



**CENTRE de SUIVI ECOLOGIQUE**  
pour la gestion des ressources naturelles ( SENEGAL )  
BP 15 532.FANN DAKAR, SENEGAL

Tel: (221) 825 80 66  
825 80 67  
Fax: (221) 825 81 68

## **Suivi de la production végétale 1999 : Situation des parcours naturels**

## Contexte

La sécheresse qui caractérise les régions sahéliennes depuis une trentaine d'années, a montré la précarité des systèmes de gestion et la nécessité de mieux comprendre la dynamique des écosystèmes pastoraux. C'est ainsi que le suivi des parcours naturels du Sénégal s'avère nécessaire. Il vise, entre autres objectifs, à fournir aux structures intéressées (Direction de l'Élevage en particulier) des informations susceptibles d'aider à la prise de décision en matière de gestion des ressources pastorales. A cet effet, la quantité (production primaire) et la qualité (composition floristique) du fourrage disponible dans les différentes zones écologiques du pays constituent des éléments essentiels à une planification. En outre, prise en compte dans le cadre d'un suivi à long terme, cette activité, peut permettre d'appréhender le processus d'évolution des écosystèmes.

## Approche méthodologique

La carte de la production végétale est le résultat final de ce suivi. Elle est obtenue à partir d'une corrélation entre deux types de données (cf.annexe) :

1. l'indice de végétation par la différence normalisée (NDVI), intégré sur la période allant du 10 juillet au 30 septembre. Cette donnée qui reflète l'activité chlorophyllienne des végétaux, est obtenue par traitement des images satellitales NOAA/AVHRR reçues par la station de réception du CSE;
2. la quantité de biomasse produite (herbacée et ligneuse en kg.ms/ha) mesurée au niveau de 56 sites de contrôle au sol.

