

**Computer assisted cartography : a powerful tool for sustainable management of natural resources : Case Study of N'Tentoukoro area. Mali. West Africa.**

**Paper number : 47**

**L. Diarra, Institut d'Economie Rurale (IER) PO Box 258 Bamako. Mali**

**E-mail : [direction@ier.ml](mailto:direction@ier.ml)**

**Key words: Biomass, mapping, sustainability, user requirements**

**Abstract:**

**L. Diarra, Institut d'Economie Rurale (IER) PO Box 258 Bamako. Mali**

**Title :Computer assisted cartography : a powerful tool for sustainable management of natural resources : Case Study of N'Tentoukoro area. Mali. West Africa.**

In Mali, like in many sahelian contries, ever-increasing livestock and human population are intensifying the demand for grazing and agricultural lands around cities. Fire wood requirements have also increased, since wood remains the main fuel for the population. In an attempt to satisfy rising demands for forage, food and firewood, large areas of land have been deforested, land cleared and cultivated. Natural vegetation has been reduced and degraded around the towns. As a result, the balance between people and their environment has disappeared and townspeople are obliged to go to the surrounding villages in order to meet their firewood and forage needs. N'Tentoukoro is one of these villages in which natural resources are overexploited by woodcutters and foraging transhumant cattle. This overexploitation has forced local cattle to leave the watershed to satisfy their forage needs during the dry season. Consequently, there is not enough manure produced in the village, and soil fertility has decreased. Due to the lack of this key ressource, crop production has reduced and farmers are getting poorer and poorer. To diminish their poverty, many people, especially women, collect and sell firewood.

Land degradation and depletion of soil fertility threaten sustainable increases in agriculture and endanger the survival of present and future generations. To stop this degradation, sustainable natural resource management is necessary. This can be done by generating information on natural resource base, to be compared with the needs of the population and their livestock. Therefore investigations have been made in the watershed to evaluate forage and crop production, forest productivity, and also map the main vegetation units.

Aerial photographs from 1995 were used to map the vegetation units in the watershed. Herbaceous and crop residue biomass were measured using a stratified random sampling technique. Standard measures of leaf production and forest productivity based on research results were used to evaluate forests productivity and browse production. Investigations were conducted to determine households' firewood consumption and the rate of wood removal from the forest. Carrying capacity was estimated by season on the basis of forage quantity and quality and animals requirements.

The study gives a description of the mapped vegetation units of the watershed (units extent, vegetation cover, forage production, carrying capacity), households' firewood consumption and forest productivity. Comparing demand and supply of forage shows that grazing lands are over exploited especially during the beginning of the rainy season where stocking rate is four times the carrying capacity of the land. Households' firewood needs are satisfied but the pressure put on the forests to meet the ever increasing needs of the townspeople is worrying.

Suggestions for improving soil fertility, forage availability and balance for forest exploitation are made.

## Introduction

Au Mali, à l'instar de plusieurs pays sahéliens, on assiste depuis quelques décennies à une dégradation des ressources naturelles liées essentiellement à leur mode de gestion. En effet, suite à l'accroissement démographique et du cheptel, des besoins nouveaux se sont créés. Pour satisfaire les besoins en terres agricoles, des défrichements importants sont survenus. Le bois restant le principal combustible de l'ensemble de la population, la satisfaction des besoins énergétiques entraîne des prélèvements importants dans les forêts environnantes qui au fil des ans ont vu leur densité baisser de façon alarmante. C'est ainsi que beaucoup de villes et de villages se sont entourés d'un désert ligneux dont le rayon s'accroît d'année en année, obligeant les citadins à se tourner vers les terroirs environnants pour leur approvisionnement en bois et aussi pour faire pâturer leurs animaux. Parmi ces terroirs figure celui de N'Tentoukoro. Il subit l'assaut des animaux transhumants venant de diverses localités au nombre de 11642 UBT sur une superficie de 11876 ha, ce qui entraîne un déséquilibre entre les potentialités pastorales du terroir et les charges réellement appliquées. En saison sèche, le déficit fourrager est si important que les animaux sont obligés de quitter le terroir à la recherche de nourriture. En conséquence, les paysans éprouvent d'énormes difficultés pour la mobilisation de la fumure organique, élément indispensable pour le maintien de la fertilité des sols. Une utilisation durable des terres de culture n'est donc pas possible. En conséquence, la production agricole et le niveau de fertilité des sols ont considérablement baissé. Le nombre d'exploitations non autosuffisantes ainsi que les achats de céréales ont augmenté tandis que les investissements en agriculture diminuaient d'année en année, entraînant les exploitations dans un cercle vicieux de pauvreté (Fofana et col 1996).

Pour atténuer cette pauvreté, toutes les exploitations s'adonnent au commerce de bois. Les femmes sont particulièrement actives dans la commercialisation du bois avec les commerçants de Bamako. La pression sur les ressources ligneuses s'est donc accrue d'année en année, entraînant une dégradation de la végétation qui met en péril le développement humain.

Pour arrêter cette dégradation une gestion durable des ressources pastorales s'avère nécessaire. Celle-ci ne pouvant se faire que sur la base d'une bonne connaissance de l'environnement, divers travaux ont donc été effectués dans le terroir en vue de confronter les ressources disponibles aux besoins de la population et du cheptel. Il s'agit notamment de la cartographie de l'occupation des sols, de l'inventaire quantitatif et qualitatif des ressources fourragères, du suivi de la pression pastorale, de la détermination de la capacité de charge du terroir, de l'inventaire et l'exploitation des ressources ligneuses.

## 1. Matériel et méthode

### 1.1. Localisation du site d'étude

Les recherches ont été faites à N'Tentoukoro (12° 05'033 N ; 07°52' 330 W), village situé dans la commune de Ouélessébougou, à 80 km au sud de Bamako (Mali). Le climat est sub humide, avec une seule saison des pluies s'étalant de mai à Octobre et une pluviosité annuelle moyenne de 1026 mm ( $\pm 161.8$ ). Quant aux moyennes de températures, elles varient de 31°C en Mai/Juin à 23°C en Janvier.

### 1.2. Cartographie de la végétation

Les photographies aériennes datant de 1995 ont été utilisées pour la cartographie de la végétation du terroir. La photo-interprétation a été suivie de travaux de terrain pour la reconnaissance et la description précise des unités de végétation. Après analyse des données collectées, le logiciel Mapinfo a été utilisé pour dresser la carte définitive.

