenir des résultats fiables.

La production végétale moyenne a été calculée pour chaque département et transformée en une capacité de charge potentielle à l'aide des paramètres zootechniques classiques. Un indice de la pression animale a été établi par le ratio entre la charge estimée par les enquêtes aériennes et la charge potentielle théorique pour chaque département. Cette démarche suppose une faible mobilité du bétail pendant la saison sèche.

Les résultats montrent qu'en année de pluviométrie moyenne, la zone pastorale serait généralement sous-pâturée, alors que la pression animale serait beaucoup plus élevée en zone agricole.

Ces résultats ne remettent pas en question les constats de modifications profondes dans la composition du couvert herbacé et de régression de la strate ligneuse aux abords immédiats des forages. Cependant, ils conduisent à nuancer certaines déclarations alarmistes concernant l'état de dégradation des écosystèmes pastoraux de la zone sahélienne sénégalaise.

## 1 Introduction

Cette présentation est un commentaire sur le rôle de l'élevage dans la dynamique des zones sahéliennes, à la lumière d'informations recueillies au Sénégal depuis 1980.

Les discussions concernant l'évolution des écosystèmes pastoraux sahéliens sont centrées autour de l'idée d'une désertification progressive provoquée par l'action de l'homme, en particulier au travers de l'élevage extensif. Cette conception a été en premier avancée par Aubreville (1949); certains auteurs sont allés jusqu'à attribuer l'extension historique du Sahara, au cours des derniers millénaires, à son exploitation pastorale. Les travaux de Lamprey (1975) au Soudan ont établi l'existence d'un processus de désertification qui se traduirait par une avancée du désert de 5-6 km par an. Les recherches entreprises par Ibrahim (1984) ont explicitement lié la désertification dans le nord du Soudan à un surpâturage généralisé.

Le concept de désertification a été formalisé lors de la conférence de Nairobi en 1977. Depuis ce moment, la désertification du Sahel a été élevée au niveau d'un quasi-dogme qui a servi à justifier une part importante de l'industrie de l'aide internationale dans cette région où la lutte contre la désertification est désormais présentée comme un cadre de développement.

Sans nier son utilité, des travaux récents remettent en question l'étendue de son applicabilité au Sahel, compte tenu de l'insuffisance de données fiables (Warren et Agnew, 1988; Nelson, 1988). Les travaux effectués au Soudan par Hellden (1984) et Olsson (1984) avaient déjà sérieusement remis en question les conclusions de Lamprey mentionnées ci-dessus.

Les résultats présentés dans cette communication sont le fruit de travaux effectués par le projet de Création d'un Centre de suivi écologique (OPS/UNSO) et font suite à ceux du Projet pilote d'inventaire et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahéliens (FAO [Food and Agriculture Organisation] : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture; PNUE : Programme des Nations unies pour l'environnement). Ils permettent d'apprécier, sur la base d'une évaluation de la production végétale et de la charge animale, l'importance de la pression animale et son impact sur l'évolution des écosystèmes pastoraux.

## 2 L'estimation de la production végétale

### 2.1 Que peut-on mesurer?

Avant d'aller plus loin, il convient de définir certains concepts pour éviter tout malentendu. Tout d'abord, il faut distinguer la production de végétation (en kg de matière sèche par hectare), expression conjoncturelle des potentialités d'un écosystème, du potentiel de production. Ainsi, l'augmentation de la production végétale dans le Sahel, paramètre hautement variable, ne signifie pas nécessairement l'augmentation des potentialités de la

terre : une forte production induite par une augmentation de la pluviométrie peut temporairement masquer un appauvrissement progressif des sols. L'étude de la dégradation des écosystèmes sahéliens exige que l'on détermine leur productivité en prenant en compte les principaux facteurs qui la déterminent, notamment la pluviométrie et le bilan hydrique effectif, le type et l'état des sols. Il importe également de considérer la qualité de la végétation produite, ce qui équivaut en grande partie à la composition floristique. On peut éventuellement imaginer un modèle de production primaire qui permette, à partir d'une connaissance d'un nombre limité de paramètres, de prévoir la production de la végétation en quantité et en qualité. Mais, à l'état actuel des connaissances, un tel objectif est utopique. Ceci dit, la mesure de la production des écosystèmes sahéliens constitue un indicateur utile de leur état.