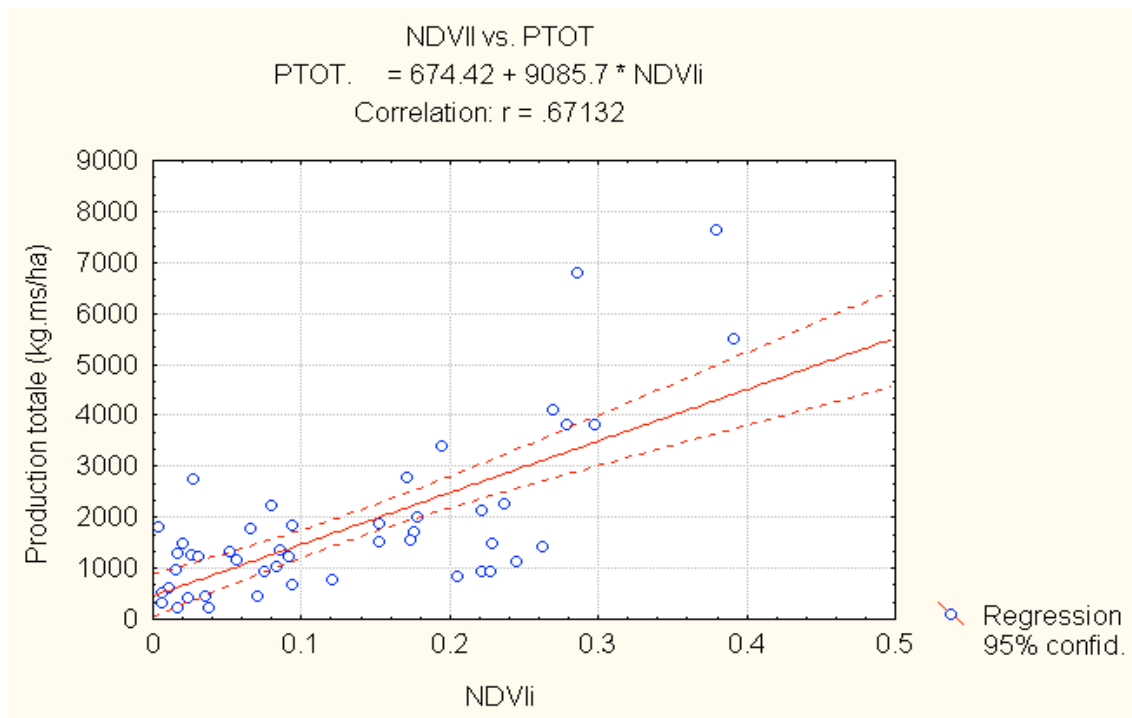
## Résultats

La régression entre l'indice de végétation intégré et la production végétale mesurée sur le terrain, a donné un coefficient de corrélation satisfaisant ( $r = 0,67$ ). Ce coefficient a baissé par rapport à l'année passée. Ceci peut s'expliquer par les valeurs d'indice de végétation relativement faibles par rapport à la quantité de biomasse disponible sur le terrain. L'indice de végétation est, en effet, affecté par la forte présence de nuages durant toute la saison de croissance surtout dans la moitié sud du pays. Par conséquent le nombre de composition décadaire (MVC) devient relativement faible. Pour atténuer davantage l'effet des nuages, l'intégration a été faite sur 60 jours au lieu des 30 ou 40 jours habituels.

L'équation de la droite est :  $P = 9085.7 * NDVI + 674.42$  .

La droite de régression (fig. 1) montre nettement quatre groupes de sites :

**Figure 1:** Droite de régression NDVI intégré vs production totale



1. les sites situés dans la partie sahélienne, à production relativement faible mais nettement meilleure comparée à celle de l'année précédente. Certains sites ont une production avoisinant 2000 kg.ms/ha : ce qui correspond à une augmentation relative dépassant parfois 75%. A l'exception de certaines localités telles que Yaré Lao et Atch Bali où l'on constate un léger déficit, l'excédent de production est presque général sur la majeure partie du Diéri ;
2. les sites situés en zone sahélo-soudanienne qui présentent une production moyenne comprise entre 2000 et 3500 kg.ms/ha soit une augmentation d'environ 50% ;
3. les sites représentatifs de la zone soudanienne qui présentent une production forte, atteignant les 4000 kg.ms/ha ;
4. les sites plus au sud dont la production est la plus forte avec des valeurs supérieures à 5000 kg.ms/ha.

