

Le bassin d'approvisionnement en bois-énergie de Bamako Une approche par un modèle d'interaction spatiale

Laurent Gazull

▶ **To cite this version:**

Laurent Gazull. Le bassin d'approvisionnement en bois-énergie de Bamako Une approche par un modèle d'interaction spatiale. Géographie. Université Paris-Diderot - Paris VII, 2009. Français. ⟨NNT : ⟩. ⟨tel-00670473⟩

HAL Id: tel-00670473

https://theses.hal.science/tel-00670473v1

Submitted on 15 Feb 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Université Paris Diderot Paris 7
U.F.R. G.H.S.S.
2008

Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paris Diderot Paris 7
en Géographie

Présentée et soutenue le 24 Février 2009, par

Laurent GAZULL

Le bassin d'approvisionnement en bois-énergie de Bamako
Une approche par un modèle d'interaction spatiale



Sous la direction de **Claude Grasland**, Professeur, Université Paris Diderot Paris 7

Devant le jury :

G. Beltrando, Professeur, Université Paris Diderot Paris 7	Président
L. Chapelon, Professeur, Université Montpellier 3	Rapporteur
S. Jaglin, Professeur, ENPC Marne la Vallée	Rapporteur
C. Grasland, Professeur, Université Paris Diderot Paris 7	Examinateur
P. Caron, Directeur scientifique, CIRAD Montpellier	Examinateur
D. Tiveau, Chercheur, CIFOR Ouagadougou	Examinateur

Résumé et mots clés

Résumé :

Au Sahel, le bois-énergie, sous une forme brute ou sous forme de charbon, est la première source énergétique des populations rurales et urbaines. La demande croissante des grandes villes fait peser sur les ressources forestières avoisinantes une pression de plus en plus forte, pouvant remettre en cause leur durabilité. Dans ce contexte, la question de l'organisation spatiale des bassins d'approvisionnement des villes sahéliennes, est un enjeu majeur pour la définition de politiques de gestion à long terme des ressources ligneuses.
La modélisation spatiale de l'aire d'approvisionnement de Bamako (Mali), utilisée comme un processus heuristique, permet de mettre en évidence les déterminants de la localisation et de l'intensité des prélèvements. Il apparaît que le facteur principal d'explication des flux de bois réside dans l'organisation des ventes de bois en milieu rural. La présence d'une foire hebdomadaire ou d'un marché rural du bois-énergie est un facteur d'attractivité plus important que la distance à Bamako. Cette caractéristique de l'échange est négligée dans la plupart des modèles de localisation existants qui, en majorité, s'attachent au seul coût du transport. Le modèle ainsi élaboré, par sa capacité de prédiction des flux et de mesure des potentiels, offre également un intérêt pratique pour la planification d'actions, équitables et efficaces, visant à rendre l'approvisionnement de Bamako plus durable.

Mots clés :

Bamako, Mali, bois-énergie, filière, interaction spatiale, modèle gravitaire, bassin d'approvisionnement.

Abstract :

In Sahelian countries, woodfuels, fuelwood and charcoal, are the major energy sources for millions of rural and urban dwellers. The growing demand of big cities increases the pressure on the natural resources, and would certainly causes, in the long-term, a marked decline in the regeneration of forest resources. In this context, the understanding of the spatial structure of urban catchment areas, is a major issue for defining new management rules of forest resources. The spatial modelisation of Bamako's catchment area, used as an heuristic process, shows that the main determinant of the localisation, and of the intensity, of woodfuels flows, is the type of organisation of selling places in rural areas. The presence of a rural weekly market is more important than the distance to Bamako. This attribute of the trades is often neglicted in most existing spatial models, which are mainly based on transportation costs. Considering its ability to predict wood flows and to measure development potentials, the spatial model can be used to plan fair and efficient actions to make Bamako's supply more sustainable.

Keywords :

Bamako, Mali, fuelwood, commdity chain, spatial interaction, gravity model, catchment area.

Remerciements

« *Je serai court mais bref* », pour reprendre une formule choc, énoncée il y a déjà vingt ans, par mon ami Jean-Christophe Gay, à qui je dédie cette thèse.

Je serai court, et je remercierai, en premier lieu, Claude Grasland qui m'a fait confiance, m'a fait l'honneur d'endosser la responsabilité de cette direction, et a eu la patience de m'encadrer durant ces quatre années. De par l'éloignement et nos charges professionnelles respectives, nos contacts n'ont sans doute pas été aussi fréquents que nous l'aurions souhaité mais ils ont toujours été décisifs et fructueux.

Je serai bref, et je remercierai, en second lieu, toutes celles et ceux qui m'ont encouragé à me lancer et à persévérer dans cette aventure scientifique ; en particulier, Jean-Paul Cheylan, Jean-Christophe Gay et Denis Gautier, sans qui rien ne se serait fait.

Je serai court donc, et je remercierai, en troisième lieu, toutes celles et ceux qui m'ont accompagné dans ce long processus : Denis Gautier « le Malien », encore lui, qui fut un mentor discret mais essentiel ; Gwenaelle Raton et Mahamadou Kouyaté qui ont été mes yeux, mes oreilles, mes jambes, dans le dédale de la filière et qui, par leur perspicacité et leur pugnacité, ont su extraire la substantifique sève ; Drissa Coulibaly qui a su arpenter les rues et les arrières cours d'Hamdallaye à la recherche du bois rare ; Daniel Tiveau qui m'a fait confiance et a apporté sa contribution financière à nombre de mes enquêtes ; Baptiste Hautdidier dont l'ombre scientifique plane sur Zan Coulibaly et dont les travaux m'ont éclairé.

Je serai bref, encore, et je remercierai, en quatrième lieu, toutes celles et ceux qui ont contribué à ce document : Perrine et ses remarques acérées, Tina pour son travail sur la ressource, Nicolas pour avoir supporté la solitude de Markacoungo et y avoir posé les premiers jalons, Philippe pour ses corrections, Jean-François pour ses travaux de saisie, Annie pour les retouches finales, et enfin Christine, pour ses relectures impitoyables.

Je serai un peu moins court, finalement, et je remercierai particulièrement tous les acteurs de la filière bois-énergie de Bamako que j'ai eu le plaisir de rencontrer, dans un bureau, sur un marché, autour d'un verre, sur la route, dans une brousse, ou au détour d'un jeu. Merci à eux, qui par leur formidable énergie et par leur gentillesse, ont rendu ces travaux passionnants, enrichissants et enthousiasmants.

Table des matières

Résumé et mots clés ---- *i*
Remerciements ---- *iii*
Table des matières ---- *v*
Introduction ---- *vii*

Partie I : Le bassin d'approvisionnement, une forme spatiale ---- 1

1. Aux sources : la ressource ---- 3
   1.1. Les divisions du domaine forestier en espaces exploitables ---- 3
   1.2. Les ressources ligneuses et les espaces associés ---- 8
   1.3. La localisation et la quantification de la ressource du bassin ---- 16
2. Les sites d'exploitation ---- 29
   2.1. Organisation spatiale de la ressource villageoise ---- 31
   2.2. Organisation spatiale de la coupe ---- 33
3. Les lieux de vente en zone rurale ---- 37
   3.1. La répartition spatiale des villages de vente ---- 39
   3.2. Les types de points de vente ---- 42
   3.3. Les Marchés Ruraux de Bois-Energie (MRBE) ---- 44
   3.4. Le phénomène des foires hebdomadaires ---- 48
4. A l'exutoire : *la ville* ---- 53
   4.1. Présentation générale de la ville de Bamako ---- 53
   4.2. La consommation urbaine en bois-énergie ---- 65
   4.3. Les lieux de consommation ---- 71
   4.4. Les lieux d'achats des consommateurs urbains ---- 76
5. Entre la source et l'exutoire, un réseau de transport ---- 87
   5.1. Les voies d'entrée à Bamako ---- 87
   5.2. Le réseau routier ---- 89
   5.3. Evolution des flux par axe : une réorientation vers le sud ---- 92
   5.4. Les véhicules ---- 94
   5.5. Les évolutions du transport : la révolution du Sotrama ---- 97

Partie II Le bassin d'approvisionnement, une forme socio-économique - 101

6. Le système de consommation ---- 103
   6.1. Les politiques d'orientation de la demande menées par l'Etat malien ---- 103
   6.2. Le profil des consommateurs ---- 110
   6.3. Le choix du bois-énergie ---- 116
7. Le système de contrôle et de régulation de l'Etat ---- 127
   7.1. Une brève histoire de la gestion des forêts au Mali ---- 127
   7.2. Les agents forestiers ---- 135
   7.3. Des règles formelles aux pratiques informelles de l'administration forestière ---- 143
8. Le système d'approvisionnement ---- 151
   8.1. Données et méthodes utilisées ---- 151
   8.2. Les règles d'accès à la filière ---- 153
   8.3. Producteurs, commerçants et intermédiaires de la filière charbon de bois ---- 156

8.4. Producteurs, commerçants et intermédiaires de la filière bois de feu ---------- 169
9. Les évolutions socio-économiques des chaînes d'approvisionnement : *spécialisation et diversification, concentration et démocratisation* ---------- 175
9.1. Une différenciation de plus en plus marquée entre chaîne du charbon et chaîne du bois ---------- 175
9.2. Une démocratisation de la distribution et de la production ---------- 176
9.3. Un renouvellement important des commerçants urbains et une féminisation de la profession ---------- 180
9.4. L'évolution des prix et des revenus du bois-énergie : vers une meilleure équité économique ---------- 181

Partie III Le bassin d'approvisionnement, une aire d'attraction ---------- 193

10. Etat de l'art critique des modèles existants et adoption d'une démarche de modélisation ---------- 195
10.1. Rappel des outils de mesure et de prédiction des aires de marché ---------- 196
10.2. Le modèle de von Thünen ---------- 200
10.3. Le modèle gravitaire ---------- 204
10.4. Les modèles statistiques de choix discret ---------- 209
10.5. Les Systèmes Multi-Agents (SMA) ---------- 211
10.6. Le choix d'une démarche et d'un modèle ---------- 212
11. Préférences spatiales et comportements des acteurs ---------- 217
11.1. Le choix des acteurs modélisés ---------- 218
11.2. Les préférences déclarées ---------- 219
11.3. Les préférences observées : l'utilisation du jeu de rôle Djolibois ---------- 231
12. Construction du modèle et résultats ---------- 245
12.1. Les entités spatiales en interaction ---------- 245
12.2. Les attributs des villages de vente ---------- 246
12.3. La métrique de la distance ---------- 249
12.4. Données et méthodes statistiques utilisées ---------- 253
12.5. Validation d'un premier modèle canonique d'interaction ---------- 255
12.6. La segmentation du modèle par types de points de vente et par axes ---------- 260
13. Utilisation du modèle pour l'aide à la décision ---------- 267
13.1. Utilisation rétrospective sur les données de flux de 1989 ---------- 268
13.2. Utilisation prospective du modèle en 2008 ---------- 270
13.3. Utilisation du modèle pour la réorientation des flux en vue d'une plus grande équité spatiale ---------- 272

Conclusions et discussion ---------- 277

***Glossaire* ---------- 283**
***Liste des Figures* ---------- 285**
***Liste des cartes* ---------- 287**
***Liste des tableaux* ---------- 289**
***Liste des encadrés* ---------- 291**
***Liste des planches photographiques* ---------- 291**
***Liste des abréviations* ---------- 292**

Bibliographie ---------- 293

Annexes ---------- 305

Introduction

Le bois rentre pour plus de 90 % dans la satisfaction des besoins énergétiques des populations du Sahel et cette position dominante évolue peu depuis plus de 50 ans. Le bois-énergie, qui recouvre l'utilisation du bois sous la forme directe de bois de feu ou indirecte de charbon de bois, est utilisé par les ménages principalement pour cuisiner, pour faire chauffer de l'eau et pour se chauffer en saison froide. Dans une moindre mesure, le bois-énergie est également utilisé dans l'artisanat : boulangerie, rôtisserie, blanchisserie, teinturerie, ferronnerie, etc. Le poids des habitudes culinaires, le déséquilibre de la balance commerciale de ces pays, et la disponibilité encore importante en ressources ligneuses devraient retarder la substitution au profit d'énergies jugées plus modernes pendant encore plusieurs décennies (Minvielle 2001). Malgré une légère baisse des consommations de combustibles ligneux *per capita*, les projections de l'Agence Internationale de l'Energie (IEA) prévoient une augmentation de la consommation des centres urbains africains sub-sahariens dans les 30 prochaines années[1]. A l'horizon 2030, le bois-énergie devrait encore représenter 80% de la consommation énergétique des ménages d'Afrique subsaharienne (IEA, 2002).

Depuis plus de 30 ans, l'utilisation du bois comme source énergétique au Sahel est au carrefour des nombreux débats animant les questions de développement et d'environnement.

Le bois serait *synonyme de pauvreté*. Pour l'IEA (2002) ou le DFID (2002), l'utilisation des énergies traditionnelles (bois et charbon) est une manifestation tangible de la pauvreté et constitue un frein au développement économique et social (IEA, 2002 ; DFID, 2002). En milieu rural, le temps, de plus en plus long, passé à la collecte du bois réduit d'autant celui qui est consacré à des activités productives, et restreint donc les possibilités de s'enrichir. En milieu urbain, l'utilisation du bois énergie est stigmatisée comme un fait de pauvreté. Dans l'évolution supposée vertueuse de « l'échelle de l'énergie », telle que définie par le PNUD[2], l'utilisation des énergies dites modernes (dérivées du pétrole et électricité) est considérée comme un signe de développement. A l'inverse, l'utilisation du bois et du charbon de bois est synonyme d'un faible niveau de prospérité (Barnes *et al.*, 2002, cités par Arnold *et al.*, 2006).

1 La consommation en charbon de l'Afrique devrait doubler entre 2000 et 2030 tandis que celle en bois de feu augmenterait de 20%. Source : (Broadhead et al., 2003)

2 Voir la définition du mécanisme de « l'échelle de l'énergie » dans (UNDP, 2004)

Le bois serait *synonyme de pollution et de maladies*. La fumée produite par la combustion du bois-énergie (bois comme charbon) participe à la pollution de l'air et est source de nombreuses affections et de nombreuses maladies à long terme (UNDP, 2004). Une étude récente (Bailis *et al.*, 2005) accuse même le bois-énergie d'être responsable de 400 000 morts annuelles en Afrique Sub-Saharienne.

Le bois serait *synonyme de déforestation* : en Afrique Sahélienne, la ressource « Bois-énergie » provient essentiellement des formations forestières naturelles, les plantations étant soit trop récentes, soit de superficies trop limitées pour approvisionner l'ensemble de la population. L'utilisation du bois de feu est considérée comme une cause majeure de la déforestation et particulièrement en périphérie des villes (Chamard et Courel, 1999). Dès 1975, devant l'ampleur des prélèvements de bois à des fins énergétiques, Erick Eckholm dans un livre alarmiste annonçait qu'« *en l'absence de grands programmes de plantation, la demande en bois-énergie ne pourra être fournie par les seules formations ligneuses naturelles »* (Eckholm, 1975). Peu de temps après, un rapport rédigé en 1978 à la demande du CILSS et du Club du Sahel, concluait « *qu'en l'absence de mesures prises rapidement, la pression exercée sur les ressources ligneuses conduirait la majeure partie du Sahel à être transformée en désert* ». Ce sentiment de catastrophe imminente était renforcé par les épisodes de sécheresse que connaissait le Sahel dans les années 1970-1980.

En 2005, non seulement **la catastrophe écologique annoncée n'a pas eu lieu** – les alentours de Bamako, de Niamey, de N'Djamena ou de Kano ne ressemblent pas à des déserts et aucune véritable crise de l'offre n'a encore été observée au Sahel - mais les études chiffrées et les données fiables mettant en évidence les liens tangibles entre déforestation et bois de feu sont toujours très peu nombreuses (Ozer, 2004 ; Benjaminsen, 1993). Les principales études quantitatives établissent en revanche que la déforestation serait principalement due à la défriche agricole et aux stratégies de spéculation et d'appropriation foncière (ESMAP, 2001). Par ailleurs, nous montrerons dans cette thèse que le bois-énergie représente un secteur économique de première importance, source de richesse pour des dizaines de milliers de personnes. L'augmentation des cours mondiaux des énergies fossiles initiée en 2004 ainsi que les considérations mondiales sur le changement climatique font que peu de projets s'expriment encore en faveur d'une substitution totale du bois-énergie par des énergies fossiles en Afrique Sahélienne. The World Energy Council (WEC) et la FAO considèrent désormais que le bois-énergie pourrait être dans le futur une énergie très importante pour le développement économique et la lutte contre la pauvreté dans les pays en développement (WEC et FAO, 1999 ; FAO, 2005).

Qu'elle soit une menace pour l'environnement ou un facteur de développement, il n'en reste pas moins que la demande en bois-énergie représente une pression importante sur les ressources forestières des pays sahéliens et pose la question de leur durabilité. Cette pression est encore plus forte dans les **zones périurbaines** où se sont développées de véritables aires de chalandise dans lesquelles les ressources forestières sont extraites des campagnes (pratiquement en flux tendu) pour approvisionner les centres urbains (Buttoud, 2001). Les **bassins d'approvisionnement des grandes villes sahéliennes** ont fait l'objet de nombreuses expertises, analyses et travaux académiques depuis une vingtaine d'années (Ribot, 1990 ; Foley *et al.*, 2002 ; van der Plas et Abdel-Hamid, 2005 ; Gazull, 2003b ; SEED et CIRAD, 1991 ; CCL, 1998 ; Cline-Cole et al, 1987). La plupart de ces travaux ont cherché à mesurer l'adéquation entre la consommation urbaine et l'offre de bois rurale, ce que les auteurs anglo-saxons ont appelé l'« energy gap » (**le « trou de l'énergie »**)**.** La méthodologie retenue dans ces études est pratiquement toujours la même : la consommation est supposée croître linéairement avec l'augmentation de la population et l'offre de bois est considérée comme étant égale à la productivité annuelle des formations boisées. Dans le meilleur des cas, cette productivité est considérée constante et dans le pire des cas, comme proportionnelle au stock. Tant que la consommation annuelle de la population reste inférieure à la productivité annuelle du milieu, le stock de bois ne dépérit pas et le système est jugé durable. Lorsque la consommation excède la productivité, le système est jugé en crise. Le « trou » entre consommation et production, entraîne la diminution du stock, qui entraîne donc la diminution de la production annuelle, qui augmente encore le trou et qui aboutit inexorablement à la disparition totale de la forêt et à la pénurie d'énergie.

La Figure 1 reconstituée à partir des données d'une étude publiée en 1985 sur le bassin d'approvisionnement de Bamako (TransEnerg, 1985) illustre bien la démarche et les conclusions auxquelles elle ne manque pas d'aboutir : au rythme de la consommation mesurée 1982, tout le stock de bois autour de Bamako aurait disparu à l'horizon de l'année 1990.

Malgré ses travers évidents, c'est sur cette approche que repose l'un des outils majeurs des politiques forestières actuelles de la plupart des Etats du Sahel : le **Schéma Directeur d'Approvisionnement en Bois-énergie** des villes (SDAB). Cet instrument propre à chaque grande ville, est un document d'orientation des politiques d'aménagement des massifs forestiers à l'échelle d'un bassin d'approvisionnement. Il repose essentiellement sur une mesure spatialisée du bilan offre/demande. L'objectif pour les services forestiers étant d'orienter la production vers les zones dont le bilan est positif au détriment des zones dont le bilan est négatif.

Ces instruments ont fait l'objet de nombreuses critiques, dont les principales portent sur les difficultés de mise à jour de ces schémas (au Niger, le schéma directeur de la ville de Niamey n'a pas été mis à jour depuis 1990 ; au Mali, celui de Bamako date de 1998), sur

l'inadéquation des unités spatiales de calcul à la réalité des pratiques (Foley *et al.*, 2002), et sur la grande sensibilité du bilan aux valeurs prises pour mesurer la productivité des formations végétales (Picard *et al.*, 2006).

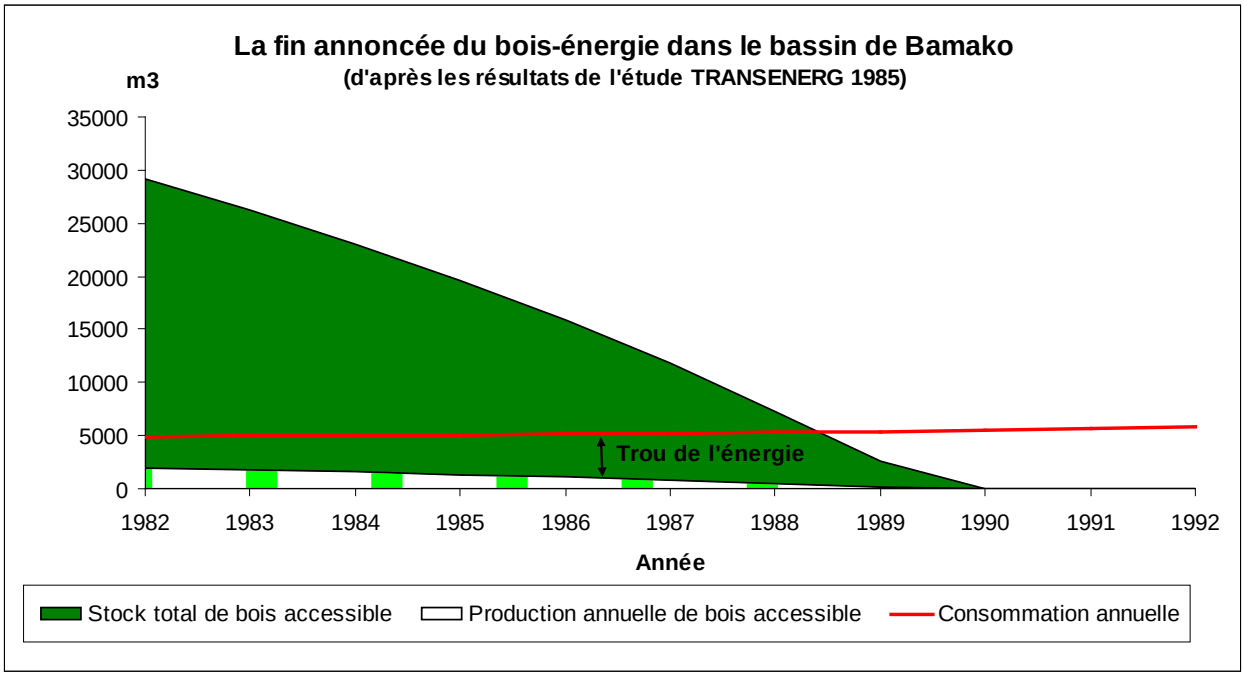


Figure 1. *Le trou de l'énergie mesuré à Bamako en 1985*

Mais la critique majeure est que le seul bilan offre/demande ne peut suffire à orienter la production. Il peut même amener à prendre des décisions erronées : ce n'est pas nécessairement parce qu'une zone est bien pourvue en bois et que son bilan est positif qu'elle participera activement à l'approvisionnement de la ville (Foley *et al.*, 2002). Dans une zone donnée, l'accroissement de la production, comme sa réduction, relève avant tout de processus de choix locaux, individuels ou collectifs et de l'intérêt de la ville à solliciter cette zone. **Les SDAB, en l'état actuel n'offrent pas un cadre permettant de comprendre les déterminants de la localisation des prélèvements** de bois et par là même de les orienter justement et efficacement.

Le point de départ de cette thèse découle de cette nécessité réelle, vécue lors de missions d'expertise au Mali, au Niger et au Sénégal, d'imaginer de nouveaux outils et de nouvelles méthodes de localisation, de mesure et de compréhension de la pression exercée sur les ressources forestières autour des grandes villes sahéliennes. En termes d'approvisionnement énergétique et de préservation de l'environnement, la question de l'organisation spatiale des bassins d'approvisionnement est un enjeu majeur pour la définition de nouvelles politiques de régulation.

Mais au delà de ces enjeux politiques, économiques et environnementaux, cette recherche ambitionne d'apporter sa contribution empirique d'une part aux théories de **la localisation des activités d'exploitation des ressources naturelles** et d'autre part à **l'analyse spatiale des aires de marché**.

Historiquement, la théorie économique néoclassique a longtemps ignoré les activités d'exploitation des ressources naturelles. Au mieux, elle a considéré ces dernières comme des matières premières qui, combinées avec le travail et le capital, produisaient des biens et des services. Cependant, toute matière première, pour accéder au statut de ressource et être utilisée, doit être produite en utilisant d'autres facteurs de production. Ce champ disciplinaire fait l'objet depuis les années 1970 d'un regain d'intérêt de la part des économistes qui tentent d'élaborer une nouvelle théorie de l'*économie des ressources naturelles* (Faucheux et Noël, 1995). Mais dans ces nouvelles approches, la question du *« Où »* est encore très largement ignorée. De la même manière, la géographie économique traditionnelle a, jusqu'à récemment, négligé le champ de la localisation de ces activités. **La théorie de la localisation des activités agricoles** avancée par von Thünen en 1826, et qui est la seule à s'être intéressée à la production de bois-énergie, ne percevait cette production qu'au travers de plantations dédiées (Huriot, 1994). Ce n'est que depuis les années 1990 que l'on voit se développer des modèles économiques s'attachant à caractériser et à comprendre les causes et les agents de l'exploitation et de la dégradation des ressources ligneuses (Kaimowitz et Angelsen, 1998).

Les activités d'extraction du bois de feu autour d'une ville se localisent dans son bassin d'approvisionnement. Dans son acception économique, ce dernier représente une aire de chalandise, zone où est collecté le bois pour alimenter la ville. Pour de nombreux auteurs, il représente l'aire d'attraction de la ville. Selon ces derniers, la ville exerce une force sur les ressources boisées avoisinantes directement proportionnelle à la population urbaine et inversement proportionnelle au coût de la distance : la pression sur la ressource est d'autant plus forte que l'on est proche du centre urbain, ce qui donne au bassin **une forme en anneaux concentriques** (Chomitz et Griffiths, 1997 ; Cline-Cole *et al.*, 1990 ; ESMAP, 2001). Comme les cultures de von Thünen, presqu'animées d'un comportement propre, l'exploitation du bois se localise dans la couronne périurbaine qui correspond à la présence d'une ressource suffisamment abondante pour alimenter la ville et à des coûts de transport minimums.

Or cette vision orthodoxe est mise en défaut par de nombreuses observations : des différences significatives de pratiques s'observent entre les villages situés au sein d'une même couronne ; certaines villes - Kano au Nigeria par exemple, étudiée par R. Cline-Cole - démontrent même un effet inverse : la pression est d'autant plus forte que l'on est éloigné du centre (Cline-Cole et al, 1987). Ces déviations par rapport au modèle s'expliquent en grande partie par les types de contrôles exercés sur l'accès à la ressource, par le poids des

dynamiques agricoles qui créent des forces de résistance à la demande urbaine (Cline-Cole *et al.*, 1990 ; Ribot, 1990), mais également par le type d'organisation de la collecte.

Le bassin d'approvisionnement est un objet géographique plus complexe qu'il n'y paraît et ne peut se limiter à la simple zone drainée de manière concentrique par la demande urbaine. En effet, l'approvisionnement des villes est actuellement le fait d'un réseau d'échanges entre de nombreux acteurs intermédiaires aux fonctions, aux comportements et aux localisations diverses. Tout comme dans le domaine agricole, où l'arrivée des firmes agroalimentaires et des coopératives bouleverse le schéma concentrique de von Thünen (Daniel, 2001), le développement économique de la filière bois-énergie nous invite à réfléchir sur le poids de l'organisation économique des échanges sur l'organisation spatiale de l'aire de marché et à proposer de nouveaux modèles.

Notre démarche d'analyse, s'inscrit dans celle de **l'analyse spatiale** dont nous retiendrons la définition donnée par D. Pumain et T. Saint Julien : « *analyse formalisée de la configuration et des propriétés de l'espace géographique tel qu'il est produit et vécu par les sociétés humaines* » (Pumain et Saint-Julien, 1997). Cette définition met l'accent sur deux points qui orienteront nos travaux.

Tout d'abord**, le concept d'interaction spatiale**. L'espace géographique est le produit, à la fois des relations qu'entretiennent entre eux les individus ou les lieux, et des rapports aux lieux des individus et des groupes (Brunet, 2001a). Les activités et, en particulier, les activités agricoles et forestières s'inscrivent fortement dans l'espace. Les pratiques des individus et des groupes sociaux, leurs déplacements, leurs échanges de marchandises et d'informations façonnent les paysages. Mais en retour, la configuration spatiale des ressources (et notamment le sol et la forêt) et les règles d'accès à ces mêmes ressources, conditionnent les stratégies individuelles. La taille, la forme, l'agencement des massifs forestiers influencent les choix de localisation des prélèvements et leur intensité (Lardon *et al.*, 1998).