### 1.3. Evaluation de la production fourragère herbacée

En fin septembre, la production fourragère herbacée a été évaluée dans chacune des formations végétales identifiées dans le terroir. La méthode utilisée pour cette évaluation est celle de l'échantillonnage aléatoire stratifié, décrite par le C.I.P.E.A (HIERNAUX et COL, 1984 ; HIERNAUX 1988). Elle consiste à distinguer en fonction de la densité apparente du tapis herbacé quatre strates: une strate sol nu, une strate faible où la biomasse est jugée inférieure à la médiane (strate basse), une strate moyenne et une strate forte où la biomasse est jugée supérieure à la situation médiane.

L'extension de chaque strate est mesurée mètre par mètre le long d'un ruban de 100 m. Les observations et mesures sont faites sur 12 plots de 1 m<sup>2</sup> repartis de façon aléatoire de telle sorte que la moitié des échantillons se trouvent dans la strate médiane ou moyenne et un quart dans chacune des strates extrêmes (faible, forte). Avant la récolte le recouvrement global et spécifique dans la placette a été estimé et la liste des espèces fut dressée. Les échantillons prélevés sont pesés et séchés pour la détermination du taux de matière sèche. Par la suite les moyennes de biomasse par strate ainsi que les valeurs de stratification obtenues sont utilisées pour calculer la biomasse moyenne pondérée du site.

#### 1.4. Evaluation de la production foliaire des espèces ligneuses

La méthode utilisée combine un relevé de la structure du peuplement ligneux et l'utilisation de relations d'allométrie. Le relevé de la structure du peuplement permet de dresser la liste des espèces, de calculer pour chaque espèce le nombre de souches à l'hectare, le recouvrement par strate et la distribution des troncs en fonction de leur taille. Il fournit les paramètres de peuplement nécessaires au calcul des biomasses et productions foliaires des plantes ligneuses.

Le calcul des biomasses foliaires utilise les relations d'allométrie établies préalablement (M. I. CISSE, 1980; L. CISSE et B. SACKO, 1987) et qui font de la biomasse foliaire une fonction exponentielle de la circonférence basale du tronc (Equation 1).

$$\text{Equation 1 : } B = a * C^b \text{ où :}$$

B : la biomasse foliaire potentielle de l'arbre

C : la circonférence basale du tronc (ou un autre paramètre tel que le volume du houppier).

a et b : deux constantes pour une espèce donnée.

Ces relations donne une biomasse qui est celle de l'état de feuillaison au moment de l'établissement de ces relations d'allométrie. Pour tenir compte de l'état de feuillaison actuelle, la biomasse ainsi calculée a été corrigée à l'aide de valeurs obtenues sur des branchettes de 1 cm de diamètre (bt) prélevées sur chaque espèce. Six branchettes représentatives de l'état de feuillaison de l'arbre ont été prélevées par espèce pour tous les sites. Les relations d'allométrie utilisées sont données au tableau n° 1.

L'intégration de ces données de production aux descriptions de la végétation permet de calculer le potentiel fourrager des espèces ligneuses du terroir. Elle se fait au niveau du relevé. Pour toutes les espèces ayant un intérêt fourrager, on a calculé à l'aide des relations d'allométrie la production fourragère annuelle en tenant compte de la densité et du diamètre des troncs. Connaissant la production fourragère de chaque formation végétale, celle du terroir a été calculée en ramenant les valeurs obtenues à la surface occupée par chacune d'elle dans le terroir. La production fourragère des parcours du terroir est alors égale à la somme des productions fourragères des différentes formations végétales. Cette valeur est par la suite précisée en y adjoignant les valeurs d'unités fourragères et de teneur en azote correspondantes.

Tableau n° 1. Relations d'allométrie utilisées pour l'estimation de la biomasse foliaire de quelques espèces ligneuses appréciées.

Biomasse foliare $(B) = ((a * C^b) / b_0) * bt$			
Espèces	A	b	bo
<i>Acacia machrostachya</i>	0.6	2.31	15
<i>Combretum nigricans</i>	1.25	2.12	45
<i>Detarium microcarpum</i>	0.31	2.71	35
<i>Hexalobus monopetalus</i>	1.55	1.93	20
<i>Guiera senegalensis</i>	3.09	1.89	35
<i>Maitenus senegalensis</i>	3.09	1.89	35
<i>Prosopis africana</i>	1.01	2.09	35
<i>Pteleopsis suberosa</i>	0.95	2.07	35
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	0.95	2.07	25
<i>Strychnos spinosa</i>	1.38	1.91	30
<i>Terminalia macroptera</i>	2.09	2.06	35
<i>Ximenia americana</i>	3.09	1.89	35
<i>Vitex madiensis</i>	0.31	2.71	35

bt = biomasse foliaire de la branchette au temps t

bo = biomasse foliaire de la branchette au moment de l'établissement des relations

Source : Cisse et SACKO 1987

#### 1.5. Evaluation des résidus de culture

Deux méthodes ont été utilisées pour évaluer les sous produits agricoles.

Pour quelques spéculations (maïs, arachide, fonio, riz pluvial et niébé), les résidus de récolte ont été estimés à partir du rapport grain/paille pour chaque spéculation et de la fraction disponible par spéculation (Leloup et Traoré, 1989).

Pour les autres spéculations du terroir (coton, mil et sorgho), les mesures ont été faites sur une surface de 10 m \* 10 m. Sur cette surface on décompte le nombre de billons, de poquets, et de plants par poquets et billon. Un échantillon de (12) douze pieds a été choisi au hasard dans l'aire délimitée, pour être pesé sur place en prenant soin de séparer la biomasse des feuilles de celle des tiges pour le calcul de la phytomasse.

### 1.6. Evaluation de la productivité ligneuse

La productivité ligneuse a été évaluée à l'aide de l'équation 2e établie par Sylla (1996)

Equation 2:

$$i = 0,3699 * e^{3,1652 PR^2}$$

où :  $i$  = la productivité ligneuse en  $m^3$ ,  $P$  = pluviosité en  $m$ ;  $R^2$  = carré du recouvrement végétal exprimé en %.

Cette équation s'applique à des formations végétales ayant un recouvrement ligneux compris entre 30 et 70 %. Par la suite, la productivité du terroir a été calculée en faisant la somme des productivités des différentes formations végétales identifiées .

### 1.7. Evaluation de la capacité de charge

La capacité de charge a été calculée à partir de la quantité et de la qualité de fourrage disponible et des besoins des animaux (la ration journalière de l'UBT est égale à 6.25 kg de matière sèche). Le calcul se fait séparément pour la saison des pluies et la saison sèche. Pour la saison pluvieuse, la qualité n'étant pas un obstacle, la biomasse disponible utilisable se calcule à partir du disponible total et du rapport de la durée de la croissance végétative sur l'année . En saison sèche , l'estimation prend en compte la fraction de la biomasse disponible ayant un taux d'azote de 7.5 g / kg MS (Breman et al 1990).

