

MINISTERE DE L'AGRICULTURE DE
L'HYDRAULIQUE ET DES RESSOURCES
HALIEUTIQUES

SECRETARIAT GENERAL

DEUXIEME PROGRAMME NATIONAL DE
GESTION DES TERROIRS
(PNGT 2)

01 B.P. 1487 OUAGADOUGOU 01
Tél. : 32 47 53/54 – Fax : 31 74 10

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS
SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE
(CNRST)

INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE
RECHERCHES AGRICOLES
(INERA)

DEPARTEMENT GESTION DES
RESSOURCES NATURELLES ET
SYSTEMES DE PRODUCTION (GRN/SP)

DEPARTEMENT PRODUCTIONS
FORESTIERES (D.P.F.)



Mr YAMEOGO Georges
Dr SAWADOGO K. Séraphine
Dr BASTIDE Brigitte
Dr BELEM Mamounata
Mr OUEDRAOGO Issa

Mars 2004

TABLE DES MATIERES

SIGLES	1
I . JUSTIFICATION	2
II .OBJECTIFS	3
2.1. OBJECTIF GLOBAL.....	3
2.2. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES.....	3
III. METHODOLOGIE	3
3.1. SITE DE SUIVI.....	3
3.2. ECHANTILLONNAGE.....	5
3.3. COLLECTE DES DONNÉES.....	5
3.3.1. <i>Strate herbacée</i>	5
3.3.1.1. Caractérisation de l'importance de chaque espèce du tapis herbacé.....	5
3.3.1.2 Estimation de la biomasse herbacée	6
3.3.2. <i>Collecte des données sur la strate ligneuse</i>	7
3.3.2.1 La placette pour l'inventaire floristique	7
3.3.2.2. Les mesures dendrométriques	7
3.3.3. <i>Période et fréquence des mesures</i>	9
IV. MÉTHODES DE TRAITEMENT DES DONNÉES	9
4.1. EVALUATION DE LA PRODUCTION HERBACÉE	9
4.2. EVALUATION DE LA PRODUCTION FOLIAIRE LIGNEUSE.....	10
4.2.1 <i>Pour la zone sahélienne</i>	10
4.2.2 <i>Pour la zone soudanienne</i>	11
4.3. INTÉGRATION DES DONNÉES AU SOL ET DES DONNÉES SATELLITALES : MODÉLISATION ET SPATIALISATION	11
V. OPERATIONNALISATION DE LA COLLECTE DES DONNEES IN SITU	14
5.1 COMPOSITION DES ÉQUIPES	14
5.2 RÔLE DES MEMBRES DE L'ÉQUIPE	14
5.2.1 <i>Pour les herbacées</i>	14
5.2.2 <i>Pour les ligneux</i>	15

5.3	DÉROULEMENT DE LA MISSION	15
5.4	MATÉRIEL NÉCESSAIRE PAR ÉQUIPE.....	16
	DOCUMENTS CONSULTÉS.....	17
	ANNEXE 1 : FICHE DE CARACTÉRISATION DU SITE.....	18
	ANNEXE 2 : FICHE DE RELEVÉ DES ESPÈCES HERBACÉES	20
	ANNEXE 3 : FICHE DE RELEVÉ DE STRATIFICATION.....	28
	ANNEXE 4 : FICHE DE COLLECTE DE LA BIOMASSE HERBACÉE	30
	ANNEXE 5 : FICHE DE COLLECTE DES LIGNEUX	31

SIGLES

CS	Contribution Spécifique
CSE	Centre de Suivi Ecologique
DPF	Département Productions Forestières
FS	Fréquence Spécifique
GPS	Global Positioning System
IDR	Institut de Développement Rural
IGB	Institut Géographique du Burkina
INERA	Institut de l'Environnement et de Recherche Agronomique
IRBET	Institut de Recherche en Biologie et Ecologie Tropicale
LANDSAT ETM	Land Satellite Enhanced Thematic Mapper
MAD	Matière Azotée Digestible
N	azote
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NOAA AVHRR	National Oceanic Aeronautic Administration Advanced Very High Resolution Radiometer
P	phosphore
PNGT	Programme National de Gestion des Terroirs
PNGT2	Deuxième Programme National de Gestion des Terroirs
SCS	sites de contrôle au sol
SIG	Système d'Information Géographique
UF	unité fourragère

I. JUSTIFICATION

Dans sa première phase, le PNGT a mis en place des sites de suivi de certaines formations végétales. Quatre (4) zones ont été retenues: la réserve de la biosphère de la mare aux hippopotames, la forêt classée de Maro, la forêt classée et la réserve partielle de faune de Nabéré et 3 terroirs de Kouritenga. Ce suivi a été confié à l'Institut de Recherche en Biologie et Ecologie Tropicale (IRBET) devenu en 1996 Département Productions Forestières (DPF) de l'INERA durant la période 1994-2001 (Ouadba, *et al*, 2002). Vingt et trois (23) sites répartis dans les 2 forêts classées, les terroirs et la Réserve de la biosphère ont été définis avec un système de repérage adéquat.

Par ailleurs, un suivi des ressources pastorales a été réalisé entre 1993 et 1996 par le Ministère chargé de l'Élevage (Sawadogo, *et al*, 1994). Le suivi a concerné les zones sahélienne et nord soudanienne et a été mis en oeuvre sur 11 sites.

Le suivi réalisé par le DPF durant la phase 1 du PNGT s'est appuyé exclusivement sur les méthodes traditionnelles d'observation et de collecte des paramètres physiques des formations sans approche de spatialisation. En effet, les données collectées ont été traitées et analysées mais aucune modélisation n'a été réalisée afin de couvrir les variations spatiales du milieu. En d'autres termes, les outils SIG et télédétection n'ont pas été mis à profit bien que le GPS ait été utilisé pour définir les limites des zones observées.