Espace produit et espace vécu, action et réaction, c'est cette réciprocité[3] qui définit principalement l'interaction spatiale, et en particulier les inter-relations entre des individus ou groupes localisés spatialement qui font émerger des interactions entre des lieux. Dans le champ de la géographie quantitative née à la fin des années 1950, l'interaction spatiale se définit principalement comme les actions et les réactions intervenant entre des localisations[4] et qui font naitre le mouvement. « *Ce sont les déplacements entre les lieux, ../.. les flux de personnes, d'information ou de marchandises qui construisent l'espace géographique ../.. le flux*

[3] Interaction : *Action réciproque de deux ou plusieurs objets, de deux ou plusieurs phénomènes* (source : Trésor de la Langue Française Informatisé, 2004).

[4] On doit la première apparition du terme d'interaction spatiale à Edward Ullman en 1956 : « Spatial interaction is a dynamic flow process from one location to another » (Ullman, 1956)

mesure l'intensité de l'interaction spatiale entre un couple de lieux » (Pumain et Saint-Julien, 2001). Ce concept rejoint historiquement celui de la gravitation (force d'attraction ou de répulsion) qui opère entre les lieux et qui est à la base des premiers travaux de W.J. Reilly sur l'analyse des aires de marché (Reilly, 1931). Par analogie avec la loi de la gravitation de Newton, ces travaux font dépendre les flux entre deux lieux, de leur population (leur masse), ainsi que de l'inverse du carré de la distance qui les séparent.

Mais, au-delà de son aspect mécanique apparent, l'interaction spatiale renvoie également à des **interactions sociales**. Tous les modèles théoriques de prévision des flux et des positions relatives reposent sur des hypothèses de comportements socio-économiques et des rapports sociaux (synergie, coopération, concurrence, etc.). Les progrès réalisés en matière de compréhension des décisions spatiales ont fait progresser le concept et amènent actuellement à le percevoir comme une résultante des comportements sociaux (Thill et Timmermans, 1992 ; Grasland, 2004). Même si l'interaction spatiale demeure un concept flou et critiqué (Grasland, 2004), elle reste un outil théorique et pratique très largement utilisé pour l'analyse des positions relatives et des flux entre les lieux. Ses évolutions récentes, comme celles plus anciennes, permettent formellement et fondamentalement de la rattacher aux comportements individuels ou collectifs des populations[5].

En second lieu, **la notion de modèle**. L'analyse spatiale est intimement liée à la modélisation. La caractérisation de l'organisation spatiale passe le plus souvent par la recherche de régularités et par la comparaison de ces dernières à *des formes idéalisées du monde réel*, ce que R. Brunet et P. Hagget définissent précisément comme des *modèles* (Brunet, 2001b).

Dans notre démarche, la modélisation est utilisée comme **un processus heuristique**, dans la logique de ceux décrits par F. Durand-Dastès (1995) et par R. Brunet (2001b). Modéliser, dans un premier temps, c'est **rechercher parmi les formes existantes** celle qui caractérisera le mieux l'organisation spatiale d'un bassin d'approvisionnement ; c'est se confronter aux paradigmes existants comme dans toute démarche de recherche. Modéliser, dans un second temps, c'est **identifier l'objet** ou le phénomène géographique en le comparant par le jeu des similitudes et des divergences à d'autres formes dont on connait la logique de production. L'exercice permet de se pencher sur la forme mais également sur la genèse de cette forme. Modéliser, dans un troisième temps, et c'est sans doute le point le plus important, c'est **formaliser l'objet** et par là-même en faire un modèle, c'est ne retenir que ce qui fait sens, ce qui distingue le particulier du général. La formalisation, surtout lorsqu'elle est mathématique, permet d'associer des hypothèses et d'en voir les résultats. Elle est un processus itératif de construction/déconstruction qui amène à ne conserver que ce qui est essentiel. Modéliser, dans

[5] Voir à ce propos les travaux de Stouffer (Stouffer, 1960), Huff (Huff, 1963) ou Fotheringham (Fotheringham, 1988).

un quatrième temps, c'est **se confronter à la réalité**. L'analyse des écarts entre les prévisions des modèles et la réalité empirique – *les résidus* – permet d'isoler des irrégularités qui ont parfois autant de sens que les régularités. Dans une perspective de planification régionale les résidus isolent des spécificités qu'il convient de traiter à part. Enfin, modéliser, c'est **être en mesure de prévoir**. Toutes les formes ne le permettent pas, mais les formes mathématiques, arithmétiques ou logiques, utilisées notamment dans la plupart des modèles d'interaction spatiale, permettent dans une certaine mesure de prévoir les effets à long terme de nouveaux facteurs, voire de nouvelles règles et au moins d'explorer des scénarios alternatifs.

L'objectif de ce travail est de **construire un modèle d'interaction spatiale permettant de prédire la localisation de l'exploitation du bois de feu autour d'une grande ville et d'en mesurer l'intensité**.

Notre construction reposera sur des observations et des analyses faites sur le bassin d'approvisionnement de Bamako (Mali). Ce terrain a été choisi pour trois raisons majeures :

- le bois et le charbon de bois restent à court et moyen terme la source privilégiée d'énergie au Mali, les tentatives de passage au gaz s'étant toutes soldées par des échecs. L'approvisionnement de la ville s'inscrit donc dans la durée ;
- le Mali, à l'instar du Niger et du Tchad, s'est inscrit depuis 1995 dans une réforme de sa politique forestière qui a donné lieu à de profonds bouleversements. Actuellement, la chaîne d'approvisionnement de Bamako correspond à un modèle économique que de nombreux analystes et instances internationales souhaiteraient voir répliqué (Ribot, 2001) ;
- enfin, et cette raison n'est pas des moindres, mes expertises passées dans ce pays et les contacts qu'elles ont créés m'ont permis d'accéder à un grand nombre de données antérieures, offrant ainsi à l'analyse une perspective dynamique.

La Carte 1 présente succinctement la situation du bassin d'approvisionnement de Bamako. L'essentiel du travail empirique s'est déroulé de mars 2004 à décembre 2005. Mais il fut complété par des missions ponctuelles jusqu'en avril 2007. Ce travail a comporté des observations de terrain, des enquêtes standardisées et des entretiens libres. Il a été complété par la saisie informatique d'enquêtes antérieures et notamment des recensements de flux réalisés par les services du Ministère de l'Environnement malien, que nous n'aurions pu mener à bien dans le cadre de cette thèse. Les annexes reprennent l'ensemble des données collectées et utilisées, qui représentent à ce jour la base de données la plus complète sur le domaine.

La construction du modèle s'appuie sur une analyse préalable du bassin d'approvisionnement de Bamako selon trois points de vue complémentaires qui structurent cette thèse :

- dans un premier temps, le bassin est vu comme un ensemble de formes spatiales au travers desquelles le bois-énergie chemine pour aboutir en ville. La première partie de la thèse s'attache à reconnaitre ces formes spatiales à en retracer les évolutions ;
- dans un second temps, le bassin est vu comme un ensemble de formes sociales dont les relations et les actions concourent à l'approvisionnement de la ville. La seconde partie s'attache, au travers d'une étude des filières d'approvisionnement, à analyser les formes sociales des activités de production, de transformation et de distribution du bois-énergie ;
- dans un troisième temps, le bassin est vu comme un ensemble de forces motrices individuelles ou collectives susceptibles de générer ces formes tant spatiales que sociales. La troisième partie, au travers d'enquêtes et d'un jeu de rôles, s'attache à comprendre et à révéler les forces motrices des individus et des groupes sociaux susceptibles de générer ces formes tant spatiales que sociales.

Finalement, dans un quatrième temps, après avoir identifié des entités spatiales émettrices et réceptrices de bois-énergie, cohérentes avec le comportement des acteurs de la filière, je formalise un modèle d'interaction spatiale qui prend en compte les préférences de ces mêmes acteurs. Le processus d'agrégation consiste à traduire les formes et comportements révélés, en termes de capacités d'émission (de bois, d'information) et de réception (de bois, des producteurs, des commerçants) des entités spatiales retenues.

Une telle démarche entraine nécessairement quelques redondances. Il est en effet difficile d'aborder les lieux sans parler des acteurs et réciproquement. De la même manière, l'analyse de la filière dans la partie II révèle un certain nombre de comportements qui sont analysés plus finement dans la partie III. Je m'en excuse au préalable auprès des lecteurs mais ce type de travers est inhérent à toute démarche multi-niveaux. Certains aspects émergents à un niveau sont alors repris plus en détail ou plus grossièrement dans les autres niveaux, ce qui confère au processus de recherche et d'écriture une forme en spirale schématisée dans la Figure 2.

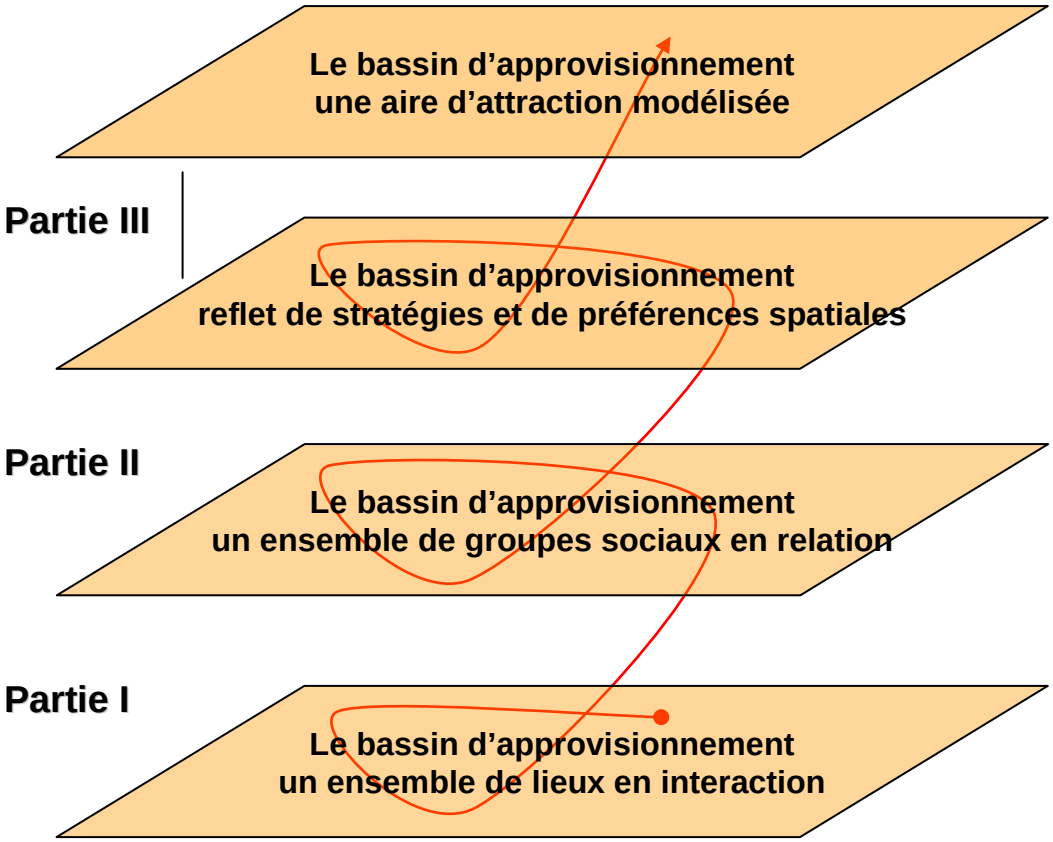
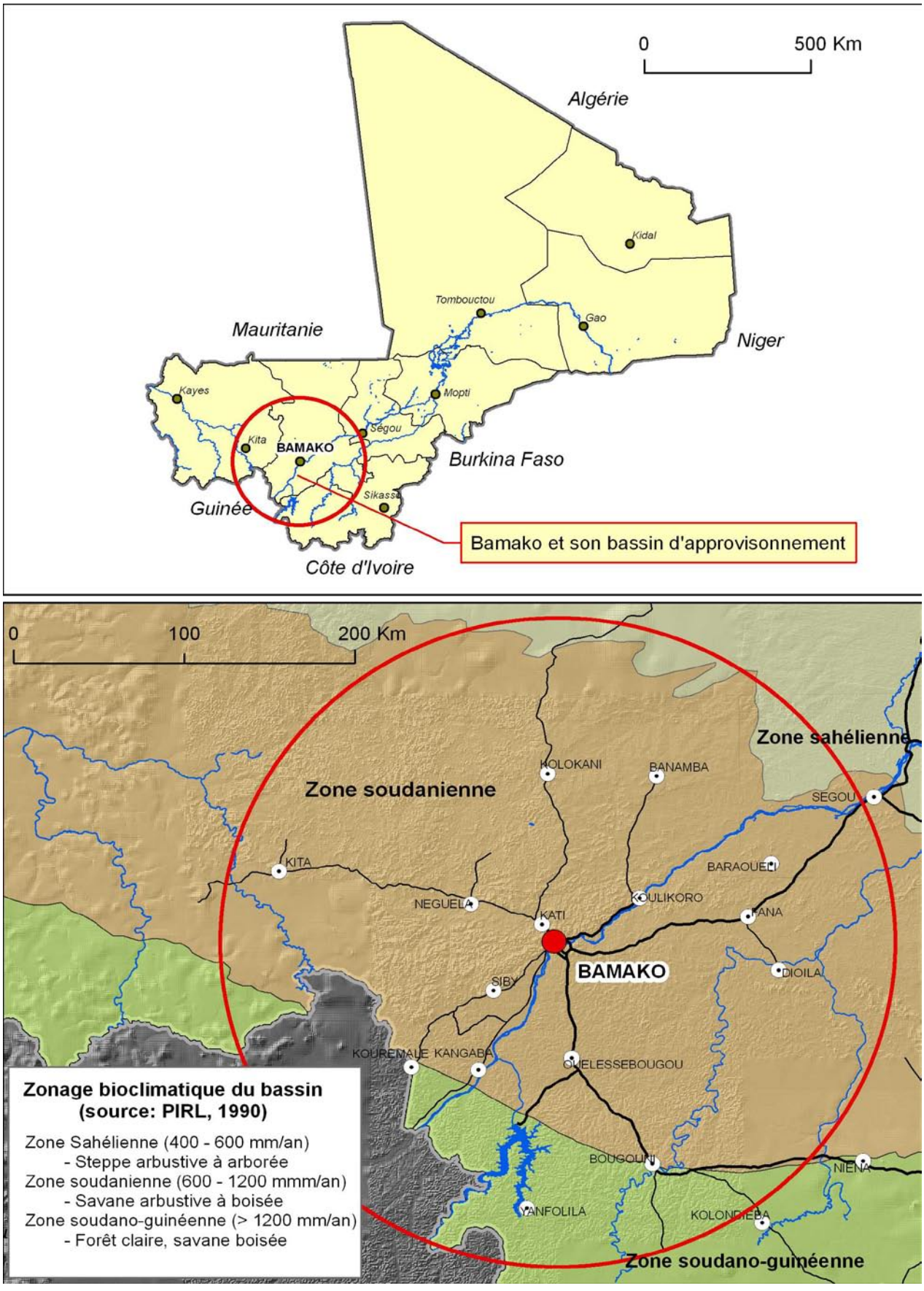


Figure 2. *Structure de la thèse*



Carte 1. *Situation du bassin d'approvisionnement de Bamako*

Partie I :
Le bassin d'approvisionnement, une forme spatiale

Le jeu des lieux

Le bassin d'approvisionnement nait du flux, du mouvement du bois qui, à l'instar des gouttes d'eau qui descendent vers l'exutoire, chemine depuis la forêt jusqu'à son débouché en ville.

Mais le bassin nait également de l'échange. Le déplacement du bois n'est pas un long fleuve tranquille : avant d'aboutir dans les cuisines des consommateurs urbains, le bois passe de lieux en lieux où il est produit, transformé, conditionné, rassemblé, collecté, etc.

Dans cette première partie, nous descendrons le bassin d'approvisionnement au fil du bois depuis ses sources jusqu'à la ville, afin d'identifier et de caractériser en chemin les différents lieux par lesquels le bois passe.

1. Aux sources : la ressource

La forêt, et d'une manière générale l'arbre, ne devient ressource que si l'on est en mesure de l'exploiter. Toute production naturelle n'existe comme ressource que si elle est perçue par la société comme pouvant potentiellement être mise en valeur et devenir ainsi facteur de richesse (Brunet *et al.*, 1993). Pour accéder au rang de ressource, l'arbre ou l'espace boisé doit avoir les qualités requises pour répondre aux usages qui en seront faits (bois de feu ou charbon), il doit fournir du bois en quantité suffisante pour satisfaire la demande et il doit être accessible à l'exploitation.

Autour de Bamako, la ressource ligneuse est présente et exploitée dans trois types d'espaces aux potentialités et aux règles d'accès très différentes :

- les champs, qui dans les paysages agraires de savane, sont ponctués d'arbres dits utiles et forment des parcs arborés, appelés aussi parcs cultivés ;
- les jachères, qui sont des terres cultivées que les paysans laissent au repos entre 5 et 20 ans pour permettre au sol de reconstituer sa fertilité. Très rapidement ces terres au repos sont envahies d'espèces arbustives et arborées ;
- le domaine forestier, dont le contour n'est pas défini et qui désigne pratiquement tous les espaces non cultivés, boisés ou non.

Sur tous ces espaces, les règles de propriétés, d'accès, et d'usage de la ressource forestière sont complexes. Les droits de prélèvement dépendent essentiellement du statut et du type d'utilisation des terres sur lesquelles l'exploitation est opérée. Ainsi, les règles sont différentes selon que les ressources se trouvent sur des terres cultivées, sur des jachères, sur des brousses, sur des terres familiales, étatiques ou communautaires (Benjaminsen, 1997).

1.1. Les divisions du domaine forestier en espaces exploitables

Dès 1904, dans toutes les colonies Ouest-africaines, l'administration coloniale française décrète que « toutes les terres vacantes et sans maître » sont propriété de l'Etat. En Afrique Occidentale Française (AOF), les « forêts » et les vieilles jachères (de plus de cinq ans) sont

ainsi placées sous le contrôle direct de l'Etat colonial, le Gouverneur Général et ses représentants contrôlant l'attribution des permis et des concessions.

Au Mali, le premier code forestier du 4 Juillet 1935 consacre l'appropriation par l'Etat des ressources forestières et des terres associées. Depuis cette époque coloniale, les ressources forestières font partie du domaine forestier national qui comprend « *les terrains dont les produits exclusifs ou principaux sont le bois d'œuvre, le bois de service, le bois de feu, les terres à vocation forestière boisées ou non*, *les terrains soustraits au défrichement pour des raisons de protection, les jachères anciennes de 10 ans et plus, les bois sacrés et les lieux protégés dans un but socio-religieux »* (GGAOF, 1935)

Comme nous le détaillerons dans la Partie II, le code forestier ne subit pratiquement aucune modification majeure jusqu'aux années 1990 qui signent les premiers pas du processus de décentralisation et la création des communes rurales.

A partir de 1995, le patrimoine forestier national est divisé en trois domaines : le domaine forestier de l'Etat, celui des collectivités territoriales décentralisées et le domaine des particuliers (Loi N°95-004 du 18 janvier 1995).

- le domaine forestier de l'Etat comprend les forêts classées6 qui représentent les forêts directement gérées par l'administration forestière en vue de leur conservation (réserves de faune, parcs nationaux) ou de leur exploitation commerciale (plantations, forêts classées de production) et les forêts protégées qui correspondent à tous les autres espaces forestiers : jachères de plus de 10 ans, brousses, etc ;
- le domaine forestier privé des particuliers qui comprend les périmètres reboisés par ces particuliers ainsi que les parcelles immatriculées en leur nom ;
- le domaine forestier des collectivités territoriales décentralisées qui comprend les forêts classées en leur nom et les forêts protégées immatriculées en leur nom.

Dans les faits, les immatriculations privées sont actuellement pratiquement inexistantes et la dévolution des ressources de l'Etat vers les collectivités territoriales (vers les communes notamment) n'est pas encore effective : il n'existe à ce jour aucune forêt communale classée ou protégée au Mali ! Plus de 99% du domaine appartient donc à l'Etat.

Le domaine classé ne représente que 5.1 millions d'hectares soit 5% du domaine forestier estimé à 100 millions d'hectares (Nasi et Sabatier, 1998). Seulement 1.2 millions ha sont réservés à la production forestière, le reste (3.9 millions ha) correspondant à des aires de protection de la faune et de la flore.

[6] Le classement des forêts est une procédure classique qui permet à l'Etat de délimiter une forêt et de la déclarer du domaine public.

Les 95% du domaine sont donc constitués de forêts protégées. Mais sur les 95 millions ha qu'elles représentent, moins de 20 millions ha présentent une production forestière potentielle.

Divisions		Superficie (ha)
Domaine forestier de l'Etat	Domaine classé, dont :	5 159 000
	Parcs nationaux	189 000
	Réserves de faune	3 704 000
	Forêts classées	1 266 000
	Domaine protégé	95 000 000
Domaine forestier des particuliers		~0
Domaine forestier des collectivités territoriales		~0

Tableau 1. *Situation du domaine forestier national - sources : DNEF et (Nasi et Sabatier, 1991)*

En 2005, le domaine forestier est toujours la propriété exclusive de l'Etat et les espaces forestiers se différencient essentiellement par les droits d'usage qui s'y opèrent. Le code forestier différencie l'exploitation commerciale des ressources ligneuses, du droit d'usage en vue de satisfaire les besoins individuels ou collectifs des populations riveraines sans transaction commerciale. Ce droit d'usage comprend la circulation des personnes, le pâturage des animaux domestiques, la cueillette des produits de la forêt, le ramassage du bois mort et du fourrage. L'exploitation commerciale du bois, vert ou mort, est soumise à l'autorisation de l'Etat et au paiement d'un droit de coupe. La coupe de bois vert pour les besoins locaux est, en théorie, également soumise à autorisation de l'Etat.

Dans les faits, les textes législatifs ne rendent pas compte de la diversité actuelle des statuts des espaces forestiers et de leurs règles de gestion. En effet, depuis 1995 ces derniers ont été bouleversés par la mise en place de nouvelles politiques forestières visant à responsabiliser les populations locales et à les faire participer à la gestion de la forêt. L'histoire de ces réformes sera abordée plus avant dans la partie II. Le village et ses représentants qui avaient été jusqu'alors écartés par l'Etat de la gestion des ressources forestières sont devenus des partenaires incontournables de l'Etat (cf. Encadré 1).

Ces nouvelles politiques ont défini de nouveaux espaces et ont surtout donné aux villages, et à leurs populations, de nouvelles attributions et responsabilités qui n'ont pas toutes été pas traduites dans la loi :

- dans toutes les forêts classées autour de Bamako, ont été définis des Domaines d'Intervention en Forêt (DIF) qui représentent des portions de forêt attribuées aux

villages riverains. Ces DIF font l'objet de plans d'aménagement[7] forestier qui définissent les règles d'accès, de contrôle et d'exploitation de la ressource. Les villages (au travers de comités villageois) se voient alors confier la responsabilité des opérations d'entretien de la forêt, son exploitation, sa surveillance conformément aux orientations du plan de gestion (FRM, 1998) ;

- dans le domaine protégé ont été créés des Marchés Ruraux de Bois-Energie (MRBE) qui représentent dans leur acception géographique, des portions de forêt délimitées attribuées à un village à des fins exclusives de production de bois-énergie. Le village au travers d'une Structure Rurale de Gestion (SRG) agréée par l'Etat, se voit confiée la responsabilité de l'exploitation de la forêt conformément à un plan de gestion approuvé par l'Etat, le respect de quotas de production, les travaux d'aménagement et la surveillance du massif - d'après la loi 95-003 du 07 décembre 1994 et le manuel d'installation des marchés ruraux (Nouvellet, 2002b).

Ainsi, autour de Bamako, le domaine forestier se décline en trois grands types d'espaces potentiellement exploitables pour le bois-énergie:

1. **les forêts classées** dont la gestion a en partie été transférée de 1998 à 2005 aux villages riverains mais où le contrôle de l'Etat est encore très fort. Il s'agit des DIF définis ci avant dont l'accès est toujours du ressort de l'Etat. Toutes les forêts classées autour de Bamako font l'objet d'un découpage en DIF en 2005 ;
2. **les forêts du domaine protégé aménagé** dont la gestion a été transférée à partir de 1996 aux villages riverains et dont le transfert est encore en cours. Il s'agit des MRBE dont l'accès est contrôlé par une structure villageoise agréée par l'Etat. En 2005, seulement 120 villages faisaient l'objet d'un aménagement, soit une surface d'à peine 80 000 ha ;
3. **les forêts du domaine protégé non aménagé**, appelées également **non contrôlées et non délimitées**, dont l'accès est traditionnellement réglementé par des droits coutumiers. Elles représentent environ 12 millions d'hectares.

[7] L'aménagement forestier correspond à une planification des interventions à réaliser (nature, lieu, époque, ampleur et fréquence) dans le but de satisfaire les différents usages assignés à la forêt : production régulière, protection de la nature, espace de récréation, etc (Peyron, 2006).

Le village, la chefferie, l'Etat et la gestion des ressources naturelles

Pour la législation malienne, le village n'a pas de statut juridiquement reconnu, il ne fait pas non plus partie des collectivités territoriales dont le dernier maillon s'arrête au niveau communal. Le village n'a pas de délimitation officielle.
Néanmoins, au Mali, le village est historiquement l'unité sociale et spatiale élémentaire qui façonne le fonctionnement social des populations rurales. Il est dirigée par une chefferie , qui lorsque la population est importante, peut être multicéphale.
On distingue alors :

- **le chef administratif** qui représente sa communauté auprès des pouvoirs publics. Il est chargé de faire respecter la loi et de lever les impôts. Il est également un médiateur pour régler les conflits entre villages. Le chef administratif est le seul pouvoir local reconnu par l'administration centrale ;
- **Le chef coutumier**, appelé également chef de brousse, qui est chargé de gérer les ressources naturelles du village et l'accès aux espaces périphériques (les brousses). Il donne les droits d'exploitation des ressources ligneuses et parfois les droits de défrichements (en relation avec le chef de terre). Depuis la colonisation et la maimise de l'Etat sur l'exploitation des forêts, le pouvoir du chef coutumier s'est considérablement affaibli ;
- **Le chef de terre** qui est chargé de gérer l'accès à la terre. C'est lui qui décide de l'octroi de terres de cultures aux nouveaux arrivants ou qui décide de l'extension des terres. Cette fonction échoie généralement au lignage du premier occupant fondateur du village ;
- **Le chef de l'eau**, qui dans les zones le splus arides du pays, est chargé de gérer les accès à l'eau : tours d'eau et création de puits.

Les chefs traditionnels sont désignés par un conseil villageois où l'on retrouve une forte concentration des membres issus des premières familles lignagères. Ces premières familles et leurs lignages constituent la catégorie des « autochtones », s'opposant aux derniers arrivés, considérés comme « allochtones » et tenus à l'écart des affaires du village

Encadré 1. *Le village et les pouvoirs traditionnels au Mali*

sources : (Cuny et Buttoud, 2003 ; Kassibo, 2006)

Comme au niveau national, le domaine protégé représente plus de 97% des espaces boisés autour de Bamako. Les réserves et les parcs ne représentent que 1.6% (200 000 ha) et les forêts classées 1.6% également. Dans le domaine protégé, moins de 1% de la surface des forêts est aménagé.

La Carte 2 illustre la répartition de ces trois grands types d'espaces autour de Bamako.

1.2. Les ressources ligneuses et les espaces associés

1.2.1 La ressource des champs

Les parcs cultivés se présentent sous la forme de peuplements arborés modérément denses avec entre 10 et 30 individus à l'hectare (cf.

