

# SIG et gestion locale des ressources forestières : le bois de feu au Mali

La conception, l'élaboration et la mise en œuvre de systèmes d'informations géographiques (SIG) sont devenues relativement courantes dans les pays du Nord, et notamment sur les espaces urbains. Elles le sont beaucoup moins dans les pays d'Afrique, où pourtant les enjeux ne sont pas moindres. Au Mali, de nombreuses cartographies ont été établies, notamment sur les ressources naturelles (eau, végétation, sols). Les informations susceptibles d'être prises en compte dans l'édification de SIG sont désormais disponibles : il reste à les structurer et à les exploiter.

C'est dans ce cadre qu'a été menée une étude expérimentale dans le but :

- de répondre à des besoins en foresterie ;
- de sensibiliser les différents partenaires du développement à l'exploitation de l'outil de gestion environnementale ;
- de contribuer à la formation de jeunes ingénieurs géographes en intégrant plusieurs services techniques concernés.

L'expérience a été menée sur un espace géographique volontairement réduit (un peu plus de 25 000 hectares) et vise à répondre à des besoins précis. On sait que la gestion forestière au Sahel, notamment aux confins sahélo-soudaniens, pose le problème contradictoire de la conservation des ressources naturelles, sources importantes de biodiversité et d'équilibre climatique, et de leur utilisation, source nécessaire d'énergie pour les populations rurales et urbaines. Le présent travail s'est intéressé à quelques cas concrets de simulation afin de contribuer à une meilleure gestion de la forêt classée de Niénendougou. Les objectifs étaient :

- l'identification des principaux types de ressources ligneuses à l'intérieur du périmètre ;

- la constitution d'une base de données susceptible d'actualisations chronologiques portant sur la ressource bois et ses caractéristiques ;

- la simulation de situations d'exploitation dans la perspective de l'adéquation entre croissance végétale et consommation.

La forêt de Niénendougou, classée en 1986, s'inscrit juridiquement dans le domaine privé de l'État. À ce titre, sa gestion relève des Eaux et Forêts, en partenariat avec les populations locales.

## Un SIG léger avec les moyens disponibles

Les données de base nécessaires au traitement étaient disponibles sous forme cartographique et statistique [1]. En effet, grâce à l'exploitation des photographies aériennes et des images satellitaires SPOT multispectrales enregistrées en 1987, et sur la base de leur interprétation analogique, on disposait de plusieurs cartes thématiques :

- carte des formations végétales au 1/50 000 ;
- carte morphopédologique au 1/50 000 ;
- carte d'occupation agricole au 1/200 000.

Étaient également disponibles des données statistiques et cartographiques connexes : recensements de la population de 1976 et de 1987, carte topographique au 1/200 000 et carte géologique au 1/500 000.

Les cartes ont été numérisées sous le logiciel Atlas-Draw et traitées sous le logiciel Idrisi au laboratoire informatique de l'École nationale d'ingénieurs de Bama-

AHMED AG MOHAMED

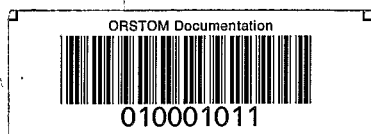
Programme de développement  
des ressources minérales,  
Bamako, Mali

YAKOUBA DOUMBIA

Direction Nationale des Eaux et Forêts,  
Bamako, Mali

YVELINE PONCET

Orstom  
BP 2528  
Bamako, Mali



29 DEC. 1995

G.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire 289

N° : 42922 ex 1

Cote : B

ko, à l'aide de micro-ordinateurs de type PC et d'une table à numériser au format A3. Les cartes produites ont été restituées sur imprimante couleurs Paintjet installée à la Direction nationale de la météorologie.

## La forêt de Niéniendougou : un espace protégé

Le massif forestier se trouve à environ 80 kilomètres de Bougouni, dans le sud du Mali (région administrative de Sikasso) (figure 1). Il appartient au domaine climatique soudano-guinéen. Sur la période 1975-1986, la moyenne des précipitations annuelles est de 1 193 millimètres, avec un maximum mensuel en août (251 mm en moyenne). L'évapotranspiration potentielle s'élève à 1 358 millimètres avec un maximum mensuel en novembre (152 mm en moyenne).

La forêt est bordée par deux cours d'eau principaux, le Baoulé et le Dégou, qui reçoivent en saison des pluies un nombre important de tributaires. Cet ensemble constitue un réseau hydrographique dense à écoulement temporaire. La morphologie est dominée par un cuirassement ferrallitique, disséqué par en-droits, qui fait place à des formations alluvionnaires acides dans les fonds des vallées. Les pentes sont faibles, les glacis sont compris entre 360 et 385 mètres d'altitude. Certaines formations végétales sont considérées comme des reliques « à peu près intactes » de la forêt sèche soudano-guinéenne. Elles sont décrites dans les cinq classes du Projet PIRL [1] (figure 2).