De plus, le suivi réalisé par le DPF a seulement concerné les formations végétales savanicoles :

- > savane arborée claire à 11⁰41,29' N et 4⁰06,67'O ;
- > savane arborée claire à 11⁰32,86' N et 4⁰10,21'O ;
- > savane arbustive claire à 11⁰38,17' N et 4⁰07,17'O ;
- > savane arborée claire sur cuirasse plus ou moins affleurante à termitières champignon à 11⁰33,75' N et 4⁰07,87'O .

Quant au suivi des ressources pastorales (1993-1996), il avait pour but essentiel d'évaluer les ressources pastorales : biomasse herbacée et ligneuse, résidus de récolte et ce pour les zone sahélienne et nord soudanienne du Burkina. Le point intéressant ici est la combinaison des méthodes traditionnelles avec les technologies nouvelles : SIG et Télédétection. La spatialisation des données a permis d'évaluer chaque année le disponible fourrager par département et par province.

Pour le PNGT2, le suivi du couvert végétal s'appuie sur la combinaison des méthodes traditionnelles de collecte des données *in situ* avec celles fournies par les technologies nouvelles : systèmes d'information géographique et imagerie satellitaire. Ces outils permettent en effet une spatialisation plus adéquate des phénomènes à l'échelle désirée. Le suivi sera réalisé tout au long du programme.

II .OBJECTIFS

2.1. Objectif global

Il s'agira au cours de cette étude de recueillir des informations pertinentes sur l'état et les tendances évolutives des ressources naturelles pouvant guider les décideurs et les acteurs du développement dans la planification et la gestion des ressources à la lumière des changements intervenus.

2.2. Objectifs spécifiques

- connaître à moyen et long termes les changements liés aux facteurs socio-bio-physiques ;
- connaître les changements des quantités de matières végétales par unités de surface et de temps ;
- connaître la densité de peuplement en l'exprimant en nombre d'individus par unité de surface en prenant en considération la variation spatio-temporelle ;
- connaître la composition floristique afin de suivre l'évolution de la diversité biologique ;
- connaître la structure du peuplement afin de voir son état actuel et également d'être renseigné sur son passé.

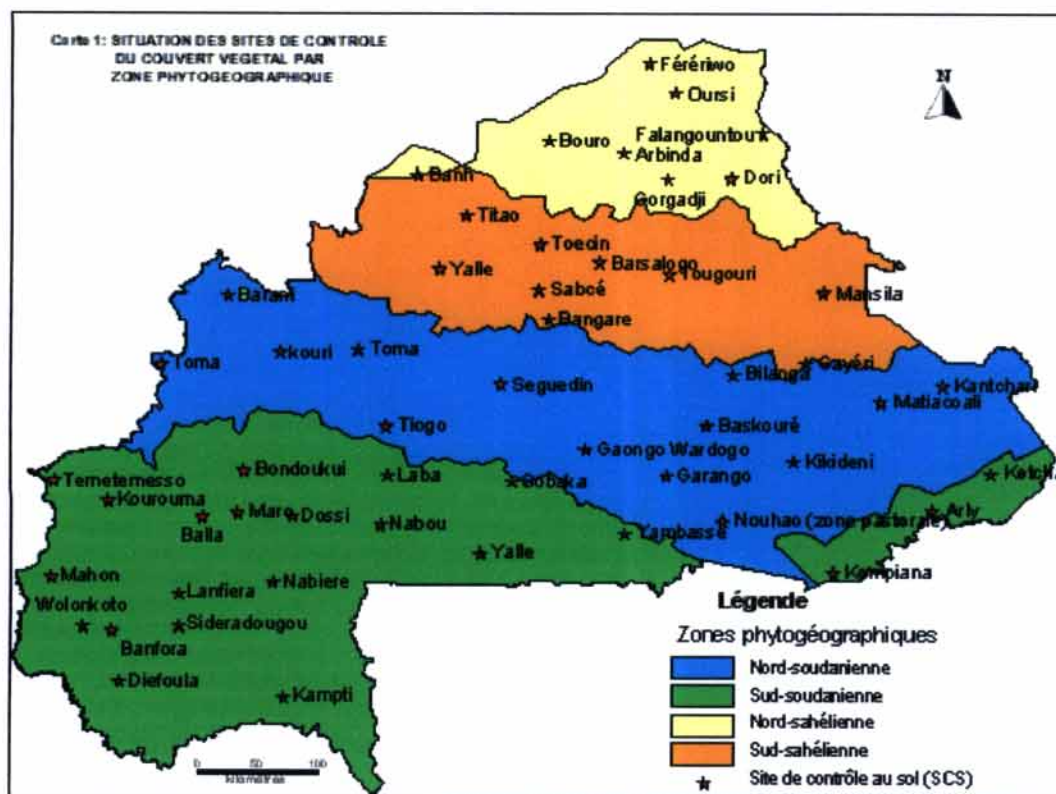
III. METHODOLOGIE

3.1. Site de suivi

Un travail préliminaire a permis l'implantation des sites de contrôle au sol.

La carte 1 présente la situation des sites de contrôle au sol (SCS) du PNGT2. Ces sites ont été répartis à travers tout le Burkina Faso de manière à prendre en compte toutes les hétérogénéités du couvert végétal. Issue du croisement de la carte de la végétation (Projet Campus, 1998) avec la carte phyto-géographique et la carte des provinces, elle permet de mieux visualiser les sites de suivi en tenant compte de la répartition spatiale et la représentativité selon les zones phyto-géographiques du pays.

Le SCS a une superficie de 9 km² qui représente 3 pixels x 3 pixels de NOAA AVHRR. En effet, la considération de 3 * 3 pixels permet d'assurer une plus grande précision géographique lors de la spatialisation et de la modélisation. Par ailleurs, cela permet de prendre en compte la totalité de l'hétérogénéité du couvert végétal



3.2. Echantillonnage

Afin de parvenir à une exécution aisée et rapide, l'inventaire des herbacées et des ligneux ainsi que l'évaluation de la biomasse herbacée seront effectués sur la base d'un échantillonnage stratifié par formation végétale clairement identifié:

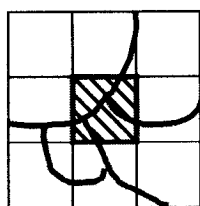
- 1 transect de 200 m sur chaque unité identifiée pour les herbacées ;
- un placeau de 50m sur 50m sur chaque unité identifiée pour les ligneux .