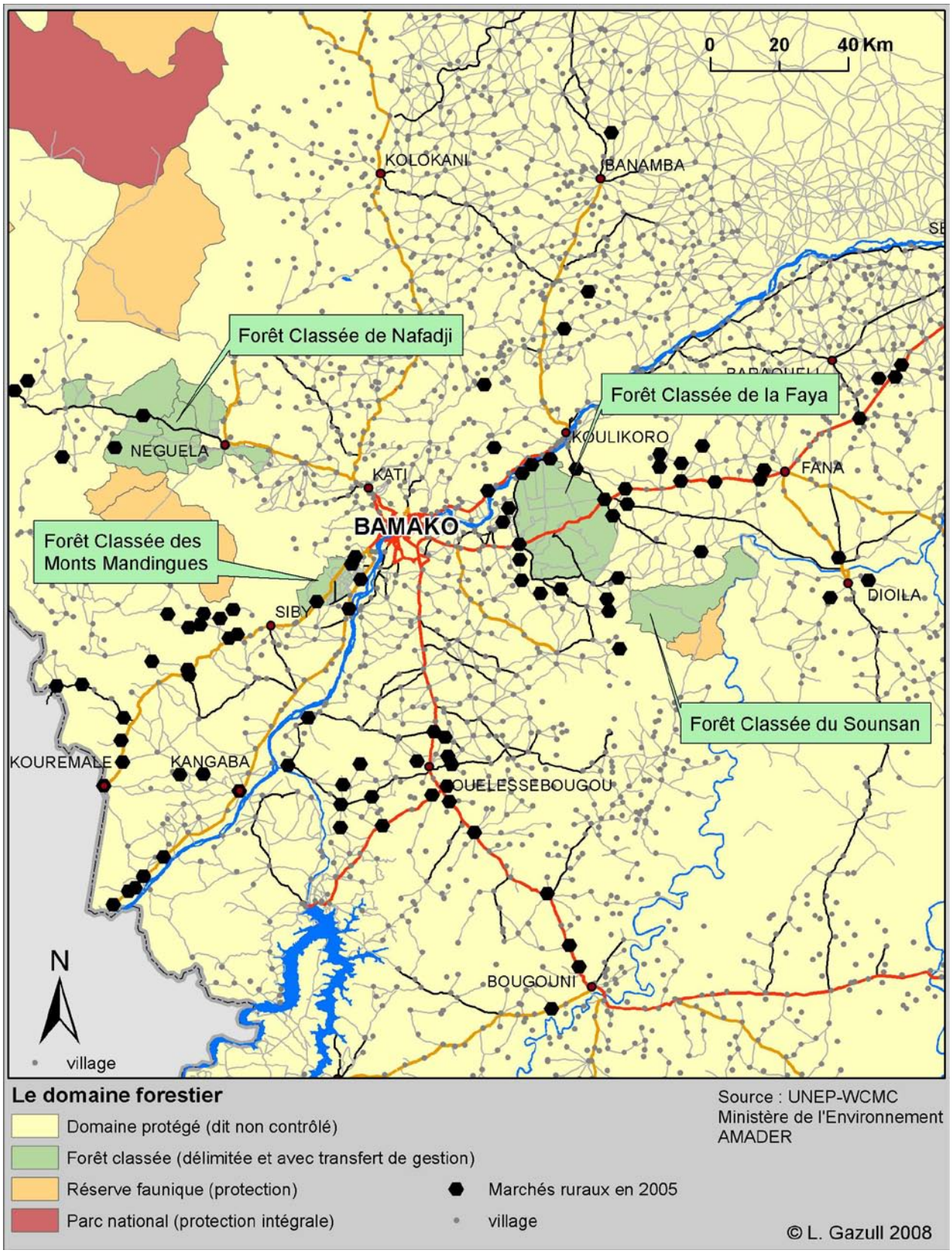
Planche 1 p 29). Le couvert ligneux[8] y oscille en moyenne entre 5% et 10% (Nasi et Sabatier, 1998).

Lors de la mise en culture et pendant les jachères successives, un petit nombre d'espèces d'arbres, considérées comme utiles sont préservées du défrichement. Il s'agit essentiellement de :

- *Faidherbia albida,* utile pour son fourrage aérien et ses fruits comestibles, que l'on trouve à l'Ouest et au Nord du bassin d'approvisionnement ;
- *Vitellaria paradoxa* (le Karité), utile pour ses fruits comestibles et l'utilisation industrielle de son amande. On le retrouve en quantité abondante dans tout le bassin ;
- *Parkia biglobosa* (le Néré), utile pour ses fruits et qu'on retrouve également dans tout le bassin ;
- *Lannea acida*, dont les feuilles et l'écorce sont très utilisées dans la pharmacopée traditionnelle ;
- *Terminalia macroptera* (le Badamier), utile pour ses fruits.

Sur les terres cultivées, le droit d'usage sur la terre implique de plus en plus *de facto* le droit de propriété sur les arbres (Sidikou, 1997). De même, le bois issu de défrichements de jachères ou de brousse appartient à leurs auteurs.

[8] Le couvert ligneux ou couvert forestier est la somme des surfaces couvertes par le feuillage de toutes les plantes ligneuses rapportée à la surface totale au sol. Il est exprimé en %.



Carte 2. *La division du domaine forestier autour de Bamako*

La plupart des arbres utiles sont protégés par la loi et il est interdit de les couper, de les arracher ou de les utiliser à des fins de bois de feu (Loi 95-004 fixant les conditions de gestion des ressources forestières). Au cours de visites de terrain, nous avons pu néanmoins constater que de vieux karités étaient débités en fagots pour être vendus en bord de route mais cette pratique est marginale dans l'approvisionnement de Bamako. Ce qui n'empêche pas ces arbres cultivés de faire l'objet de prélèvements pour l'alimentation du bétail et pour le bois de feu à usage local.

1.2.2 La ressource des jachères

Contrairement aux arbres dans les champs, d'après les enquêtes de la CCL en 1997, les jachères participent activement à l'approvisionnement de Bamako en bois de feu. Malheureusement, cette étude ne donne pas de résultats chiffrés. L'enquête menée par Alain Bertrand (TransEnerg, 1985) montre qu'en 1985, autour de Bamako, environ 16 % du bois commercialisé provenait de jachères.

On retrouve dans les jachères les mêmes espèces d'arbres que dans les champs (Karité, Néré). Mais la caractéristique principale des jachères est la prédominance des arbustes, notamment les espèces du genre Combretaceae, telles *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis* et *Combretum nigricans*. On y trouve également en abondance *Acacia macrostycha* et *Entada africana* qui sont caractéristiques des jachères du bassin de Bamako (Nasi et Sabatier, 1998) (cf. Planche 1).

Les jachères constituent des stocks importants de bois. Ils varient entre 7 m3/ha pour les jeunes jachères de moins de 5 ans jusqu'à 12 m3/ha pour les vieilles jachères de plus de 20 ans (Nouvellet *et al.*, 2003).

Plus la jachère est longue, plus le couvert forestier devient important pour avoisiner celui des brousses périphériques. Seule la présence des arbres de parc permet alors d'attester de la mise en culture antérieure de ces espaces. Le couvert forestier des jachères dépend de leur âge. Le nombre d'arbre à l'hectare est en moyenne de 400 et le couvert ligneux varie entre 20% et 50%.

Dans tout le Mali, face aux besoins croissants en terre dus essentiellement à la croissance démographique et à la stagnation des rendements agricoles, on assiste à une réduction des durées de jachère et un passage aux cultures permanentes (Samake *et al.*, 2007). Selon les enquêtes faites en 1998 par la CCL autour de Bamako, la durée moyenne des jachères serait passée de 10 ans en 1989 à 7 ans en 1998. Il s'en suit une diminution globale des ressources forestière de ces espaces mais également une diminution de la taille des arbres, les rendant moins attractifs pour la commercialisation et la fabrication de charbon. Les

jachères, si elles participent toujours à l'approvisionnement de la ville tendent donc à fournir surtout du bois de feu pour les populations rurales locales.

1.2.3 La ressource des brousses

L'appellation familière de *brousse* utilisée par les paysans rassemble les espaces boisés, non cultivés, aux contours flous autour des finages villageois. La brousse est avant tout définie par son caractère marginal (autant social que spatial) et non pas par la nature des formations végétales qui la composent : « la brousse commence là où finit le village ». Pour les villageois, la brousse est caractérisée par sa nature sauvage, non organisée, étrange, voire menaçante (Sow et Anderson, 1996).

Selon la classification proposée par Nasi et Sabatier (1998) et illustrée par la Figure 3, les brousses du bassin de Bamako regroupent essentiellement les formations végétales suivantes :

- des savanes arbustives à arborées sur les reliefs de basses collines et les glacis cuirassés de l'est et du nord du bassin. Sur les parties sommitales des reliefs cuirassés, ces savanes peuvent prendre l'aspect de *bowé*[9] arborés où de larges plages de sols nus alternent avec des fourrés ligneux denses. Ces formations disposent d'un stock sur pied compris entre 10 et 25 m3/ha. Le couvert ligneux est compris entre 10% et 50% ;
- des savanes arborées et boisées sur les reliefs gréseux de l'ouest. Sur les parties sommitales de ces reliefs, les savanes prennent l'aspect de *bowé* arborés. Ces formations disposent d'un stock ligneux compris entre 10 et 25 m3/ha avec un taux de couvert compris entre 50 et 70%. Au pied des Monts Mandingues, ces formations peuvent laisser place à des forêts claires dont le stock avoisine les 60 m3/ha et dont le taux de couvert peut être supérieur à 80% ;
- des savanes vergers sur les pénéplaines faiblement ondulées du sud. Ces formations correspondent à de vielles jachères (> 10 ans) à Karité et à Néré reforestées naturellement. Ces formations disposent d'un stock ligneux important compris entre 15 et 30 m3/ha. Le couvert est compris entre 20% et 50%.

[9] Bowé, pluriel de bowal qui signifie une zone de sol nu en langue Peul.

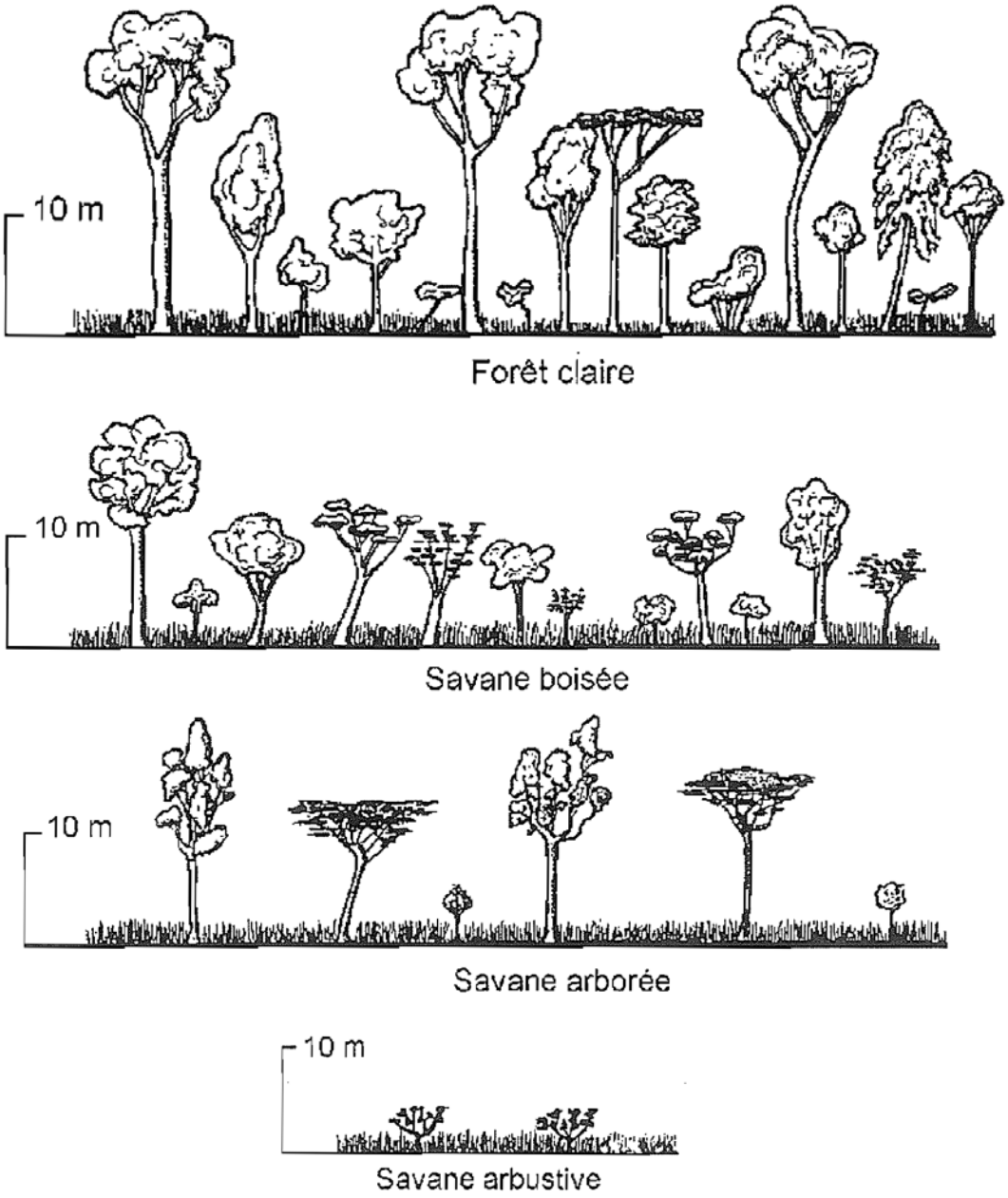


Figure 3. *Profils de savanes arbustives, arborées et boisées*

selon la classification de Yangambi (Trochain, 1957) reprise par Nasi et Sabatier (1991)

L'accès aux ressources naturelles des brousses est réglementé à la fois par des droits coutumiers et par les règles imposées par les services forestiers déconcentrés.

Ces derniers octroient, à quiconque en fait la demande, un droit de coupe de bois de feu et de charbon en échange du paiement d'une redevance et de taxes d'exploitation. En dehors des villages possédant un marché rural, ce permis n'est pas assujetti à un espace en particulier. Au regard de la loi, la brousse apparaît comme un espace où tout le monde peut couper où il veut.

Cependant, les brousses ne sont pas libres de toute autorité. L'autorité villageoise, représentée selon les lieux par le chef du village, le chef des terres , le conseil des anciens, le chef religieux ou encore le Maître de brousse, a le pouvoir de réguler l'accès à ces lieux et ainsi orienter les espaces de coupe. Ces autorisations sont données en fonction des terres concernées, de leur caractère sacré, de la nature des espèces végétales présentes et de la position sociale du demandeur. Ce contrôle a essentiellement pour objectif de préserver les ressources naturelles d'une dilapidation éventuelle par des « étrangers » au village : pasteurs, villageois voisins ou nouveaux arrivants (Benjaminsen, 1993).

Historiquement, la mainmise de l'Etat sur les ressources s'est substituée à la gestion locale des chefferies villageoises. Pour certains auteurs, cette dualité est à l'origine d'un affaiblissement mutuel des deux pouvoirs (Bazile, 1998). L'Etat a écarté les chefs des décisions d'exploitation, les dévalorisant alors vis-à-vis de la population locale. Mais actuellement, l'Etat malien ne dispose plus des moyens nécessaires pour assurer un réel contrôle sur l'exploitation des ressources. Autour de Bamako, seuls 10% de la consommation en bois-énergie seraient contrôlée par l'administration (Haaser, 1997). L'exploitation se fait donc pratiquement en dehors de toute autorité ce qui favorise l'émergence de nouveaux groupes de pouvoirs issus de la profession elle-même.

Ces derniers profitent par ailleurs des processus de transfert de gestion des ressources naturelles en cours. Les jeux de pouvoir observés dans les Structures Rurales de Gestion qui contrôlent l'accès aux marchés ruraux sont symptomatiques de cette situation où l'Etat comme les autorités traditionnelles perdent peu à peu leur pouvoir sur ces espaces marginaux. Hautdidier et al (2004) montrent bien dans leur analyse du marché rural de Korokoro comment dans ce village situé à 80 km de Bamako le chef traditionnel a perdu le pouvoir et le contrôle sur les espaces forestiers exploités au profit des responsables allochtones de la SRG qui maîtrisent mieux d'une part les relations avec l'administration (qui agrée les SRG) et d'autre part les activités de charbonnage.

1.2.4 La ressource des forêts classées

Les principales forêts classées autour de Bamako sont les forêts des Monts Mandingues, de la Faya et du Sounsan, situées respectivement à 20 km, 40 km et 120 km de Bamako, ainsi que le complexe des forêts de Nafadji/Baloué/Bossofala (cf. Carte 2). Elles totalisent une surface de plus de 202 000 ha. Ces zones sous contrôle direct de l'Etat datent pour la plupart du début du siècle. Elles ont été mises en place par l'administration coloniale française et étaient destinées à la fourniture en bois des principales villes (Bamako et Kita) et à l'approvisionnement en combustible des locomotives et des bateaux à vapeur. Ces périmètres ont alors fait l'objet à leur création et jusqu'en 1985 de reboisements en essences à croissance rapide : *Eucalyptus, pins, filao, etc.* (Becker, 2001).

Dans ces espaces, l'installation des populations est interdite, les défrichements sont prohibés sauf dans le cas d'enrichissement en essences de valeur, le droit de pâturage est très restreint et l'exploitation des ressources forestières est soumise en théorie à un contrôle très strict de l'Etat et à une redevance fixée par la loi (Code forestier malien – Loi N°86-42/AN-RM). Régulièrement les populations installées dans ces forêts font l'objet de « déguerpissements » par les autorités de l'Etat.

Jusqu'en 1996, l'Etat exploitait seul ou en régie ce domaine classé. Faute de moyens, ces forêts n'ont pas été véritablement gérées selon des principes d'aménagement durable et ont été laissées à l'abandon depuis leur plantation (FRM, 1998). Le contrôle de l'exploitation sur ces zones a été très peu efficace et, dans les faits, ces forêts se sont trouvées en accès pratiquement libre en dehors des abords des cantonnements de l'administration forestière.

Depuis 1996, les trois grandes forêts classées (Faya, Sounsan et Monts Mandingues) sont contrôlées et gérées par l'Unité de Gestion Forestière (UGF), service spécialisé du ministère du développement durable et de l'environnement (MDRE). Ce service délègue aux communautés riveraines des forêts l'exploitation des ressources ligneuses et non ligneuses sur des portions de forêts classées appelées Domaines d'Intervention en Forêt (DIF). Le rôle de l'Etat, toujours propriétaire de la forêt classée, se limite dorénavant à la mise en place d'un plan d'aménagement, à sa révision annuelle, au contrôle de l'exploitation et à la conservation de la biodiversité dans les zones de mise en défens. Dans ce nouveau dispositif, il est fait appel à un opérateur privé (un bureau d'étude) pour mettre en place les contrats de gestion entre communautés riveraines et l'Etat (au travers de l'UGF).

Du point de vue de la production de bois-énergie, cette nouvelle législation entérine un état de fait puisque, faute de contrôle efficace, les populations locales exploitaient déjà dans les forêts classées. Selon les services forestiers, 300 familles seraient actuellement installées dans

la forêt de la Faya et vivraient de la coupe du bois et de l'agriculture. Il est difficile de savoir si le niveau de production est dorénavant supérieur à ce qu'il était avant la mise en place des DIF.

La production de bois-énergie dans ces forêts vient essentiellement des savanes arborées ou boisées et non pas des plantations passées. Les surfaces plantées sont très faibles (cf. Tableau 2). Les dernières plantations datent de projets menés par la Banque Mondiale dans les années 1980-1985 et depuis, aucune nouvelle plantation n'a été recensée.

Forêt classée	Surface de plantation (ha)	Surface de savanes exploitables (ha)	Surface de conservation biologique (ha)	Surface totale (ha)
La Faya	4 700	75 122	0	79 822
Sounsan	0	19 275	20 643	39 918
Monts Mandingues	1 965	5 317	7 290	14 572
Nafadji/Baoulé/Bossofala	0	67 000	0	67 000

Tableau 2. Les surfaces naturelles et plantées des forêts classées autour de Bamako.

(source : Ministère de l'Equipement, de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de l'Urbanisme, 2000 : Etude prospective du Secteur forestier en Afrique, Document National du Mali)

1.2.5 La ressource, une sélection d'espèces utiles.

Le bois de feu est utilisé sous forme de « brins » de gros diamètres ou de bûches refendues dont les dimensions sont à peu près standardisées. Pour être vendables, les morceaux de bois doivent être plus ou moins rectilignes, d'un diamètre supérieur à 5 cm et d'une dimension d'environ 80 cm. Le petit bois récolté est réservé à l'usage local de l'exploitant. Cette standardisation est à la fois une demande des consommateurs qui peuvent ainsi plus facilement entreposer le produit, le manipuler aisément et mieux contrôler sa combustion, et des transporteurs qui peuvent ainsi optimiser leur chargement.

En principe, tous les bois peuvent convenir à la cuisson des aliments mais en pratique seul un petit nombre d'espèces est récolté pour être vendu. Baptiste Hautdidier (2001) a interrogé 59 exploitants en 2001 pour connaître leur préférence en matière d'espèces coupées pour le bois de feu et pour la confection du charbon. Sur un total de 50 espèces d'arbres utilisés pour le bois-énergie dans le bassin de Bamako (Nouvellet, 2002a), il ressort de cette étude que, pour le bois de feu, seulement cinq essences sont significativement citées (dont une - *Combretum glutinosum* - totalise 50% des citations).

Les qualités du bois en termes de dégagement de fumées, d'escarbilles, d'odeur mais également en termes de dimension et de facilité d'exploitation, réduisent considérablement les

candidats à la coupe. Les combrétacées (*Combretum glutinosum, Combretum micranthum et Guiera senegalensis*) sont indiscutablement les plus exploitées.

Pour le charbon, la sélection des espèces récoltées est encore plus forte. Trois espèces dominent largement les réponses : *Prosopis africana, Burkea africana et Terminalia macroptera*. Les charbonniers sélectionnent les bois de manière à obtenir un charbon le plus dense et plus dur possible (manipulation aisée, peu de poussières et peu de pertes) ; qui s'allume vite (cuisson facile à démarrer) ; et qui se consume lentement (charbon adapté aux cuissons longues traditionnelles dans la cuisine du Mali (Nouvellet, 2002a). Ces points seront repris plus longuement dans la partie II.

Toutes ces espèces exploitées pour le bois-énergie sont des espèces très communes dans le bassin de Bamako. Elles se retrouvent dans tous les types de végétation (Nasi et Sabatier, 1998). **Ce choix des espèces, imposé par le marché n'est donc pas un déterminant essentiel de la localisation des prélèvements que ce soit à l'échelle du bassin ou à celle des villages**.

1.3. La localisation et la quantification de la ressource du bassin

1.3.1 Les limites du PIRL

La cartographie la plus récente des ressources arborées existant au Mali est celle réalisée en 1989 dans le cadre du Projet d'Inventaire de Ressources Ligneuses (PIRL). Elle est basée sur une interprétation visuelle au 1/200 000 de 160 compositions colorées d'images SPOT4. La carte du PIRL est une carte des paysages végétaux du Mali sur laquelle ont été projetés les résultats statistiques d'un inventaire forestier de terrain qui fournit par grand type de formation végétale les volumes sur pied disponibles et les caractéristiques du peuplement forestier (espèces, hauteurs, diamètres) (cf. Carte 3). Chaque paysage végétal est caractérisé par un ensemble de formations végétales représentatives (savanes arborées, bowé…) dont la distribution statistique a été calculée par une cartographie au 1/50 000 sur 16 zones tests.

emple : Les basses collines cuirassées du nord du bassin se caractérisent par : 70% de savanes boisées ou de bowé arborés (volume sur pied entre 15 m3/ha et 20 m3/ha); 15% de bowé nus (volume sur pied inférieur à 10 m3/ha) ; et 15% de forêts claires (volume sur pied entre 40 m3/ha et 50 m3/ha). Au final, les basses collines cuirassées renferment un stock sur pied d'environ 18 m3/ha.

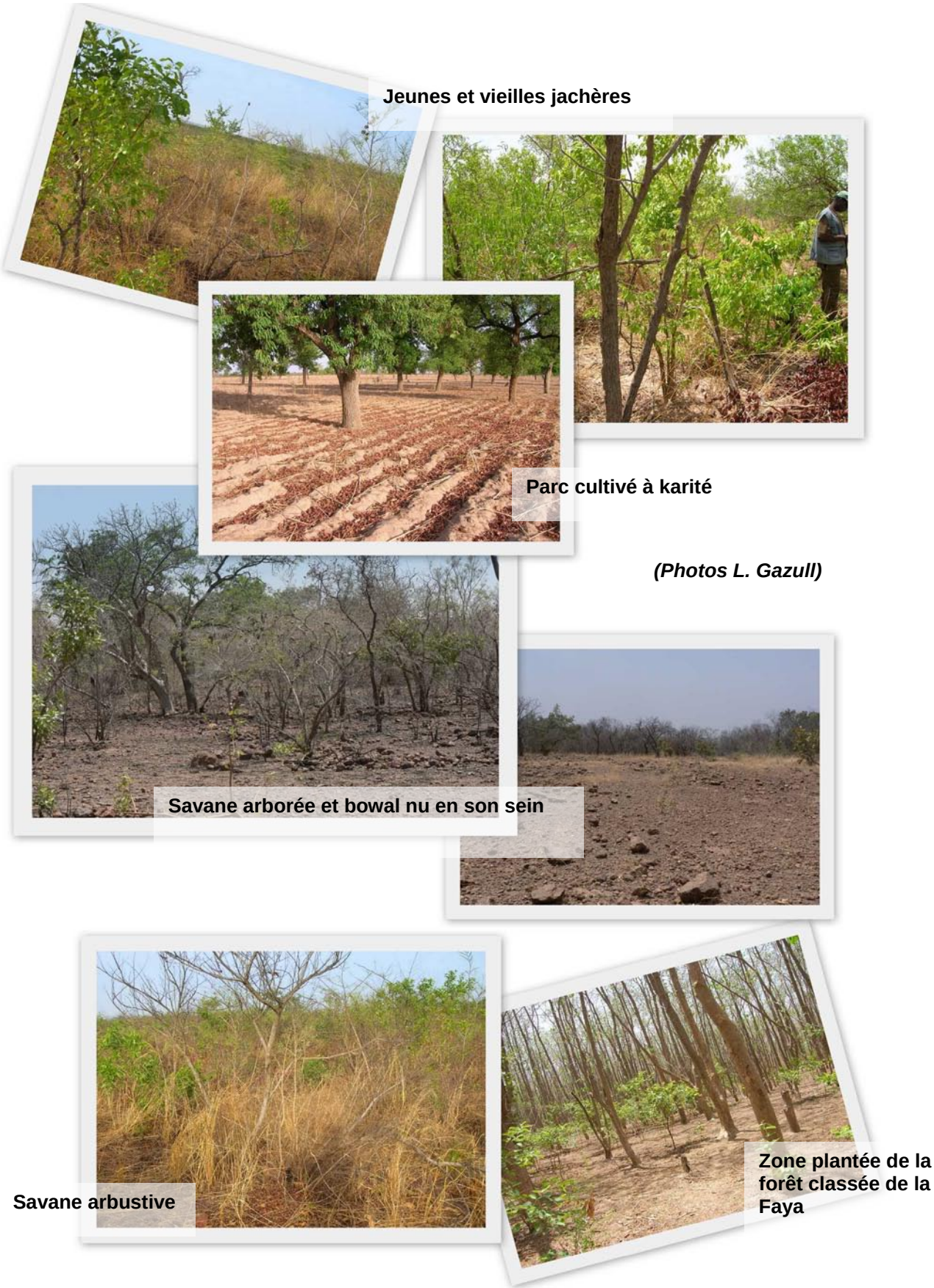


Planche 1. Végétation et ressource forestière du bassin de Bamako

Malheureusement une telle cartographie ne permet pas de quantifier les ressources ligneuses à l'échelle d'un village qui reste cependant la maille territoriale de base de gestion des ressources. La caractérisation du paysage en termes de formations végétales ne permet pas réellement de renseigner ses ressources ligneuses. La variabilité de la ressource entre deux paysages végétaux est aussi forte que celle à l'intérieur d'un paysage. Autrement dit, il y a plus de différences au sein même d'une formation végétale de type vieille jachère qu'entre une savane arbustive et un bowal arboré (Picard *et al.*, 2006). De plus ces typologies très discutables et discutées introduisent des limites là où la plupart du temps le végétation présente un continuum (Alexandre *et al.*, 2008). Enfin, cette cartographie n'a pas été mise à jour depuis sa création en 1989. Elle ne représente donc plus la situation de la ressource en 2005.