- La forêt claire des glacis, considérée

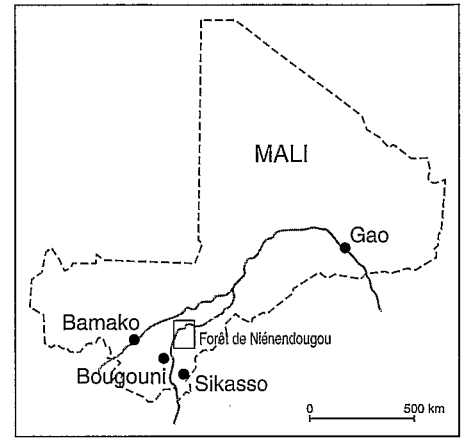


Figure 1. Carte de situation.

comme climacique pour la zone. *Isobertia doka* y domine, et on y trouve aussi *Pterocarpus erinaceus* (ou palissandre du Sénégal), *Daniella oliveri*, *Diospyros mespilliformis* (ou faux ébénier), en futaie de 10 à 15 mètres de hauteur, de nombreuses espèces arbustives et buissonnantes en sous-bois et une strate graminéenne.

- La forêt claire sur plateau cuirassé, à *Vitellaria paradoxa*, *Isobertia doka*, *Parinarie curatellifolia*, *Combretum glutinosum*.

- Les forêts-galeries sur berges et terrasses, à *Pterocarpus* et *Terminalia* dominants et étage herbacé peu présent.

- Les « savanes-vergers », formations d'origine anthropique, conservées pour l'utilité des espèces (*Combretum glutinosum*, *Terminalia*, *Pterocarpus erinaceus*). Les individus se rencontrent isolés dans les terres cultivées ou associés à un recru forestier dans les jachères et les friches.

## Références

1. PIRL - Ministère de l'Environnement et de l'Élevage du Mali. *Carte des formations végétales, projet d'inventaire par télédétection des ressources ligneuses et de l'occupation agricole des terres au Mali*. Bamako : SYSA-ME, BDPA, SCET-AGRI, 44 coupures couleurs au 1/200 000, 2 vol, 1990.

2. Direction Nationale des Eaux et Forêts. *Étude économique des problèmes forestiers en III<sup>e</sup> Région*. Bamako-Paris : DNEF-CTFT, 1985.

3. Aubreville A. *Flore forestière soudano-guinéenne*. Paris : Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1950 ; 523 p.

4. Didier M. *Utilité et valeur de l'information géographique*. Paris : STU-CNIG-Economica, 1990 ; 255 p.

5. STU (Service technique de l'urbanisme). *Systèmes d'information géographique, des concepts aux réalisations*. Paris : Éditions Hermès, 1990 ; 108 p.

6. Bernard M, Miellat P. *Géocube, encyclopédie interactive sur l'information géographique et les SIG, version 1.0*. Montpellier : Sige-Reclus, 1993 ; 4 disquettes et notice.

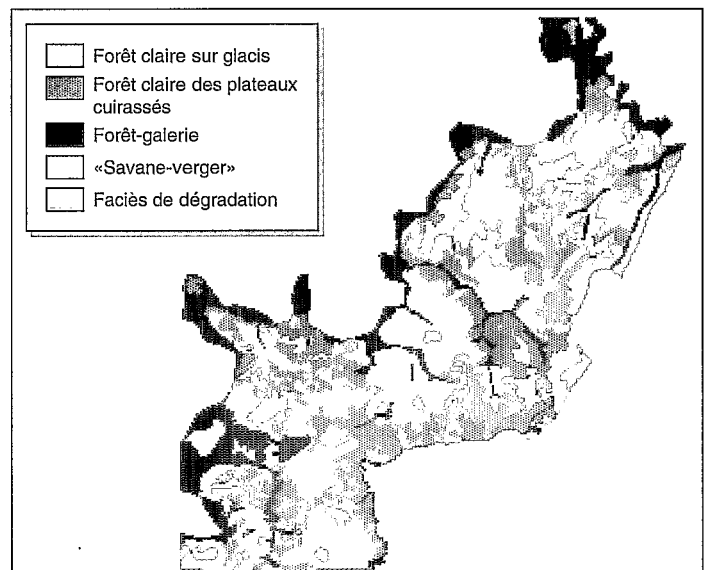


Figure 2. Carte des formations végétales 1987 en cinq classes.