Les résultats obtenus seront extrapolés à la totalité de l'unité de végétation, puis du site lui même.

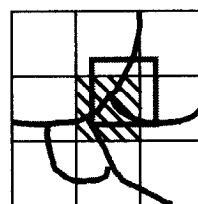
Aussi est-il nécessaire au préalable d'établir une cartographie des différentes formations végétales contenues dans le site et d'en calculer les superficies respectives. Les cartes seront réalisées par photo-interprétation (photographies aériennes au 1:50000) ou interprétation d'imagerie satellitale LANDSAT ETM du SCS.

L'aire d'échantillonnage des ligneux et des herbacées prendra en compte la totalité du SCS.

Figure 1 : Fenêtre de 3 x 3 km² de SCS



a) le pixel coïncide exactement avec le carré au sol (malheureusement cette précision ne peut pas être garantie sur toute l'image



b) il y a un léger décalage d'où l'importance de considérer une moyenne sur une plus grande fenêtre (3x3 pixels) .

3.3. Collecte des données

3.3.1. Strate herbacée

3.3.1.1. Caractérisation de l'importance de chaque espèce du tapis herbacé

La méthode utilisée pour le relevé de la végétation herbacée est la méthode dite des points quadrats de Godron *et al* (1969). Cette méthode adaptée et utilisée pour l'étude des pâturages sahéliens par Poissonet *et al.* (1985) permet de réaliser un échantillonnage suivi d'une analyse floristique et une estimation de la biomasse herbacée. C'est une méthode non destructrice. Elle consiste à recenser les présences des espèces à la verticale de points disposés régulièrement (tous les 2 m) le long d'un ruban gradué de 200 m tendu au-dessus du tapis herbacé. La ligne de lecture des cent mesures traverse l'unité de végétation dans toute sa longueur et est effectuée au niveau de chaque unité de végétation identifiée sur le site (figure 2) .

La graduation de la tige verticale permet de distinguer quatre strates :

- strate 1 : 0 à 50 cm ;
- strate 2 : 50 à 100 cm ;
- strate 3 : 100 à 150 cm ;
- strate 4 : plus de 150 cm .

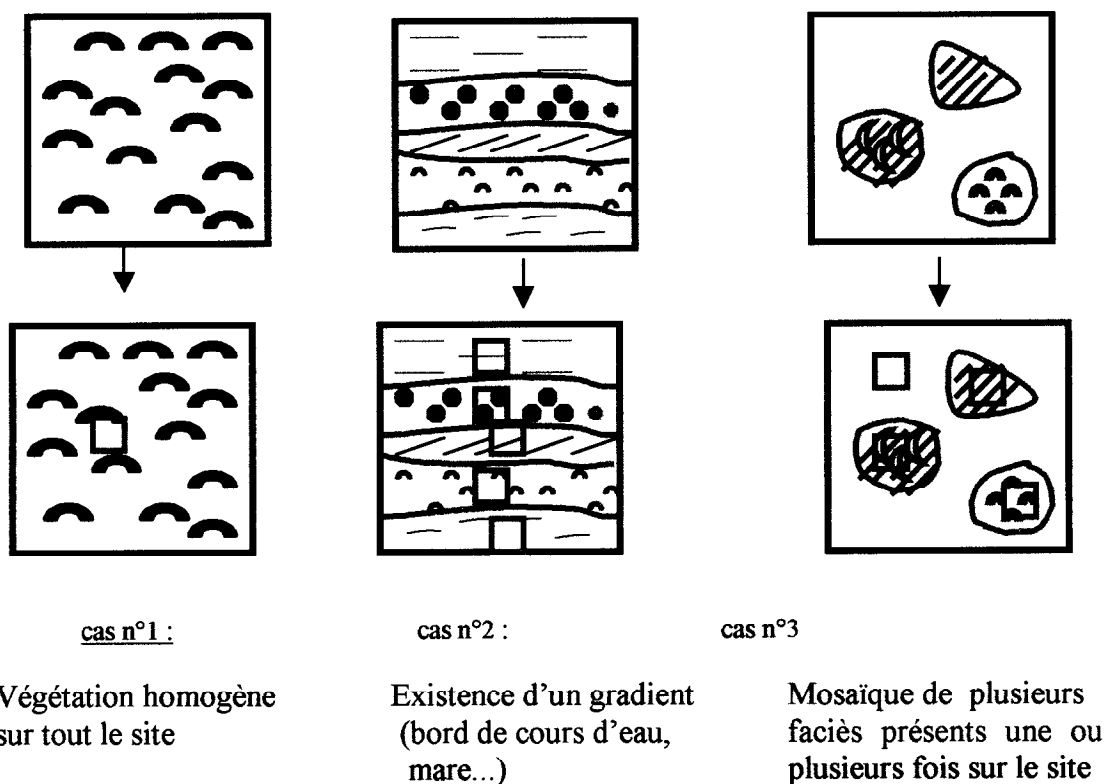
L'annexe 2 décrit la fiche de relevé des espèces herbacées.

A chaque point de lecture sont relevés les paramètres structuraux suivants :

- présence : observation d'une espèce sous un point ;
- contact : intersection d'un organe aérien (chaume, feuille, fleur, fruit...) avec la tige.

Plusieurs espèces peuvent être ainsi notées par point de lecture, mais chaque espèce n'est comptabilisée qu'une seule fois. Ceci permet alors de caractériser l'importance de chacune des espèces dans le tapis végétal en mesurant son recouvrement par l'observation des fréquences (analyse floristique). L'annexe 4 montre la fiche de collecte de la biomasse herbacée.