### 1.8. Prélèvements de bois dans les forêts

Pour la réalisation de cette étude d'inventaire et d'exploitation des ressources ligneuses, la démarche suivie comporte deux phases distinctes:

#### La phase de bureau

Elle a porté sur la revue bibliographique, la conception des fiches d'enquête et de relevé floristique ainsi que le choix des exploitations à enquêter.

Pour la réalisation des enquêtes trois (3) fiches furent élaborées :

Fiche1 : Enquête monographique des villages

Fiche2 : Enquête consommation de bois dans les ménages

Fiche3 : Enquête socio- économique.

#### La phase de terrain

##### \*\*Réalisation des enquêtes

La consommation de bois a été évaluée à partir d'enquêtes réalisées dans les principaux villages de la zone. Outre les interviews on a procédé à des pesées de fagots (de vente et de ménage) et de charretée de bois. Pour les fagots de ménage, la méthode consiste à peser, pour chaque exploitation enquêtée, la quantité de bois que la ménagère estime suffisante pour couvrir tous ses besoins d'une journée de cuisine.

##### \*\* Inventaire des peuplements ligneux

Pendant la phase de terrain, des relevés ligneux ont été effectués pour définir la structure du peuplement ligneux des différentes formations végétales .

Les coordonnées de chaque relevé, à savoir la latitude, la longitude et l'altitude sont obtenues à l'aide d'un G.P.S (Geographic Positioning System) .

## 2. Résultats

### 2.1. Description des formations végétales

Le terroir de N'Tentoukoro, d'une superficie de 14089 hectares se résume en fonction du substrat à deux types de paysages : les cuirasses (7398 hectares) et les plaines (6691 hectares). La carte des formations végétales identifiées et la légende correspondante sont données à la fin du document.

#### 2.1.1. Les formations végétales sur cuirasses

Sept (07) formations végétales ont été identifiées sur les cuirasses. Ce sont toutes des savanes arbustives que nous avons regroupées en fonction du recouvrement des strates en trois sous-ensembles :

##### 2.1.1.1. La savane arbustive dense

Elle comporte trois variantes :

**. la savane arbustive dense à *Detarium microcarpum*, *Terminalia macroptera* et *Schizachyrium semiberbe* (unité cartographique VC11) .**

Elle n'occupe que 84 hectares, soit 0.6 % du terroir. Le couvert ligneux avec un recouvrement de 61 % a une densité dépassant 5000 pieds à l'hectare dont plus de 60 % se retrouvent dans la strate buissonnante. Les espèces dominantes sont *Detarium microcarpum*, *Terminalia macroptera* et *Entada africana* dans les strates buissonnante et arbustive. La strate arborée ne comporte que trois espèces: *Azalia africana*, *Burkea africana* et *Terminalia avicinoides* dont le recouvrement par hectare dépasse 10%.

La strate herbacée (22 % de recouvrement), dominée par *Schizachyrium semiberbe* a une biomasse de 1150 kg de matière sèche (MS) par hectare (ha) et un taux d'azote de 8.1 g/kg de MS.

**. la savane arbustive dense à *Combretum lecardii*, *Combretum nigricans* et *Andropogon tectorum* (unité cartographique VC12).**

Le recouvrement ligneux est de 58 %. *Combretum Lecardii*, *Combretum nigricans*, *Entada africana* et *Landolphia senegalensis* caractérisent la strate arbustive, tandis que *Entada africana*, *Combretum Lecardii*, *Combretum passargei*, *Pteleopsis suberosa*, *Annona senegalensis*, *Detarium microcarpum* et *Acacia macrostachya* abondent dans la strate buissonnante. La strate arborée comporte *Danielia oliveri*, *Parkia biglobosa*, *Prosopis africana* et de grand pieds de *Pteleopsis suberosa*.

Le tapis herbacé dominé par *Andropogon tectorum* a une biomasse de 2800 kg de MS /ha et un taux d'azote de 8.4 g / kg de MS.

**. la savane arbustive dense à *Detarium microcarpum*, *Cassia sieberiana* et *Schizachyrium semiberbe* (unité cartographique VC13).**

La densité du couvert ligneux est de 6400 pieds par hectare dont plus de la moitié est représentée par les buissons. Le recouvrement ligneux est de 54 %. Cette savane est dominée dans la strate arbustive par *Detarium microcarpum*, *Cassia sieberiana*, *Pteleopsis suberosa* et *Combretum glutinosum*. Quant à la strate arborée, elle est représentée essentiellement par *Vitellaria paradoxa*.

Le tapis herbacé a une biomasse en fin de croissance estimée à 900 kg de MS par hectare, et un taux d'azote de 7.7 g/kg de MS.

##### 2.1.1.2. La savane arbustive ouverte

Trois formations végétales y ont été distinguées:

**. la savane arbustive à *Entada africana*, *Acacia macrostachya* et *Andropogon pseudapricus* (unité cartographique VC31).**

La densité des ligneux y est inférieure à 2000 pieds à l'hectare. La strate buissonnante très dense, forme les 2/3 de la population ; elle est dominée par *Entada africana* et *Combretum glutinosum*. La strate arbustive avec un recouvrement de 13%, est dominée par *Entada africana*, *Acacia macrostachya*, *Combretum glutinosum* et *Hexalobus monopetalus*. La strate arborée ne comporte que *Parkia biglobosa* et *Cordyla pinnata*.

Le tapis herbacé dominé par *Andropogon pseudapricus* a une biomasse en fin de croissance de 1860 kg MS par hectare, et un taux d'azote de 4.9 g/kg de MS.

**. la savane arbustive à *Combretum lecardii*, *Pteleopsis suberosa* et *Loudetia togoensis* (unité cartographique VC32).**

Une vingtaine d'espèces réparties en deux strates ont été décrites dans cette formation végétale. La strate buissonnante a un recouvrement de 9 % ; elle est dominée par *Combretum Lecardii*, *Pteleopsis suberosa* et *Detarium microcarpum*. La strate arbustive a 22 % de recouvrement ; elle est dominée par *Detarium microcarpum*, *Pteleopsis suberosa*, *Combretum Lecardii* et *Gardenia ternifolia*.

La strate herbacée avec 21 % de recouvrement, est dominée par *Loudetia togoensis*. Ce dernier contribue pour 53 % au recouvrement global. Les espèces accompagnatrices sont *Andropogon ascinodis*, *Andropogon*

*pseudapricus* et *Ctenium Newtonii*. La biomasse herbacée est de 1350 kg MS par hectare en fin de croissance avec un taux d'azote de 4.5 g/kg de MS.