## 2.2 L'indice de végétation par la différence normalisée (NDVI)

Le Centre évalue la production végétale en fin d'hivernage au Sénégal depuis 1987, selon la méthode élaborée par le groupe GIMMS du Goddard Space Flight Center de la NASA au début des années 1980. Les principes sont connus :

- images composées décennales d'indice de végétation par la différence normalisée (NDVI);
- calcul d'un indice de la production totale de matière verte par le cumul des indices décennales pendant la période de croissance (dans notre cas 11 décades de fin juin à début octobre);
- calibrage en fin de saison des pluies de l'indice cumulé par la biomasse sur pied, y compris la biomasse foliaire des arbres (Diarra et Hiernaux, 1987; Hiernaux et Justice, 1986), collectée de manière représentative au niveau d'un nombre limité de sites de contrôle au sol en zone pastorale (fig. 1).

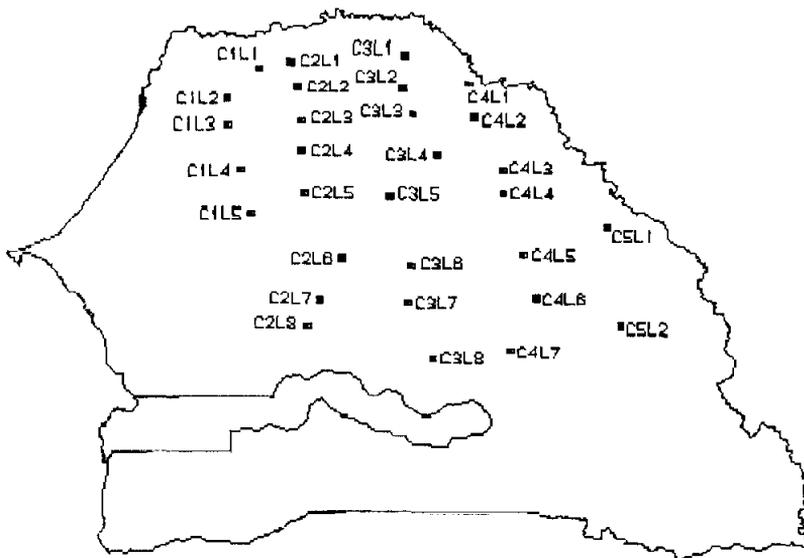


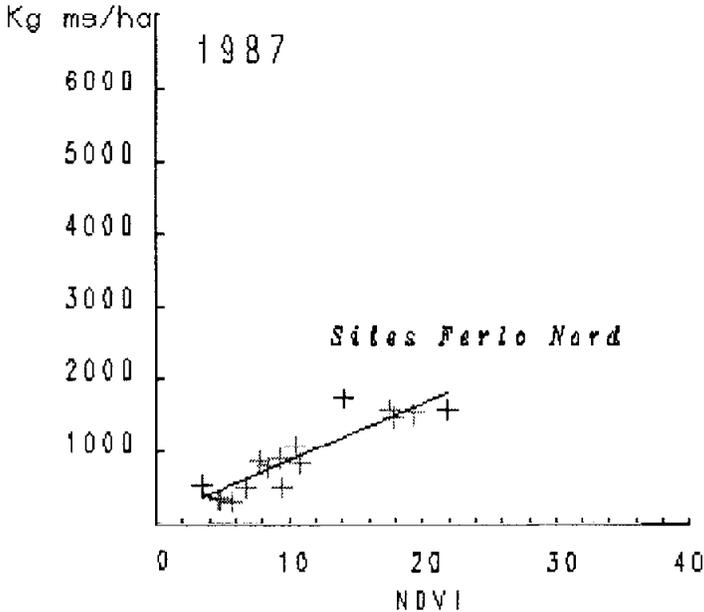
Figure 1. Carte du Sénégal avec l'emplacement des sites de contrôle au sol

Il faut noter que l'approximation de la production végétale totale par la mesure plus facile de la biomasse sur pied introduit une erreur due au dépérissement de la végétation ou à son utilisation. Il faut aussi signaler que l'extrapolation sur les zones agricoles (ouest du Sénégal) et forestières (sud du Sénégal) n'est pas rigoureusement correcte et que ces zones devraient faire l'objet de calibrage propre.