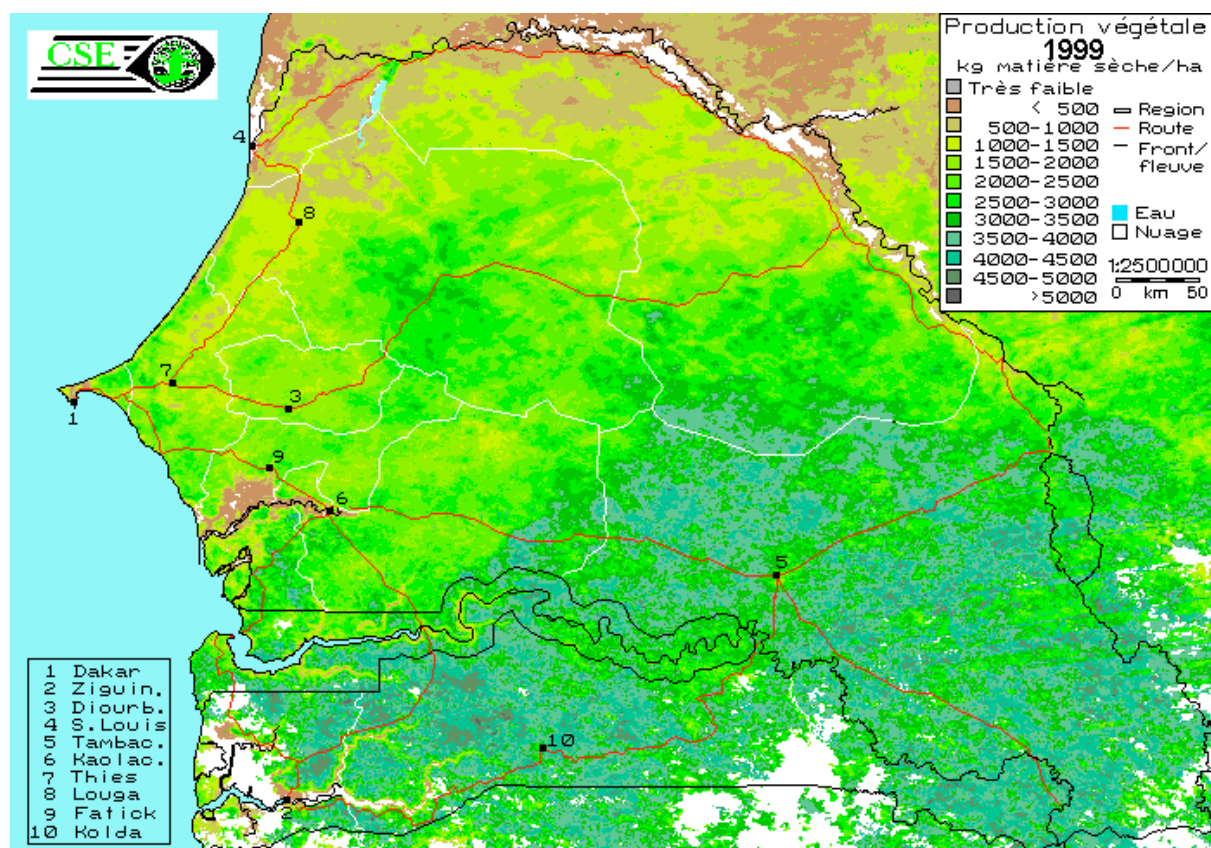
Les variations relatives de la quantité de biomasse produite, qui traduisent entre autres la résilience des écosystèmes, sont beaucoup plus sensibles dans la partie nord du pays. Le gradient pluviométrique croissant du Nord au Sud du pays est le principal facteur climatique qui régit la production des parcours naturels. Les sites qui s'écartent nettement de la droite de régression posent deux problèmes essentiels :

- la répartition spatiale des pluies qui n'est pas toujours homogène et qui occasionne une disparité entre la production mesurée sur le terrain et la réponse spectrale de la végétation;
- la présence de nuage qui atténue par interférence la valeur de l'indice de végétation sur quelques sites de contrôle au sol. Le site C4L8 dans la zone de Gouloumbou en est une parfaite illustration et se démarque assez nettement de la droite du fait d'une production relativement élevée, de plus de 6800 kg.ms/ha, pour une valeur relativement faible 0,28, de l'indice de végétation.

Ce qui altère le coefficient de corrélation entre l'indice de végétation et la production totale mesurée sur le terrain et provoque une légère perte de précision dans les zones où l'on note le phénomène. Certes, il existe des algorithmes pour minimiser l'effet des aérosols sur la qualité de l'enregistrement du rayonnement électromagnétique, mais la question de la répartition spatiale des pluies demeure plus complexe.

L'analyse de la carte de production végétale (fig. 2) permet de faire les constats suivants :

**Figure 2** : Carte de production végétale 1999



Comparativement aux années passées, la production des parcours naturels est globalement plus importante à l'échelle nationale. Ceci est lié naturellement à la pluviométrie exceptionnelle enregistrée durant cette saison. La physionomie de cette saison de croissance rappelle celle de 1989 considérée jusqu'ici par certains observateurs (Météo) comme l'année de référence depuis le début des années 80.

Les régions sud et sud-est (Tamba et Kolda) sont les plus productives avec des valeurs allant de 4000 à plus de 5000 kg.ms/ha. Le fourrage y est cependant plus grossier que dans la partie Nord à cause de la forte présence d'Andropogonées qui se lignifient très vite perdant ainsi progressivement leur valeur nutritive. La partie Sud-Est est également très exposée aux feux de brousse comme l'attestent les statistiques relevées ces dernières années (CSE, 1997). Enfin, les nuages qui ont couvert de manière quasi constante cette zone, y ont empêché, durant toute la saison, un bon suivi à partir des images satellitales.