Figure 2 : Placettes de collecte des données sur la strate ligneuse.



Végétation homogène sur tout le site

Existence d'un gradient (bord de cours d'eau, mare...)

Mosaïque de plusieurs faciès présents une ou plusieurs fois sur le site

3.3.1.2 Estimation de la biomasse herbacée

La collecte de biomasse herbacée se fera le long des transects précédents utilisés pour l'analyse floristique des herbacées en utilisant comme point de départ la stratification ci-dessus. Ainsi, chaque mètre de la ligne est coté par la strate à laquelle il appartient.

La strate 0 correspondant à un sol nu. Les annexes 2 et 3 montrent les fiches de collecte des relevés des espèces herbacées et de stratification.

L'estimation de la production primaire de biomasse herbacée est réalisée par la méthode de la récolte intégrale.

Au besoin, une analyse bromatologique des échantillons prélevés permettra ensuite d'estimer la qualité du fourrage notamment sa teneur en azote (N), phosphore (P), UF (unité fourragère) et en MAD (matière azotée digestible).

3.3.2. Collecte des données sur la strate ligneuse

La méthodologie que nous utiliserons est dérivée de celle développée au CIPEA principalement par Hiernaux et Diarra vers les années 1980 pour suivre les écosystèmes pastoraux sahéliens du Gourma malien et adaptée ensuite par les chercheurs du CSE aux besoins du suivi de la végétation ligneuse sur les sites de contrôle au sol implantés au Sénégal. L'évaluation de la biomasse foliaire est basée sur des relations allométriques liant la biomasse foliaire à des paramètres dendrométriques des ligneux.

3.3.2.1 La placette pour l'inventaire floristique

L'inventaire systématique de tous les ligneux est réalisé au niveau de placettes de 2500 m² (50 m x 50 m) implantées en un emplacement représentatif de la formation étudiée : 1 placette par formation végétale.

3.3.2.2. Les mesures dendrométriques

Les mesures dendrométriques et le comptage de toutes les espèces sont réalisés afin de déterminer la composition et la densité des ligneux par formation de végétation.

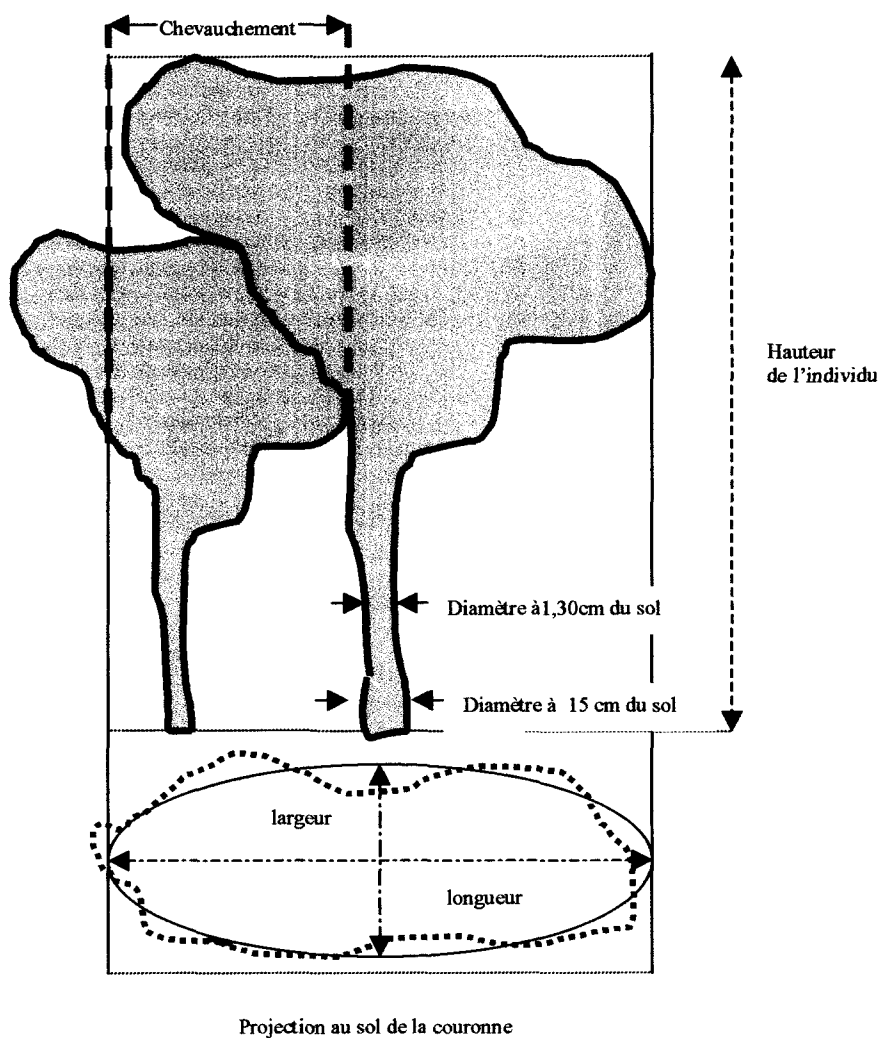
Les paramètres collectés au niveau de chaque ligneux sont le nom de l'espèce, sa circonférence à la base (dans le cas des individus multicaules, on prendra en considération uniquement la plus grosse tige), sa circonférence à 1 m30, sa hauteur totale et la surface de la projection au sol de son houppier (longueur x largeur). L'état phénologique ainsi que les marques liées à une activité humaine (coupes, mutilations) sont aussi relevés (Annexe 5).

Les sujets dont la circonférence est inférieure à 10 cm (diamètre inférieur à 3 centimètres) sont considérés comme des brins et donnent une idée de la régénération naturelle. Ces brins peuvent se présenter sous forme de touffes. Le nombre de brins sera alors à préciser de même que le recouvrement (longueur et largeur de la couronne). Cependant, on ne prendra en considération pour la mesure de la circonférence et de la hauteur, que la plus grosse tige.