Les coefficients de corrélation obtenus pour 1987, 1988 et 1989 sont globalement satisfaisants, en particulier si la biomasse foliaire est prise en compte (tableau I). Cependant, les coefficients de régression sont significativement différents d'une année à l'autre. La relation biomasse au sol — indice de végétation est moins bonne pour les sites du nord du Ferlo où la production estimée est inférieure à 2 tonnes de matière sèche par hectare (fig. 2a, b et c). D'autres facteurs non encore maîtrisés influent donc sur la production végétale.

**Tableau I.** Coefficients de corrélation  $r^2$  entre l'indice de végétation cumulé et la biomasse sur pied aux sites de contrôle au sol

Année	Zone	Degrés de liberté	Biomasse herbacée		Biomasse totale	
			$r^2$	$P$	$r^2$	$P$
1987	nord du Ferlo	15	0,65	<0,001	0,82	<0,001
1988	nord du Ferlo	15	0,03	ns	0,13	ns
1988	tous les sites	25	0,59	<0,001	0,66	<0,001
1989	nord du Ferlo	15	0,46	<0,01	0,40	<0,01
1989	tous les sites	27	0,75	<0,001	0,76	<0,001



**Figure 2a.** Droites de régression entre l'indice de végétation cumulé sur 11 décades et la biomasse sur pied aux sites de contrôle au sol en 1987

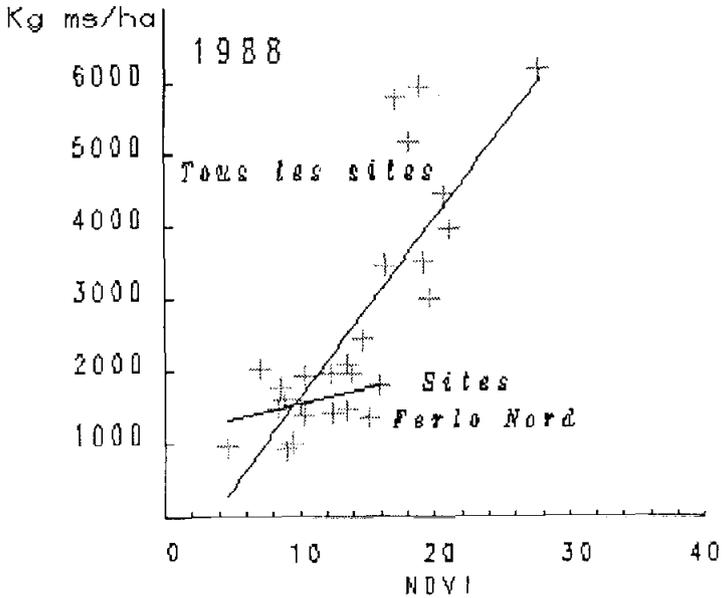


Figure 2b. Droites de régression entre l'indice de végétation cumulé sur 11 décades et la biomasse sur pied aux sites de contrôle au sol en 1988