**. la savane arbustive à *Parkia biglobosa*, *Vitellaria paradoxa* et *Andropogon pseudapricus* (unité cartographique VC33).**

Cette savane est caractérisée par la rareté des grands arbres. La densité par hectare est de 3400. Dans la strate buissonnante, les espèces suivantes sont dominantes : *Detarium microcarpum*, *Pteleopsis suberosa*, *Prosopis africana* et *Annona senegalensis*. Parmi les arbustes *Parkia biglobosa*, *Vitellaria paradoxa* et *Lannea velutina* sont dominants.

La strate herbacée, avec un recouvrement de 26 %, est dominée par *Andropogon pseudapricus* accompagnée par *Ctenium Newtonii* et *Borreria stachydea*. Sa biomasse est de 1600 kg de MS par hectare avec un taux d'azote de 4 g/kg de MS.

**2.1.1.3. La savane arbustive à *Terminalia macroptera*, *Cassia sieberiana* et *Schizachyrium semiberbe* (unité cartographique VC2).**

Le troisième sous – ensemble est une savane arbustive qui, avec un recouvrement ligneux de 38 % occupe une position intermédiaire entre les savanes arbustives dense et ouverte. C'est une savane arbustive à *Terminalia macroptera*, *Cassia sieberia* et *Schizachyrium sanguineum* caractérisée par une strate buissonnante importante (5168 pieds/ha) et une strate arbustive ayant plus de 900 pieds/ha avec un recouvrement de 16 %. La strate arborée, très peu fournie est représentée seulement par *Vitellaria paradoxa* qui recouvre 4 %.

Le tapis herbacé dominé par *Schizachyrium semiberbe* a une production de 1046 kg de MS par hectare avec un taux d'azote de 8.3 g/kg de MS.

### 2.1.2. Les formations végétales sur plaines

Les plaines regroupent trois grands ensembles : la végétation bordant les cours d'eaux, celle des plaines proprement dites et les parcs agroforestiers.

\*\*La végétation des plaines proprement dites regroupe deux formations végétales, l'une arbustive et l'autre arborée :

#### **la savane arbustive à *Combretum passargei*, *Combretum glutinosum* et *Andropogon pseudapricus* (unité cartographique VP1).**

Une trentaine d'espèces y ont été décrites ; la densité ligneuse est de 3900 pieds à l'hectare. L'analyse de la structure verticale montre que les arbustes ont un recouvrement important de 30 %, tandis que les buissons et les arbres recouvrent respectivement 10 et 9 %. La strate arbustive est dominée par *Combretum passargei*, *Combretum glutinosum*, *Prosopis africana*, *Pteleopsis suberosa* et *Cassia sieberiana*. Les buissons sont dominés par *Pteleopsis suberosa*, *Guiera senegalensis* et *Annona senegalensis*. La strate arborée est représentée essentiellement par *Vitellaria paradoxa*.

La strate herbacée avec un recouvrement de 16 % est dominée par *Andropogon pseudapricus* ; les espèces accompagnatrices sont *Pennisetum pedicellatum*, *Elionorus elegans*. Sa biomasse en fin de croissance est de 700 kg de MS par hectare avec un taux d'azote de 5.8 g/kg de MS

#### **la savane arborée à *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Pterocarpus erinaceus* et *Andropogon pseudapricus* (unité cartographique VP2)**

Le couvert ligneux avec un recouvrement ligneux d'environ 61 % comporte trois strates. La strate arborée a un recouvrement de 31 % ; elle est dominée par *Vitellaria paradoxa*, *Pterocarpus erinaceus* et *Parkia biglobosa*. La strate arbustive comporte plus de 1800 individus/ha ; son recouvrement est de 24 %. Parmi les espèces dominantes, on note : *Lannea acida*, *Combretum passargei* et *Terminalia macroptera*. La strate buissonnante comporte *Terminalia macroptera*, *Acacia macrostachya* et *Entada africana*.

La strate herbacée, avec un recouvrement de 27 %, est dominée par *Andropogon pseudapricus*. Cette dernière est accompagnée par *Microchloa indica*, *Pennisetum pedicellatum* et *Andropogon asciodis*. La biomasse herbacée en fin de croissance est de 1600 kg de MS par hectare avec un taux d'azote de 4.5 g/kg de MS.

\*\*Autour des cours d'eaux, on observe deux formations, toutes des savanes arbustives :

#### **la savane arbustive à *Detarium microcarpum*, *Entada africana* et *Andropogon asciodis* (unité cartographique VP3).**

Vingt trois espèces y ont été recensées. La strate buissonnante, avec 17 % de recouvrement, représente à elle seule les trois quarts de la densité de la population (3000 individus/ha sur un total de 3900). La strate arbustive avec un recouvrement de 19 %, est dominée par *Lannea acida*, *Terminalia avicennoides* et *Prosopis africana*. La strate arborée est très pauvre ; ce qui dénote de l'ampleur de la pression humaine exercée sur cette formation végétale ; on y observe essentiellement *Vitellaria paradoxa*.

La strate herbacée est dominée par *Andropogon asciodis* qui contribue pour plus de  $\frac{3}{4}$  au recouvrement. Les espèces accompagnatrices sont *Andropogon pseudapricus*, *Schizachyrium semiberbe* et *Diheteropogon hagerupi*. Sa biomasse est de 1500 kg de MS par hectare avec un taux d'azote de 6.7 g/kg de MS.

#### **la savane arbustive à *Combretum nigricans*, *Detarium microcarpum*, et *Andropogon schirensis* (unité cartographique VP4).**

Par rapport à la formation végétale précédente, elle est moins artificialisée ; ce qui se traduit par une strate arborée et arbustive plus importantes. Par contre les buissons sont moins importants. La strate arbustive dominante est caractérisée par *Lannea acida*, *Cassia sieberiana*, *Combretum nigricans*, *Detarium microcarpum*, *Combretum velutinum* et *Prosopis africana*. La strate buissonnante est dominée par *Detarium microcarpum*, *Vitex madiensis* et *Combretum nigricans*. La strate arborée se résume en quelques grands arbres : *Pterocarpus erinaceus*, *Combretum velutinum* et *Combretum nigricans*.

La strate herbacée, avec 18 % de recouvrement, est dominée par *Andropogon schirensis*. *Andropogon pseudapricus* et quelques touffes de *Loudetia togoensis* y sont disséminées. Sa biomasse en fin de croissance est de 700 kg de MS/ha avec un taux d'azote de 8 g/kg de MS.

### 2.1.3. Champs et jachères (unité cartographique VP5).

L'unité VP5 regroupe tous les espaces cultivés ainsi que les jachères d'âge inférieur à 10 ans. Les champs exploités dans le terroir pour les différentes spéculations pour la campagne 1999 ont été estimés à 2214 hectares. La végétation ligneuse dans ces parcelles est constituée majoritairement de *Vitellaria paradoxa* et *Parkia biglobosa*. Par ailleurs, elle est très hétérogène ; sa composition floristique et sa structure étant fonction de la durée de mise en jachère. Le sol est argileux à argilo-limoneux ou gravillonnaire.