Lorsqu'un arbre est recouvert par un autre de taille plus grande (Figure 3), le taux de chevauchement des couronnes sera précisé

Dix branchettes de 1 cm de diamètre de chaque espèce ligneuse parmi les plus dominantes sur le site seront également récoltées et défeuillées. Les feuilles ainsi prélevées seront pesées afin d'obtenir la biomasse foliaire fraîche totale et envoyées à l'étuve pour être séchées durant 48 H à 110°C afin de déterminer le pourcentage de matière sèche. Le poids ainsi obtenu servira à corriger la biomasse ligneuse calculée à l'aide des relations allométriques.

Figure 3:



3.3.3. Période et fréquence des mesures

La fréquence des mesures et la date sont fonction de la fréquence et de l'évolution au cours du temps des phénomènes physiques et biologiques à suivre. Les mesures des herbacées se font en période végétative maximale. Les prélèvements sont réalisés pendant la maturation des semences avant leur dissémination c'est-à-dire au moment où la phytomasse peut être considérée comme maximale. En zone sahélienne, cette période reste généralement très courte (1 à 2 décades) et se situe entre fin août et mi-septembre. Pour les zones soudaniennes, elle se situe entre fin Septembre et fin Octobre.

Afin d'évaluer les changements dans le temps, les relevés portant sur la composition floristique et la production de biomasse herbacée ou ligneuse seront réalisés annuellement. Les changements sont en effet perceptibles d'une année à l'autre notamment :

- › dans les zones où l'exploitation ligneuse ou foliaire est très élevée ;
- › les zones à déficit pluviométrique important ;
- › les zones d'extension des cultures très rapide (front pionnier) ;
- › les zones à fort potentiel de régénération ;
- › les zones de surexploitation agro-pastorale.

IV. METHODES DE TRAITEMENT DES DONNEES

4.1. Evaluation de la production herbacée

Les variables concernant la composition floristique de la strate herbacée permettent de calculer plusieurs paramètres caractéristiques de cette strate :

- › la fréquence spécifique (FS) ;
- › la contribution spécifique (CS) qui traduit en valeur relative la proportion de chaque espèce ;
- › et la contribution spécifique-contact (participation de l'espèce à l'encombrement végétal aérien).

Concernant l'évaluation de la production du tapis herbacé, la formule de calcul pour chaque niveau de production (strate) est donnée par la relation suivante :

$$PH = fr * pm * ms * 10$$

$$PH = \text{biomasse herbacée en kg.MS.ha}^{-1}$$

fr = fréquence relative de la strate sur le transect

pm = poids vert moyen du niveau de production (g/m^2)

ms = taux de matière sèche

10 = facteur de conversion pour passer des gr/m^2 aux kg/ha

La somme des productions calculée pour les quatre strates donne la production herbacée totale pour 200 m^2 (longueur du transect x 1 m^2). Le niveau 0 n'étant pris en compte que pour calculer le pourcentage de sol nu.

La production en matière sèche obtenue pour 200 m² est ensuite ramenée à la superficie de l'unité de végétation et finalement au site afin d'obtenir la quantité de matière sèche à l'hectare sur le site en kg.MS/ha.

4.2. Evaluation de la production foliaire ligneuse

4.2.1 Pour la zone sahélienne

Calcul de la production individuelle

La production individuelle de biomasse foliaire ligneuse est obtenue par l'application de relations allométriques liant la biomasse foliaire à la circonférence du tronc à la base. Ces relations ont été établies pour les 45 principales espèces ligneuses sahéliennes et sont disponibles. Les relations allométriques sont de la forme :

$$P_i = a * C_i^b$$

P_i = production individuelle de biomasse foliaire ligneuse

C_i = circonférence à la base de l'individu

a et b = constantes fonction de l'espèce ligneuse

Cependant, la relation a été établie pour une valeur standard de poids d'une branchette de 1 cm de diamètre. Elle demande donc, pour chaque espèce, à être corrigée en tenant compte du poids d'une branchette récoltée lors de nos inventaires.

La production corrigée d'une tige est :

$$P = a * C^b * \text{poids branchette/poids branchette standard} * \% \text{ matière sèche.}$$

Calcul de la production à l'échelle de la placette

La production de biomasse foliaire ligneuse à l'échelle de la parcelle (PL) est égale à la somme des productions foliaires des individus inventoriés sur la parcelle.

$$PL = \sum_{i=1}^n P_i$$

Calcul de la production à l'échelle de l'unité de végétation

La production de biomasse foliaire ligneuse à l'échelle de l'unité de végétation est égale à celle de la placette rapportée à la superficie totale de l'unité de végétation à l'intérieur du site.

Calcul de la production à l'échelle du site

La production foliaire du site est égale à la somme des productions foliaires des individus des différentes unités de végétation. Elle sera ramenée à l'hectare.

La production primaire totale/hectare/site (P) est obtenue en faisant la somme des productions herbacées et des productions foliaires ligneuses de chaque site. Elle est exprimée en kg .MS/ha

$$P = PH + PL$$

4.2.2 Pour la zone soudanienne

Nous ne disposons à ce jour d'aucune relation allométrique liant la biomasse foliaire aux dimensions de l'arbre concernant les espèces ligneuses soudanienne à l'exception de *Faidherbia albida* (Depommier et Guerin, 1996) et de *Parkia biglobosa* (Bayala, 2002) dans des parcs agroforestiers de la zone soudanienne du Burkina Faso. Ces auteurs utilisent la circonférence à 1m30 et la surface du houppier.

Pour la première année nous suggérons d'utiliser la méthode préconisée par le CSE. C'est à dire de procéder par «ressemblance» physiologique de chaque espèce soudanienne avec une espèce sahélienne pour laquelle la relation allométrique est connue et d'extrapoler en utilisant cette relation. La suite du calcul est la même que pour les sites de la zone sahélienne.