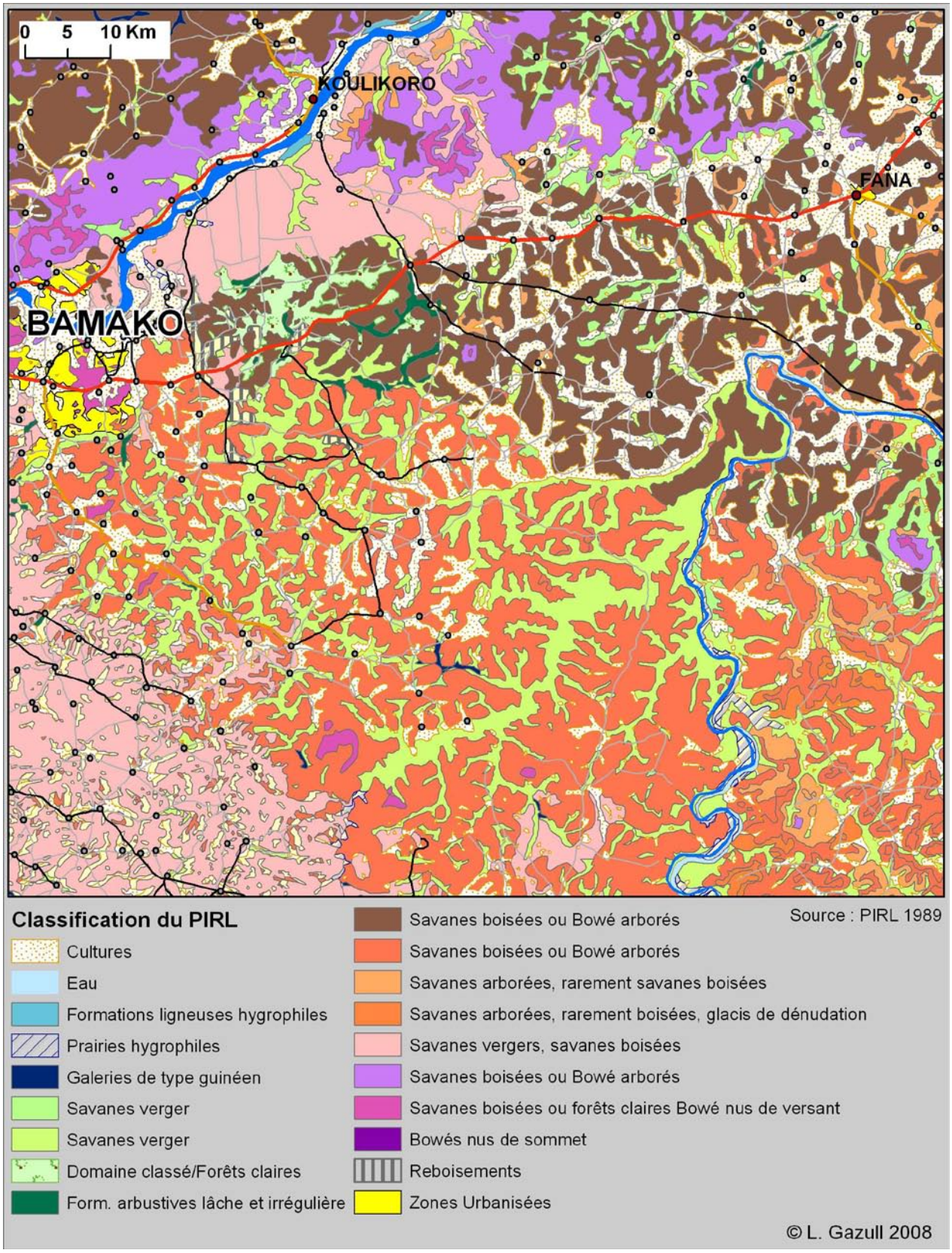
Pour pallier les insuffisances du PIRL, nous avons cherché à créer une carte des ressources ligneuses qui correspond le mieux à la situation actuelle et qui permette de préciser les quantités de ressource sur pied à l'intérieur du bassin d'approvisionnement. L'objectif recherché n'était pas de quantifier la ressource en valeur absolue mais de pouvoir comparer le niveau de ressource d'un village à l'autre.

1.3.2 Le couvert forestier : le meilleur indicateur de la biomasse aérienne

Pour la caractérisation de la ressource, il est préférable de s'appuyer sur des critères structuraux des peuplements : densité, structure diamétrique, structure démographique, …. Parmi tous les paramètres mesurables, le couvert ligneux reste l'indicateur le plus pertinent pour estimer le volume sur pied d'une formation végétale en milieu aride. Ailleurs dans le monde, la hauteur moyenne des arbres dominants et le diamètre du tronc à hauteur d'homme sont utilisés pour prédire la production. Mais, ces paramètres sont d'une utilité limitée dans les régions semi-arides. **Dans ces régions, c'est le couvert ligneux qui prédit le mieux la biomasse sur pied** (Breman et Kessler, 1995). Le couvert ligneux fournit des informations sur la capacité historique d'une plante ligneuse ou d'un peuplement forestier à produire des feuilles et des branches. Sylla a également pu montrer que, dans le cadre du Mali, le couvert déterminait pour partie la productivité des forêts (Sylla, 1997).

A partir de cette hypothèse, nous nous sommes intéressés au produit MODIS[10] Vegetation Continuous Field (VCF) issu de l'imagerie satellitale. Ce produit numérique fourni par la NASA, restitue le taux de couvert forestier moyen de l'année sur l'ensemble du globe à une résolution spatiale de 500m (Hansen *et al.*, 2003).

[10] MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) est un capteur multispectral embarqué sur la plateforme d'observation de la terre TERRA appartenant à la NASA.



Carte 3. *La cartographie de la végétation selon le PIRL (exemple de la planche au 1/200000 - Bamako-Est)*

Sur une zone test de 600 km2 à l'est de Bamako, représentative des différents paysages forestiers du bassin, nous avons évalué la pertinence de ce produit. Cette analyse met en évidence que les données MODIS VCF ne sont malheureusement pas bien corrélées aux taux de couvert estimés par enquête sur la zone. D'une manière générale, MODIS VCF sous-estime systématiquement le taux de couvert forestier dans des proportions allant de 20% à 80% quel que soit le milieu concerné (Glemas et Gazull, 2007). Ces résultats insatisfaisants sont par ailleurs confirmés par d'autres études dans d'autres régions sèches du globe (White *et al.*, 2005). Cette sous-estimation serait essentiellement due à la trop grande résolution spatiale du capteur et à l'algorithme de calcul du couvert utilisé (cet algorithme est par ailleurs en cours de révision par la NASA). En l'état, cette cartographie n'est donc pas utilisable sur la zone de Bamako.

Nombre d'études existent sur l'estimation du recouvrement forestier par télédétection aérienne et satellitaire en zone soudano-sahélienne. Je citerai en particulier P. Defourny au Burkina Faso et au Mali (1992 ; 1988), B. Mougenot et S. Hamani au Niger (1997), et P. Couteron également au Niger (1997). Toutes ces études utilisent les corrélations existantes entre le recouvrement et les indices de végétation calculés à partir des réflectances dans le proche infrarouge et le rouge.

En partant de ces travaux, nous avons alors cherché à développer une méthodologie de caractérisation du couvert à partir d'indices de végétation calculés sur des images satellitales à haute résolution spatiale.

1.3.3 L'utilisation d'indices de végétation

De nombreux espoirs ont été mis à la fin des années 1980 dans l'estimation de la biomasse par télédétection mais force est de constater que la recherche sur l'utilisation de l'outil télédétection pour la caractérisation des forêts sèches est très en retard par rapport aux travaux menées sur les forêts tropicales humides (Sanchez-Azofeifa *et al.*, 2005). Après quelques expériences menées dans les années 1990, ce domaine n'est encore en 2008 qu'à ses balbutiements. Et les expériences menées sont difficilement généralisables d'un site d'étude à un autre.

Actuellement la technique la plus utilisée est celle des indices de végétation. Un grand nombre d'indices de végétation sont susceptibles de fournir de l'information sur la structure et la composition des forêts sèches (Feeley *et al.*, 2005).

Le plus utilisé est sans doute le NDVI (Normalised Difference Vegetation Index). Le NDVI est un ratio entre le RPIR (la réflectance dans le proche infrarouge), et RR (la réflectance dans le rouge). Il se base sur le contraste entre l'absorption forte des plantes chlorophylliennes dans

le rouge et leur réflectance forte dans le moyen infrarouge, due à la structure des feuilles. Ainsi, pour un couvert végétal dense, le NDVI est fort et peut atteindre 0.8-0.9 alors que pour un sol nu le NDVI est faible et se situe autour de 0.15-0.20.

$$NDVI = (RPIR - RR) / (RPIR + RR)$$

où RPIR est la réflectance dans le proche infrarouge et RR dans le rouge.

Le NDVI a été utilisé pour estimer la biomasse ligneuse à des échelles régionales (Millington *et al.*, 1994) ; il a été utilisé pour estimer l'âge et la composition des peuplements (Sanchez-Azofeifa *et al.*, 2005). Enfin, il a également été utilisé pour estimer la densité du couvert forestier à différentes échelles (Defourny, 1990 ; Olsson, 1984 ; Anyamba et Tucker, 2005)

Néanmoins, la plupart des auteurs s'accordent sur le fait que le NDVI est sensible à la couleur de la strate sous jacente comme le sol ou la litière (Bannari *et al.*, 1996). Lorsque le taux de couvert est trop bas, le spectre radiatif observé par les satellites est dominé par le sol. La réponse du sol influence alors le NDVI. Huete et al (1985), et Elvidge et Lyon (1985) ont montré que les sols clairs produisent des indices de végétation plus faibles que les sols sombres.

Il est alors déconseillé d'utiliser le NDVI pour estimer des taux de couverts inférieurs à 30% ce qui est malheureusement le cas pour la majorité des formations végétales dans lesquelles le bois est prélevé autour de Bamako.

Pour corriger les effets de sols, d'autres indices ont été proposés : le PVI (perpendicular Vegetation Index) de Richardson et Wiegand (1977), le SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) par Huete (1985), le TSAVI (Transformed SAVI) par Baret et Guyot (1991), puis le MSAVI (Modified SAVI) proposé par Qi *et al.* (1994).

Tous ces indices sont des dérivés du PVI et reposent sur le concept de « droite des sols ». La droite des sols représente une description statistique de la signature des sols dans le plan spectral PIR/R. Elle correspond à la droite de régression entre la réflectance des sols dans le proche infrarouge (RPIR) et celle dans le Rouge (RR). Elle se définit par une pente a et une constante b

$$RR = a * RPIR + b$$

Les indices cités ci-dessus mesurent la « distance » des pixels par rapport à la droite des sols. Les pixels proches sont supposés être du « sol nu » et les plus éloignés de la végétation chlorophylienne. Ils diffèrent par la métrique de la distance utilisée et par l'introduction de différents coefficients correcteurs censés corriger la brillance des sols.

P. Defourny (1988), Gintzburger et al (2005), Bannari et al (1996) ont montré que ces indices discriminaient mieux la végétation du sol nu que le NDVI dans les zones arides.

Néanmoins, les tests que nous avons faits sur le bassin de Bamako montrent que le NDVI discrimine aussi bien, si ce n'est mieux la végétation ligneuse que les autres indices plus sophistiqués (Gazull *et al.*, 2008). Sa corrélation avec le taux de couvert forestier sur des fenêtres mobiles de l'ordre de 100 à 200m est tout à fait satisfaisante comme l'atteste la Figure 4. Nous avons donc choisi d'utiliser ce paramètre facilement calculable comme indicateur pertinent de la densité du couvert et de la biomasse aérienne.

1.3.4 Méthodologie de cartographie de la ressource

La méthodologie développée s'appuie sur les travaux d'inventaire du PIRL et sur un seuillage du NDVI calculé sur cinq images LANDSAT 7 du 25 octobre 1999. Cette date a été sélectionnée de manière à ce que, d'une part, la cartographie réalisée corresponde au mieux aux dates des enquêtes trafic réalisées en décembre 1999 et, d'autre part, car la saison retenue correspond au début de la saison sèche. Les herbacées ne sont alors plus chlorophylliennes et ne saturent donc pas le NDVI. La méthodologie détaillée est donnée en annexe. Elle suit les étapes suivantes :

1. Passage en réflectance des données brutes de manière à harmoniser les valeurs sur l'ensemble de la zone couverte par les cinq images.
2. Dégradation de la résolution spatiale. Cette dégradation est rendue nécessaire pour trois raisons majeures. Dans un premier temps, le couvert forestier n'a de sens que sur une grande surface. Sur des mailles de la taille d'un houppier, la cartographie du couvert aboutit à une image binaire : 0% / 100%. Dans le type de paysage sahélien, la plupart des auteurs conseillent des mailles de 100m à 250m de coté (Mougenot et Hamani, 1997 ; Defourny, 1992 ; Girard *et al.*, 1991). Dans un second temps, la classification du PIRL qui nous sert de carte de référence repose sur de grands paysages végétaux qui sont eux-mêmes des compositions de différentes formations végétales. Une taille de maille trop petite ne permettrait pas de restituer ces compositions. Enfin, après plusieurs tests, il apparaît que la corrélation NDVI / Couvert est optimale à des tailles de mailles comprises entre 100m et 200m (cf. Figure 4). Au-delà, l'influence du sol devient trop grande et le NDVI sature. C'est sans doute ce phénomène qui rend le produit MODIS VCF inutilisable. Nous avons

donc choisi de dégrader les images par moyenne simple des valeurs d'origine en assemblant les pixels initiaux 16 par 16 de manière à obtenir une image de résolution spatiale de 114m x 114m.

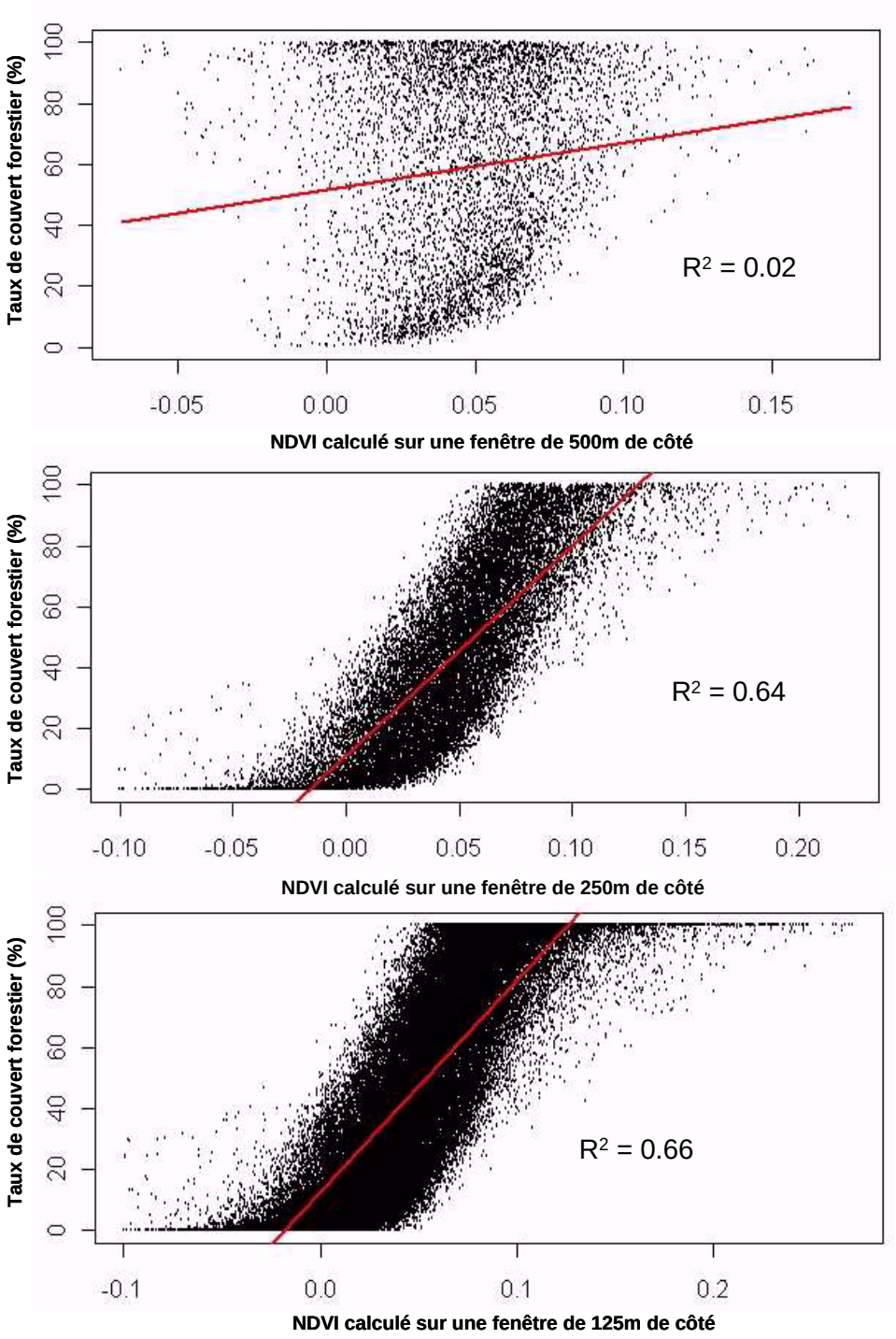


Figure 4. *La relation Taux de couvert / NDVI sur le bassin de Bamako, en fonction de la taille de la fenêtre d'analyse - source : (Glemas et Gazull, 2007)*

3. Stratification de l'image de manière à isoler les zones potentiellement productives. Une classification supervisée utilisant la cartographie des paysages végétaux du PIRL a été utilisée. Des 20 classes recensées sur le PIRL, la classification finale ne permet de discriminer de manière statistiquement pertinente que sept grandes classes d'occupation des sols : les zones urbaines, les cultures, les savanes verger / savanes boisées, les savanes arbustives / bowé, les prairies inondables, les formations de bord de rivière (rizières, dunes sableuses, arbuste), et les rivières. Le Tableau 2 synthétise cette classification. Les images satellitales ne permettent donc de distinguer que deux grandes classes de savanes : les savanes densément boisées (savanes verger et savanes boisées) et les savanes moins densément boisées (savanes arbustives et bowé arborés). En revanche, elles permettent parfaitement de distinguer les prairies hygrophiles, les zones de cultures et les zones de sol nu qui sont improductives pour le bois de feu.

Classe	Occupation des sols	Couvert estimé dans le PIRL	Stock estimé par le PIRL (m3/ha)
1	Zone urbaine, route ou piste,	0%	0
2	Zone de culture, Champ récolté	5% - 10%	< 7
3	Savane arbustive ou arborée, bowé	10% - 50%	10 - 25
4	Savane verger, Savane boisée, forêt claire, forêt galerie	20% -70%	20 - 40
5	Prairies hygrophiles	?	?
6	Zones inondées, rizières	?	?
7	Rivières et mares	0%	0

Tableau 3. *Classification de l'occupation des sols du bassin issue de la classification supervisée d'images LANDSAT 7*

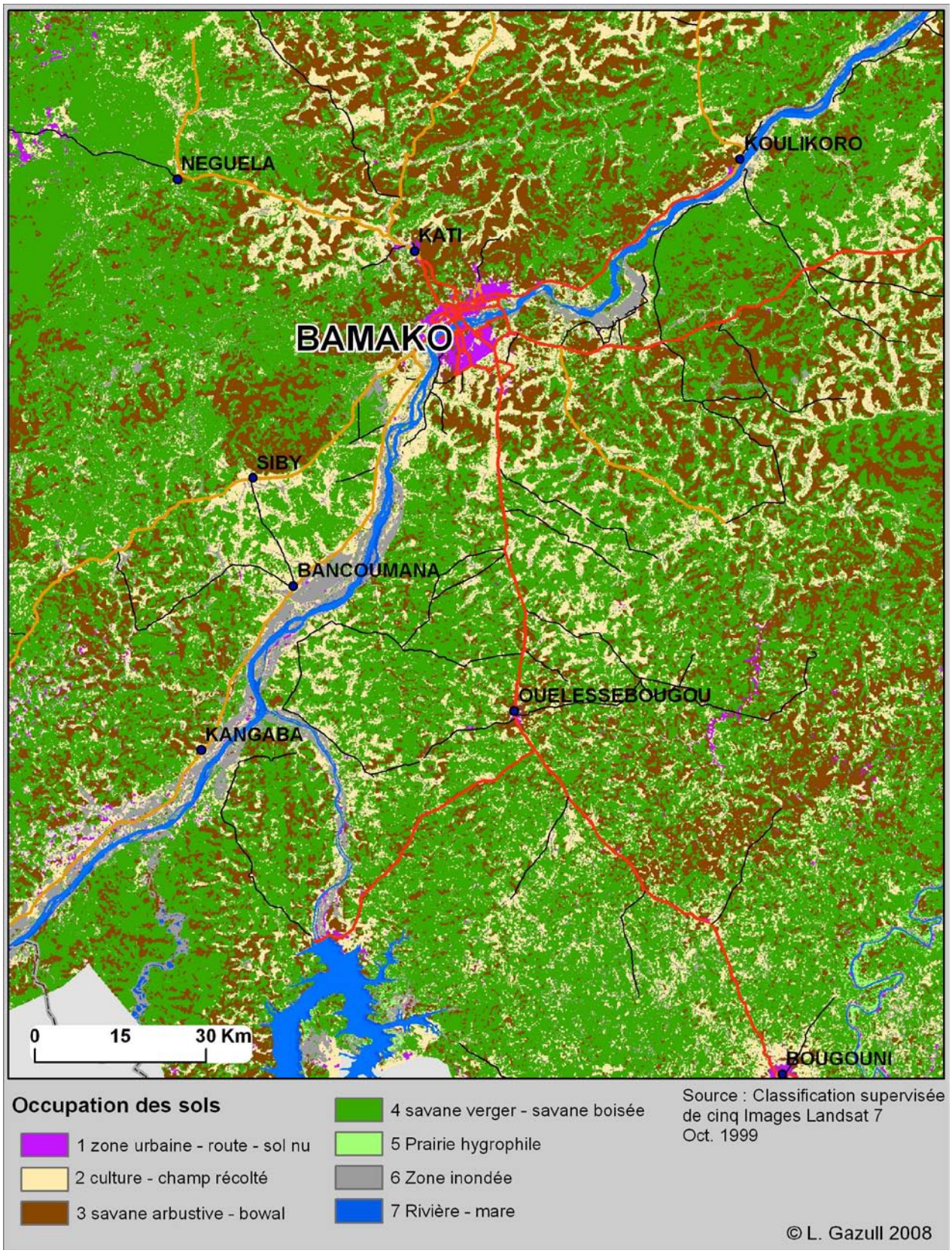
4. calcul du NDVI sur les zones potentiellement productives hors cultures, hors prairies hygrophiles et hors zones urbaines. Les valeurs de NDVI ont été alors harmonisées entre les images par corrélation linéaire sur les parties d'images communes.

1.3.5 Résultats :
la carte des ressources ligneuses du bassin de Bamako

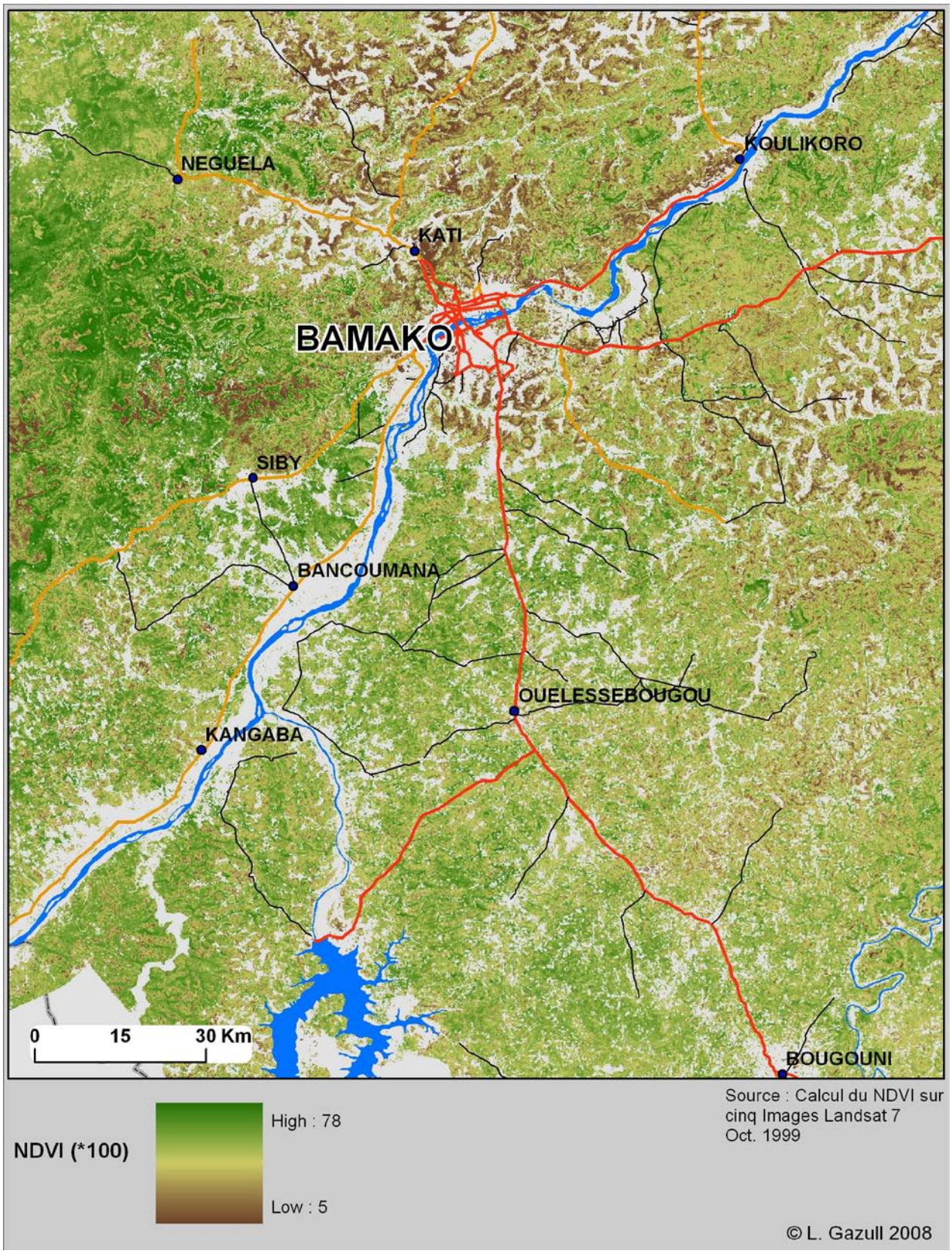
Faute de mesures au sol, nous n'avons pu estimer la conversion du NDVI en biomasse disponible (en m3/ha ou en tonne/ha). L'établissement de ce type de relation en Afrique Sahélienne constitue encore aujourd'hui une nécessité absolue pour la planification des opérations d'aménagements forestiers. Mais ces mesures mobilisent des moyens importants et des méthodes d'évaluation de la biomasse à de grandes échelles qui dépassent très largement le cadre de cette thèse. On supposera donc que le NDVI est corrélé linéairement à la densité de biomasse et pourra être utilisé pour estimer le stock de ligneux sur une surface donnée.

Les résultats de cette première étape de recherche sont une cartographie des zones susceptibles de fournir du bois à la ville de Bamako, et une approximation (au travers du NDVI) des stocks de bois disponibles au sein de ces zones. La carte du NDVI (Carte 5) illustre la répartition de la ressource ligneuse autour de Bamako.

Le chapitre suivant s'attache à décrire l'organisation spatiale de ces ressources à l'échelle des sites d'exploitation et plus particulièrement à celle des villages de production.



Carte 4. *Occupation des sols issue de la classification supervisée des images LANDSAT 7 d'Oct. 1999*



Carte 5. *NDVI calculé sur les zones potentiellement productives en bois-énergie (Oct. 1999)*

2. Les sites d'exploitation

Comme nous le verrons plus longuement dans la partie II, la production est majoritairement le fait de bûcherons ruraux qui organisent leurs coupes dans l'espace de leur village. L'exploitation commerciale du bois en vue de l'approvisionnement des villes augmente considérablement la valeur économique des ressources ligneuses. Elle suscite des frustrations pour les villageois qui voient venir des étrangers tirer un revenu de « leur » brousse et crée alors une compétition entre bûcherons voisins. M. Dolo, notait en 1995 qu' *« avant, dans le cadre de l'autoconsommation, seules les jachères étaient exploitées par les femmes. Depuis que le bois a acquis une valeur marchande, ces jachères ne sont plus accessibles à tout le village et ne sont exploitées que par la famille qui auparavant cultivait la parcelle »* - cité dans (Bazile, 1998).

Le commerce du bois se traduit par une appropriation de plus en plus forte des ressources arborées au niveau individuel et villageois et à la limitation de la coupe à l'intérieur des frontières des villages, même si celles-ci ne sont pas précisément définies (Bazile, 1998 ; Hautdidier *et al.*, 2002). Ce mouvement n'est pas propre au Mali et la territorialisation des ressources ligneuses du fait de leur valorisation commerciale se retrouve pratiquement dans tous les pays d'Afrique de l'Ouest (Boutinot, 2005 ; Ribot, 1995c).

Les brousses marginales sont devenus des lieux d'enjeux territoriaux importants et donnent parfois lieu à des conflits inter-villageois violents. Dans l'Encadré 2, nous reprenons la chronique d'un conflit dont Baptiste Hautdidier a été le témoin et qu'il rapporte dans sa thèse (Hautdidier, 2007). Ce conflit a opposé de 2003 à 2005, le village de Korokoro, gros producteur de charbon, à ses deux voisins du nord : Fiena et Kodiani[11]. La querelle a nécessité l'intervention des autorités forestières et a donné lieu à un procès entre les villages.