## 2.2. Quantité de biomasse herbacée disponible utilisable sur les parcours naturels par le bétail dans le terroir de N'Tentoukoro

La superficie totale du terroir est de 14089 hectares . De cette superficie, 2214 hectares sont exploités par l'agriculture. Le restant ,soit 11875 hectares, en friches servent de pâturages. La biomasse herbacée disponible utilisable par hectare fluctue énormément : de 200 kg /ha sur les plaines (VP1) à 950 kg /ha /an pour les cuirasses (VC12). D'autre part, que l'on soit sur cuirasse ou sur plaine, le niveau de production et la qualité du fourrage sont fortement influencés par la densité du couvert ligneux.

La biomasse moyenne herbacée utilisable par hectare en saison pluvieuse est de 237.9 kg de MS, soit pour l'ensemble du terroir une production de 2825.1 tonnes. La biomasse herbacée moyenne utilisable par hectare en saison sèche est de 238 kg de MS. La biomasse moyenne disponible utilisable par le bétail pendant l'année étant estimée à 476 kg par hectare, la biomasse herbacée totale disponible utilisable par le bétail dans le terroir est d'environ de 5653 tonnes.

## 2.3. Evaluation des résidus de récolte

Les résidus de récolte sont variés dans le terroir ; leur production par hectare varie en fonction de la technicité du paysan.

En moyenne, la production des tiges de mil est évaluée à 8365 kg MS / ha avec un taux d'azote de 2.28 g par kg de MS, et celle des feuilles à 1281kg MS / ha avec une teneur en azote de 5.9 g par kg de MS. Le rapport feuilles / tiges est de 18 %.

Pour le sorgho les productions mesurées fluctuaient entre 2019 et 12453 kg MS /ha pour les tiges, 291 et 1555 kg MS /ha pour les feuilles . La moyenne de la production est de 6686 kg MS / ha pour les tiges avec un coefficient de variation de 79.3 % ; celle des feuilles est de 851 kg MS /ha. Le rapport feuilles / tiges est de 13 %. La teneur en azote est respectivement de 2.09 et 6.16 g par kg de ms pour les tiges et les feuilles.

Pour le coton la biomasse moyenne à l'hectare est de 6260 kg MS /ha pour les tiges avec un coefficient de variation de 54.8 % ; celle des feuilles est de 996 kg MS /ha , soit un rapport feuilles /tiges de 15 %. Les teneurs en azote correspondant sont de 6.2 et 23.34 g par kg de MS.

Les productions par hectare des résidus des autres spéculations ont été de 880 kg MS /ha pour la fane d'arachide, 3939 kg MS/ha pour la paille de maïs, 2878 kg de MS / ha pour la paille de riz, et 1900 kg de MS / ha pour la paille de fonio .

Les quantités de résidus produites dans le terroir ont été de 15 647 tonnes pour les trois principales cultures ( mil, sorgho, coton ), dont 13 668 tonnes pour les tiges, et 1979 tonnes pour les feuilles. Pour les résidus de maïs, d'arachide, de fonio et de riz, elles ont été de 627 tonnes.

## 2.4. Capacité de charge du terroir

Elle correspond à la somme des capacités de charge des parcours naturels et des résidus de récolte. Pour les différentes formations , la capacité de charge oscille entre 0.09 UBT / ha /an pour la formation VP1 à *Andropogon pseudapricus* dominant , et 0.41 UBT /ha /an pour la formation VC12 à *Andropogon tectorum* et *Schizachyrium brevifolium* dominants. Ces capacités de charges , relativement faibles, reflètent le bas niveau du disponible fourrager des différentes formations végétales (tableau n° 2).

Tableau n° 2: Disponible fourrager du tapis herbacé des formations végétales du terroir.

P A en kg/ha	Formations végétales des cuirasses							Formations végétales des plaines			
	VC11	VC12	VC13	VC2	VC31	VC32	VC33	VP1	VP2	VP3	VP4
	1541	2820	1411	1652	2276	1348	2298	728	1622	1515	734
DA (kg/ha)	541	987	494	578	797	472	804	255	568	530	257
D U SP (kg/ha)	225	411	206	241	332	472	335	105	237	221	107
D U SS (kg/ha)	287	535	248	311	256	140	206	95	169	238	133
D U A (kg/ha)	512	947	454	552	587	337	337	197	405	459	241

P A = Production annuelle ; D A = Disponible annuelle ; D U S P = Disponible utilisable en saison des pluies ; D U S S = Disponible utilisable en saison sèche. D U A = Disponible utilisable dans l'année



La capacité de charge du terroir en saison pluvieuse correspond à celle des parcours naturels, soit **2972** UBT. Pour la saison sèche, la capacité de charge du terroir est fournie concomitamment par les parcours naturels et les résidus de récolte, ce qui correspond à **6925** UBT.

Pour l'ensemble des parcours naturels du terroir (11876 hectares) la capacité de charge applicable est de 2478 UBT par an.

### 2.5. Comparaison entre charge actuelle et les possibilités du terroir.

La charge réelle est évaluée à partir du cheptel exploitant le terroir. Celui-ci se compose de transhumants et de sédentaires. Les transhumants au nombre de **8784** UBT y séjournent de novembre à février et de mai à juin, soit 6 mois (182 jours) ; leurs besoins pendant cette période sont estimés à **9992** tonnes de MS. Les sédentaires, au nombre de **2858** UBT ont besoin de **6520** tonnes de MS de fourrage pour leur entretien annuel.

Les besoins totaux du cheptel séjournant sur le terroir s'élèvent à **16512** tonnes de MS, soit une charge réelle de **7238** UBT par an.

Au début de la saison pluvieuse et cela pendant deux mois, les parcours naturels supportent **11642** UBT, ce qui correspond à 392 % de leur capacité (tableau n° 3). Une telle charge entraîne une surexploitation des pérennes en début de saison des pluies. Pendant le reste de la saison pluvieuse, les parcours naturels supportent seulement les sédentaires, soit 2858 UBT, ce qui est voisin de leur capacité de charge (2972 UBT).

En saison sèche, le terroir supporte au moins pendant quatre mois (novembre à février) le même effectif qu'en début de saison pluvieuse. Pendant cette période en plus de la capacité de charge des parcours naturels (**2141** UBT), les résidus de récolte contribuent pour **4784** UBT à la capacité de charge du terroir qui est de **6925** UBT. La charge réelle dans le terroir pendant cette période correspond à 168.1 % de sa capacité. Cette surcharge contribue à épuiser les parcours, donc à réduire leurs potentialités pour la régénération.