Pour les années suivantes, il serait souhaitable de disposer de moyens financiers nous permettant d'établir nous mêmes des relations allométriques à partir des paramètres dendrométriques mesurés sur les espèces dominantes de la zone soudanienne. Ceci pourrait être réalisé avec l'aide d'étudiants de l'IDR et d'agents des Eaux et Forêts. Le fait d'avoir mesuré plusieurs paramètres dès la première année nous permettra, une fois les relations allométriques établies, de recalculer la biomasse correspondant à la première année.

4.3. Intégration des données au sol et des données satellitaires : modélisation et spatialisation

La spatialisation est réalisée par modélisation de la production primaire en relation avec l'indice de végétation (NDVI) calculé à partir de l'imagerie satellitaire NOAA-AVHRR :

$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R}$$

PIR = réflectance dans la bande proche infra rouge du spectre électromagnétique ;

R = réflectance dans la bande rouge du spectre électromagnétique.

Ce type d'indice peut être calculé à partir de données issues de tout satellite captant les réponses spectrales dans le visible et le proche infrarouge. Le choix de NOAA-AVHRR tient du fait de sa haute résolution temporelle qui permet de disposer journalièrement d'images satellitales. Sa faible résolution spatiale permet un stockage plus aisé des données pour un suivi continu des phénomènes étudiés.

En effet, le capteur AVHRR de la série des satellites NOAA est un radiomètre à 4 ou 5 (NOAA/2) canaux de balayage qui détecte la radiation émise ou réfléchiée par la terre dans le visible, l'infrarouge moyen ou lointain du spectre électromagnétique :

dans le visible la bande 0.58 – 0.68 μm , utilisée pour la cartographie de la surface de la terre et celle des nuages pendant la journée;

- 1 bande proche infra rouge : 0.725-1.1 μm , pour la cartographie des plans d'eau et du couvert végétal;
- 1 bande infra rouge moyen: 3.55 – 3.93 μm , pour la cartographie de la température de la surface des mers et celle des nuages en période nocturne ;
- 1 bande de l'infra rouge thermique : 10.5- 11.5 μm , pour la cartographie de la température de surface et celle de jour et de nuit des nuages;
- 1 autre bande de l'infra rouge thermique : 11.5 – 12.5 μm , pour la cartographie de la température de surface.

Le canal 1 de AVHRR se situe ainsi dans le spectre où la chlorophylle provoque une forte absorption de la radiation tandis que le canal 2 se trouve dans la région du spectre où la structure de la mésophylle de la feuille conduit à une forte réflectance. C'est ce contraste de réponse spectrale dans ces bandes qui est exploité pour caractériser la végétation notamment le rapport entre les deux réponses. Plusieurs indices ont été proposés dont le NDVI qui a montré une bonne corrélation avec les paramètres de la végétation notamment la biomasse verte de la feuille et la surface de la feuille verte (Green Leaf Area).

Une droite de régression est établie entre l'indice de végétation intégré et la production végétale mesurée sur le terrain.

Elle est de la forme :

$$P = a * NDVI + b$$

P = production primaire

a = constante

b = pente

Le taux de corrélation peut atteindre 90% en zone sahélienne.

$$P = 11185,49 * NDVI - 533 \quad (r = 0,9) \quad (\text{Groten, 1991}).$$

L'application de la formule à l'image de NDVI résultera en une carte de biomasse qui peut être représentée en classes de valeur pour la visualisation et les analyses. Cette approche a été développée et appliquée au Sénégal depuis plus de 15 ans au CSE, (Diallo *et al* 1992, Rasmussen 1998). La même méthodologie a été appliquée aux régions centre et Nord du Burkina (Sawadogo, *et al*, 1994 ; Groten, 1991).

Les logiciels SIG et de traitement d'images Winchips, Ilwis ou Easi Pace de PCI seront utilisés pour effectuer les opérations de modélisation et de spatialisation des résultats.

V. OPERATIONNALISATION DE LA COLLECTE DES DONNEES IN SITU

5.1 Composition des équipes

Pour la collecte des données in situ, chaque équipe sera multidisciplinaire comprenant :

pour les données sur la biomasse herbacée :

- 2 pastoralistes ou agrostologues (pour une plus grande rapidité des relevés, 2 groupes seront constitués) ;
- 2 manœuvres ;
- un des membres de l'équipe de mise en place du site ;
- 1 botaniste (peut être le membre de l'équipe de mise en place du site). Nécessaire chaque année.

Pour les données sur les ligneux :

- 2 forestiers
- 2 manœuvres ;
- un des membres de l'équipe de mise en place du site ;
- 1 botaniste, 1 écologue ou un agroforestier (peut être le membre de l'équipe de mise en place du site). Nécessaire que la première année.

5.2 Rôle des membres de l'équipe

Les membres de l'équipe auront chacun un rôle bien précis afin d'assurer les meilleurs résultats :

Le membre de l'équipe de mise en place du site est chargé de retrouver le site et ses limites

5.2.1 Pour les herbacées

Le botaniste de l'équipe a pour tâches de :

- positionner les transects ;
- veiller à l'exactitude des données collectées et des pesées effectuées ;
- aider les agents de l'élevage à effectuer le relevé de la présence des espèces .

Les agrostologues ou pastoralistes seront en charge de :

- identifier les espèces ou les mettre en herbier ;
- effectuer les relevés le long des transects ;
- effectuer la cotation par strate de chaque mètre de la ligne ;
- positionner les placeaux de collecte de biomasse.

Les manœuvres auront pour tâches de :

- aider à tendre le ruban ;
- couper les herbes dans les cadres de 1 m² ;
- effectuer les pesées de biomasse fraîche ;
- ensacher les échantillons.

5.2.2 Pour les ligneux

Le botaniste, agroforestier ou écologue sera chargé de :

- positionner les placettes d'échantillonnage ;
- veiller à l'exactitude des données collectées ;
- couper les branchettes.