• Les « savanes boisées », dénomination qui recouvre un ensemble hétérogène dans lequel les ligneux sont médiocrement développés et la strate à graminées très présente. On y trouve *Isobertinia doka*, *Pericopsis laxiflora*, *Acacia dudgeonii*, *Combretum glutinosum*. On les considère comme des formations de dégradation ou de substitution.

La forêt classée est peu touchée par l'anthropisation, mais villages et cultures encadrent son périmètre : on dénombre 34 villages dans un rayon de 36 kilomètres autour de la forêt\*, soit une population de 10 485 personnes (au recensement de 1987), en diminution de 4,01 % par rapport à 1976 en raison d'une très forte émigration vers la Côte d'Ivoire toute proche. L'agriculture sèche (avec ou sans jachère) est de loin l'activité de production principale, avec l'exploitation du bois ; la pêche et la chasse viennent loin derrière, puis l'élevage.

## La mise en œuvre

### La saisie

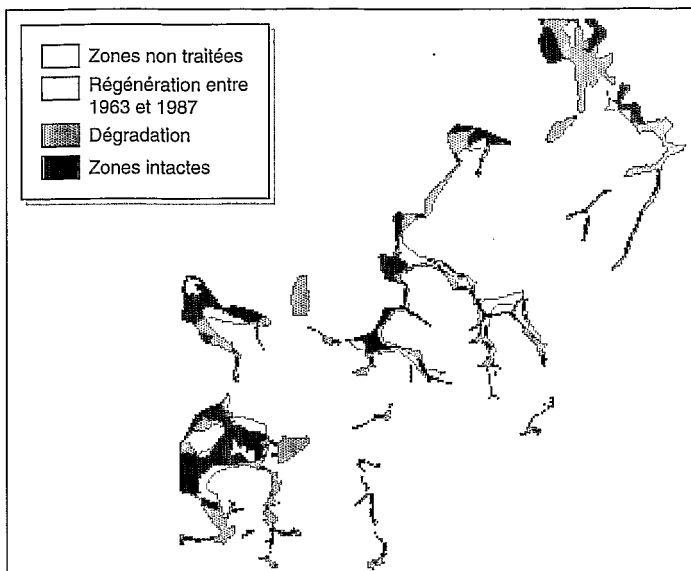
Le système d'information géographique sur la forêt de Niéniéougou a été conçu pour stocker toutes les informations cartographiées disponibles sur le périmètre, aux échelles égales ou supérieures au 1/200 000. Les cartes étant déjà disponibles (les unes imprimées, les autres dessinées et coloriées à la main), leur numérisation n'a pas posé de problèmes. Toutes les cartes étaient déjà en projection UTM. Les calages et les repérages ont été complétés à l'aide de points d'amers précis, tels que les confluents hydrographiques. La délimitation géométrique de l'espace à traiter (la forêt) était définie *a priori* par le périmètre classé, limite de type administratif qui figure sur tous les documents.

Huit thèmes ont été saisis séparément : hydrographie, orographie, géologie, morpho-pédologie, formations végétales 1987, formations végétales 1963, occupation agricole, villages et population 1987.

Les deux premiers sont décrits par des lignes ouvertes. Les cinq suivants sont décrits par des polygones fermés, à l'intérieur du périmètre forestier, auxquels sont attribués les codes des classes déjà décrites dans les cartes originales. Ce sont ces codes qui servent de clé dans la base relationnelle attachée à chaque thème.

La population est transcrite par des points localisés aux emplacements des villages. Ces derniers étant principalement installés hors du périmètre classé, on a enregistré ceux situés à l'intérieur

Figure 3. Image raster des forêts-galeries 1963-1987 (résultat de classification croisée). On retiendra que les aires de régénération ont progressé vers l'amont des petits cours d'eau, remplissant les vides et des bordures dans la vallée du Baoulé, à l'ouest. Les aires de disparition sont localisées linéairement, facilement dissociables en unités isolées fragiles. Les aires de maintien sont parmi les plus compactes.



d'un cercle arbitraire de 36 kilomètres autour du centroïde de la forêt. Les effectifs de population sont rapportés à ces points, puis figurés au moyen de symboles proportionnels.

Chaque thème a fait l'objet d'une restitution cartographique dont l'exemple « formations végétales 1987 » est représenté en figure 2.