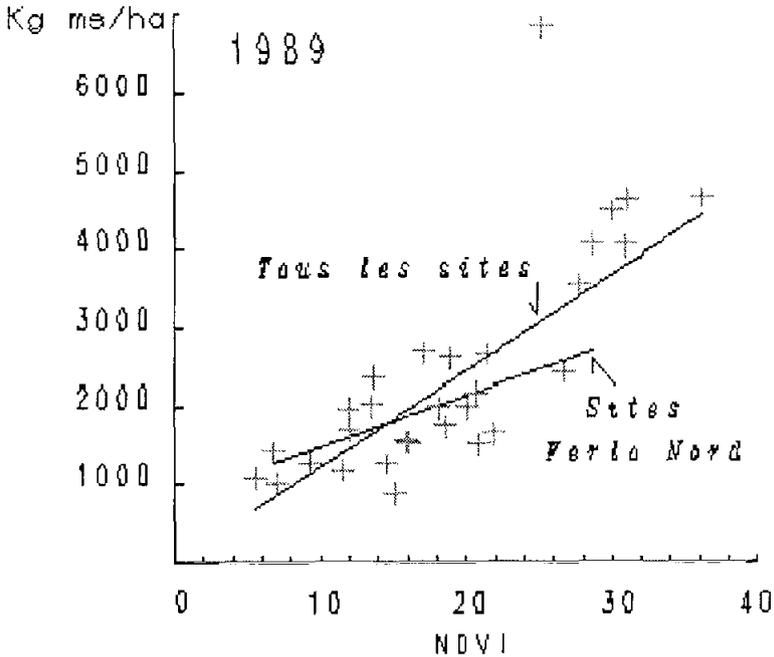


Figure 2c. Droites de régression entre l'indice de végétation cumulé sur 11 décades et la biomasse sur pied aux sites de contrôle au sol en 1989

La figure couleur 22-3 montre l'évolution de la production estimée depuis 1981. On constate une baisse marquée de 1981 à 1984 qui aboutit en 1984 à une production inférieure à 500 kg de matière sèche par hectare sur tout le nord du Ferlo. Le Centre ne dispose pas de données calibrées pour 1985 et 1986. Depuis 1987, on note une nette reprise de la production végétale, particulièrement en 1988 et 1989, mais la localisation des maxima de production ne coïncide pas pour ces deux dernières années.

Cette reprise de la production est rassurante parce qu'elle suppose une résilience de la brousse plus élevée que ce que l'on avait pensé en 1984. Ceci signifie que soit le stock semencier n'a pas été épuisé au cours des années de sécheresse, soit il s'est reconstitué rapidement à partir de 1985. Mais cette augmentation de la production végétale n'indique pas nécessairement une augmentation du potentiel, tout comme l'absence de production en 1984 ne traduisait pas nécessairement sa diminution de 1981 à 1984. Il faudra pour se prononcer que les chercheurs étudient plus en profondeur et en station les relations empiriques qui déterminent la production.

### 3 L'estimation des effectifs du bétail

L'estimation des effectifs du bétail est souvent difficile, compte tenu de la réticence des éleveurs à révéler leurs richesses et des moyens limités des services d'encadrement. Les chiffres officiels sont fréquemment douteux ou même erronés. Par ailleurs, les déplacements saisonniers ou exceptionnels du bétail rendent complexes sa localisation et son estimation.

Le Centre a estimé les effectifs du bétail au moyen d'enquêtes aériennes selon la méthode des vols systématiques de reconnaissance (VSR). Le principe de cette méthode est un échantillonnage systématique d'une proportion connue de la zone d'étude, dont les résultats sont ensuite extrapolés à l'ensemble de la zone. La figure 4 montre le principe des fenêtres d'observation au sol, dont la largeur est fonction de l'altitude de l'avion. L'échantillonnage est effectué selon des lignes de vol équidistantes (5 ou 10 km). Les données sont collectées selon des unités d'observation de 30 ou 60 secondes et ramenées pour chaque unité d'observation à une densité par km<sup>2</sup> qui est ensuite attribuée à un carré UTM de 1 km de côté (fig. 5).