Tableau n° 3 : Comparaison entre capacité de charge possible et charge réelle du terroir

Saison	Biomasse utilisable en tonne de MS		Charge en UBT	
	Parcours naturels	Résidus	Possible	Réelle
Début saison des pluies	2825	-	2972	11642
Fin saison des pluies		-		2858
Début saison sèche	2850	5456	6925	11642
Fin saison sèche			**	**

\*\* = période de transhumance

### 2.6. Disponible en bois du terroir de N'Tentoukoro

Le disponible en bois est important (13008151 m<sup>3</sup>, soit 11382132 tonnes) mais très variable d'une formation végétale à l'autre. Sur les plaines, il varie de 92.48 à 3172 m<sup>3</sup> par hectare tandis que sur les cuirasses, il se situe entre 34 et 194 m<sup>3</sup> par hectare. Le disponible correspondant pour l'ensemble du terroir est de 10 679 871 et 702261 tonnes respectivement pour les formations sur plaine et sur cuirasse. Quant à la productivité ligneuse, elle est estimée à 11229 m<sup>3</sup>, soit 9825 tonnes. (Selon le PIRL, 1m<sup>3</sup> = 0,875 t.)

### 2.7. Evaluation de l'ensemble des prélèvements de bois dans le terroir

La consommation journalière de bois est respectivement de 2.74, 29.49 et 1325.07 kg en moyenne par habitant, unité de production agricole (UPA) et par village. Pour l'ensemble du terroir, elle est de 20290 kg tandis que les quantités de bois commercialisées s'élèvent à 34547 kg. Les quantités consommées et commercialisées par an sont donc respectivement de 7405 et 12610 tonnes. La commercialisation du bois draine chaque année quelque 121 millions de francs cfa dans le terroir. Compte tenu du fait que les charges d'exploitation ne sont pas connues avec précision, il est difficile de se prononcer sur les bénéfices nets de l'activité.

### 2.8. Comparaison entre productivité ligneuse et prélèvements de bois effectués dans la zone.

La productivité ligneuse moyenne est de 9825 tonnes par an. Cette production ne doit pas être exploitée en totalité car les spécialistes s'accordent pour dire que « *le disponible exploitable est égal à l'accroissement moyen annuel des peuplements réduit de 25 % (taux de régénération naturelle)*. En effet une formation forestière est exploitée à son rendement durable lorsque le taux d'exploitation est inférieur ou égal à son taux de régénération naturelle.

(AGEFORE/EEON, 1998) Sur cette base il apparaît que le disponible exploitable est de 7369 tonnes par an. Si l'on s'en tient uniquement à la consommation de bois des ménages, les prélèvements effectués dans ce sens sont inférieurs à la productivité annuelle des peuplements ligneux et légèrement supérieurs au disponible exploitable. On peut donc penser que les pratiques en cours ne menacent pas la ressource à long terme et cela explique pourquoi les populations se livrent à un certain gaspillage de la ressource. Mais si l'on considère la satisfaction des besoins de consommation et de commercialisation, il y a lieu de s'inquiéter. Dans les conditions actuelles, environ 20 000 tonnes de bois sont prélevées chaque année sur le terroir qui, pourtant n'en produit que 9825 durant la même période. Il faut donc

admettre que les 10190 tonnes supplémentaires ne peuvent être prélevées qu'au prix d'une surexploitation des ressources naturelles. Au lieu de se contenter du bénéfice, les populations prélèvent sur le capital qui diminue ainsi de 0.09 % par an.

Si l'on admet que la population s'accroît au rythme de 3 % par an, on peut s'attendre à des prélèvements de plus de 31 000 tonnes par an à partir de 2015, ce qui nécessiterait un prélèvement supplémentaire de 21353 tonnes sur la biomasse existante qui diminuera ainsi d'année en année. Il faut donc tirer la sonnette d'alarme car en réalité, la diminution peut être beaucoup plus importante. En effet ces calculs sont faits sur la base d'une productivité de 9825 tonnes par an. Mais en pratique, la productivité qui est fonction de la pluviosité peut baisser considérablement à la suite d'une sécheresse et les feux de brousse pratiqués couramment dans le terroir peuvent également affecter la productivité.

### 3. Conclusions

Au terme de cette étude il apparaît que l'exploitation actuelle des ressources du terroir de N'Tentoukoro ne peut qu'aggraver l'état de dégradation en cours. Pour stopper cette dégradation, il est nécessaire d'améliorer la gestion actuelle. Le problème essentiel réside dans la non satisfaction des besoins alimentaires car le niveau de fertilité des sols entraîne des rendements très bas. La faiblesse du disponible fourrager oblige une bonne partie du cheptel à quitter le terroir à la recherche de fourrage. De ce fait, la mobilisation de la fumure organique est très difficile dans le terroir et, les champs qui ne reçoivent pas les quantités nécessaires d'engrais, s'appauvrissent d'année en année. En conséquence les rendements baissent et les productions obtenues ne peuvent pas couvrir les besoins des populations qui, pour traverser la période de soudure sont obligées de se livrer à la coupe du bois dont la vente leur permettra d'acheter des vivres. Toute action pouvant améliorer le disponible fourrager dans le terroir contribuera donc de façon significative à la résolution du problème.

Cette amélioration qui concerne aussi bien les parcours naturels que les résidus de récolte, passe d'abord par une meilleure gestion de ces derniers. Le problème principal à résoudre est celui du disponible fourrager en saison sèche. S'il est bien établi que le surpâturage entraîne une dégradation des parcours, il faut aussi signaler qu'un élevage bien conduit peut être un élément important de la gestion et de la conservation de l'environnement. Une bonne gestion des ressources pastorales ne doit pas être envisagée uniquement au niveau des parcours naturels, mais dans l'ensemble du terroir, en prenant en compte les terres agricoles. L'utilisation des parcours doit être une activité visant aussi à compléter les activités agricoles du terroir. Les actions à mener concerneront aussi bien le terroir que la parcelle de culture.

\*\*Au niveau de la parcelle, il faut lutter contre la dégradation des terres agricoles, en améliorant la quantité et la qualité du fumier produit. Plusieurs techniques permettent d'atteindre aujourd'hui cet objectif : les parcs améliorés, les étables fumières et le compostage. Cependant une contrainte majeure empêche cette intensification de la production de fumure organique, à savoir les disponibilités fourragères. Le fourrage produit étant nettement insuffisant, les animaux sont obligés de sortir du terroir, à la recherche de nourriture, empêchant du même coup, la mobilisation de fumure organique. Il importe donc dans un premier temps d'accroître les disponibilités fourragères par :

- . l'amélioration des résidus de cultures.