### Une comparaison spatiale

Une exploitation simple des images numériques obtenues a porté sur une comparaison des états de la forêt à la période la plus ancienne enregistrée (1963) et à la période la plus récente (1987). Elle s'est effectuée sur une classe, la forêt-galerie, seule identifiée dans les deux types de classification puisque la forêt était décrite en 1963 sous deux classes seulement, forêt-galerie et forêt claire. Les deux cartes ont été rasterisées\*\* sous Idrisi, les unités de la classe forêt-galerie ont été isolées sur chacune, et les deux images résultantes ont fait l'objet d'une classification croisée. On a obtenu une image finale (figure 3) à quatre classes :

- 1 - forêts-galeries existant en 1963, disparues en 1987 ;
- 2 - forêts-galeries existant en 1987, absentes en 1963 ;
- 3 - forêts-galeries présentes au deux dates ;
- 4 - forêts-galeries absentes aux deux dates.

Cette approche de suivi écologique (*monitoring*) fait ressortir que les aires de repousse (classe 2) sont importantes, contrairement à ce que l'on voit cité couramment sur le déboisement naturel et anthropique des forêts. Les superficies mesurées sur l'image donnent les

chiffres suivants : repousse, 2 809 hectares ; disparition, 995 hectares ; maintien, 2 164 hectares.

### Quelques calculs de production

Les informations relatives aux cinq classes végétales du périmètre ont été installées dans une base de données relationnelle contenant, entre autres, les estimations de la disponibilité en volume de bois selon la qualité et la destination (bois d'œuvre, bois de feu), disponibilité exprimée en mètres cubes à l'hectare. Nos calculs ont porté sur les quantités de bois de feu puisque cet usage est la principale préoccupation des populations (consommatrices) et des forestiers (régulateurs).

Des croisements simples, effectués sur les superficies et sur les informations volumiques par classe végétale, ont permis d'estimer des productions successives de bois de feu pour l'ensemble de la forêt. Pour ce faire, on a utilisé un paramètre connu, le taux de régénération forestière dans la zone de Bougouni (taux calculé = 1,19 m<sup>3</sup>/ha/an) et appliqué des formules clas-

\* Distance mesurée à partir du centroïde de la forêt. Elle n'a pas été choisie arbitrairement : c'est la distance maximale que parcourt un attelage dans les conditions ordinaires de transport, une journée pour aller, une nuit sur le site de chargement, une journée pour revenir au village.

\*\* Rasterisation : balayage d'une image graphique afin de la transformer en un assemblage de points auxquels sont affectées des valeurs. Cette procédure est pratiquée quand on veut travailler dans l'image (ici la carte) plutôt que dans la base de données dont elle est issue. Elle est utilisée pour comparer deux images.

siques en foresterie qui mettent en relation les productions potentielles et les superficies.

On obtient ainsi la production en bois de feu pour l'année de référence 1987. Des itérations successives de l'algorithme nous donnent des productions potentielles pour les années suivantes. A titre d'exercice, les calculs ont été faits pour chaque année, de 1987 à 1996. Nous les citons ici pour les deux années extrêmes : production potentielle 1987 : 1 824 869 m<sup>3</sup> de bois de feu ; production potentielle 1996 : 2 047 150 m<sup>3</sup> de bois de feu.

#### Calcul de la réserve forestière

On veut obtenir une durée (durée de vie ou d'épuisement de la forêt) en fonction de la consommation des populations environnantes en bois de feu, et modulée en fonction de la production spécifique de chaque unité.

Pour cela, on a croisé deux informations :

- le volume de bois de feu potentiellement produit par l'ensemble de la forêt, que l'on a calculé à partir des barèmes existants\* rapportés à la superficie de chaque classe forestière ;

- la consommation journalière\*\* prévisible en bois de feu par hectare de forêt, rapportée à la surface de la forêt [2].

La différence entre les deux nous donne 200 ans comme durée de réserve, à condition que le chiffre de population consommatrice reste constant après 1993. On a choisi de ne prendre en compte que l'auto-consommation des populations rurales environnantes, estimée au niveau national à 1,5 kilogramme par jour et par habitant (soit 0,78 m<sup>3</sup>/an) [2]. On pourrait faire varier la population, notamment en y intégrant, au-delà d'un rayon de 36 kilomètres, les consommateurs urbains de Bougouni et, pourquoi pas, ceux de Bamako. On a estimé la réserve exploitable à un peu moins de deux millions de mètres cubes (1 850 000).

#### Planification et aménagement

Les données disponibles sur la forêt nous assurent une connaissance solide

de l'état des ressources et de leurs caractéristiques. On a distingué entre autres :

- la corrélation sol-végétation ;
- les différentes compositions floristiques de ces formations végétales ;
- les quantités disponibles en bois de feu par type de formation ;
- les pourcentages d'essences calorifiques par hectare.