La partie Ouest des régions de Kaolack, Fatick et Diourbel garde une production assez bonne. Une telle situation est comparable à celle qui se rencontre dans le Nord du pays. L'intense activité agricole dans le bassin arachidier, qui est mal quadrillé par les sites de

contrôle au sol, peut expliquer au moins en partie cette faiblesse. Ici, l'élevage est associé à l'agriculture et les sous produits de récolte peuvent constituer un appoint non négligeable.

De part et d'autre de la route nationale Thiès-Louga et au Nord de l'axe Louga-Matam, la production est également assez bonne, de l'ordre de 2500 à 3000 kg.ms/ha avec un pic de 3481 dans le Ranch de Doly. La qualité du fourrage y est bonne avec une association de légumineuses et de graminées telles que *Zornia glochidiata*, *Schoenefeldia gracilis*, *Alysicarpus ovalifolius*, *Dactyloctenium aegyptium*. La forte proportion de *Zornia glochidiata* a cependant occasionné de lourdes pertes sur la race bovine notamment pendant son état pré-floral. Les réactions de fermentation consécutives à l'ingestion de cette plante se manifestent par un ballonnement (plus connu sous le nom de Ngoutt) chez les bovins qui en périssent dans la plupart des cas si une intervention rapide n'est pas effectuée. En effet la divagation du bétail, qui est une coutume pendant la saison hivernale dans les zones de parcours rend la tâche difficile aux services qui s'occupent de la santé animale.

L'extrême nord, notamment les départements de Dagana et de Podor demeurent productifs par rapport au reste du pays. Les effets de plusieurs décennies de déficit hydrique se font toujours ressentir, bien que dans la vallée du fleuve Sénégal la grande crue a causé plusieurs dégâts.

La Papillonacée *Alysicarpus ovalifolius*, espèce appréciée par le bétail occupe une place prépondérante dans les pâturages de la zone déficitaire notamment aux alentours de Atch Bali où de par ses qualités nutritives, elle pourrait pallier partiellement le déficit observé.

Les déplacements des éleveurs pourront être minimisés si les pâturages échappent aux méfaits des feux criminels.

La zone correspondant au Sud de l'axe Linguère / Matam et au Nord de la région de Tambacounda est relativement productive, entre 2000 et 3000 kg.ms/ha, et la qualité du fourrage est acceptable avec pratiquement les mêmes espèces que la zone précédente en plus de quelques Andropogonées et de la Rubiacée *Spermacoce stachydea*. Toute la communauté rurale de Thièl présente des aires déficitaires. Ce déficit est lié aux coupes abusives effectuées sur la strate ligneuse pour la production de charbon. Il serait souhaitable que des mesures adéquates soient prises par les autorités compétentes en vue de rationaliser ces prélèvements d'autant plus cette zone est fermée à l'exploitation du charbon de bois.

## **Recommandations**

1. Depuis quelques années, les pluies ont tendance à s'installer tardivement surtout dans la moitié Nord du pays. L'année 1999 a été particulièrement pluvieuse favorisant une production abondante des parcours naturels qui, si elle est bien gérée, permet de réduire les efforts fournis durant la transhumance. Ceci facilite la traversée de la période de soudure parce qu'une bonne partie du cheptel est décimée pendant les derniers mois de la saison sèche. Il convient alors de constituer des réserves fourragères en favorisant une généralisation de la pratique de la fauche et de la conservation du fourrage. En dehors des programmes d'assistance des éleveurs, en complément d'aliments, médicaments et vaccins déjà mis en œuvre, l'accent devra être mis sur les méthodes de gestion rationnelle de ressources naturelles au profit des pasteurs.
2. Un programme adéquat de gestion des feux de brousse devrait être conçu en rapport avec les populations. Il doit fondamentalement se baser sur une

évaluation et une mise en exergue de l'intérêt commun , du capital pour ne pas dire la richesse que constitue la production primaire. Ces actions devront se dérouler de manière soutenue tout au long de l'année en partant du plus petit découpage administratif : la communauté rurale.