Dans cette optique, la dolique, associée à une culture peut non seulement apporter l'azote par fixation symbiotique, mais aussi augmenter l'appétabilité des tiges de certaines céréales qui, lorsqu'elles sont seules, sont en général peu prisées par le bétail.

- . l'amélioration de la capacité de stockage

L'augmentation du disponible fourrager au niveau de l'exploitation doit s'accompagner d'un accroissement de sa capacité de stockage. Les granges expérimentées par les ESPGRN peuvent être introduites à cet effet.

- . la mise en place de bandes enherbées à **Andropogon gayanus** entre les parcelles de culture

\*\* Au niveau du terroir également, la gestion durable des ressources pastorales ne peut être conçue à l'heure actuelle qu'à travers une augmentation du disponible fourrager, en vue de créer un équilibre entre les besoins du cheptel et les possibilités d'accueil des parcours. Différentes actions concourent à cette augmentation.

- .. La rotation des parcours permettra d'aboutir à une meilleure utilisation des ressources. On peut jouer sur le décalage phénologique et les différences spécifiques pour organiser cette rotation, en respectant la capacité de charge de la zone, élément de base de toute gestion rationnelle des pâturages. En saison des pluies, la charge de 0.24 UBT/ha doit être respectée. En saison sèche, elle sera calculée en fonction des améliorations apportées au disponible fourrager du terroir.

- .. La lutte contre l'érosion hydrique favorisera la conservation des ressources pastorales. Différentes techniques de lutte anti-érosives doivent être introduites en fonction de l'ampleur de la dégradation des ressources.

.. L'introduction de légumineuses exotiques, notamment **Stylosanthes hamata** sous forme de banque fourragère, **Gliricidia sepium** ( culture en couloir et/ou banque fourragère) dans les jachères accroît de façon considérable le disponible fourrager du terroir et améliore la fertilité des sols.

.. Dans les fourrés impénétrables, des éclaircis doivent être faits pour permettre le redémarrage du tapis herbacé. A l'échelle du terroir, le surplus de production fourragère dépassera 5000 tonnes.

Si l'on considère les ressources en bois, il ressort que , même si la productivité ligneuse est relativement élevée, l'ensemble des prélèvements de bois dépasse de beaucoup les possibilités de régénération des ressources. Le bilan de la satisfaction des besoins en bois est donc fortement négatif, ce qui signifie que les besoins sont satisfaits au prix d'une surexploitation et d'une dégradation des formations naturelles. Les pratiques actuelles d'exploitation des ressources ligneuses ne sont donc pas durables. Si l'on se dit que le bois restera pendant longtemps le principal combustible dans nos régions, les actions à mener pour atténuer ou éliminer les impacts négatifs des prélèvements doivent viser la restauration, la conservation, l'aménagement et l'utilisation durable des ressources forestières . Le bois demeure la seule source d'énergie disponible pour les populations rurales et souvent la seule financièrement accessible pour les populations urbaines pauvres et périurbaines marginalisées. C'est pourquoi il faut attacher une importance particulière au cas de l'approvisionnement des zones urbaines en bois de chauffe. Plusieurs solutions existent pour améliorer la gestion des ressources ligneuses. Leur choix dépend de la zone d'intervention, de l'ampleur de la dégradation et des moyens disponibles pour la gestion.

Pour freiner la surexploitation et la dégradation des ressources naturelles, il faudrait au préalable aider les populations à sortir de la pauvreté en créant les conditions permettant d'améliorer leur situation sociale et économique.

En plus des actions menées pour augmenter le disponible fourrager, pour limiter la pression exercée sur les ressources, il faudrait aussi développer dans le terroir des activités génératrices de revenus pour les femmes. Dans ce cadre, la pratique du maraîchage contribuera non seulement à améliorer le régime alimentaire des populations, mais aussi à garantir une certaine quantité d'argent pouvant résoudre les multiples dépenses auxquelles elles sont constamment confrontées. La vulgarisation des haies vives, des clôtures en grillage, des plantations forestières et autres matériaux d'échange peut atténuer la coupe des arbres et arbustes pour la clôture des jardins et des parcs. Pour réduire la consommation en bois d'énergie, la vulgarisation des foyers améliorés et la promotion d'autres sources d'énergie sont nécessaires.

Pour terminer citons, parmi les actions à mener, le développement d'un vaste programme d'éducation environnementale . En effet il faut que les populations prennent conscience des risques qu'elles courent en adoptant certaines pratiques. La gestion des ressources est l'affaire de tout le monde, et nous devons comprendre que les ressources que nous utilisons aujourd'hui nous ont été prêtées par nos enfants .

### Références bibliographiques

Breman H. , Ketelaars J.J.M.H., van Keulen H. et de Ridder N.,1991. Manuel sur les pâturages sahéliens. 485 p. KARTHALA, ACCT,CABO-DLO et CTA Wageningen (Pays Bas).

CISSE M.I ,(1980a), Evaluation de la production fourragère de quelques arbres sahéliens : Relations entre la biomasse foliaire maximale et divers paramètres physiques.

CISSE M.I ,(1990), Les méthodes de suivi des variables fourragères du peuplement ligneux des parcours sahéliens.

CISSE M. L. et SACKO B., 1987. Etude statistique de la liaison de la biomasse foliaire et des paramètres physiques chez quelques espèces sahéliennes. CIPEA Programme des zones arides et semi –arides . Bamako. 107 p.

Diarra L., Djitéye M., Berthé A., Doucouré H.S., 1998. Gestion et restauration des pâturages dans le terroir villageois de Djallado et N<sup>o</sup>Tentoukoro 17p. ESPGRN – IER- MDRE (Mali). Projet de recherche.

FOFANA M., DIARRA, L., 1996. Mise au point de stratégies d'utilisation des ressources naturelles des terroirs villageois. ESPGRN/ Sotuba IER, MDRE (MALI) 170 p.

HIERNAUX P., 1988. Le suivi des ressources pastorales et de leur gestion en regard des productions animales qu'elles engendrent au Sahel . Bamako CIPEA (Mali) 51 p.

O.H.V.N.,1998. Les statistiques de la campagne 1998 . Rapport d'activités 1998. OHVN secteur de Ouéléssébougou. M.D.R.E. (Mali).

