



**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 2000 : Situation des parcours naturels**

## **Contexte**

Après les records de 1999, les perspectives de récoltes s'annoncent bonnes au Sénégal (FAO/SMIAR, 2000). Cependant la production primaire des parcours naturels reste inférieure à celle de l'année précédente. La sécheresse qui caractérise les régions sahéliennes depuis une trentaine d'années, semble toutefois s'atténuer. Le suivi des parcours naturels du Sénégal permet de fournir aux structures nationales (Direction de l'Elevage et Direction des Eaux, Forêts, Chasse et Conservations des Sols en particulier) des informations susceptibles d'aider à la prise de décision en matière de gestion des ressources naturelles. 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, était obtenue par traitement des images satellitales NOAA/AVHRR reçues par la station de réception du CSE . Cette année le NDVI a été calculé à partir de l'intégration de 18 synthèses décadaires (MVC) d' images de SPOT/VEGETATION;
2. la quantité de biomasse produite (herbacée et ligneuse en kg.ms/ha) mesurée au niveau de 56 sites de contrôle au sol.

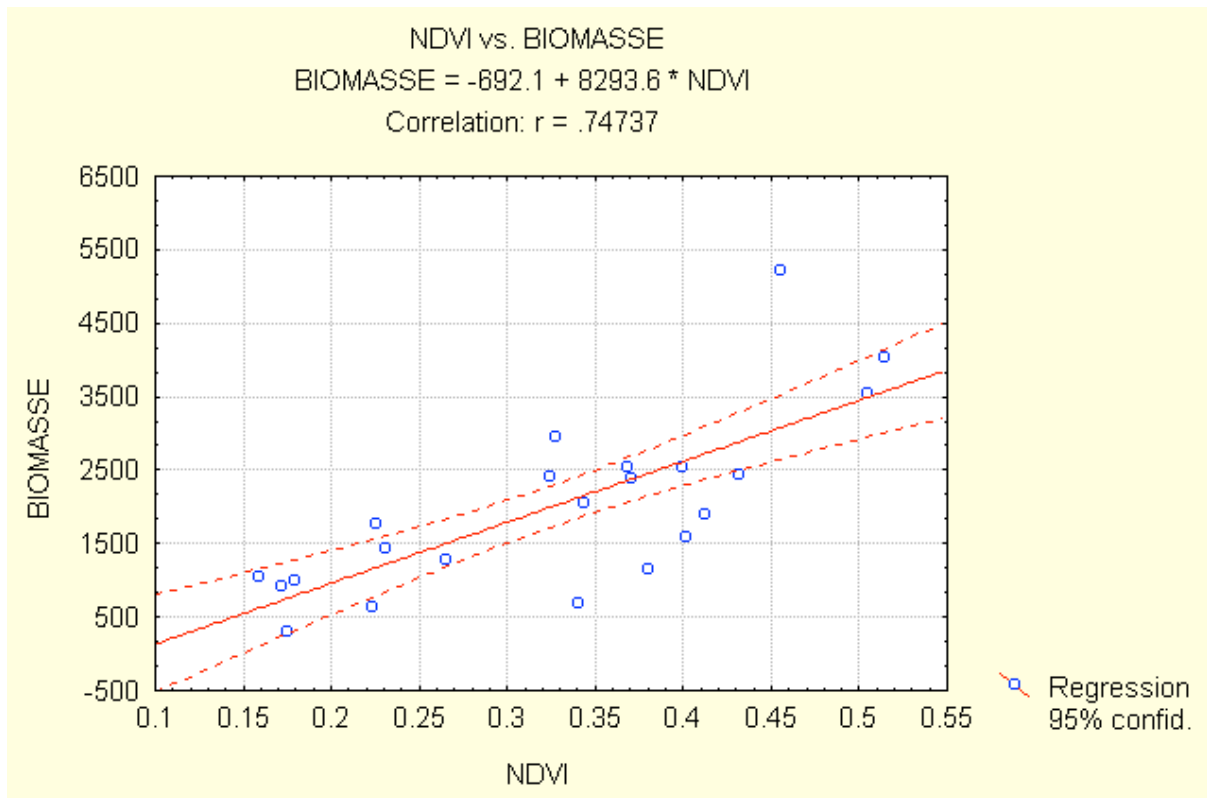
## **Résultats**

La régression entre l'indice de végétation intégré et la production végétale mesurée sur le terrain, a donné un coefficient de corrélation satisfaisant ( $r = 0,747$ ). Ce coefficient a augmenté par rapport à l'année passée. Ceci peut s'expliquer par les valeurs d'indice de végétation relativement correctes par rapport à la quantité de biomasse disponible sur le terrain. Les nuages n'ont pas beaucoup affecté la qualité des images durant la saison de croissance, surtout dans la moitié sud du pays. Un des avantages de Spot/végétation est de fournir des compositions décadaires (MVC) pratiquement dépourvues de nuages.