Par ailleurs, à l'Ouest de Bamako, dans les monts Mandingues, de nombreux commerçants nous ont rapporté que des chargements de bois avaient été saisis et brûlés par les villageois pour protester contre le pillage de « leurs ressources » par des bûcherons « étrangers » (entretiens personnels).

[11] Pour plus de détails sur les conflits territoriaux liés à l'exploitation commerciale du bois, nous invitons le lecteur à lire la thèse de doctorat de Baptiste Hautdidier (Hautdidier, 2007).

Chronique d'un conflit intervillageois autour de Korokoro

Janvier 2003

Du fait de la raréfaction des ressources dans la zone officielle qui leur a été attribués, et de la montée en puissance de la SRG, les bûcherons de Korokoro s'enhardissent. Ils investissent en masse les collines situées au Nord du village, en marge des villages de Fiena et de Kodiani. Les villageois de Fiena protestent et matérialisent ce qu'ils considèrent comme les frontières villageoises par des marques de peinture jaune sur des arbres.

La situation s'envenime très nettement avec le hameau de Kodiani, situé au Nord-Est. Les villageois de Kodiani supportant mal que l'exploitation commerciale se développe dans ce qu'ils considèrent comme leur territoire, décident de créer une milice forestière qui s'attaque aux meules en brousse et saisit les charrettes des bûcherons.

Le chef d'antenne de la conservation de la nature, se considérant le seul habilité à décider de la réglementation des zones de coupe, récupère les outils des bûcherons et inflige une amende parfaitement illégale aux villageois de Kodiani. Par la suite, les altercations se répètent. Ayant échoué à monter une médiation entre les seuls notables, les deux parties font jouer la totalité de leurs appuis. Le débat mène jusqu'à un procès, dont on trouve trace à la sous-préfecture de Fana.

Mai 2003

Le chef d'antenne est débarqué par sa hiérarchie. Son successeur, découvre le dossier, écoute les deux parties et ferme provisoirement les marchés ruraux des trois villages, avant de les laisser progressivement reprendre leurs activités antérieures.

Année 2004

Les conclusions du procès sont restées lettre morte et les villageois de Kodiani n'ont pas changé leurs positions. L'exploitation continue dans la zone jugée litigieuse mais avec des difficultés de plus en plus grandes. Le chemin entre Korokoro et les zones de coupe du Nord passe si près des zones de culture de Kodiani que les bûcherons doivent passer discrètement vers la colline pour éviter d'être vus.

Début 2005

Ce statu quo, devenu invivable, force une partie des bûcherons de Korokoro à partir vers des villages plus au Sud, d'autres à se rabattre sur les anciennes zones de coupe officielles, d'autres enfin à abandonner

Encadré 2. *Chronique d'un conflit inter-villageois généré par la coupe commerciale du bois - d'après (Hautdidier, 2007)*

2.1. Organisation spatiale de la ressource villageoise

L'exploitation s'inscrit avant tout dans la structure spatiale des villages, elle-même le reflet du mode de gestion de la fertilité des terres (Lebeau, 1979 ; Sauter et Pelissier, 1964).

Le système de culture malien se caractérise par l'association des céréales traditionnelles (mil, sorgho) et du maïs avec les cultures de rente comme l'arachide, le coton ou le riz. La gestion de la fertilité associe la fumure organique à partir de fumier, de compost ou de déchets ménagers, la jachère et l'action fertilisante de certains arbres (*Mimosacés* en particulier). L'emploi d'engrais est en général pratiquement nul sauf dans certaines zones spécialisées dans les cultures industrielles : le coton dans le sud du Mali, le riz dans les périmètres irrigués (Samake *et al.*, 2007).

En saison des pluies, le bétail pâture la jachère durant la journée et demeure parqué près des habitations la nuit, sur les tas de compost. Pendant la saison sèche, après les récoltes, les animaux mangent les tiges des céréales ou les fanes d'arachide et de niébé et amendent ainsi les champs. Lorsque les résidus de culture ne suffisent plus, l'alimentation du bétail se fait surtout dans les zones de jachère ou de brousse, complétée par des fourrages arborés.

L'habitat étant groupé, ces pratiques culturales organisent les villages en auréoles concentriques autour des habitations.

Du centre à la périphérie du village on distingue :

1. **Les cases et les jardins immédiats**. Ces derniers bénéficient des déchets ménagers, du compost et du fumier du petit bétail toute l'année. On y trouve des arbres fruitiers et on y cultive légumes, condiments et céréales ;
2. **Les champs de « case »** qui sont en culture permanente. Ils reçoivent le fumier des animaux, parfois des engrais. Ils sont emblavés avec des cultures céréalières ou des cultures de rente. Une période de jachère de courte durée peut être introduite. Ces champs présentent de nombreux arbres aux espèces sélectionnées pour leurs fruits et leur fourrage et constituent des parcs arborés ;
3. **Une mosaïque d'espaces boisés**, de jachères anciennes et de champs dits de « brousse ». Cette troisième couronne est une zone de jachère longue, elle correspond à un espace boisé troué de champs temporaires. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne du village, la proportion de jachères augmente ;
4. **La « brousse »**. Elle représente une réserve foncière qu'il est possible de défricher et de mettre en culture lorsque la population s'accroît. Cette quatrième couronne constitue également un espace où les animaux peuvent venir pâturer et divaguer sans contrainte.

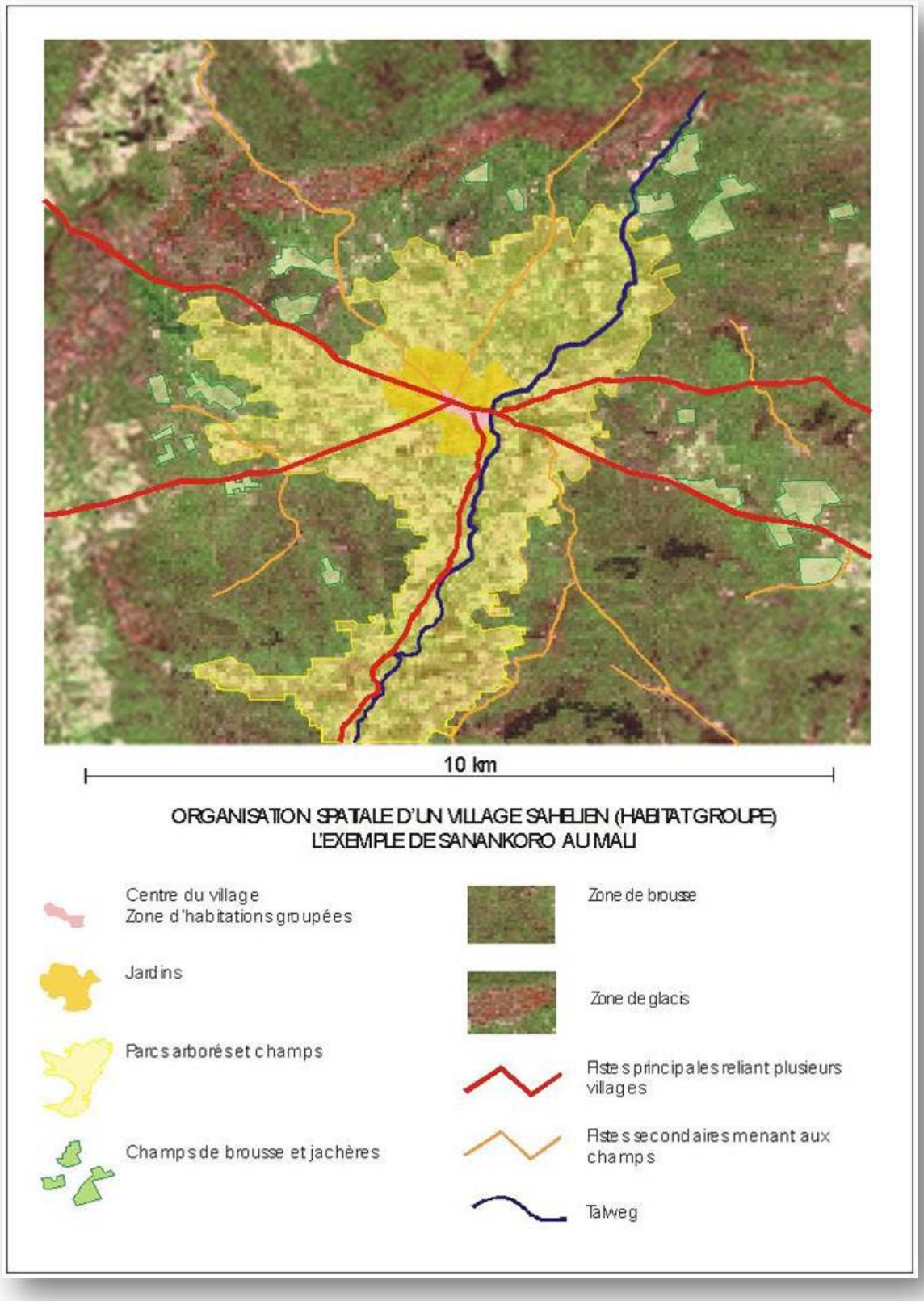


Figure 5. *Organisation spatiale d'un village sahélien. L'exemple de Sanankoro au Mali - Source : image LANDSAT 7 Nov 1999. Composition colorée canaux 5,4,3 + panchromatique*

La Figure 5 illustre cette organisation avec l'exemple du village de Sanankoro situé à cinquantaine de kilomètres de Balmako.

Dans toute la zone, l'agriculture (au sens strict[12]) est traditionnellement prioritaire sur l'élevage et la foresterie. Dans ce contexte, l'extension des surfaces agricoles cultivées sous l'action simultanée de stratégies de spéculations foncières, de l'accroissement démographique, de l'introduction de nouvelles cultures et de la baisse des rendements agricoles entraîne nécessairement une diminution de la ressource arborée disponible (Samake *et al.*, 2007). Au vu de l'organisation spatiale concentrique des villages, cette conversion agricole a également pour effet mécanique d'éloigner les brousses des habitations et donc d'allonger les temps d'accès et de transport du bois vers les villages.

2.2. Organisation spatiale de la coupe

La coupe se fait le moins loin possible des villages et des hameaux de cultures, afin de minimiser les problèmes de transport : le bois se transporte généralement sur la tête ; quelques privilégiés possèdent des charrettes à ânes, beaucoup en louent et la majorité bénéficie d'une aide familiale pour le transport de leur stock de bois. Les lieux de carbonisation sont en général à proximité des habitations de manière à pouvoir surveiller la combustion jour et nuit. Les techniques de carbonisation utilisées nécessitent en effet une surveillance constante pour éviter les départs de feu. Régulièrement les charbonnier(e)s doivent aménager et reboucher des trous d'aérations à la base de la meule de manière à répartir la carbonisation et doivent également tasser la terre de couverture pour empêcher les évents involontaires. La durée de carbonisation d'une meule peut varier entre 4 jours et 20 jours selon les quantités de bois sollicitées - observations personnelles et (Rousset et Girard, 2001).

Les distances de coupe par rapport au village sont en moyenne de l'ordre de 5 km mais elles peuvent atteindre 10 km dans certains villages où la ressource commence à manquer. La Figure 7 illustre les lieux de coupe et de carbonisation sur le village de Fiena situé à une centaine de kilomètres à l'est de Bamako.

Les lieux de coupe sont difficilement détectables en dehors de visites guidées sur le terrain avec les bûcherons eux-mêmes. En effet, au Mali, comme dans la plupart des pays Sahéliens, la coupe de bois est sélective (Bazile, 1998 ; Hautdidier, 2007) et ne se traduit pas par l'ouverture de fronts de déforestation. Dans un environnement où les forêts ont été coupées et ont repoussé plusieurs fois au fil des siècles, et où la régénération naturelle est très

[12] Agriculture au sens strict : culture des champs. S'oppose à l'élevage, à la cueillette, à la chasse ou à la pêche.(Brunet *et al.*, 1993)

vigoureuse, les stigmates de la coupe de bois sont rapidement invisibles dans le paysage (Ribot, 2001).

Les bûcherons sélectionnent les arbres en fonction de leurs caractéristiques physiques, de leur essence, de leur usage futur et de leur accessibilité. Les paysages de brousse du bassin d'approvisionnement de Bamako sont majoritairement constitués d'une mosaïque de sols nus et de buissons impénétrables, épineux et sarmenteux (cf. Figure 6). Les bûcherons prélèvent préférentiellement le bois en périphérie de ces fourrés. Les moyens traditionnels dont ils disposent (haches et charrettes à âne) ne leur permettent pas de débusquer les arbres à l'intérieur des formations boisées denses.

Comme nous l'avons montré en 2007 sur deux sites d'exploitation du bassin de Bamako[13], à l'inverse des défriches agricoles, ce mode d'exploitation n'aboutit pas à une disparition brutale du couvert végétal et à la mise à nu du sol (Gazull *et al.*, 2008).

La dynamique des massifs résulte du rapport entre deux processus. Lorsque l'exploitation est trop forte et le massif morcelé, l'exploitation dépasse la régénération forestière. En se concentrant sur les zones d'interface, elle rogne progressivement les fourrés, parfois jusqu'à leur disparition, et accentue le morcellement de la végétation. Lorsque l'exploitation est moins forte et le massif moins morcelé, la revégétalisation surpasse la coupe. Les arbustes colonisent progressivement les zones de sol nu, les interfaces s'étendent et se densifient.

A la différence des nombreuses études menées en zone tropicale humide, la déforestation due à l'exploitation forestière en zone soudano-sahélienne ne peut s'appréhender selon une approche binaire : Forêt / Non Forêt - cf. (Achard *et al.*, 1998). L'évolution des couverts forestiers se concentre au niveau des zones marginales, à l'interface entre le sol nu et les fourrés. Elle se traduit par une densification ou un éclaircissement de la végétation ligneuse. La télédétection des zones d'exploitation nécessite alors des images à très haute résolution spatiale et temporelle de manière à pouvoir isoler les buissons ligneux, à en mesurer la densité et à suivre cette dernière dans le temps. Seul un suivi diachronique précis permettrait de cartographier ces zones. Ce travail n'a, à l'heure actuelle, jamais été réalisé au Mali à l'échelle d'un bassin d'approvisionnement.

En l'état actuel des connaissances et des techniques, il est pratiquement impossible de détecter les sites de production de bois-énergie. En revanche, les sites où le bois-énergie est vendu et chargé pour être acheminé sur Bamako sont mieux connus au travers des différentes enquêtes trafic réalisées en 1989, 1994 et 2000 par le ministère de l'Environnement du Mali et la CCL et par nos propres enquêtes réalisées en 2005. Le chapitre suivant s'attache à décrire ces lieux de vente en milieu rural.

[13] Pour plus de détails sur cette analyse, nous invitons le lecteur à se reporter à l'article fourni en annexe.





Figure 6. *Des buissons impénétrables, épineux et sarmenteux (Photos L. Gazull)*

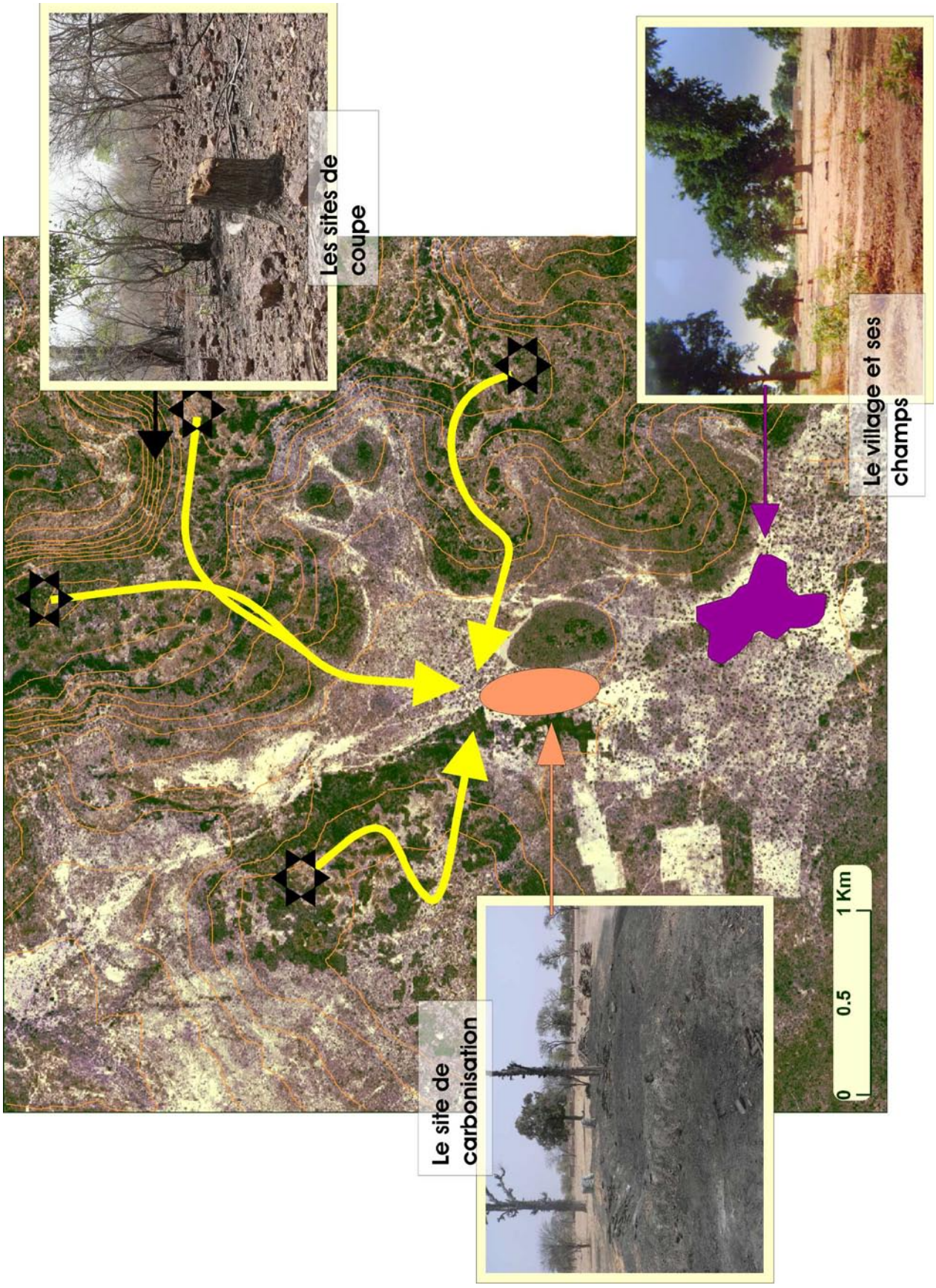


Figure 7. *Organisation spatiale des coupes et de la carbonisation à Fiena (100 km à l'est de Bamako) – source : enquêtes personnelles 2007*

3. Les lieux de vente en zone rurale

La vente directe du bois-énergie par le producteur à Bamako est une pratique extrêmement rare. D'après nos enquêtes, sur 160 villages visités, seuls 7 villages comprenaient des bûcherons vendant directement à Bamako. Ces villages étaient tous situés le long du chemin de fer et ces derniers ont bénéficié de l'aide d'un projet de développement mené par la Coopération Suisse pour commercialiser leurs produits. Ils ne sont donc pas représentatifs de l'immense majorité des autres villages.

Une fois le bois coupé, conditionné en fagots ou carbonisé, celui-ci est chargé par des collecteurs urbains pour être acheminé jusqu'à Bamako. Un des moyens indirects de connaitre les lieux de vente du bois en milieu rural est de recenser les flux entrant en ville. Les véhicules de toutes sortes (bus, camion, pirogue, voiture, train, etc.) transportant du bois-énergie sont arrêtés et comptés aux entrées de la ville. Leur chargement est mesuré et leur origine est notée sur déclaration du transporteur. Ce type d'enquête a été mené par l'administration forestière malienne, à trois reprises, en 1989, en 1994, et en 2000 sur toutes les entrées de Bamako. Le protocole détaillé de ces enquêtes est donné en annexe.

Malheureusement, le recensement des flux n'a pas été réalisé sur une durée assez longue pour assurer l'exhaustivité des sources d'approvisionnement. Ces enquêtes ont été menées sur sept jours consécutifs alors que la majorité des commerçants s'approvisionnent tous les quinze jours. En termes d'échantillonnage, ces données d'enquêtes ont pour particularité d'être partielles et de ne pas être toutes correctement localisées : les relevés sur une semaine ne reflètent pas nécessairement l'ensemble des villages visités à l'échelle de l'année ; certains commerçants n'ont pas souhaité informer les enquêteurs sur l'origine de leur produit ; d'autres ne se sont pas arrêtés aux points de recensement. Par un travail minutieux sur les données brutes, nous avons réussi à réduire la part des lacunes de localisation à 14% des flux recensés pour l'enquête 2000, à 3% pour l'enquête de 1989 et à 46% pour l'année 1994. Ce dernier chiffre très important rend les données de 1994 difficiles à exploiter.

Néanmoins, ce type d'enquête donne des indications, certes partielles, mais précieuses sur les villages de vente et les productions achetées.

Pour compléter ces enquêtes, appelées « enquêtes flux » dans la suite de la thèse, nous avons entrepris en 2005, une visite de 160 villages vendant du bois et du charbon dans un rayon de 150 km autour de Bamako[14]. Cette nouvelle enquête nous a permis de différencier les types de points de vente présents dans chaque village, de relever les prix pratiqués et de mieux connaitre les hinterlands les approvisionnant. Le détail de ces enquêtes est également fourni en annexe.

Année	1989	1994	2000
Flux recensés (T eq. Bois/an)	444004	432157	923014
Flux non localisés (T eq. Bois/an)	12610	200220	131758
Flux non localisés (%)	3%	46%	14%

Tableau 4. *Flux non localisés dans les enquêtes de 1989, 1994 et 2000.*

[14] Ces enquêtes sont le fruit d'un travail colectif mené en 2005 avec G. Raton, M. Kouyaté, A. Ballo, et D. Gautier.

3.1. La répartition spatiale des villages de vente

Les enquêtes flux de 1989 et de 2000 permettent de dresser la carte des villages où est acheté le bois-énergie (cf. Carte 6 et Carte 7). La comparaison de ces deux cartes met en évidence le fait qu'en vingt ans, la géographie du bassin d'approvisionnement a en apparence très peu évolué.

La portée médiane[15] en 1989 est pratiquement identique à celle de 2000. Cette portée reste d'environ 55 km ce qui est très faible pour une ville de plus d'un million d'habitants et tend à montrer que la ressource ligneuse est encore abondante autour de Bamako. La comparaison des courbes des flux cumulés en fonction de la distance à Bamako montre également que malgré une légère baisse de la production dans les 100 premiers kilomètres (surtout visible dans les 40 premiers km) et une hausse de 100 km à 150 km, les courbes sont très similaires (cf. Figure 8).

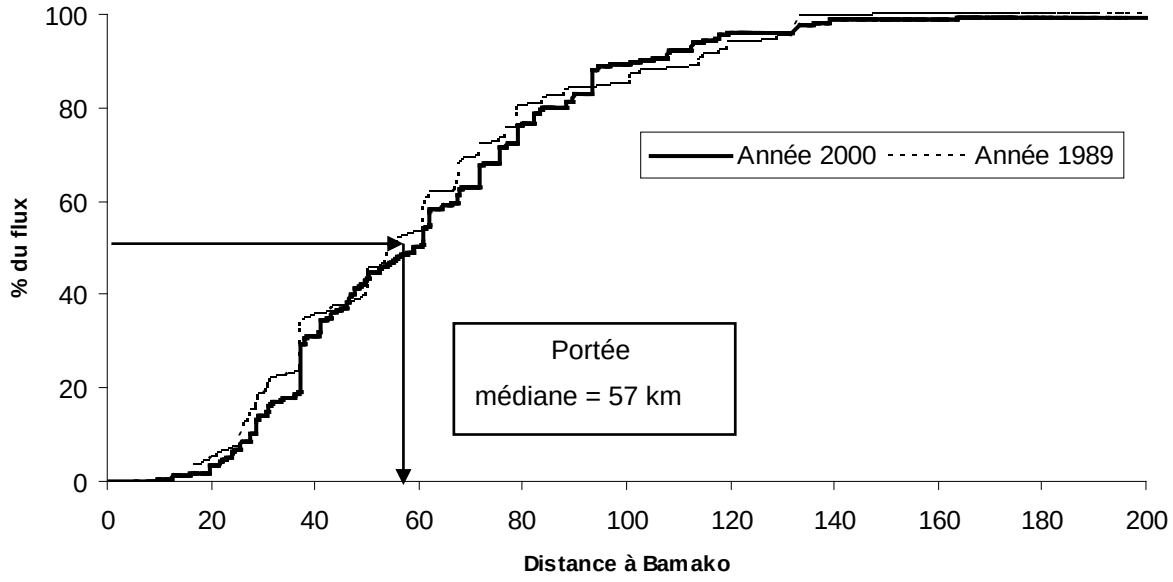
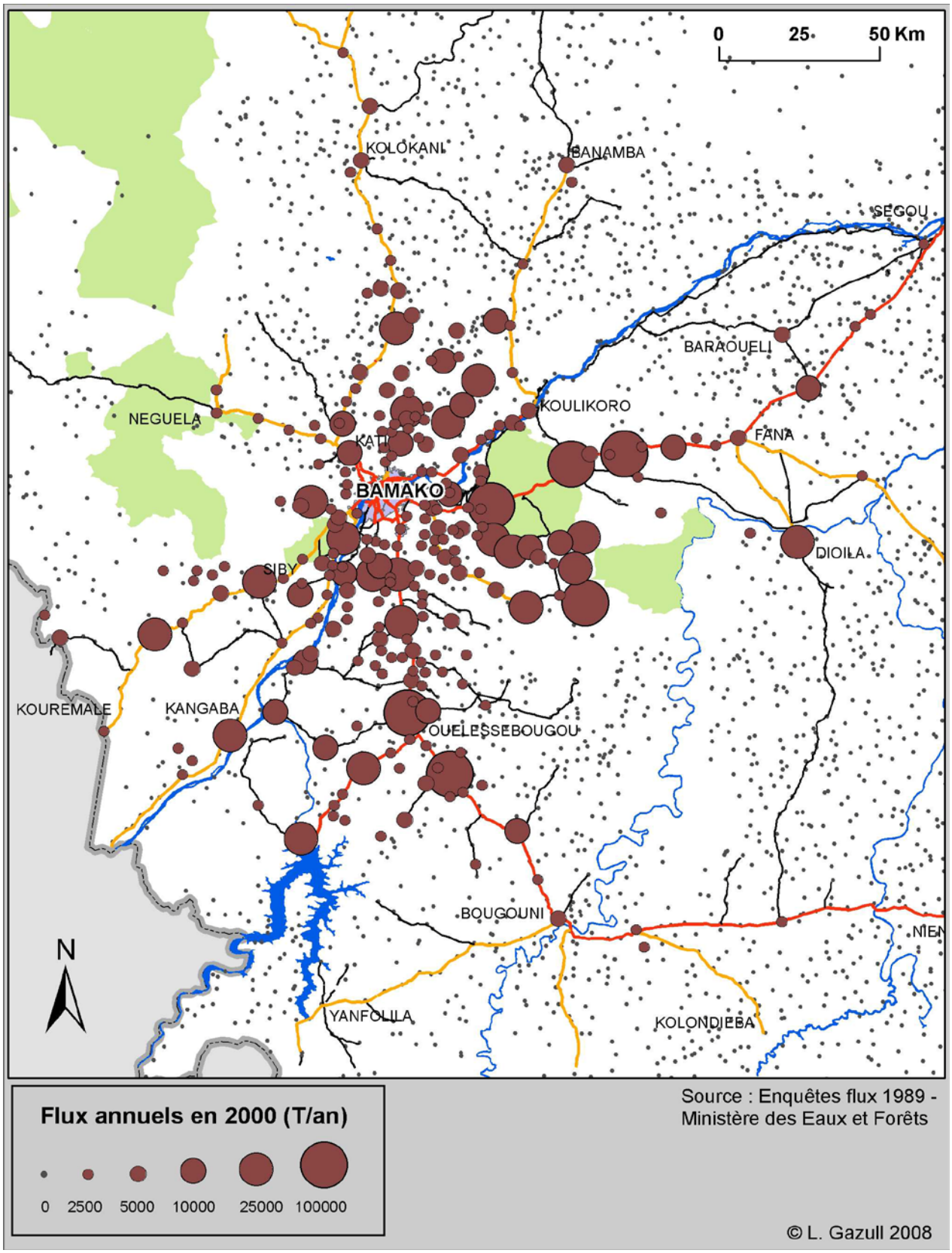
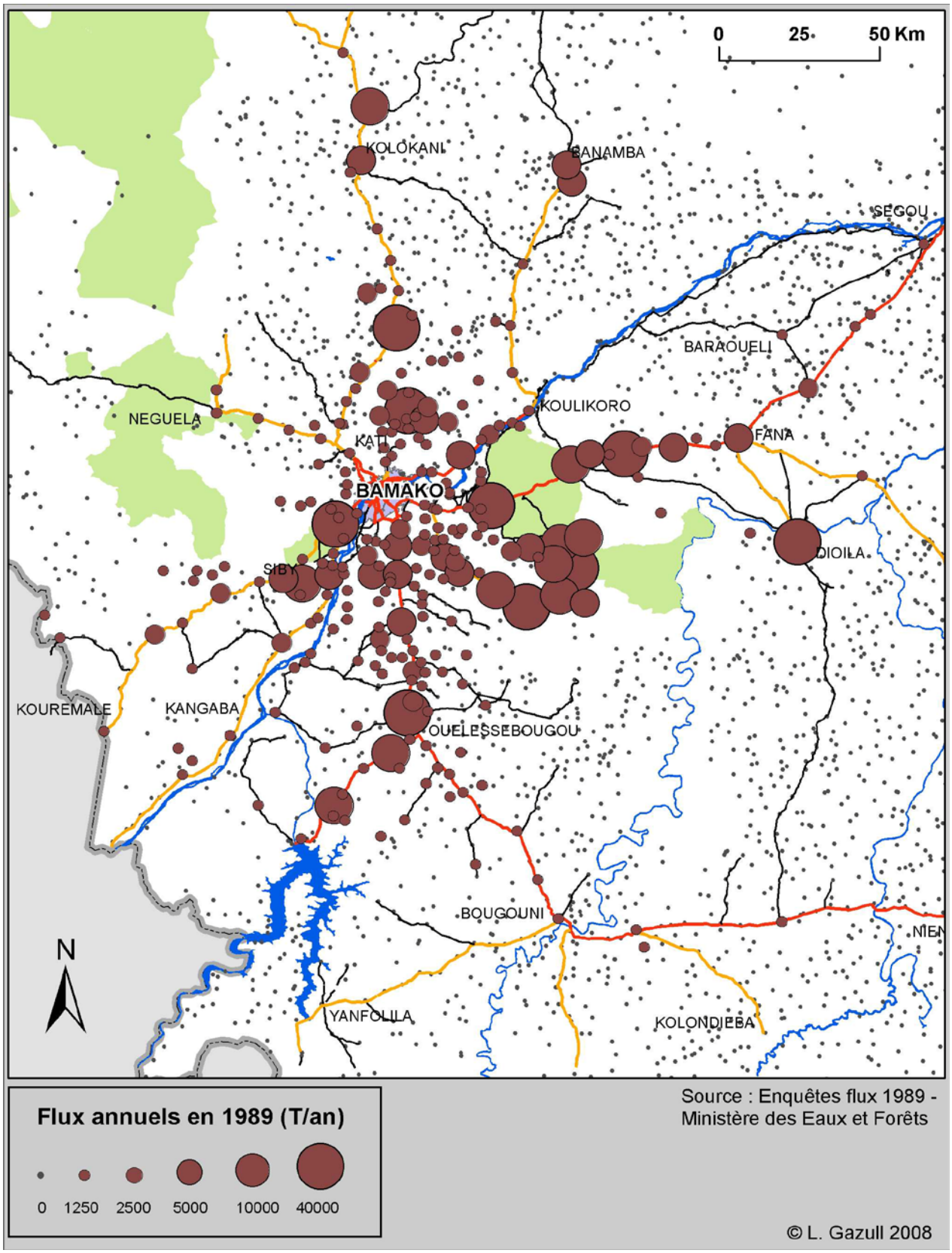


Figure 8 : *Cumuls de flux en fonction de la distance à Bamako, entre 1989 et 2000.*

[15] La portée médiane est définie comme le rayon à l'intérieur duquel 50% du bois total est collecté.