### **Conclusion**

Les pluies ont démarré relativement tôt notamment dans la partie sud-est du pays. La production primaire des parcours naturels du Sénégal en 1999 demeure comparable à celle de 1989. De manière général, la quantité de biomasse produite est excédentaire par rapport à l'année précédente à l'exception de quelques localités de la zone sylvopastorale. La qualité des pâturages est satisfaisante avec une bonne association des graminées et des légumineuses. Il convient cependant de prendre quelques dispositions pour faire face à la période de soudure et minimiser les risques de feux.

## ANNEXE

### A. Méthodes d'acquisition des données

La carte de production végétale qui est le produit final de la campagne de biomasse, résulte de la combinaison de différents niveaux d'acquisition et de traitement des données:

- un niveau satellitaire qui permet d'extraire l'Indice de Végétation par la Différence Normalisée (NDVI) à partir des canaux rouge et proche infra-rouge de l'imagerie NOAA/AVHRR;
- un niveau terrain qui permet de mesurer directement la production herbacée et ligneuse au niveau des sites de contrôle au sol (SCS) mis en place sur l'ensemble de la zone d'étude;
- et un niveau traitement des données collectées sur le terrain et calibrage des données satellitaires.

#### 1. Le niveau satellitaire

Le CSE dispose d'une station de réception NOAA/AVHRR depuis août 1992. Cela facilite beaucoup l'acquisition des images et élimine le décalage qui existait auparavant entre la prise de vue et la réalisation de la carte d'indice de végétation. Les quatre meilleures images sont sélectionnées par décade et le traitement est entièrement réalisé par l'équipe responsable de la chaîne de traitement d'images NOAA à l'aide du logiciel CHIPS conçu par l'Institut de Géographie de l'Université de Copenhague (Danemark). Ce traitement nécessite plusieurs étapes:

- le calcul de l'Indice de Végétation par la Différence Normalisée (NDVI) à partir de la formule suivante:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{proche infrarouge} - \text{rouge})}{(\text{proche infrarouge} + \text{rouge})}$$

- le redressement de l'image par application des paramètres orbitaux du satellite sur les vecteurs UTM (Universal Transverse Mercator) dessinant les contours des eaux;
- le rééchantillonnage de l'image selon une taille du pixel d'un km<sup>2</sup>;
- l'application d'un masque de nuages calculé à partir du canal infrarouge thermique, du rouge et du NDVI sur les parties fortement ennuagées;
- la composition des images décadaires selon le maximum d'indice (MVC);
- l'intégration d'images décadaires sur la période du 10 juillet au 30 septembre avec possibilité d'interpolation pour certaines zones affectées par les nuages. Cette intégration résulte d'une moyenne pondérée des indices de végétation en fonction de la période couverte par chaque MVC, l'équation utilisée étant de la forme:  
$$\left( \sum_{i=1}^t \text{NDVI}_i * \dots \right) / P$$
  
NDVI = indice de végétation sur les MVC  
= période couverte/MVC  
P = nombre de jours de la période d'intégration.  
MVC = maximum value composite

L'indice de végétation exprime l'activité chlorophyllienne des végétaux. Les capteurs montés à bord du satellite NOAA enregistrent dans différents canaux les réponses spectrales de la végétation. Les informations électromagnétiques reçues sont relatives à l'absorption et à la réflexion de l'énergie lumineuse du soleil. La chlorophylle absorbe fortement l'énergie émise dans le spectre du visible surtout dans la longueur d'onde de 675 nm correspondant au rouge (R) et enregistrée par le canal 1 du satellite. Les parois des cellules végétales réfléchissent fortement l'énergie lumineuse dans les longueurs d'onde comprises entre 800 et 1100 nm, correspondant au proche infrarouge (PIR) et à l'infrarouge (IR) et enregistrée par le canal 2 de ce satellite.