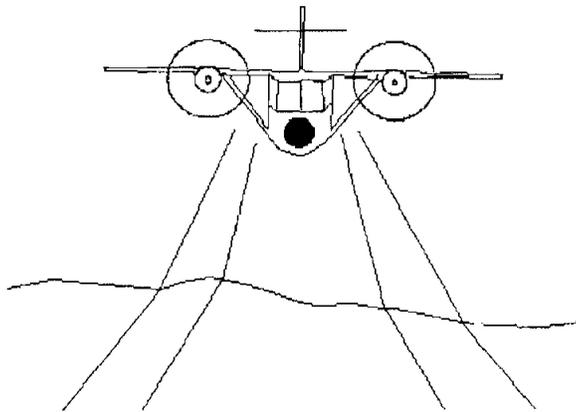
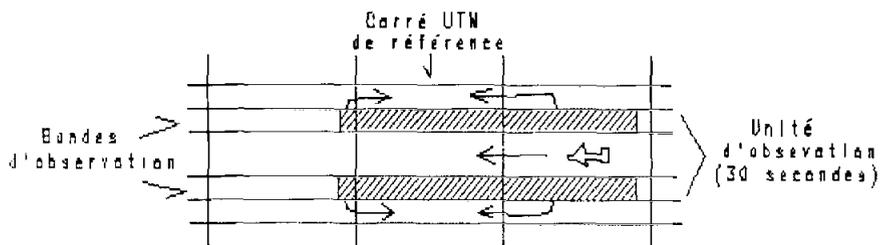
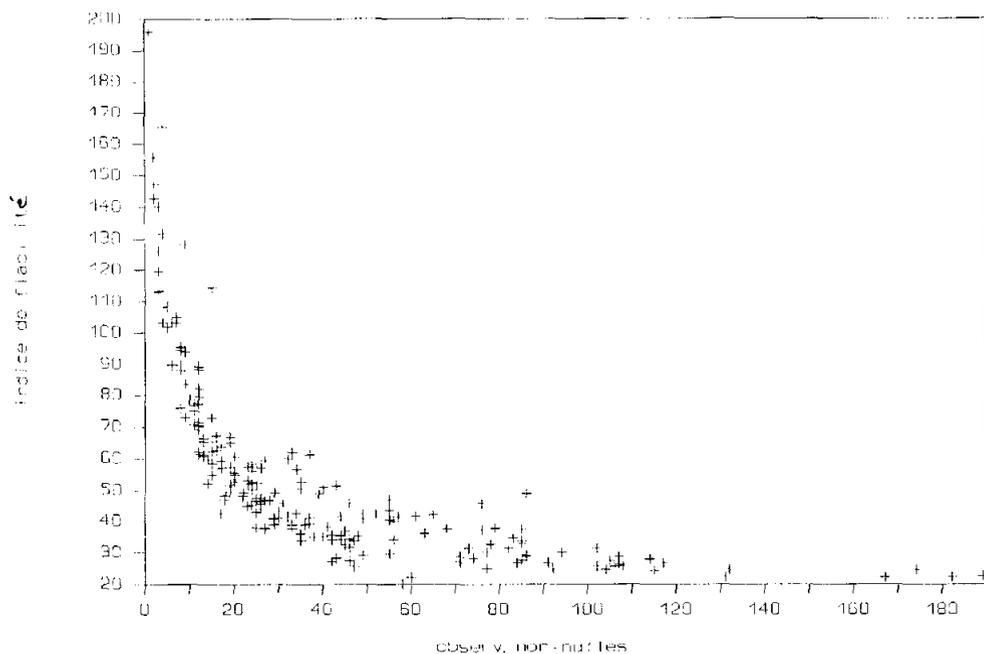