Carte 6. *Flux villageois enregistrés en janvier 2000, extrapolés à l'année.*



Carte 7. *Flux villageois enregistrés en décembre 1989, extrapolés à l'année.*

L'analyse des enquêtes de flux de 1989, 1994 et 2000, dont les résultats sont illustrés dans le Tableau 5, montre que :

1. **Le nombre de villages de production augmente faiblement entre 1994 et 1999**. Cette hausse de 13%, bien que significative n'est pas à la hauteur de celle des quantités consommées (+100%).
2. Les quantités produites par village augmentent, quant à elles, significativement. **En moyenne, un village produit en 1999 deux fois plus qu'un village en 1989**, même si la qualité des produits n'est certainement plus la même.
3. **La production est concentrée dans un petit nombre de villages**. Les coefficients de Gini (mesurant la concentration de la production) sont très forts et stables dans le temps. Ce qui signifie que la production s'est toujours concentrée dans un petit nombre de lieux spécialisés, et que cette tendance perdure.

L'augmentation de la demande urbaine ne s'accompagne donc pas d'une multiplication des lieux de production mais d'une intensification de la production dans un petit nombre de zones relativement stables dans le temps.

Variables	1989	1994	1999	Significativité (Test T de Student)
Nb de villages visités par les vendeurs	225	226	257	
Quantités moyennes achetées par village (Tonne eq bois/an)	1847	2544	3644	NS entre 1989 et 1994 ** entre 1994 et 1999
Coefficient de Gini	0.73	0.73	0.72	NS

*NS test non significatif au seuil de 5%; ** test significatif au seuil de 5%, *** test significatif au seuil de 1%*

Tableau 5. *Evolution du nombre de villages approvisionnant Bamako entre 1989 et 1999*

3.2. Les types de points de vente

Les points de vente en zone rurale peuvent être isolés et ne correspondre qu'à un seul producteur individuel ou être regroupés pour former alors des aires de vente.

Les aires de vente peuvent être situées dans le village des producteurs ou être situées dans un village voisin plus accessible ou plus attractif pour d'autres raisons : nœud routier, foire au bétail, grand marché hebdomadaire, infrastructures administratives, etc. Pour les villages éloignés des voies fréquentées, l'accès à la route et la possibilité de vendre en bordure d'un axe praticable est un enjeu majeur. L'installation d'une aire de vente résulte alors d'un accord négocié entre les villages de « l'arrière-pays » et les villages situés en bord de route. Devant la

concurrence que représente l'arrivée de bûcherons-vendeurs étrangers, certains villages riverains d'un axe restreignent ou interdisent l'accès aux villages voisins, voire même à certains de leurs propres hameaux et l'administration forestière est parfois appelée à arbitrer les conflits Ainsi en est-il,par exemple, du village de Korokoro situé à 80 km à l'est de Bamako (Hautdidier, 2007).

Les aires de vente en brousse. Elles représentent encore près de 25% des aires de vente visitées. Ces dernières sont essentiellement fréquentées en saison sèche (d'Octobre à Avril) alors que les pistes sont accessibles aux camions. En saison des pluies, les producteurs rapprochent leur production des villages. En moyenne, ces aires se situent dans un rayon de 5 à 6 km autour des villages. En effet, il s'y vend aussi bien du bois que du charbon et la contrainte de la surveillance des meules ne permet sans doute pas un éloignement plus grand.

Sur ces lieux, la vente se fait majoritairement en chargements complets ou tout du moins en grande quantité. Les produits sont peu, voire pas du tout conditionnés ; le bois est en vrac et le charbon n'est pas nécessairement ensaché. Ce qui présente un double intérêt pour l'acheteur : d'une part il peut mieux vérifier la qualité de la marchandise visible à l'œil, et d'autre part il achète en grande quantité, donc moins cher. En brousse, les produits ne semblent pas véritablement moins chers que sur les points de vente individuels situés dans les villages. Le coût de transport entre le lieu de production et le point de vente n'est donc *a priori* pas répercuté sur le prix de vente.

Les points de vente sur le pas de la porte. Ils représentent le mode de vente majoritaire (30% des points de vente). Les producteurs stockent leur production devant chez eux et les commerçants urbains viennent s'y approvisionner. Souvent les commerçants visitent plusieurs concessions avant de remplir leur camion. Mais les négociations producteur/commerçant urbain se font alors de manières individuelles ce qui semble favoriser les commerçants. Ce type de vente fixe le prix moyen du produit dans le village.

Les points de vente individuels en bord de route. Dans les villages proches d'une route fréquentée, certains producteurs aménagent en bord de route des points de vente souvent éphémères où ils exposent leur production. Ces points de vente sont généralement gardés par un des cadets de la famille. Il est rare que ces points de vente présentent de grandes quantités, qu'il serait ainsi aisé de voler la nuit. La vente se fait essentiellement aux particuliers circulant sur l'axe à raison de un à deux sacs (ou trois ou quatre fagots de bois) par client. Dans notre enquête, ces points sont anecdotiques.

Les boutiques de vente spécialisées. Dans quelques villages en bord de route fréquentée on voit depuis deux à trois ans se développer des boutiques spécialisées dans la vente de bois et surtout de charbon. Ces boutiques sont en général signalées sur le bord de la route par des petits panneaux publicitaires. Certes, ces boutiques sont encore trop peu nombreuses pour peser sur l'économie de la filière mais elles représentent néanmoins une

évolution majeure. Elles sont révélatrices d'une spécialisation des acteurs en milieu rural. De la même façon que de nombreux charbonniers ne coupent plus leur bois mais achètent ce dernier à des bûcherons, certains charbonniers ne vendent plus leur production mais confient cette fonction à des acteurs spécialisés du village.

Les aires de vente villageoises. Elles constituent des aires pérennes ou temporaires de concentration de la production d'un même village. D'après notre enquête, elles seraient présentes dans près de 15% des villages. Ce type de point de vente n'est pas exclusif des autres. Ces aires de vente peuvent côtoyer des points de vente en pas de porte et en brousse. Les Marchés Ruraux de Bois-Energie, dont une description détaillée est donnée dans le chapitre ci-après, correspondent à ce type d'aire de vente. En dehors des marchés ruraux, les prix de vente sur les aires villageoises sont identiques à ceux pratiqués sur les pas de porte.

En général, sur ces aires de vente, la concentration est maximale les jours du marché hebdomadaire. Les producteurs des différents hameaux y apportent leur production et en profitent également pour faire leurs propres courses.

Les aires de vente intervillageoises. Elles correspondent à des aires pérennes ou temporaires de concentration de la production de plusieurs villages. Rares sont les aires pérennes. En majorité, ces aires se forment dans les principaux villages où existent des foires hebdomadaires fréquentées par des commerçants forains bamakois[16]. Sur ces aires de vente chaque village dispose d'une place qui lui est attitrée. Plus de 25% des villages enquêtés déclaraient vendre sur ce type de point de vente dans des foires voisines ou sur leur propre foire. Les prix pratiqués sur ces lieux de vente sont entre 5 et 15% plus chers que sur les autres types de points de vente ce qui signifie que les vendeurs sont mieux à même de négocier des prix avantageux lorsqu'ils ne sont pas isolés.

Il est rare qu'au sein d'un village la vente soit centralisée en un et un seul endroit. La majorité des villages associe les différents points de vente. Il arrive même qu'un village possédant un Marché Rural, dispose également d'une aire de vente villageoise « informelle » hors de l'aire de vente du marché.

3.3. Les Marchés Ruraux de Bois-Energie (MRBE)

Les marchés ruraux sont des aires de vente particulières mises en place par l'administration forestière avec le soutien de bureaux d'étude privés, à partir de 1996. Suivant la loi N° 95-003 du

[16] On distinguera les foires hebdomadaires qui correspondent à des marchés généralistes fréquentés par les marchands forains de Bamako, des marchés hebdomadaires fréquentés uniquement par des producteurs locaux.

18 janvier 1995 portant organisation de l'exploitation du transport et du commerce du bois au Mali, le marché rural se définit comme *« un lieu rural de vente de bois géré par une Structure rurale de Gestion de bois agréé. Il est approvisionné par une zone d'exploitation délimitée d'un commun accord entre la Structure Rurale de Gestion et l'administration chargée des Forêts ».*

Nous avions précédemment abordé le MRBE par son acception géographie : *portion de forêt villageoise, délimtée et gérée par une Structure Rurale de Gestion (SRG)*, mais le MRBE est également une aire de production et de vente soumise à un système de taxation incitative. En compension des contraintes de gestion (quotas, plan d'aménagement, respect des essences forestières) imposées aux bûcherons locaux pour l'exploitation de la forêt liée au MRBE, l'administration octroie à l'ensemble des membres des SRG des ristournes sur les taxes d'exploitation. Ce dispositif rend, en théorie, le prix de vente du bois issu des MRBE plus faible que celui du bois exploité hors MRBE. Ce système de taxation différentiel sera analysé en détail dans la partie II

Les priorités d'installation des marchés ruraux ont été définies essentiellement en fonction du bilan entre l'offre de production annuelle théorique de la forêt et la demande estimée à partir des enquêtes flux de 1994. Ce bilan a été effectué à l'échelle des arrondissements administratifs sans prendre en compte les disparités locales. Dans les arrondissements fortement déficitaires (demande supérieure à l'offre), le marché rural était censé être un outil de réduction de l'exploitation au travers des quotas fixés sur les massifs délimités ; dans les arrondissements fortement excédentaires (demande inférieure à l'offre), le Marché Rural était censé être un outil d'attraction des commerçants et donc de réorientation des flux au travers d'une taxation allégée.

De 1996 à 2002, environ 250 MRBE ont été mis en place sur l'ensemble du Mali (Gautier *et al.*, 2006) dont environ 120 dans le bassin d'approvisionnement de Bamako comme l'illustre la Carte 2. Une vingtaine d'opérateurs privés ont été mandatés pour délimiter les massifs forestiers, former les bûcherons locaux et installer les Structures Rurales de Gestion (SRG) en charge du fonctionnement du marché. La mise en place de ces marchés a suivi une logique spatiale définie dans le Schéma Directeur d'Approvisionnement en Bois-énergie (SDAB) de Bamako. Ce schéma est un des instruments majeurs de la mise en œuvre de la nouvelle politique forestière autour de Bamako. Etabli en 1998, il avait pour objectifs :

- d'accompagner et de contrôler le développement spontané de l'exploitation là où la disponibilité de la ressource le permettait ;
- de modifier les flux de bois d'un point de vue spatial et quantitatif grâce à un système de taxation suffisamment dissuasif.

Le SDAB de Bamako, encore en vigueur actuellement, à l'instar d'un schéma régional d'aménagement du territoire, fixe pour chaque arrondissement participant à

l'approvisionnement de la ville, les grandes orientations à prendre en matière de réorientation des flux : développement de l'exploitation à encourager/ exploitation à réduire sous quota/mise sous contrôle de l'exploitation/exploitation à ne pas encourager/exploitation à contrôler à terme/Mise en protection de la forêt. La Figure 9 illustre ce schéma.

Deux outils opérationnels devaient appuyer la mise en oeuvre de ces objectifs :

- une taxation différentielle à l'échelle des arrondissements (devenus en 1996 des communes) qui devait notamment faire baisser la pression de l'exploitation dans les communes les plus proches de Bamako ;
- le Marché Rural de Bois-énergie (MRBE) définit à la fois comme des lieux de vente, une zone d'exploitation délimitée et contrôlée et enfin une zone de taxation allégée.

Mais en pratique, le système de taxation différentielle à l'échelle communale n'a jamais vu le jour et le marché rural est devenu le vecteur unique d'orientation et de régulation des flux, selon les principes sous-jacents que i) la taxe est le moteur principal du choix des commerçants et des pratiques des producteurs, et que ii) la délimitation de massifs forestiers dédiés à la production de bois-énergie et mis sous contrôle local suffit à réguler l'exploitation au niveau des villages.

Au final et bien que ses promoteurs s'en défendent, le SDAB se résume à un schéma de planification de l'installation des marchés ruraux (cf. Figure 9).

L'installation des marchés ruraux s'est surtout concentrée autour des forêts classées de la Faya et des Monts Mandingues où la volonté de l'Etat était de mettre l'exploitation sous quotas, et aux frontières de la Guinée où à l'inverse l'Etat souhaitait développer l'exploitation

En 2000, les villages dotés d'un marché rural représentaient 32% de l'approvisionnement alors qu'en 1994 les mêmes villages (avant la création des marchés ruraux) ne représentaient que 25% de ces flux et qu'en 1989 ils n'en représentaient que 23%. L'installation d'un marché rural a donc représenté pour ces villages une hausse moyenne de 7% de leur part dans les exportations vers Bamako. Comme nous le verrons plus longuement dans la partie III, la « labellisation » d'un village en marché rural semble donc un facteur de développement du commerce et de la production.

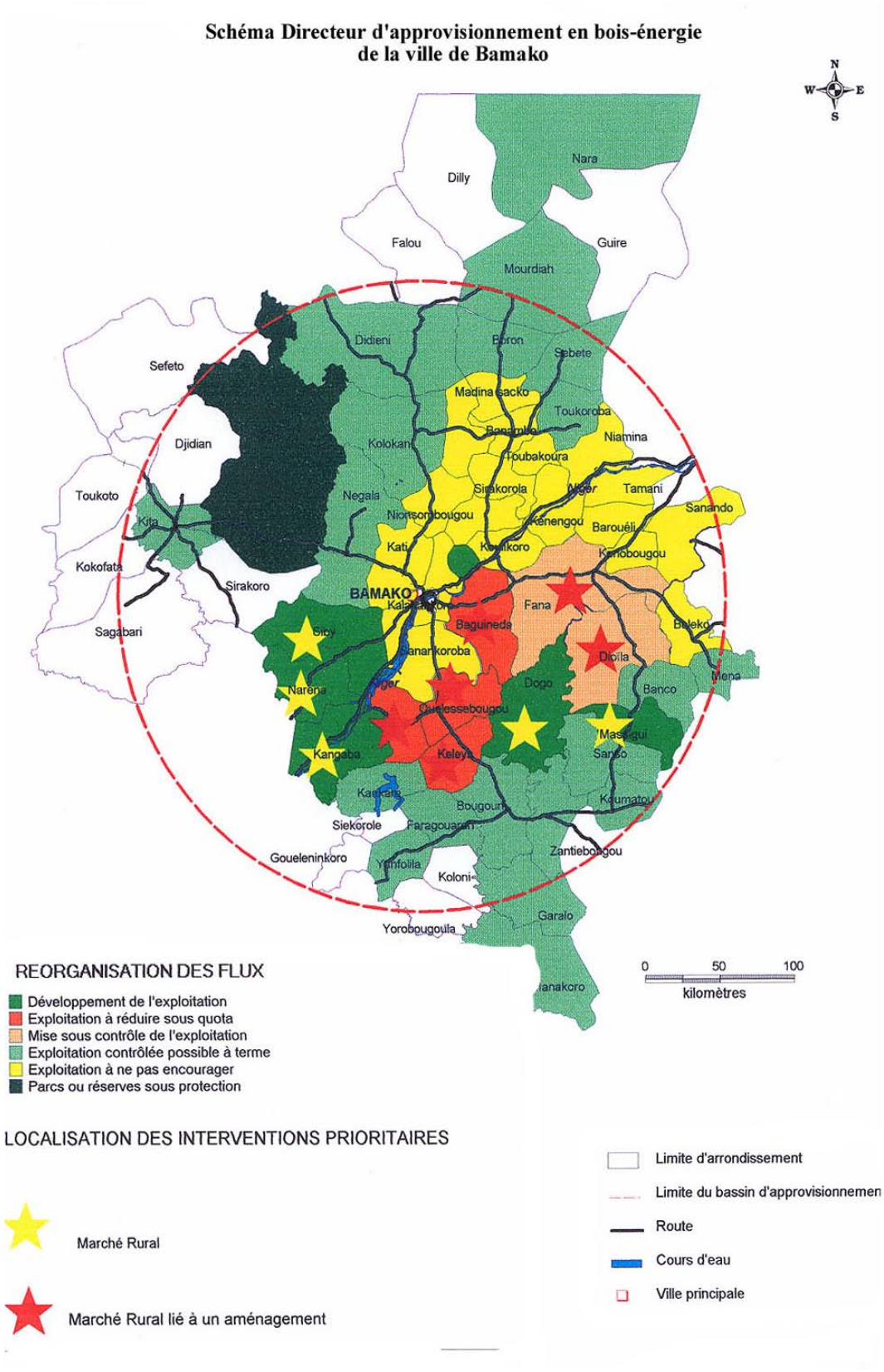


Figure 9. *Le schéma directeur d'approvisionnement en bois-énergie de Bamako défini en 1998 par la CCL (d'après document (CCL, 1998)).*

3.4. Le phénomène des foires hebdomadaires

Les foires hebdomadaires sont actuellement les lieux de concentration des ventes les plus importants. Notre enquête auprès des commerçants urbains montre que ces lieux sont fréquentés par plus de la moitié (55%) des collecteurs bamakois de bois et de charbon.

En 1989, d'après les enquêtes trafic, les foires représentaient 59% de l'approvisionnement en bois-énergie de la ville de Bamako ; en 1994, elles représentaient 64% de l'approvisionnement, et en 2000 elles en représentaient 73% (cf. Tableau 6).

Type de village de vente	Part des flux 1989 (%)	Part des flux 1994 (%)	Part des flux 2000 (%)
Village sans foire ni marché local	31	24	20
Village avec marché local hebdomadaire	7	9	6
Village avec foire hebdomadaire	59	64	73
Village avec marché journalier	3	3	2

Tableau 6. *La part des foires hebdomadaires dans l'approvisionnement de Bamako*

La majorité du bois et du charbon provient donc de ces aires de vente hebdomadaires qui prennent une place de plus en plus importante.

Ces foires périphériques permettent aux producteurs ruraux, d'une part d'écouler leur production, et d'autre part d'acquérir des biens manufacturés provenant de la ville. Sur ces marchés, les commerçants urbains peuvent s'approvisionner en bois-énergie mais également en produits maraichers, en condiments, en céréales sèches, ou en bétail.

Les marchands forains[17] y trouvent le moyen d'écouler les produits de la ville et de s'approvisionner sur les mêmes lieux et dans le même temps en produits alimentaires. Comme nous le verrons dans la partie III, ce va-et-vient permet au commerçant de minimiser les coûts et les temps de transport.

Le marché de bois-énergie est situé en général à la périphérie de la foire. Le cœur de la foire est le marché aux condiments constitué d'une myriade de petits étals. Autour gravitent de nombreux stands où la gamme des produits disponibles est très large. Le bâti dispersé autour du marché s'est densifié et constitue généralement le centre commercial du village avec la multiplication de boutiques de produits courants ouvertes tous les jours (sucre, huile, thé…), de boutique de stockage de céréales et des services tel que des boucheries, des boutiques de

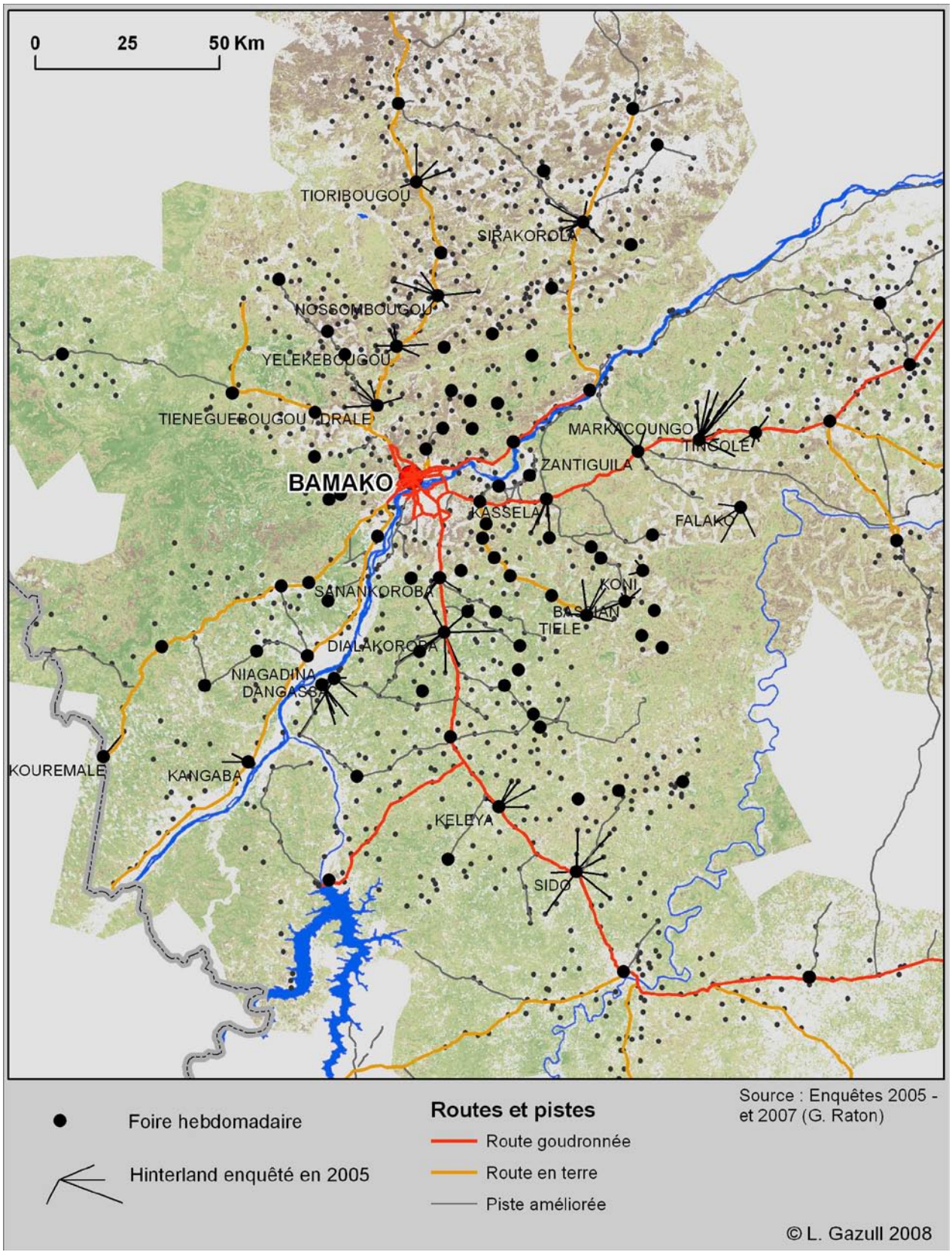
[17] On appelle ainsi, un commerçant urbain vendant à l'étalage sur les foires périphériques et pouvant revenir en ville avec des produits ruraux.

téléphone, des stands de vente d'essence au détail. Enfin, en marge on trouvera plusieurs places spécialisées réservées aux céréales, au bétail et au bois. Les producteurs originaires du même village s'y regroupent. Les grossistes urbains se rendent en camion directement sur ces lieux de vente. Toute la journée que dure la foire, le marché est alimenté par une noria de producteurs des villages voisins arrivant, qui à pied, qui en charrettes tirées par des ânes.

L'Encadré 3 et la Planche 2 illustrent le déroulement de la vente du bois un jour de marché dans le village de Markacoungo.

Une soixantaine de foires entourent Bamako dans un rayon de 150 km environ. Pratiquement toutes proposent une aire de vente de bois-énergie. La Carte 8 illustre la localisation de ces foires. Parmi cette soixantaine, nous avons pu en visiter une trentaine pour connaitre leur hinterland. Leur portée est très variable. Certains hinterlands sont très locaux et ne drainent que les hameaux les plus proches dans un rayon de 5 à 6 km comme c'est le cas de Tingole ou Sanankoroba ; d'autres ont une portée plus importante et peuvent drainer une dizaine de villages voisins dans un rayon de 15 à 20 km comme c'est le cas de Markacoungo ou de Ouelessebougou. La Carte 8 illustre les hinterlands de quelques foires que nous avons pu enquêter.

Après avoir exploré les différents lieux ruraux de la chaîne d'approvisionnement, nous allons aborder dans le chapitre suivant les lieux urbains d'achat et de consommation du bois.



Carte 8. *Localisation des foires hebdomadaires et exemples d'hinterlands associés*

Chronique d'un jour de marché à Markacoungo

Markacoungo est un gros village situé à 80 km à l'Est de Bamako sur l'axe routier principal de Ségou.

Tous les mardis s'y déroule une grande foire généraliste très fréquentée par les marchands forains de Bamako. Il s'y vend des articles de confection, des tissus, des outils et ustensiles divers, des produits agricoles et du bois sous la forme pratiquement exclusive de charbon.

Au sein du village on peut dénombrer : 4 points de vente temporaires de bois et de charbon accueillant les producteurs de 4 villages voisins; de nombreux points de vente individuels peu visibles du « goudron » ; et 2 négociants professionnels situés aux entrées du village et vendant tous les jours de la semaine.

Déroulement de la vente :

8h00- 9h30 : les producteurs « descendent » des villages avoisinant et apportent les sacs de charbon sur des charrettes à ânes. Une noria de charrettes alimente le marché toute la matinée. Certains bûcherons des villages les plus éloignés sont arrivés le lundi soir.