L'équation de la droite est :  $P = 8293.6 * NDVI - 692.1$  .

La droite de régression (fig. 1) montre nettement trois 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 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 ne dépassant pas généralement 35%. 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 déficitaire comprise entre 1500 et 2500 kg.ms/ha soit une diminution d'environ 50% par rapport à l'année dernière;
3. les sites représentatifs de la zone soudanienne qui présentent une production forte, atteignant les 4000 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 peuvent s'expliquer par deux facteurs essentiels :

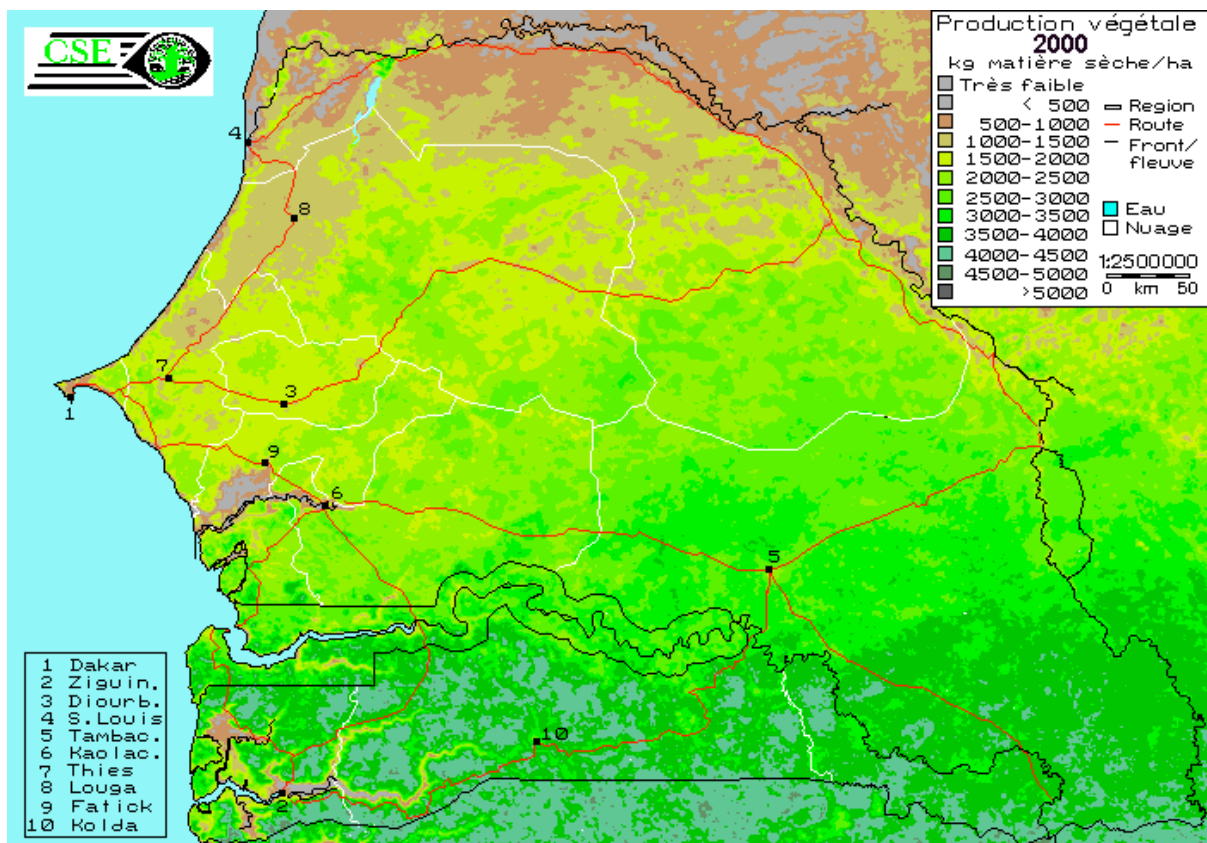
- la répartition spatiale des pluies qui n'est pas toujours homogène et qui occasionne une disparité entre la production mesurée sur le terrain et la réponse spectrale de la végétation;
- la présence de nuage qui atténue par interférence la valeur de l'indice de végétation sur quelques sites de contrôle au sol.