## 2. Le niveau terrain

Les cartes d'indice de végétation ne montrant l'évolution de la croissance végétale que de manière qualitative, le contrôle au sol s'avère indispensable. Cette opération permet de valider l'information satellitale en quantifiant la production végétale par une mesure directe sur le terrain. A cet effet, 36 sites de contrôle au sol (SCS) de 9 km<sup>2</sup> de superficie, répartis dans les différentes zones éco-climatiques du pays sont mis en place. La résolution de NOAA étant de 1.1 km x 1.1 km, ces sites correspondent à peu près à 9 pixels du satellite.

### 2.1. La mesure de la production herbacée

Elle se fait selon la méthode de la ligne d'échantillonnage stratifiée. Sur un transect de 1 km de long, une stratification est effectuée selon différents niveaux de production de la strate herbacée. Chaque mètre carré est coté par un niveau de production allant de 0 à 3:

- la cote 0 correspond au sol nu,
- la cote 1 correspond à une production relativement faible sur le SCS,
- la cote 2 correspond à une production moyenne sur le SCS,
- la cote 3 correspond à une production relativement élevée sur le SCS.

Ensuite, des placeaux d'un mètre carré sont coupés au hasard sur la ligne. Une partie de la matière verte prélevée sur ces placeaux est transportée à l'étuve après un rééchantillonnage effectué pour chaque niveau de production afin d'obtenir le taux de matière sèche. La production obtenue est pondérée par la fréquence relative de chaque strate.

### 2.2. La mesure de la production ligneuse

La biomasse foliaire est mesurée par la méthode de l'aire circulaire. Quatre placettes distantes de 200 m sur le transect sont systématiquement inventoriées. La taille de la placette est fonction de la densité des arbres et varie en général entre 1 ha et 1/16 ha. Les paramètres suivants sont relevés sur chaque sujet situé dans la placette:

- le nom de l'espèce,
- la hauteur,
- la largeur et la longueur de la couronne,
- la circonférence du tronc,
- les états phénologique et physiologique,
- et les marques de taille.

La production de chaque individu est obtenue à partir de la circonférence du tronc grâce à des relations allométriques (du type  $a \cdot C^b$ ) établies par le CIPEA au Mali.

a = constante fonction de l'espèce;  
C = circonférence en cm;  
b = constante fonction de l'espèce.

Cette production est calibrée chaque année à l'aide de branchettes prélevées sur les espèces les plus fréquentes.



### 3. Traitement des données de terrain et calibrage

Cette étape comprend plusieurs opérations:

- exploitation préliminaire des fiches de terrain;
- calcul des taux de matière sèche après étuvage des échantillons;
- calculs pondéraux pour obtenir la production totale (production herbacée + production foliaire des arbres) en kg.ms/ha pour chaque SCS;
- détermination de la composition floristique en indiquant les six (6) espèces dominantes;
- régression entre l'indice de végétation et la biomasse totale;
- utilisation de l'équation de la droite de régression pour calibrer la carte de production végétale.

#### **B. Note explicative de la carte de production végétale**

L'exécution des différents niveaux de traitement des données aboutit à la réalisation de la carte de production végétale. La composition colorée (allant du gris pour les valeurs les plus faibles au violet pour les valeurs les plus fortes) permet de déterminer en kg.ms/ha, la classe de production à laquelle appartient une zone de pâturage donnée (cf. légende de la carte). L'échelle de reproduction relativement petite de la carte (1:2.500.000) et la résolution assez grossière du satellite NOAA/AVHRR rendent difficile l'exploitation de la carte au niveau micro (terroirs villageois par exemple), mais elle reste tout de même un bon outil de gestion.