Les acheteuses sont déjà là, circulent parmi les sacs, évaluent la qualité de la marchandise et s'enquièrent du prix.

Les villageois se sont accordés avant la vente sur un prix unique fixé aujourd'hui à 2000 FCFA.

10h30 : Les négociations ont commencé. Les vendeurs ne veulent pas négocier sur ce prix qu'ils estiment beaucoup trop cher; camions et minibus restent vides

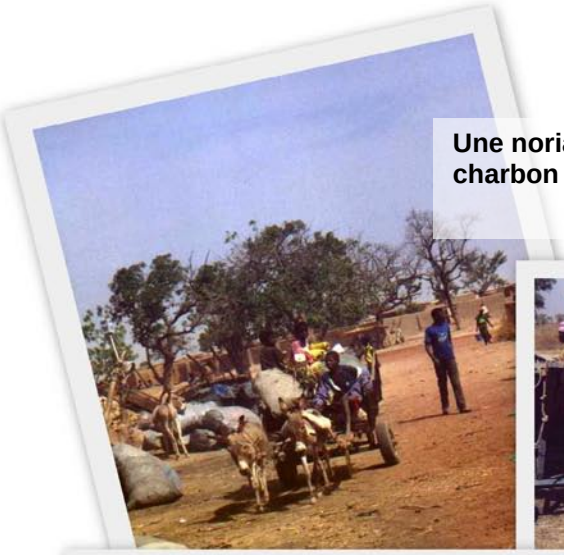
11h30 : Les négociations continuent et se durcissent. Les gestionnaires des points de vente ne veulent toujours pas descendre le prix. La fête du Ramadan est proche et le besoin en liquidité est important. Certains minibus sont déjà chargés

14h00 : La vente de bois est finie, tous les minibus sont chargés ou en cours de chargement. Ce jour là il sera impossible de connaître à combien est tombé le prix du sac de charbon mais les gestionnaires des points de vente sont mécontents car apparemment certains producteurs ont cassé les prix.

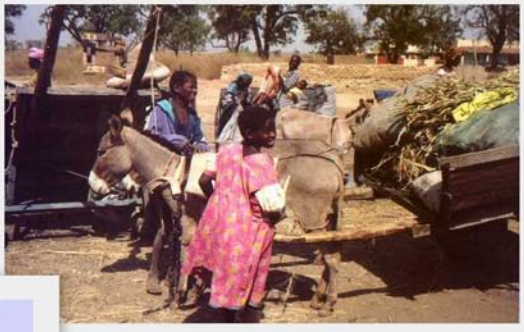
Les producteurs se préparent à rentrer. Leurs femmes ont profité de la foire pour acheter des condiments ou des articles de la ville.

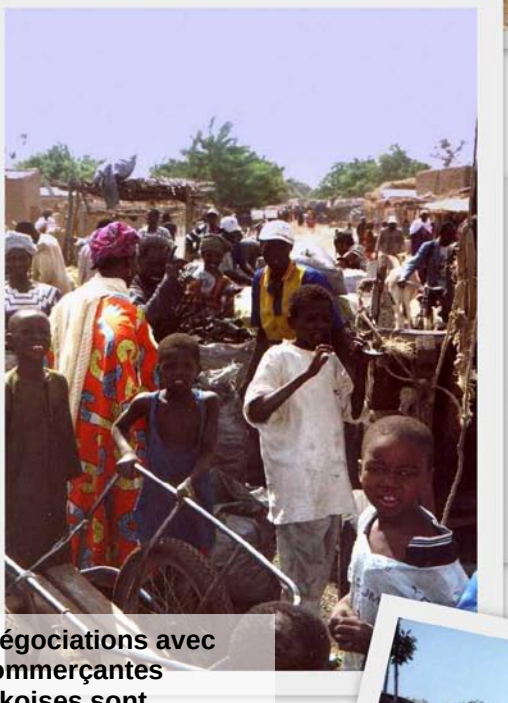
Le marché local bat son plein et continuera jusqu'à environ 16h00.

Encadré 3. *Jour de foire à Markacoungo (source : observations personelles)*



Une noria de charrettes chargées de sacs de charbon descend des villages avoisinants





Les négociations avec les commerçantes bamakoises sont difficiles



Les minibus restent longtemps vides



La foire bat son plein en dehors de l'aire de vente du bois et du charbon

Planche 2. *Illustration d'un jour de foire à Markacoungo.*

4. A l'exutoire : *la ville*

Nous chercherons dans ce chapitre consacré au segment urbain de la chaîne d'approvisionnement, à déterminer les formes du marché du bois-énergie dans la ville de Bamako tant du point de vue de la consommation que de la distribution. Nous chercherons en particulier à mettre en évidence son éventuelle segmentation socio-spatiale : Bamako peut-il être considéré comme un marché unique ou existe-t-il en son sein des différenciations marquées qui pourront avoir ultérieurement des conséquences dans la modélisation de la demande ?

4.1. Présentation générale de la ville de Bamako

La consommation énergétique dépend d'un grand nombre de facteurs liés aux revenus des ménages, aux aliments à faire cuire, aux habitudes et goûts culturels, mais également aux conditions de logement. On n'utilise pas les énergie de cuisson de la même façon dans une cuisine fermée ou ouverte, avec ou sans cheminée, avec un accès à l'électricité ou au gaz (Pachauri et Spreng, 2003 ; Nyström, 2006 ; Leach, 1987).

L'objectif de cette présentation introductive au-delà de son intérêt général de repérage pour le lecteur, est avant tout de dessiner le cadre de vie des Bamakois et en particulier leurs conditions de logement et d'accès aux services urbains qui conditionnent pour une grande part leurs modes de consommation énergétique. Nous nous éloignons donc provisoirement de la question centrale pour mieux y revenir dès le sous-chapitre 4.2.

4.1.1 Morphologie spatiale

Au dernier recensement, en 1998, la capitale Bamakoise accueillait officiellement 1 016 296 habitants (source RGP 1998). En 2004, sa population est estimée à environ 1 300 000 habitants (source DNSI 2004) sur une surface urbanisée estimée à 15 000 ha (estimation de l'auteur 2004).

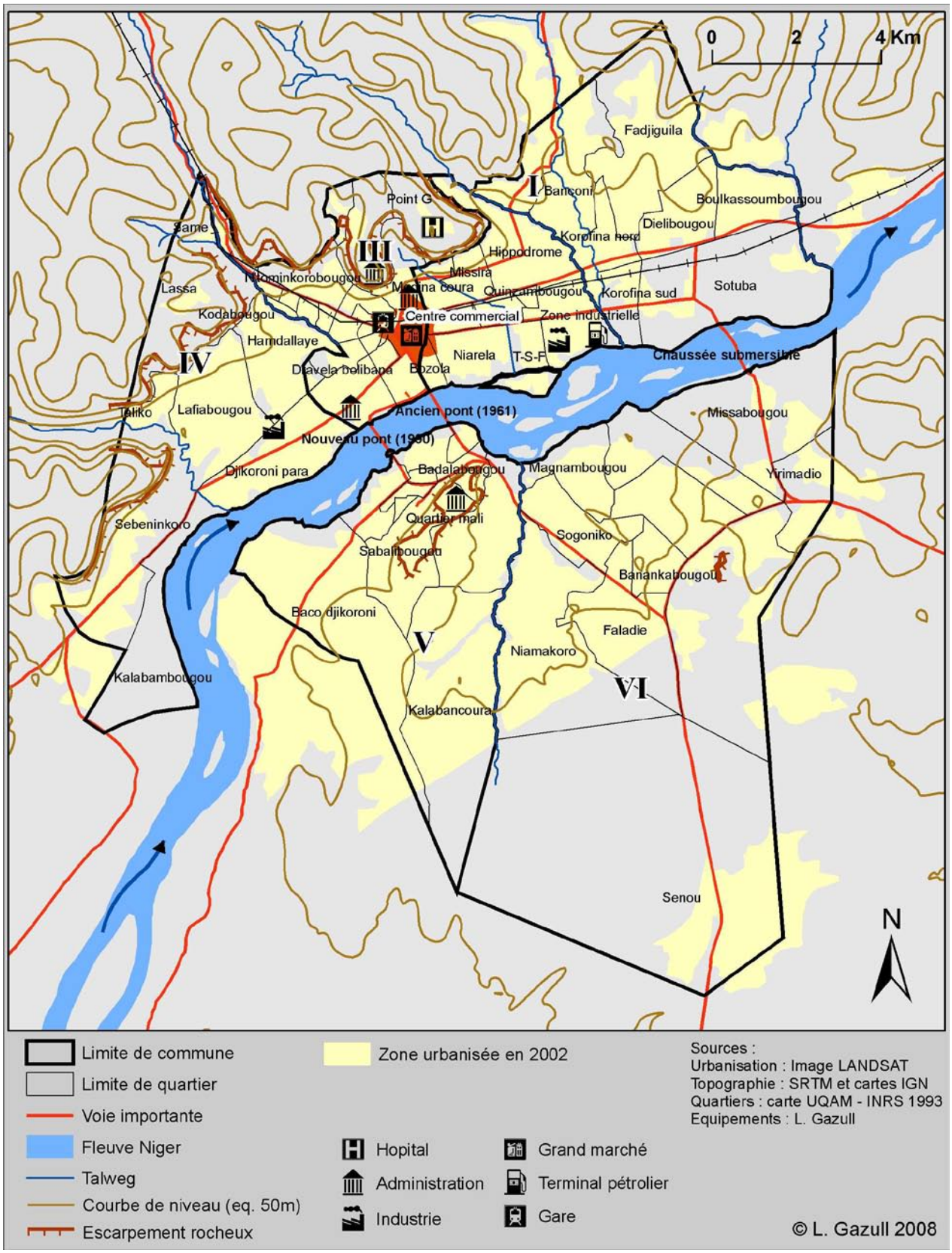
Située sur les rives du fleuve Niger, appelé Djoliba (« le grand sang »), la ville de Bamako est construite dans une cuvette entourée de collines.

Le fleuve Niger sépare Bamako en deux grands pôles d'urbanisation très distincts : la ville septentrionale en rive gauche et la ville méridionale en rive droite. Ces deux « villes » sont reliées par deux ponts routiers et une chaussée submersible située à la périphérie ouest.

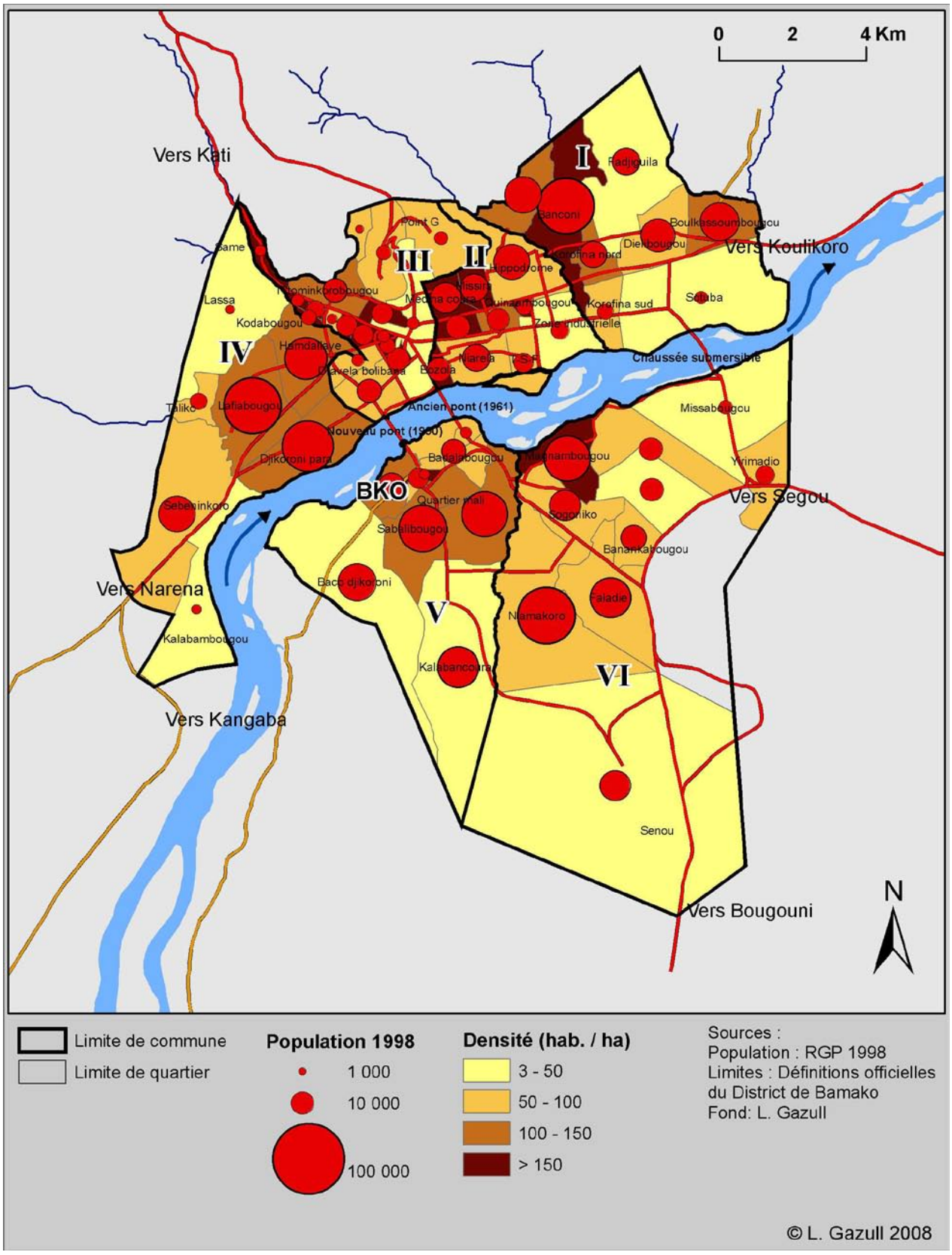
La rive gauche est la ville historique. Elle joue le rôle d'hypercentre commercial, politique, financier et administratif. Elle concentre le vieux centre colonial, la cité administrative, la résidence présidentielle (sur la colline du pouvoir), l'hôpital, le grand « marché rose », la zone industrielle, le terminal pétrolier et de nombreux quartiers résidentiels. Divisée en quatre communes, elle accueillait en 1998 60% de la population de Bamako mais son poids démographique tend à diminuer au profit de la rive droite.

L'urbanisation de la rive droite n'a débutée qu'après la construction du premier pont sur le Niger en 1960 et elle s'est réellement accélérée depuis la construction du deuxième pont en 1990. Jusqu'alors, la rive droite n'était accessible qu'au travers d'une chaussée submersible ou par bateau. Cette rive méridionale divisée en deux communes, accueille aujourd'hui plus de 40 % de la population. Elle comprend l'Université de Bamako (sur la « colline du savoir ») et quelques administrations « techniques » comme l'Institut National de Cartographie. Mais elle se caractérise surtout par une hyper-dominance des quartiers résidentiels en pleine expansion. La rive droite présente aujourd'hui une configuration d'ensemble discontinue et un fort étalement urbain (cf. Carte 9).

La morphologie spatiale de Bamako se caractérise par un gradient centre/périphérie, très lisible dans la localisation de la population et le niveau d'équipements publics. Le centre très équipé tend à se dépeupler au profit des activités commerciales, tandis que la périphérie absorbe la population additionnelle issue de la campagne et des quartiers centraux. Ce gradient est néanmoins brouillé par une opposition marquée entre le Nord (la rive gauche du fleuve) et le Sud (la rive droite) issue de la contrainte qu'a longtemps représenté le fleuve Niger (cf. Carte 10).



Carte 9. *La morphologie spatiale de Bamako en 2002 - sources : cartes IGN, enquêtes personnelles et image satellitale LANDSAT 7 2002.*



Carte 10. *Répartition de la population à Bamako (recensement 1998)*

4.1.2 Dynamique spatiale

Comme dans de nombreuses villes d'Afrique de l'Ouest, le développement de la ville s'est essentiellement fait par extension spatiale (plutôt que par densification) en anneaux concentriques à partir d'un centre historique considéré comme le site d'origine : le quartier de *Bozola* et le marché de *Dabanaani* qui existent encore aujourd'hui[18].

En 1883, à l'arrivée des français la ville ne comptait que 700 habitants regroupés sur ces deux lieux situés en rive gauche du fleuve. Dès 1908, Bamako accède au statut de capitale coloniale et la ville « coloniale » se développe, adossée au quartier de Bozola. Elle regroupe les bâtiments administratifs, le grand marché (« Marché Rose ») ainsi que des quartiers résidentiels « européens ». Elle s'entoure de quartiers « indigènes » abritant la main d'oeuvre directement attachée aux colons (*Dravela, Niarela, Bolibana*, ….).

Jusqu'à la fin de années 1950, le développement urbain s'effectue essentiellement sur la rive gauche du Niger à l'est et à l'ouest du centre colonial, limité au Nord par des collines très pentues et au Sud par le Niger encore difficilement franchissable. Cette urbanisation se fait sous la forme de quartiers dits « lotis » ou « tramés » dont le dispositif en damier répond à un besoin de contrôle des populations (Vuarin, 1991).

Après l'indépendance (1961), le début des années 1960 est marqué par le retour au Mali de nombreux fonctionnaires maliens jusqu'alors en poste à Dakar. A cette période, une nouvelle zone concentrique de quartiers lotis, destinés aux employés de l'Etat, s'ajoute au coeur de la ville (*Hamdallaye*, *Badialan*, *N'tominkoroboougou* à l'Ouest, *Quinzambougou* et *Korofina* à l'Est). L'ouverture du premier pont sur le Niger (1960) permet également une première occupation organisée de la rive sud (*Badalabougou*, puis *Quartier-Mali*).

Après les années 60, l'exode rural jusqu'alors contrôlé par le régime de Modibo Keïta devient massif, et la population de Bamako explose. Elle passe de 76 200 habitants en 1958 à 160 000 habitants en 1966 et 420 000 habitants en 1976 (sources RGP), en suivant des taux d'accroissement moyens annuels supérieurs à 20%. Les quartiers centraux se densifient par la subdivision de parcelles, l'augmentation du nombre de personnes par logement et surtout par l'apparition de poches d'urbanisation « illégale » dans les interstices de la trame urbaine (*Bakaribougou, TSF, Sikoroni*). Cependant le développement de la ville se caractérise

[18] L'histoire de l'urbanisation de Bamako est issue des travaux de (Morin *et al.*, 1996), (Vuarin, 1991), (Meillassoux, 1965) et (Bertrand, 1999)

essentiellement par une expansion anarchique de la périphérie sans véritables opérations d'urbanisme. Des nouveaux quartiers dits « spontanés » poussent au Nord-Est et surtout au Sud du fleuve (*Sabalibougou, Djikoroni Para, Bako Djikoroni, Magnambougou*). Quelques rares lotissements sont installés dans les zones éloignées du centre (*Lafiabougou* à l'ouest, *Djelibougou* à l'Est, *Sogoninko*, *Daoudabougou* au Sud) mais sont réservés aux couches les plus nanties de la population.

Enfin, dans les années 1980, l'urbanisation spontanée, prolongée très loin du centre, rejoint et intègre la première couronne de villages périphériques, produisant d'immenses ensembles au statut incertain (*Sebeninkoro*, *Samé* a l'Ouest, *Moribabougou* à l'Est, *Niamakoro* et *Yirimadio* au Sud), pendant que des lotissements périphériques sont tracés au delà des villages.

Les années 1990 sont caractérisées par la réhabilitation des quartiers non viabilisés. Les différents projets urbains de Bamako en grande partie financés par la Banque Mondiale ont et visent toujours à résorber ces occupations spontanées et à y améliorer les services urbains. Dans le cadre du Troisième Projet Urbain du Mali, sept "Quartiers Pauvres Périurbains" de Bamako ont été équipés en adduction d'eau, canalisations d'eau usées et alimentation électrique. Dans le même temps, un programme de viabilisation de 420 parcelles en rive sud (*Baco–Djicoroni* Sud) est réalisé et le lancement d'un nouveau programme de lotissements de part et d'autre du fleuve (*Sotuba/Yirimadio*) verra le jour.

La Carte 11 illustre l'évolution spatiale de la capitale malienne de 1936 à nos jours. Elle a été réalisée à partir des documents cartographiques réalisés en 1936, 1960 et 1980 par l'Institut Géographique National (IGN), ainsi que par mon interprétation visuelle d'une image satellitale LANDSAT 7 de 2002. Les données démographiques sont issues des différents recensements disponibles sur le territoire malien : recensement de Bamako de 1945, 1958, 1966, 1976, 1987, 1998 et estimations de la Direction Nationale de la Statistique et de l'Information (DNSI) pour l'année 2004.

L'urbanisation de Bamako se caractérise donc par :

- un accroissement démographique très fort des années 1940 à la fin de l'indépendance (avec un taux d'accroissement annuel de l'ordre de 8%), qui s'est stabilisé depuis les années 1980 au taux annuel de 4.1%. Cette valeur reste dans la moyenne de la plupart des grandes villes africaines au sud du Sahara (4.4% en moyenne (Pourtier, 1999)).

- une expansion spatiale qui est légèrement supérieure à la croissance démographique et qui aboutit à une extension très importante de la ville principalement en rive droite du fleuve (cf. Figure 10).
- de fortes disparités dans les niveaux d'équipement et dans l'accès aux services de base, comme c'est par ailleurs le cas dans la plupart des villes subsahariennes (Jaglin, 2004).

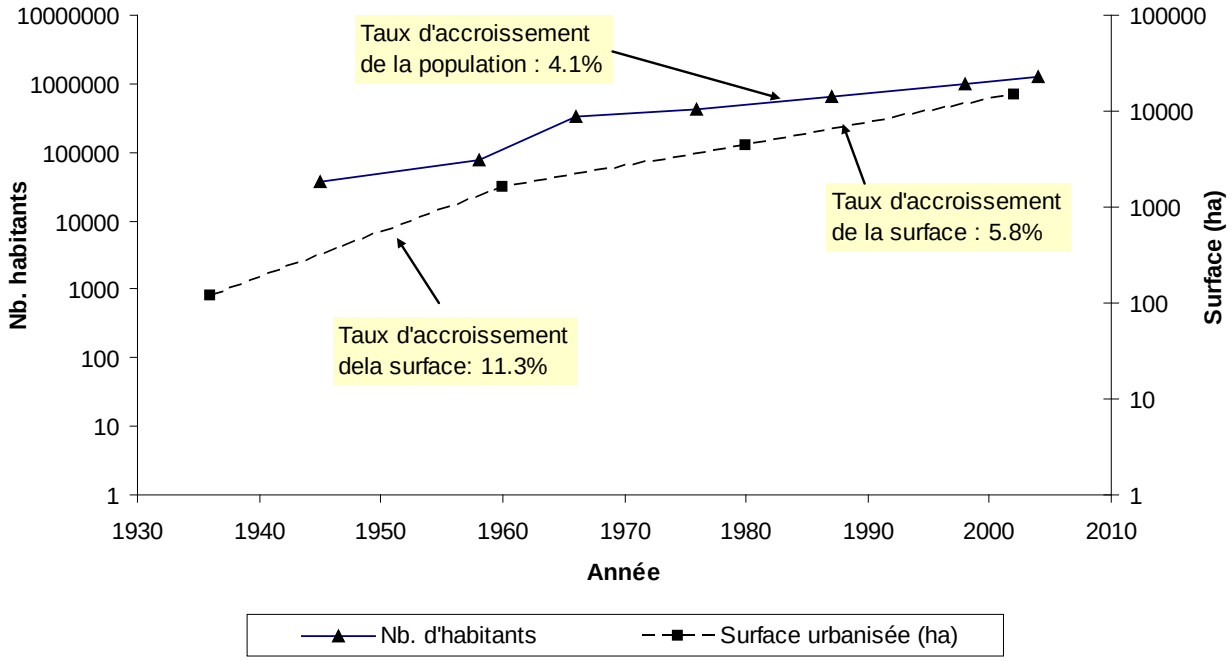
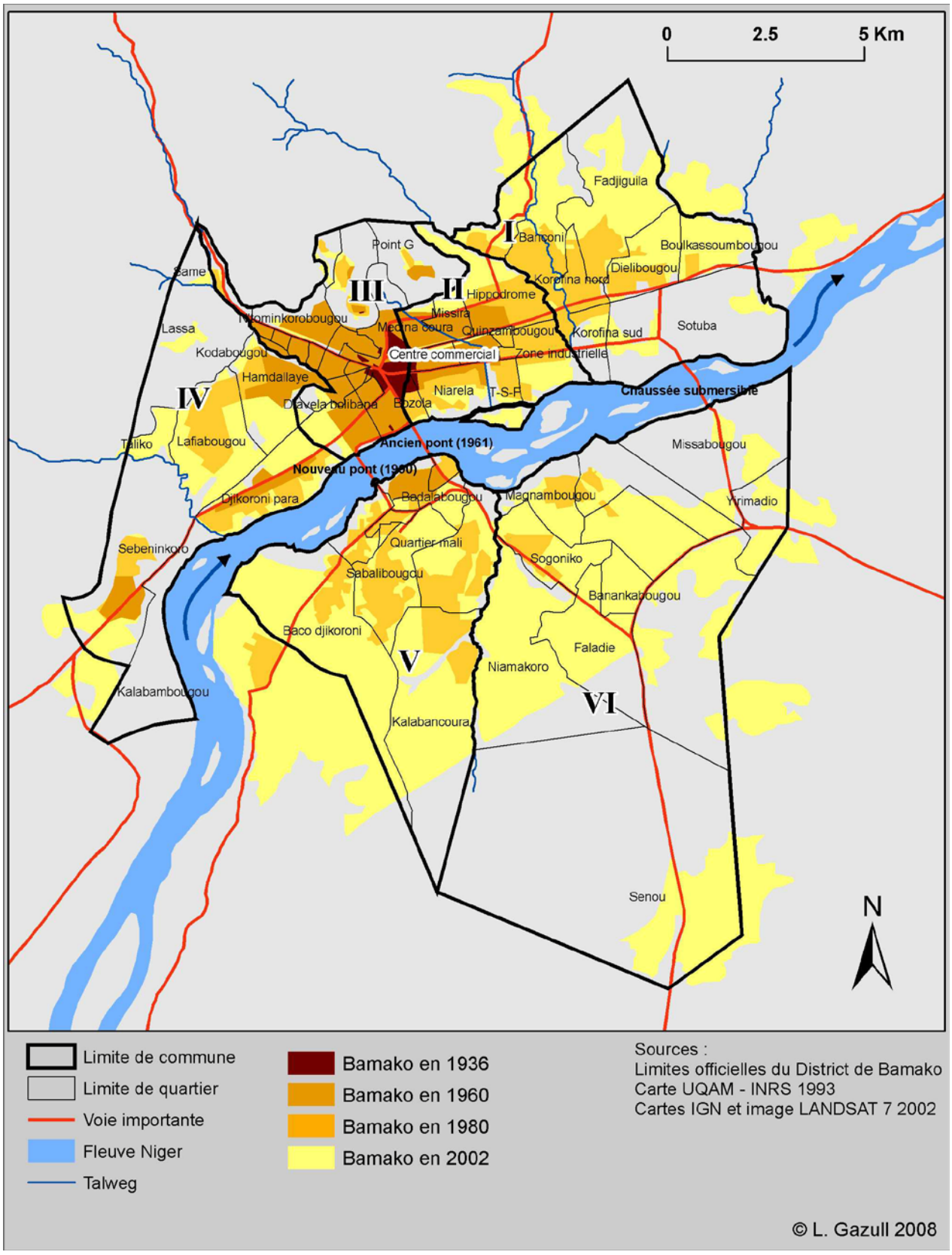


Figure 10. *Evolution comparée de la population et de la surface de Bamako (échelles des ordonnées logarithmiques)*



Carte 11. *L'expansion spatiale de Bamako entre 1936 et 2002*

4.1.3 Les quartiers

Administrativement, la ville de Bamako est érigée depuis 1978 en District qui a rang de Région. Actuellement, le District est subdivisé en 6 communes, elles-mêmes divisées en 69 quartiers administrativement et politiquement reconnus.