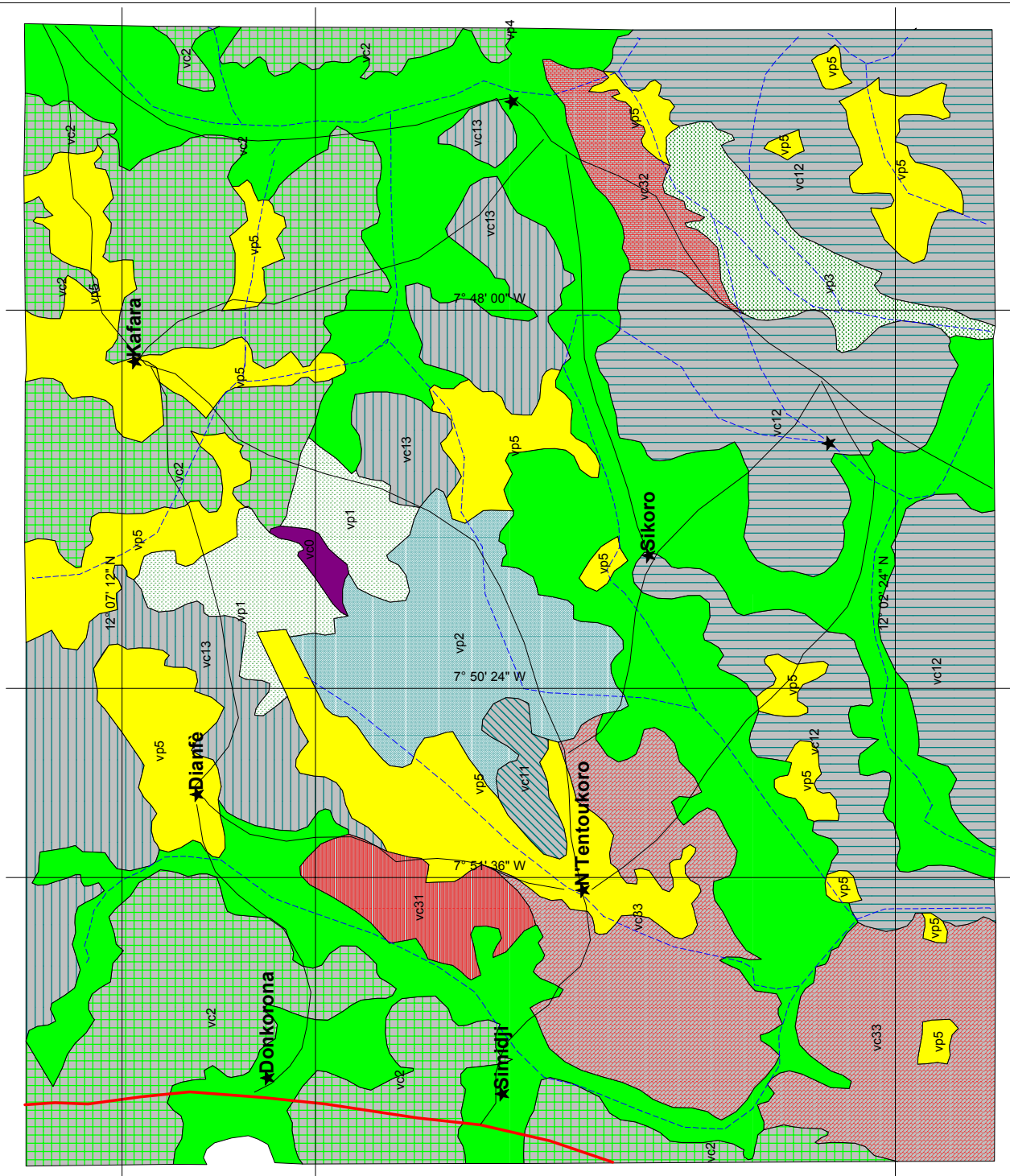
P.I.R.L.,1988. Les formations végétales au Mali. 205 p. Rapport de synthèse, première phase. Direction Nationale des Eaux et Forêts (M.C.R.N.E.) . BDPA /SCET-AGRI CTFT (département CIRAD

Didier Bazile, La gestion des espèces ligneuses dans l'approvisionnement en énergie des populations : cas de la zone soudanienne du Mali(vol.1). Thèse de doctorat N/R en Géographie. Université de Toulouse-le-Mirail UF-R de Géographie(15 Décembre 1998).

ESPGRN Décembre 1993 : Projet de Programme Système de Production et Gestion des Ressources Naturelles

## Légende de la carte des formations végétales du terroir de N'Tentoukoro

Substrat	Code de l'unité cartographique	Nom de la formation végétale
Latéritique	VC11	Savane arbustive à <i>Detarium microcarpum</i> et <i>schizachyrium sanguineum</i>
	VC12	Savane arbustive à <i>Combretum Lecardii</i> , <i>Combretum nigricans</i> et <i>Andropogon tectorum</i>
	VC13	Savane arbustive à <i>Detarium microcarpum</i> , <i>Cassia sieberiana</i> et <i>schizachyrium sanguineum</i>
	VC2	Savane arbustive à <i>Terminalia macroptera</i> , <i>Cassia sieberiana</i> et <i>schizachyrium sanguineum</i>
	VC31	Savane arbustive à <i>Entada africana</i> , <i>Acacia macrostachya</i> et <i>Andropogon pseudapricus</i>
	VC32	Savane arbustive à <i>Combretum Lecardii</i> , <i>Ptelopsis suberosa</i> et <i>Loudetia togoensis</i>
	VC33	Savane arbustive à <i>Parkia biglobosa</i> <i>Vitellaria</i> , <i>paradoxa</i> et <i>Andropogon pseudapricus</i>
	VC0	Bowal
Argilo – limoneux	VP1	Savane arbustive à <i>Combretum passargei</i> , <i>Combretum glutinosum</i> et <i>Andropogon pseudapricus</i>
	VP2	Savane arborée à <i>Vitellaria</i> , <i>paradoxa</i> , <i>Pterocarpus erinaceus</i> et <i>Andropogon pseudapricus</i>
	VP3	Savane arbustive à <i>Detarium microcarpum</i> , <i>Entada africana</i> et <i>Adropogon ascinodis</i>
	VP4	Savane arbustive à <i>Combretum velutinum</i> , <i>Combretum nigricans</i> et <i>Andropogon shirensis</i>
	VP5	Champs et jachères



**Legende**

★ Village (8)

**Routes et cours d'eau**

--- Cours d'eau temporaires (9)

— Pistes (9)

— Route nationale 7 (1)

**Formations végétales**

vc0: 0.2%	(1)
vc11: 0.6%	(1)
vc12: 16.09%	(4)
vc13: 7.72%	(4)
vc2: 16.3%	(9)
vc31: 1.5%	(1)
vc32: 1.4%	(1)
vc33: 8.7%	(2)
vp1: 2.4%	(2)
vp2: 4.6%	(1)
vp3: 2.1%	(1)
vp4: 25.7%	(1)
vp5: 12.5%	(17)