Les forestiers auront pour tâches de :

- délimiter les placettes avec l'aide du botaniste ;
- identifier les espèces ;
- noter les informations données par les manœuvres ;
- évaluer le taux de chevauchement des couronnes, l'état physiologique, l'état phénologique et l'importance des mutilations.

Les manœuvres effectueront les mesures (1 aura en charge les circonférences, l'autre la hauteur et les surfaces de houppier).

5.3 Déroulement de la mission

- 1) L'équipe se rend à la direction régionale ou provinciale des Eaux et Forêts du site concerné pour prendre deux agents formés qui l'accompagneront pour la durée de la mission ainsi que 4 manœuvres susceptibles de rester sur toute la durée du projet et parmi lesquels figurera celui qui a participé à la mise en place du site.
- 2) L'équipe se rend sur le site qui sera retrouvé grâce à son positionnement sur la carte topographique, aux coordonnées de son point d'origine A et à la mémoire du membre de l'équipe de mise en place du site.
- 3) Le botaniste (ou agroforestier, ou écologue) choisit l'emplacement des placettes et aide les forestiers à les délimiter à l'aide de la boussole et des rubans de 50 m. Les rubans doivent être bien perpendiculaires au niveaux des angles. Deux rubans sur 2 côtés opposés sont laissés en place pour toute la durée de l'inventaire de la placette. Le troisième ruban, perpendiculaire aux deux autres est déplacé de 10 m en 10 m de façon à constituer des bandes de 10 m de large dans lesquelles seront inventoriés les individus ligneux. Cette précaution permet de faire un inventaire complet de la surface en question et de limiter les risques d'oubli.
- 4) Le groupe composé d'un forestier et de 2 manœuvres progresse à l'intérieur des bandes successives et relève pour chaque arbre les données ci-après :
 - le nom de l'espèce (le forestier) ;
 - la circonférence à la base (10-15 cm du sol) de l'individu (le manœuvre n°1). Dans le cas des individus multicaules, on prendra en considération uniquement la plus grosse tige ;
 - la circonférence à 1 m30 (le manœuvre n°1) ;
 - la hauteur totale (le manœuvre n°2) ;

- la surface du houppier (longueur x largeur de la projection au sol du houppier) (le manœuvre n°2) ;
- l'état physiologique et phénologique de l'arbre (vivant/mort, stade de feuillaison) (le forestier);
- les marques liées à une activité humaine (coupes, mutilations) (le forestier) ;
- le nombre de brins dans la cas d'individus multicaulés (le manœuvre n°1).

Le forestier note toutes ces informations sur la fiche de collecte.

- 5) Pendant ce temps, le botaniste (ou écologue, ou agroforestier) prélève les dix branchettes de 1 cm de diamètre de chaque espèce ligneuse dominante du site, les défeuille, pèse les feuilles fraîches et les met dans des sachets de tissus blanc (1 sachet par espèce) sur lesquels il note le nom du site, le n° de la placette, le nom de l'espèce et la date de récolte.

5.4 Matériel nécessaire par équipe

La collecte des données *in situ* exige du matériel technique :

- < carte topographique de l'IGB au 1 : 200 000 de la zone considérée ;
- fiche descriptive du site remplie lors de la mise en place du site ;
- carte d'occupation des terres du site ;
- matériel de navigation : GPS et boussole;
- rubans de 50 m et rubans de tailleurs ;
- perches ;
- sécateurs et cisailles pour couper les branchettes standards et l'herbe ;
- paire de gants de jardinage ;
- pesons de 1 Kg et 3 Kg ;
- sachets en tissus blanc pour faciliter la lecture des mentions écrites dessus (1 pour chacune des espèces ligneuses dominantes sur le site) ;
- fiches de collecte de données des placettes et lignes à échantillonner ;
- matériel didactique : marqueurs indélébiles pour écrire les références des échantillons, critériums 0,5 ou 0,7 mm ; gommes ; blocs notes, cartables)
- papier craft et presses pour constituer les herbiers;
- piles en quantité suffisante pour alimenter les appareils électroniques pendant toute la durée de la mission ;
- matériel de camping nécessaire compte tenu de l'éloignement des sites par rapport aux villes (boîtes à pharmacie; caisses popote, réchaud à gaz);
- imperméable et paires de chaussure de sécurité ou de bottes .

Tout le matériel sera récupéré au moment de quitter le site y compris critériums, gommes, cartables et blocs notes.

DOCUMENTS CONSULTÉS

ACHARD, F. (1993) Méthodes pour l'étude de la végétation et des ressources fourragères d'une zone pastorale : analyse floristique, mesures de la phytomasse, échantillonnage. Université de Niamey. Notes de cours, 23 p.

ARONOFF, S. (1989) Geographic Information Systems : a Management Perspective . Ottawa WDL Publications, 294 p.

BANNARI, A., MORIN, D., BONN, F. and HUETE A.R. (1995) A Review of Vegetation Indices. Remote Sensing Reviews. Vol. 13, p. 95-120.

BILLE, J.C. (1980) Measuring the Primary Palatable Production of Browse Plants. Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. Addis-Abeba , 8 – 12 Avril 1980. 11 p.

BURROUGH, P.A. (1989) Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press, Oxford, 193 p.

CISSÉ, M. I. (1980) The browse of some trees of the Sahel : Relationships between Maximum Foliage Biomass and Various Physical Parameters, Colloque International sur les fourrages ligneux en Afrique. Addis-Abeba, 8 – 12 Avril 1980, 5 p.

DIALLO, O, RASMUSSEN, M., SAWADOGO, K.S., TRAORE, L. (2002) Document technique pour le suivi environnemental du Programme National De Gestion des Terroirs.

EHRlich, D., ESTES, J.E. and SINGH, A. (1994) Applications of NOAA- AVHRR 1 km Data for Environmental Monitoring. Int. J. Remote Sensing. Vol. 15, No. 1, p. 145-161.