Figure 4. Principe des fenêtres d'observation de chaque côté de l'avion



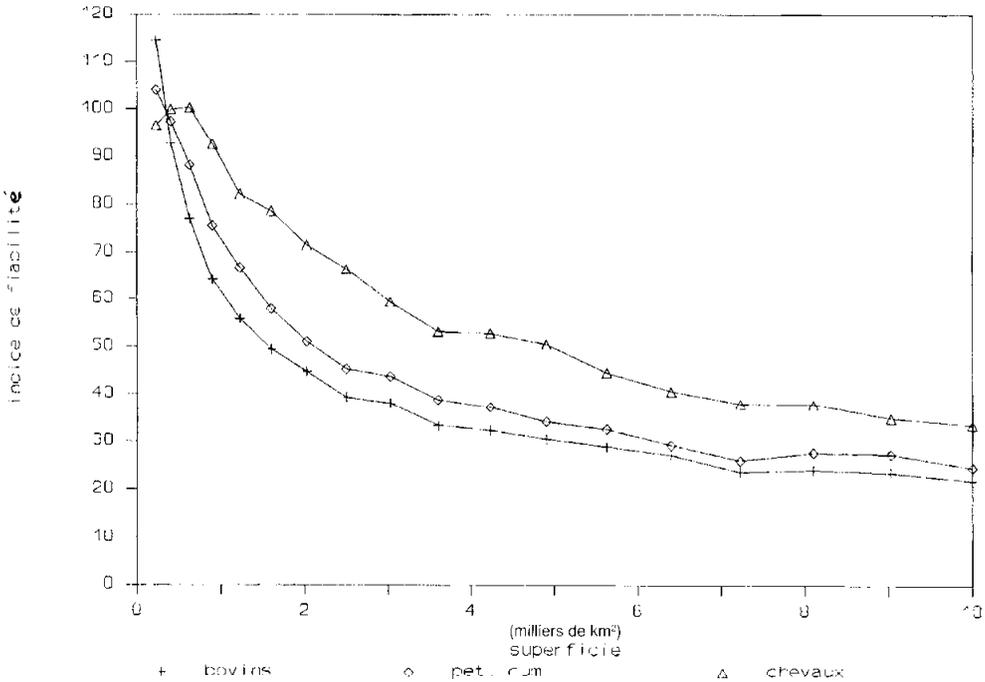
**Figure 5.** Principe des lignes de vol, des unités d'observation et de la localisation des unités d'observation par rapport à des carrés UTM de 1 km<sup>2</sup>

Nous avons utilisé comme indice de fiabilité des estimations le rapport entre l'intervalle de confiance à  $P = 0,05$  et la moyenne estimée de la densité. Cet indice dépend de trois facteurs essentiels : le nombre d'unités d'observations (fonction du temps de vol et de la durée des unités), le nombre d'observations non nulles et la distribution des valeurs observées. La corrélation entre le nombre d'observations non nulles et l'indice est particulièrement élevée (fig. 6) et semblable pour les différentes espèces.



**Figure 6.** Indice de fiabilité (intervalle de confiance/valeur moyenne) en fonction du nombre d'observations non nulles pour le cheptel toutes espèces confondues (bovins, petits ruminants, chevaux et ânes)

La figure 7 montre comment l'indice de fiabilité varie pour les différentes espèces (bovins, petits ruminants et chevaux) en fonction de la superficie couverte (enquête aérienne de 1989). On constate que jusqu'à 5 000 km<sup>2</sup> environ, les marges d'erreur demeurent supérieures à 30%, seuil de fiabilité fixé par le Centre.



**Figure 7.** Relation entre l'indice de fiabilité et la superficie des unités du découpage pour les bovins, les petits ruminants et les chevaux (résultats de l'enquête aérienne de 1989)

Pour cette raison, il nous est apparu imprudent d'utiliser les données des enquêtes aériennes pour des découpages dont la superficie est inférieure à plusieurs milliers de km<sup>2</sup>. Nous avons donc retenu le département comme unité de cartographie des densités du bétail. Heureuse coïncidence, la petite taille de certains départements est généralement compensée par une forte densité du bétail et par conséquent un nombre élevé d'observations non nulles, à cause précisément de leur forte densité humaine.

L'expérience du Centre montre que les enquêtes aériennes tendent à sous-estimer les effectifs des animaux dans les zones où ils s'attourent pour boire à des points d'eau comme les forages profonds. Cette sous-estimation serait de l'ordre de 15% dans le nord du Sénégal.

Le Centre a effectué quatre campagnes d'enquêtes aériennes depuis 1986. Nous n'évoquons ici que les campagnes de 1988 et 1989, les deux premières ayant eu comme objectif prioritaire la mise sur pied et la formation d'une équipe nationale d'observateurs.

L'enquête aérienne de 1989 a couvert la moitié nord du Sénégal, soit environ 109 000 km<sup>2</sup>. Les résultats de cette enquête diffèrent de ceux de la Direction de l'élevage par exemple pour les bovins et pour les petits ruminants.