D'autres mesures et calculs ont été effectués pour acquérir des informations supplémentaires, calculs qui ont été intégrés dans la base de données initiale : superficie occupée par chaque classe forestière, périmètre des unités dans chaque classe forestière, périmètre des unités dans chaque classe, ratio périmètre/surface. Ce dernier donne une idée de la compacité relative des différentes classes végétales à l'intérieur du périmètre. C'est ainsi que la classe « forêt claire », qui est largement majoritaire en superficie et qui occupe près de la moitié de la forêt, se présente comme la plus compacte. A l'opposé, la forêt claire sur plateaux, la moins compacte, se présente comme de petites unités isolées les unes des autres, aux formes contournées concordant avec la dissection du relief. En fonction de ces critères et des informations supplémentaires, on a effectué une reclassification de l'image de base pour isoler les formations de même vocation (figure 4) :

- formations de conservation ;
- formations d'exploitation ;
- formations de protection.

Cet « apprentissage-démonstration » très simple a été complété par des estimations sur les investissements nécessaires et par quelques calculs de rentabilité, dans la perspective d'une mise en exploitation de la forêt.

#### Conclusion

L'implantation du SIG s'est articulé autour de trois besoins :

- localiser les ressources en bois ;
- actualiser au moins une partie des données ;
- mieux articuler les différentes informations.

Outre son rôle pédagogique, le SIG sur la forêt de Niéniendougou a permis d'établir rapidement des cartes, de réunir dans un même système des données de sources différentes et de les combiner entre elles. Plus important encore pour la procédure de décision, il a permis de calculer des coûts et des bénéfices relatifs à des choix d'exploitation ou à des événements. Il a permis

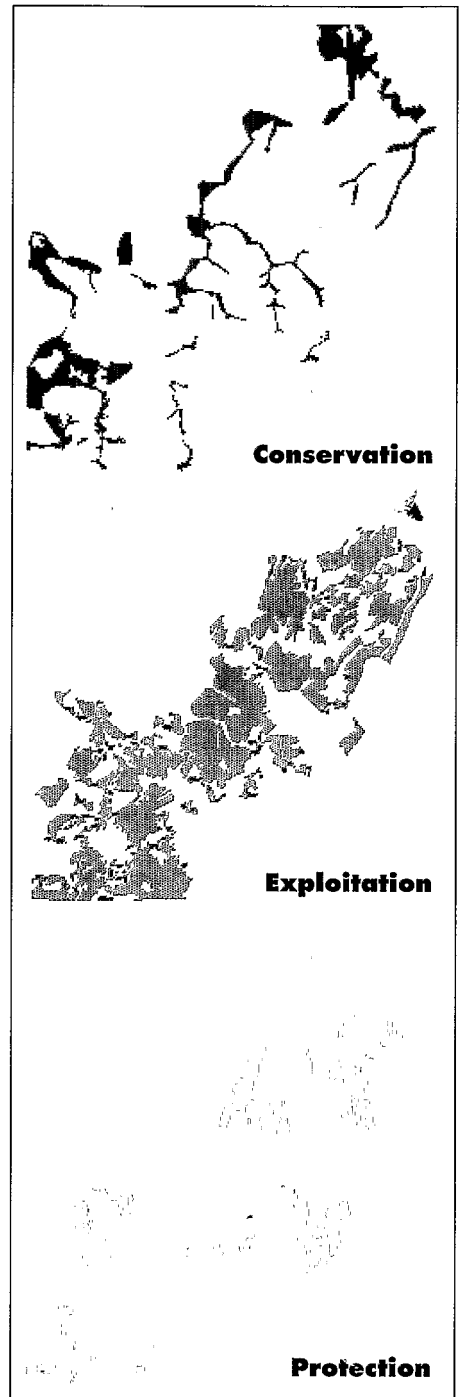


Figure 4. Trois images raster des trois types de vocation. La formation de conservation correspond à la forêt-galerie, tout particulièrement parce qu'elle protège les berges et les terrasses fluviales sur lesquelles elle se développe.

d'associer les partenaires autour de l'information produite et d'étudier sur une base commune et concrète leurs choix d'aménagement, leurs problèmes et leurs propositions □

\* La capacité réelle des unités forestières à fournir du bois de feu n'est pas proportionnelle à leur seule superficie, mais aussi à des caractéristiques propres aux unités (essences, taille des strates).

\*\* Consommation de la population environnant la forêt, calculée à partir des chiffres cités plus haut des habitants recensés dans un rayon de 36 km autour de la forêt.