- Le site C4L8 dans la zone de Gouloumbou qui en général se démarque assez nettement de la droite du fait d'une production relativement élevée pour une valeur de NDVI relativement faible, a eu un effet contraire cette année. Il a affiché la valeur de NDVI la plus élevée (0,515), contribuant ainsi à améliorer le coefficient de corrélation. Ce qui illustre un des avantages de l'imagerie Spot/végétation.

Le coefficient de corrélation entre l'indice de végétation et la production totale mesurée sur le terrain est passé de 0,670 en 1999 à 0,747 en l'an 2000. La précision devient légèrement améliorée dans les zones habituellement ennuagées. 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 2000



Comparativement aux années passées, la production des parcours naturels est nettement plus faible à l'échelle nationale. Ceci est lié naturellement à la répartition irrégulière des pluies. Certains sites du centre du pays ont connu des arrêts pluviométriques prononcés entraînant une diminution de la quantité de biomasse produite en fin de saison de croissance. C'est le cas du site C2L6 localisé dans le Ranch de Doly.

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.

La partie Ouest des régions de Kaolack, Fatick et Diourbel garde une production assez faible contrairement à ce qui se passe 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.

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 3578 kg.ms/ha à Vendou Diohi dans la zone du PRODAM. La qualité du fourrage y est bonne avec une association de légumineuses et de graminées telles que *Schoenefeldia gracilis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Zornia glochidiata*, *Alysicarpus ovalifolius*. Le *Zornia glochidiata* qui occasionne de lourdes pertes sur la race bovine notamment pendant son état pré-floral, est faiblement présent cette année. 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. De rares cas de ballonnement ont été constatés durant l'hivernage 2000.

L'extrême nord, notamment les départements de Dagana et de Podor, même s'ils ne sont pas déficitaires comparativement à l'année précédente, demeurent peu 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 ait 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 de brousse.

La zone correspondant au Sud de l'axe Linguère / Matam et au Nord de la région de Tambacounda a connu une faible production de biomasse, entre 1500 et 2500 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*. Les communautés rurales de Thièl, Thiargny et Gassane présentent des aires déficitaires. Ce déficit est lié à la répartition irrégulière des pluies et aux coupes abusives effectuées sur la strate ligneuse pour la production de charbon. Ce fléau persiste depuis quelques années et il serait souhaitable que des mesures adéquates soient prises par les autorités compétentes en vue de rationaliser ces prélèvements d'autant plus que cette zone est fermée à l'exploitation du charbon de bois.

## **Recommandations**

1. Depuis quelques années, les pluies semblent revenir à la normale. L'année 2000 a été particulièrement pluvieuse favorisant une bonne production agricole. La production primaire des parcours naturels n'a pas pour autant augmenté, toutefois si elle est bien gérée, les effets néfastes de la transhumance pourront être limités. 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**

La saison des pluies s'est prolongée jusqu'à la troisième décade du mois d'octobre dans la majeure partie du pays. La production primaire des parcours naturels du Sénégal en 2000 demeure assez bonne. De manière générale, la quantité de biomasse produite est déficitaire 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 de l'imagerie SPOT/Végétation ou des canaux rouge et proche infra-rouge de l'imagerie NOAA/AVHRR. Cette année le choix a été porté sur Spot/végétation qui entre autres a donné des résultats satisfaisants avec un coefficient de corrélation de 0,747;
- 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

Les images composites décennales (MVC) Spot/végétation ont été intégrées du 10 juillet au 30 septembre 2000 pour obtenir le NDVI durant la saison de croissance.

Auparavant on utilisait l'imagerie NOAA/AVHRR. En effet le CSE dispose aussi 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 décennie 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 décennales selon le maximum d'indice (MVC);
- l'intégration d'images décennales 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:  
 $(X_{i=1}^t \text{NDVI}_i * X_i) / P$   
NDVI = indice de végétation sur les MVC  
X = 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.