L'intérêt des enquêtes aériennes réside dans le fait qu'elles utilisent la même méthode pour l'ensemble des départements couverts d'une année à l'autre. Cette uniformité, plus que l'exactitude des estimations, est sans doute le principal avantage de ces enquêtes puisqu'elle permet de situer clairement les différences entre départements et d'identifier les tendances interannuelles.

L'écart constaté entre les résultats obtenus laisse supposer que des déplacements saisonniers importants du bétail ont lieu entre certains départements. Nous formulons ici l'hypothèse que des animaux originaires du bassin arachidier séjournent pendant l'hivernage

dans la région de Louga. L'importance et les circuits de ces déplacements peuvent être testés par des enquêtes aériennes plus fréquentes, mais couvrant des zones plus réduites.

#### 4 L'estimation de la pression animale

La pression animale sur les ressources végétales a été calculée tout simplement en prenant le ratio entre la production végétale pendant l'hivernage et la charge animale, toutes espèces confondues, pendant la saison sèche suivante. Une densité pastorale par km<sup>2</sup> a été obtenue pour chaque département en additionnant la densité des différentes espèces en UBT (unité de bétail tropical) par km<sup>2</sup> sur la base des coefficients présentés au tableau II.

**Tableau II.** Coefficients servant à transformer la densité des différentes espèces en unité de bétail tropical

Espèce	Coefficient (UBT)
Bovin	0,7
Petit ruminant	0,12
Cheval	1,0
Âne	0,5
Dromadaire	1,0

Une carte de la production végétale en fin d'hivernage a été réalisée pour l'ensemble des départements en calculant la valeur moyenne de la production végétale pour les pixels compris dans chaque département.

La charge théorique par km<sup>2</sup>, ou capacité de charge, a été calculée pour chaque département en divisant la production végétale estimée par les besoins théoriques en matière sèche de fourrage d'une UBT dans une année. L'estimation de ces besoins fait intervenir trois paramètres : la consommation quotidienne (6,25 kg MS), le nombre de jours (270 ou 365) et le pourcentage de la végétation accessible au bétail (20% ou 30%). En fonction des paramètres choisis, les résultats peuvent être très différents. Nous avons choisi une combinaison qui évite les extrêmes, 365 jours et 30% de la végétation accessible au bétail.

La pression animale a ensuite été estimée pour chaque département en divisant la charge réelle par la charge théorique. Nous avons envisagé trois cas : 270 jours et 30% de la végétation accessible; 365 jours et 30% de la végétation accessible; 365 jours et 20% de la végétation accessible.

Cette démarche est partiellement erronée pour deux raisons au moins. En premier lieu, elle suppose que le bétail ne se déplace pas entre les départements pendant la saison sèche, alors qu'il est bien connu qu'une partie du cheptel effectue d'importants mouvements saisonniers. En deuxième lieu, elle ramène tous les types de végétation à une même valeur fourragère. Or, il est établi que les pâturages du sud du Sahel sont de moins bonne qualité, bien que plus fournis, que ceux du nord du Sahel. Par ailleurs, la végétation agricole n'est pas distinguée de la végétation naturelle, alors qu'une grande partie des sous-produits ne sont pas accessibles au bétail ou sont d'une faible valeur fourragère, comme par exemple dans le cas du mil souba.

Il reste que les résultats obtenus ne confirment pas la thèse de la surcharge généralisée dans la zone sylvo-pastorale. Il est même étonnant de constater la faible utilisation de la végétation dans la partie est de cette zone (fig. coul. 22-8 : utilisation sur 365 jours, 30% de la végétation accessible). Cette sous-utilisation semble être liée à l'insuffisance des ressources en eau.

En revanche, la pression animale est beaucoup plus élevée en zone agricole, ce qui implique une pleine intégration agriculture-élevage.

Le constat de sous-charge n'est pas exceptionnel et rejoint celui observé dans de nombreuses autres régions semi-arides (par exemple Coughenour *et al.*, 1985).