GODRON, M., DAGET, Ph., EMBERGER, L., LONG, G., Le FLOCH, E., POISSONNET, J., SAUVAGE, Ch. et WACQUANT, J-P. (1969) Vade-mecum pour le relevé méthodique de la végétation du milieu. Centre National de la Recherche Scientifique , Paris, 155 p.

HIERNEAUX, P.H.Y. (1992) Le suivi des fourrages herbacés du Sahel en saison sèche. Qu'apporte la télédétection ? In *Actes de l'atelier sur les Applications de la Télédétection au Suivi des Ressources Pastorales au Sahel, Niamey- Octobre*. p. 92-100.

JUSTICE, C.O. and HIERNEAUX, P.H.Y. (1986) Monitoring the Grasslands of the Sahel using NOAA AVHRR Data : Niger 1983. International Journal of Remote Sensing. Vol. 7 , No. 11, p. 1475-1497.

Le HOUÉROU, H.N. (1980) Chemical Composition and Nutritive Value of Browse in Tropical West Africa. Colloque International sur les fourrages ligneux en Afrique. Addis-Abeba, 8 – 12 Avril 1980, 13 p. + annexes.

NÉBOUT, J.P. et TOUTAIN, B. (1978) Étude sur les arbres fourragers dans la zone sahélienne (Oudalan voltaïque). CIFT-IEMVT, Maisons-Alfort, Paris, 119 p.

OUADBA, J.M., ZIDA, D., OUEDRAOGO, P., PALLO, F. (2002) Bilan du suivi de la végétation naturelle du projet INERA/DPF-PNGT 1994-2001. Zone de la réserve de la Biosphère de la Marre aux Hippopotames. Rapport technique, 66p.

SAWADOGO, K., S.; KOUDOUGOU, Z.; KISSOU, D. ; TIEMTORE, S. ; BEOGO, J. ; 1994. Suivi des ressources Pastorales , Campagne 1993. Rapport Annuel. 53p. + Annexes.

TOWNSHEND, J. R. G. and JUSTICE, C. O. (1986) Analysis of the Dynamics of African Vegetation using the Normalized Difference Vegetation Index. International Journal of Remote Sensing. No. 7, p. 1435-1445.

TUCKER, C.J. and SELLERS, P. J. (1986) Satellite Remote Sensing of Primary Production. International. Journal of Remote Sensing. No. 7, p. 1395-1416.

ANNEXE 1 : Fiche de caractérisation du site

Auteur du relevé:

Date

I Identification du site :

Nom du site :

Coordonnées:

latitude

longitude Superficie

Ville proche :

Province :

II Zone phyto-géographique :

Domaine sahélien

1 Secteur Nord-Sahélien

2 Secteur Sud-Sahélien

Domaine soudanien

3 Secteur Nord-Soudanien:

4 Secteur Sud-Soudanien

III Formation végétale

rec¹. sol nu:

rec. annuelles:

rec. pérennes:

rec. ligneux :

Secteur Nord-Sahélien

Steppe herbeuse

Steppe herbeuse et arbustive

Steppe arbustive

Steppe arbustive et fourrés (brousse tigrée)

Prairie aquatique

Secteur Nord-Soudanien

Savane arborée à boisée

Savane arborée à arbustive

Parcs agroforestiers / savanes parc

Savane arborée

Prairie inondable

Secteur Sud-Sahélien

Steppe arbustive

Savane arbustive à arborée

Steppe et savane arborée des vallées

Savane arborée

Secteur Sud-Soudanien

Steppe arbustive à arborée

Savane arborée à arbustive et boisée

Savane arborée à boisée et forêt claire

Forêt-galerie et prairie aquatique associée

IV Espèces dominantes par strate

N ^o Espèce	arbres >12 m	arbres 5-12m	arbustes <5m	herbacées
1				
2				
3				
4				

V Exploitation et Type d'utilisation

Type d'utilisation

1 culture pluviale seule

2 culture sous arbres

3 culture irriguée

4 jachère

5 élevage (préciser : bovins, ovins, caprins)

6 exploitation forestière (coupes)

7 plantation

8 autre (préciser)

¹ Rec. = recouvrement

Intensité d'exploitation

- 1 peu exploité
- 2 moyennement exploité
- 3 très exploité
- 4 surexploité

TABLE DE MATIERE

I. JUSTIFICATION	2
II. OBJECTIFS.....	3
2.1. OBJECTIF GLOBAL.....	3
2.2. OBJECTIFS SPECIFIQUES	3
III. METHODOLOGIE	3
3.1. SITE DE SUIVI	3
3.2. ECHANTILLONNAGE.....	6
3.3. COLLECTE DES DONNEES.....	6
IV. METHODES DE TRAITEMENT DES DONNEES	10
4.1. EVALUATION DE LA PRODUCTION HERBACEE	10
4.2. EVALUATION DE LA PRODUCTION FOLIAIRE LIGNEUSE.....	11
4.3. INTEGRATION DES DONNEES AU SOL ET DES DONNEES SATELLITALES : MODELISATION ET SPATIALISATION	12
V. OPERATIONNALISATION DE LA COLLECTE DES DONNEES IN SITU	15
5.1 COMPOSITION DES EQUIPES	15
5.2 ROLE DES MEMBRES DE L'EQUIPE	15
5.3 DEROULEMENT DE LA MISSION.....	16
5.4 MATERIEL NECESSAIRE PAR EQUIPE.....	17
DOCUMENTS CONSULTÉS.....	18
ANNEXE 1 : FICHE DE CARACTERISATION DU SITE.....	19
ANNEXE 2 : FICHE DE RELEVÉ DES ESPECES HERBACEES	21
ANNEXE 3 : FICHE DE RELEVÉ DE STRATIFICATION.....	29
ANNEXE 4 : FICHE DE COLLECTE DE LA BIOMASSE HERBACEE	31
ANNEXE 5 : FICHE DE COLLECTE DES LIGNEUX	32