## 5 Conclusions

On peut conclure qu'il y a un risque certain à réduire toute la problématique du pastoralisme à une politique d'adéquation, par ailleurs inapplicable, entre la charge animale et le fourrage disponible. La logique du système d'exploitation extensif ne porte pas les producteurs à attribuer une valeur à la brousse, encore moins à investir pour sa gestion. La seule chose qui intéresse les éleveurs, parce qu'elle est la seule qu'ils maîtrisent, c'est leur cheptel. Le décalage est tout à fait manifeste entre cette logique et celle des interventions extérieures centrées en priorité sur la valorisation de la brousse.

Il faut bien admettre que l'on ne saurait représenter correctement le système de production pastoral dans sa globalité et sa complexité par un modèle aussi simpliste que celui de la pression animale. En année normale, l'eau, les soins vétérinaires, le fonctionnement des forages, les structures de gestion, les questions de commercialisation et, de manière générale, les problèmes d'articulation de l'économie pastorale avec l'économie nationale sont beaucoup plus importants pour le pastoralisme dans le Sahel sénégalais que le problème de l'adéquation entre la charge animale et le fourrage disponible.

Le suivi des ressources présente peu d'intérêt pour un système qui ne se préoccupe que peu ou pas du tout de la gestion des ressources suivies et dans le cadre duquel la capacité d'intervention sur la base de l'information disponible est limitée. Dans la mesure où le système pastoral extensif ne fait presque jamais l'objet d'investissements significatifs, on peut penser qu'il se prête mal à un suivi utile. Son seul avantage est d'être facile à suivre.

Les programmes de suivi se conçoivent mieux dans les zones agricoles ou dans le cadre de projets d'aménagement importants pour lesquels, compte tenu des investissements réalisés, il existe une capacité d'intervention permettant d'agir sur la base des informations obtenues.

## 7 Références

- AUBREVILLE, A., 1949. Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. — Société d'éditions géographiques et coloniales, Paris, 351 p.
- COUGNENOUR, M. B., J. E. ELLIS, D. M. SWIFT, D. L. COPPOCK, K. GALVIN, J. T. MCCABE et T. C. HART, 1985. Energy extraction and use in a Nomadic Pastoral Ecosystem. — *Science*, 230 (4726), p. 619-625.
- DIARRA, L. et P. H. Y. HIERNAUX, 1987. Évolution de la végétation sahélienne après la sécheresse. Bilan du suivi des sites du Gourma en 1985. — Document programme AZ 168, ILCA, Bamako.
- HELLDEN, U., 1984. Drought impact monitoring, a remote sensing study of desertification in Kordofan, Sudan. — Lunds Universitets Naturgeografiska Institution in cooperation with the Institute of Environmental Studies, University of Khartoum.
- HIERNAUX, P. H. Y. et C. O. JUSTICE, 1986. Suivi du développement végétal au cours de l'été 1984 dans le Sahel malien. — *International Journal of Remote Sensing*, 7(11), p. 1515-1531.

*Analyse spatiale de la pression animale comme facteur de désertification dans le nord du Sénégal*

- IBRAHIM, F. N., 1984. Ecological imbalance in the Republic of the Sudan, with references to desertification in Darfur. —Bayreuther Geowissenschaftliche Arbeiten 6, Bayreuth, 215 p.
- LAMPREY, H. F., 1975. Report on the desert encroachment reconnaissance in Northern Sudan : 21 October to 10 November 1985. —UNESCO/UNEP Consultant Report, 16 p.
- NELSON, R., 1988. Dryland management : the «desertification» problem. —World Bank Environment Department Working Paper, n° 8, 42 p.
- OLSSON, K., 1984. Long term changes in the woody vegetation in Northern Kordofan, The Sudan, study with the emphasis on *Acacia senegal*. —Lunds Universitets Naturgeografiska Institution in cooperation with the Institute of Environmental Studies, University of Khartoum.
- WARREN, A. et C. AGNEW, 1988. Une analyse de la désertification et dégradation des terres des zones arides et semi-arides. —IIED Document, n° 2, 28 p.