Morin *et al* (1996) proposent une classification des quartiers de Bamako en fonction de leur ancienneté, de leur localisation (centre ou périphérie), leur niveau de viabilisation et leur croissance démographique. Le niveau de viabilisation permet de distinguer les quartiers développés suite à une opération urbanistique programmée de ceux qui sont apparus de manière spontanée. Cette typologie distingue ainsi 5 types de quartiers :

- les vieux quartiers coloniaux, qui correspondent à la ville historique née entre 1900 et 1940. Ces quartiers sont aujourd'hui très peu peuplés. L'habitat a fait place au commerce et aux activités artisanales ;
- les quartiers coloniaux plus récents construits entre 1940 et 1960, qui constituent un tissu mixte d'occupations spontanées et de quartiers lotis ;
- les quartiers tramés, correspondent aux quartiers lotis en périphérie immédiate du centre. Historiquement, ces espaces ont été aménagés pour accueillir les fonctionnaires « rapatriés » du Sénégal au moment de l'indépendance. Ils disposent d'un niveau élevé de viabilisation et d'accès aux services de base. C'est dans ce type de quartier que l'on trouve également un pourcentage important de villas. Ces quartiers ont absorbé 23% de l'excédent de population entre 1976 et 1983, grâce aux locations offertes dans les anciennes cours ;
- les quartiers récents mixtes, correspondent aux premiers quartiers « spontanés » apparus après 1960 en réponse à l'exode rural devenu massif. Ces quartiers non lotis au départ ont été partiellement « réhabilités » dans les années 1970-1980 mais continuent d'être très largement sous-équipés ;
- les quartiers spontanés non viabilisés, de grande taille et de faible densité se situent à la périphérie de Bamako, à l'exception de 2 quartiers spontanés datant des années 60, dans la commune II. Ces quartiers ont absorbé 45% de la population additionnelle entre 1976 et 1983, mais ils accueillent aussi les habitants du centre accédant à la propriété dans de nouvelles concessions ou de nouvelles villas ;

Nous rajouterons à cette typologie, les quartiers récemment réhabilités, qui correspondent à des quartiers mixtes ou non viabilisés ayant fait l'objet depuis 1992 d'actions de viabilisation et d'équipement menées dans le cadre du Troisième Plan Urbain de la ville de Bamako (The World Bank, 2005). En termes de services urbains, ces quartiers ont actuellement des caractéristiques similaires aux quartiers « récents viabilisés » .

Cependant, cette typologie ne reflète pas une homogénéité résidentielle, sociale ou autre, car comme le fait remarquer C. Rondeau (Rondeau, 2000), Bamako est une ville où domine l'informel. Malgré l'existence d'un puissant arsenal juridique, pratiquement jamais appliqué, l'urbanisation spontanée est structurelle. Les poches spontanées continuent de se développer entre les quartiers ou même au sein des quartiers existants. Il existe ainsi dans les quartiers viabilisés, un fort pourcentage de ménages vivant dans des "poches résidentielles spontanées" (terres de culture et terrains vagues) sous-équipées (sans accès à domicile à l'eau courante et à l'électricité). A l'inverse, il existe à l'intérieur des "quartiers non viabilisés" et des "quartiers récents mixtes", une maigre fraction de ménages profitant d'un niveau élevé de services qui occupent des enclaves résidentielles raccordées aux infrastructures en réseaux. Enfin, certains quartiers dits spontanés, se sont organisés en pseudo-lotissement et profitent même de branchements « pirates » sur des réseaux d'eau ou d'électricité avoisinants. Ainsi en 1992 selon Morin *et al* (1996), 12% des habitants des quartiers non viabilisés disposaient de l'électricité.

4.1.4 Les conditions de logement

A Bamako, la concession (ou habitat de cour) représente la norme. Ce type d'habitat représente plus de 90% du parc de logements. Les autres types de logements sont essentiellement des villas. Les appartements sont très rares et réservés aux bureaux.

La concession est plébiscitée par les bamakois pour de nombreuses raisons. Ce type d'habitat permet notamment d'héberger de grandes familles et d'accueillir facilement les parents éloignés migrant en ville. Il peut également être aisément divisé en vendant ou en louant une partie au gré des besoins financiers. Ainsi les anciens quartiers tramés du centre ville disposaient à l'origine de vastes concessions qui au fur et à mesure du temps ont été divisées pour être actuellement parmi les plus petites de la ville.

Les concessions possèdent toujours une cour commune où les maîtresses de maison et les aides ménagères font la cuisine en plein air au bois ou au charbon. Même dans les villas, un espace extérieur est réservé à la cuisine et on y trouve nécessairement au minimum un foyer « trois pierres » à bois.

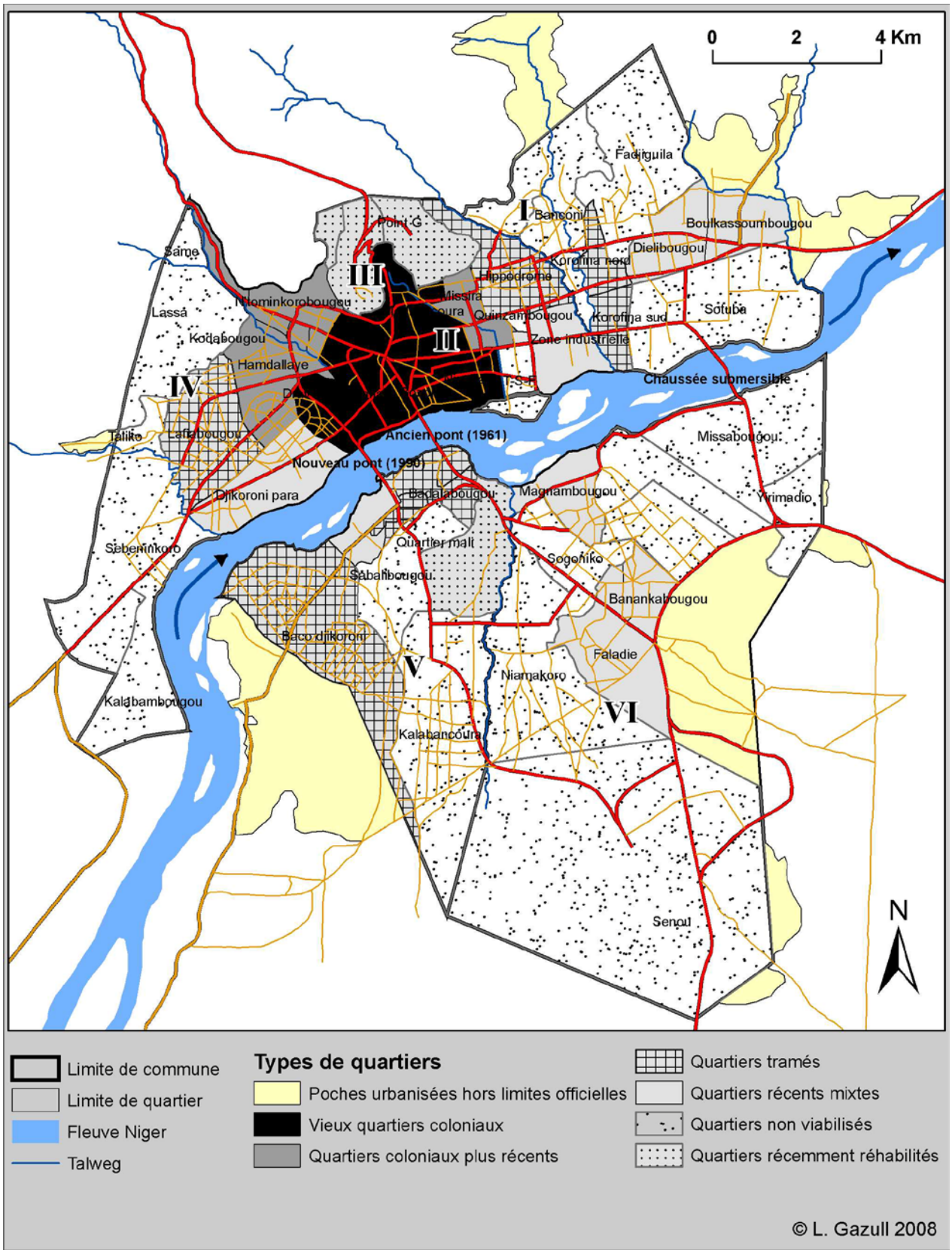
Parmi les concessions, les niveaux des services urbains sont très variables, depuis un accès privatif aux réseaux d'eau et d'électricité jusqu'à une absence totale d'accès en passant par différentes formes de partage dans la cour. D'après Morin et al (1992), l'accès à l'eau et à l'électricité dans le logement reflète le type d'urbanisation et indirectement le statut d'occupation

(propriétaire, locataire, hébergé ou occupation illicite). Ainsi, les rares villas existantes, réservées aux familles très aisées sont toutes dotées d'eau courante et d'électricité.

La Figure 11 illustre l'habitat de cour des bamakois vue d'avion.



Figure 11. *L'habitat de cour des bamakois – Quartier Hamdallaye (photographie aérienne 2005 ©Google Maps)*



Carte 12. *Typologie des quartiers de Bamako en 2004 - d'après celle de (Morin et al., 1996) amendée par l'auteur*

4.2. La consommation urbaine en bois-énergie

Les ménages urbains utilisent le bois et le charbon pour cuisiner, faire chauffer de l'eau pour le thé, le bain ou la lessive et pour se chauffer en saison froide (de Novembre à Janvier) lorsque la température descend en dessous de 20°C (cf. Figure 12).

Le bois et le charbon sont également utilisés par des artisans dans les domaines de la restauration collective, la boulangerie, la rôtisserie, la blanchisserie ou la teinturerie. Cette demande est très difficile à apprécier et n'a pas fait l'objet d'enquêtes exhaustives. D'après les enquêtes de consommation faites par la CCL de 1995 à 1998, cette consommation artisanale est faible par rapport au secteur domestique :

- La consommation artisanale de bois représentait en 1998, 0.5% de la consommation totale en bois de la ville de Bamako. Comme nous le verrons par la suite, la consommation en bois des ménages a très peu évoluée et il est légitime de penser que la part de la consommation artisanale est restée en 2005 de l'ordre de 1%.
- La consommation artisanale de charbon représentait en 1998, 12% de la consommation totale en charbon de la ville de Bamako. Il semble probable que ce pourcentage n'ait pas changé en 2005.

La demande des ménages est donc très largement majoritaire et nous nous intéresserons en priorité à cette dernière. Afin de comprendre cette demande, nous présenterons dans un premier temps la consommation de la ville avant de nous pencher sur les consommateurs et de nous interroger sur les facteurs qui motivent le choix du bois-énergie comme énergie domestique.

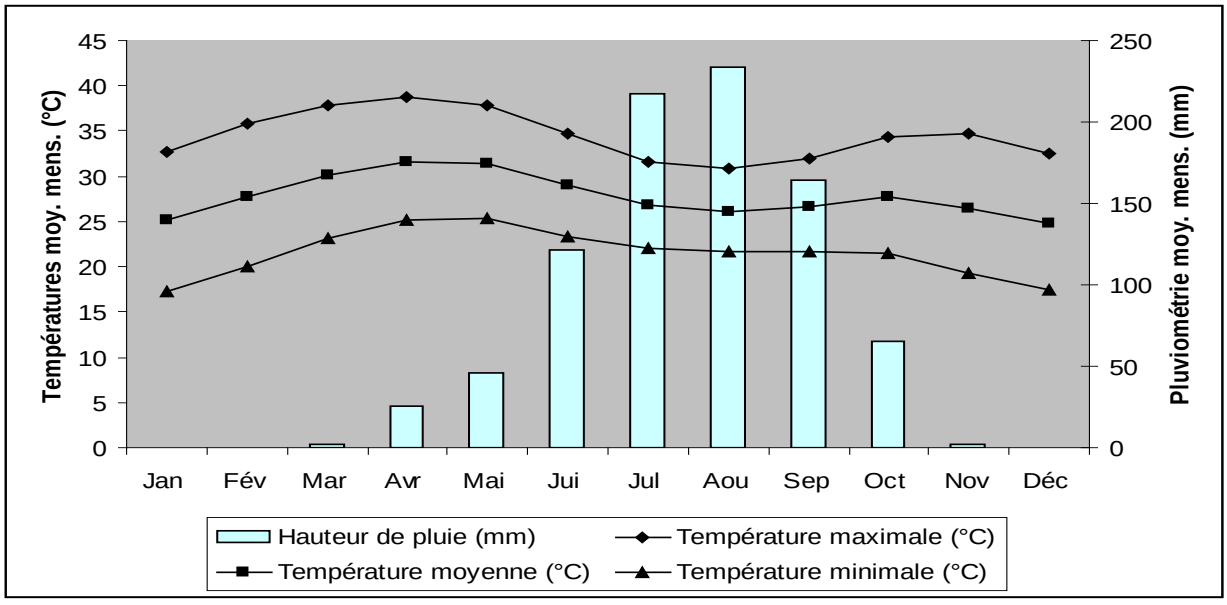


Figure 12. *Le climat de Bamako (Source : Direction nationale de la météorologie du Mali)*

4.2.1 L'estimation de la consommation urbaine

L'estimation de la consommation urbaine est une opération délicate. En effet, cette consommation est très variable d'un foyer à l'autre. Elle dépend de la composition de la famille, de ses habitudes alimentaires, des types de foyers utilisés (classique ou amélioré) et du type de logement, etc. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées et ces dernières sont rappelées dans l'Encadré 4. Les méthodes a) et b) sont des méthodes classiquement utilisées dans la littérature (ESMAP, 1993 ; ESMAP, 1992 ; ESMAP, 1988). Dans le cadre de ce travail nous avons également testé une nouvelle méthode dite des ventes locales. L'achat de bois-énergie étant un achat de proximité, les habitants d'un quartier donné s'approvisionnent préférentiellement voire uniquement auprès des vendeurs de leur quartier. En recensant les vendeurs de manière exhaustive et en les sondant sur leurs chiffres de vente, on estime alors la consommation du quartier que l'on peut alors ramener à une consommation individuelle moyenne.

Il s'avère que ces trois méthodes donnent des résultats très cohérents entre eux. En 1989 la méthode a) employée par la banque mondiale estimait la consommation journalière individuelle d'un bamakois à 0.9 kg/jour de bois et 0.095 kg/jour de charbon. La même année, la méthode b) employée par la DNEF estimait la même consommation à 0.96 kg de bois et 0.096 kg de charbon. Compte tenu des incertitudes sur la consommation tertiaire et industrielle, ces estimations peuvent être considérées comme égales.

En 2004 la méthode c) que nous avons employée a permis d'estimer la consommation à 0.58 kg de bois /j/hab + 0.3 kg de charbon/jour/hab. Ce chiffre est tout à fait en cohérence avec les chiffres de 2000 estimés par la méthode b) : 0.58 kg de bois/j/hab + 0.2 kg de charbon/j/hab compte tenu de la tendance observée de progression de la consommation de charbon de bois.

Les méthodes possibles d'estimation de la consommation urbaine

Méthode a) des consommations individuelles : La consommation est estimée à partir des consommations individuelles des habitants. On constitue un panel représentatif de ménages que l'on suit. On pèse à chaque repas les quantités brûlées et on extrapole pour l'ensemble de l'année et pour l'ensemble de la population.

Méthode b) des flux entrants : La consommation globale de la ville est estimée à partir des quantités de combustibles entrant en ville. La consommation individuelle moyenne des habitants est approchée en divisant les importations globales de la ville par le nombre d'habitants. La consommation non domestique (artisanat, industries) est estimée par ailleurs et soustraite aux importations de la ville.

Méthode c) des ventes locales : La consommation individuelle est estimée à partir des ventes locales des commerçants. Les vendeurs sont recensés quartier par quartier et un sondage est effectué pour estimer leur niveau de vente moyen. Les ventes sont alors ramenées au nombre d'habitants de chaque quartier.

Chacune de ces méthodes a ses avantages et ses inconvénients :

La méthode a) s'approche fidèlement des habitudes de consommation des ménages mais la variabilité des mesures est très forte dans l'espace et dans le temps. Il est donc nécessaire de suivre un grand nombre de ménages sur une longue période pour obtenir des chiffres valables pour l'ensemble de la ville. Cette méthode est donc très coûteuse et très difficile à reproduire dans le temps.

La méthode b) a l'avantage de l'exhaustivité mais nécessite une forte mobilisation humaine pour compter les véhicules 24h/24h sur tous les axes d'entrée en ville. En pratique, il apparaît qu'une autre des grandes limites de la méthode, est la fiabilité de l'estimation des quantités transportées. En effet, sur les axes majeurs le nombre de passages de véhicule est très important, les véhicules ne sont pas toujours chargés à plein, et les contenances des véhicules peuvent être très différentes. Il est alors difficile d'estimer les quantités en transit.

La méthode c) a l'avantage de la simplicité de mise en œuvre. Les sondages auprès des vendeurs se font en même temps que le recensement. Ils portent sur les quantités achetées et revendues qui sont peu variables dans le temps. L'échantillon à suivre est beaucoup plus petit que celui de la méthode a). Une difficulté majeure réside néanmoins dans l'estimation du nombre de vendeurs et des quantités vendues hors marchés.

Encadré 4. *Trois méthodes d'estimation de la consommation urbaine*

4.2.2 La consommation globale de la ville

Le bois-énergie est consommé à Bamako sous deux formes : le bois et le charbon de bois. Compte tenu des techniques de carbonisation utilisées au Mali, il faut entre 5 kg et 7kg de bois pour produire 1 kg de charbon de bois - estimations faites par le laboratore « Energie et Environnement » du CIRAD-Forêt (Rousset et Girard, 2001).

Ces deux produits sont achetés sous différentes formes :

- **le bois** est en grande majorité vendu en fagots ficelés d'une longueur normalisée de 80 cm. Le poids du fagot et le diamètre des brins vendus sont très variables. On peut trouver sur le marché des fagots de 10 à 12 petites branches non refendues, comme des fagots de 3 gros brins issus de la refente de grosses bûches. Ces grosses bûches sont plutôt destinées aux artisans boulangers ou rôtisseurs. Il est très difficile de donner un poids aux fagots, d'autant que ce dernier évolue entre la saison sèche et la saison des pluies. En saison des pluies, le poids du fagot a tendance à diminuer. Les fagots sont vendus entre 50 et 150 FCFA l'unité. En Décembre 2005, le poids médian d'un fagot de 100 FCFA relevé sur les marchés était d'environ de 3.5 kg.

- **le charbon** est conditionné en petits sachets plastiques ou en gros sacs. L'unité de mesure pour les sachets plastiques est la boite de conserve de concentré de tomate. On trouve donc des sachets d'une boite vendus 25 FCFA, 2 boites 50 CFA, jusqu'aux sachets de 5 boites. Le poids médian d'un sachet de 100 FCFA en saison sèche est actuellement d'environ 1.2 kg. Selon les marchés et les vendeurs, le contenu oscille entre 0.9 kg et 1.4 kg, soit des écarts de plus de 50% (relevés de l'auteur en 2005). Les gros sacs conditionnant le charbon en grande quantité sont initialement des sacs destinés au transport de céréales (riz ou mil). Le conditionnement majoritaire est actuellement le sac correspondant à 100kg de céréales. Officiellement un tel sac est évalué à 40 kg. de charbon. Pour le paiement de la taxe d'exploitation, un quintal équivaut donc en théorie à 2.5 sacs. En pratique, ces sacs pèsent entre 50 et 70 kg de charbon et il existe des sacs « doubles » pesant plus de 100 kg. Pour le consommateur, l'achat au sac est plus avantageux financièrement mais il présente le désavantage d'être un achat « en aveugle ». Le client ne peut se rendre compte de la qualité du charbon qu'il achète et peut donc être victime de déconvenues : les sacs sont souvent complétés par de la poussière. Le charbon peut également être vendu au poids (au kg) pour les artisans. Il s'agit alors d'un charbon constitué de gros morceaux destinés à brûler longtemps pour les boulangeries ou les blanchisseries.



Fagots de bois confectionnés dans un village



Refente de bûches de bois pour confectionner des fagots sur un marché de Bamako



Fagots en cours de confection sur un marché de Bamako



Sacs de charbon prêts à entrer en ville



Le charbon sous toutes ses formes : gros sacs de jute, vrac et petits sacs plastiques noirs



Gros sacs de charbon devant la porte d'une concession

Planche 3. *Le conditionnement du bois et du charbon*

La Figure 13 illustre l'augmentation de la consommation globale de la ville de Bamako de 1989 à 1999. Elle a été construite d'après les relevés aux entrées de ville (méthode b) en considérant qu'un kg de charbon équivaut à sept kg de bois.

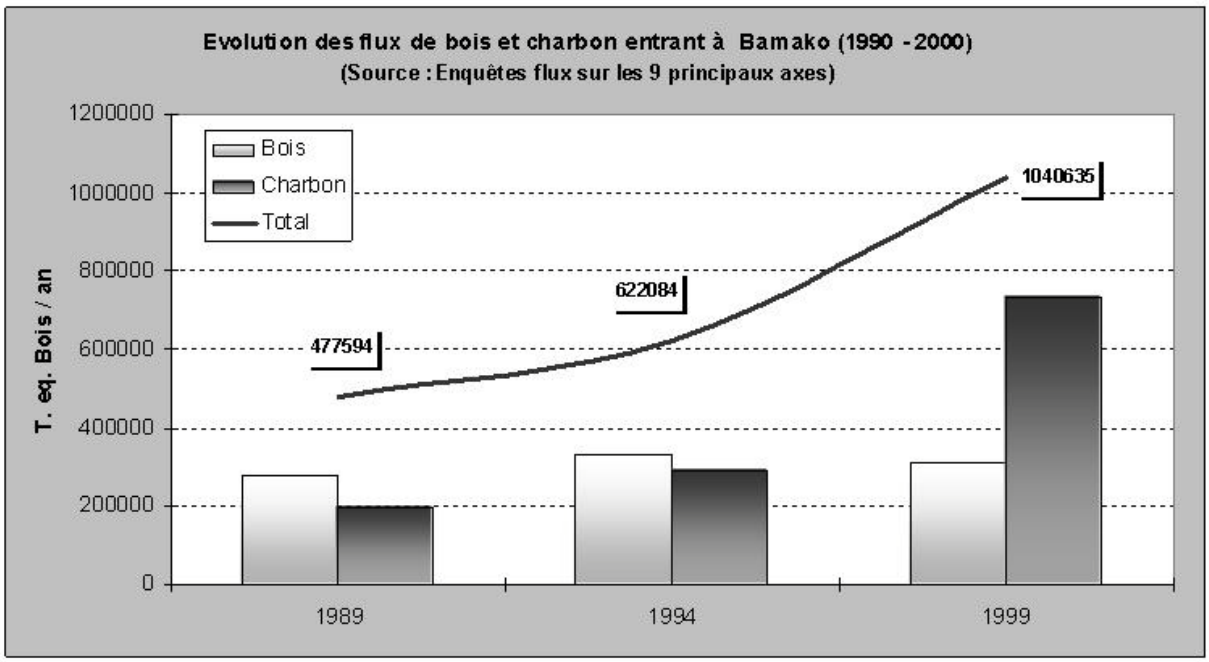


Figure 13. *L'évolution des flux de bois entrant à Bamako entre 1990 et 1999*

La consommation de la ville de Bamako a atteint en 2000 le seuil de 1 million de tonnes d'équivalent bois. Elle n'a cessé d'augmenter depuis 10 ans. Cette augmentation est de 85% en 10 ans, ce qui correspond à un taux d'accroissement annuel de l'ordre de 5%. Dans le même temps, l'accroissement annuel de la population bamakoise n'a été que de l'ordre de 4 %. Il s'ensuit logiquement une augmentation de la consommation individuelle de bois-énergie comme le montre la Figure 14.

4.2.3 La consommation individuelle des habitants de Bamako

Au vu des Figure 13 et Figure 14, l'évolution de la consommation a suivi trois phases :

1. 1989 – 1994 : une phase d'accroissement modéré sans réel changement des habitudes alimentaires. Le charbon commence doucement à prendre sa place dans les foyers maliens.
2. 1994 – 1999 : une phase de conversion massive au charbon qui entraîne un accroissement très important des consommations individuelles en équivalent bois.

3. 1999 – 2004 : une phase de stabilisation de la consommation en charbon. La conversion est faite dans la majorité des foyers et le charbon continue sa progression à un rythme plus lent.

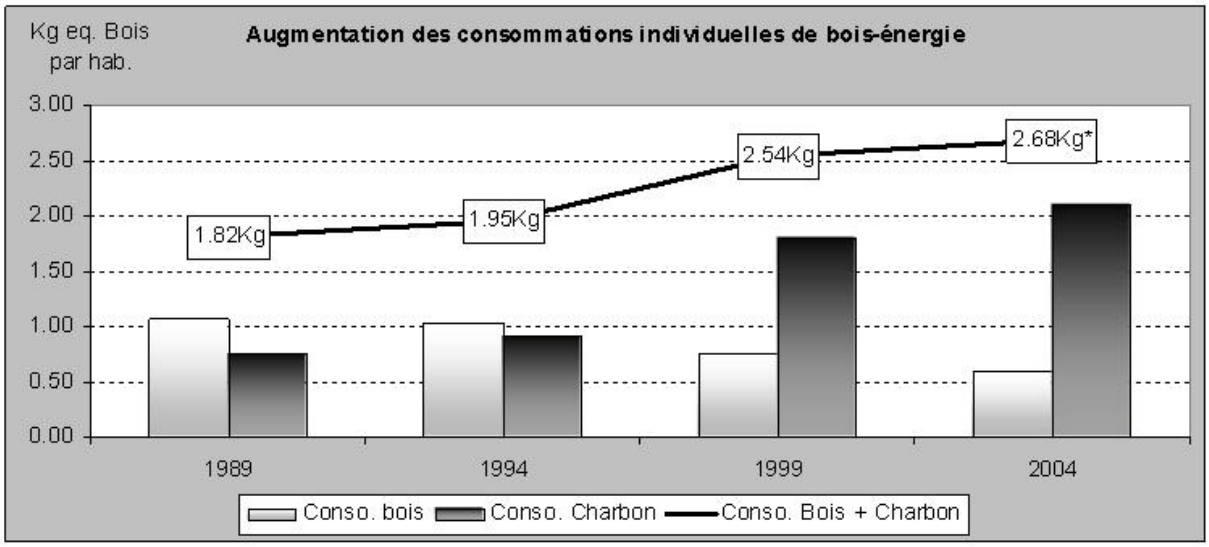


Figure 14. *Evolution des consommations individuelles des habitants de Bamako entre 1989 et 2004 Sources : méthode b) en 1989, 1994 et 1999 ; méthode c) sur le quartier d'Hamdallaye pour 2004*

Malgré les efforts faits pour inciter les populations à réduire leur consommation en combustibles ligneux par l'emploi d'énergies issues du pétrole (gaz et pétrole lampant) et par l'utilisation de foyers améliorés, la consommation individuelle des habitants de Bamako ne cesse d'augmenter depuis 15 ans.

4.3. Les lieux de consommation

4.3.1 A la recherche d'indicateurs spatialisés de la demande

Nous ne disposons malheureusement pas d'enquêtes de consommation spatialisées pour dresser une carte de la demande en bois-énergie dans Bamako. Les renseignements de localisation des enquêtes de consommation de 1997 ont été perdus lors de la dissolution de la CED en 2000. Seules les informations de synthèse ont pu être retrouvées. La spatialisation de la demande passe alors nécessairement par une spatialisation d'indicateurs indirects.

L'exploitation statistique des résultats de l'enquête consommation de 1997 détaillée dans la partie II (profils des consommateurs) nous a permis de mettre en évidence un certain nombre de relations entre les profils de consommation des ménages, leurs caractéristiques (âge du

chef de famille, taille du ménage, dépenses moyennes) et leur logement (type de logement, accès à l'eau courante et connexion au réseau électrique). La démarche suivie est donc de chercher à lier les préférences en combustibles des ménages avec des critères spatialisables : densité de population, taille des ménages, nombre de ménages par concession, type de logement, confort des logements, etc …

Selon cette analyse, il apparaît que les critères taille du ménage et type de logement discriminent assez bien les comportements de consommation de bois-énergie et permettent de dresser les grands traits de cette dernière à l'échelle d'un quartier.

Une grande taille de ménage signe une préférence forte pour le bois. Deux facteurs expliquent ce phénomène :

- une grande taille révèle une grande ancienneté de la famille dans son logement. Un grand ménage est souvent un ménage propriétaire, stable, et arrivé en ville depuis longtemps (Vuarin, 1991). Une grande famille est donc le plus fréquemment une famille « traditionnelle » tendant vers une alimentation traditionnelle, vivant dans une concession et cuisinant au bois.
- une grande taille révèle également souvent un niveau de richesse faible. 90% des ménages de grande taille ont une dépense inférieure ou égale à la dépense médiane. Ainsi les grandes familles (plus de 13 personnes) ont tendance à être pauvres ce qui les oriente naturellement vers le bois, seul combustible financièrement accessible aux pauvres. L'inverse n'est pas vrai. Si les ménages de petite taille sont majoritaires dans la tranche de dépense la plus haute, il n'en reste pas moins qu'ils sont représentés significativement dans toutes les autres classes de dépense.

Dépense annuelle (milliers FCFA/pers/an)	**Ménages de petite taille (< 6 pers)**	**Ménages de taille moyenne (7 - 12 pers)**	**Ménages de grande taille (> 13 pers)**
0-100 (très pauvre)	08 %	02 %	23 %
100-200 (pauvre)	17 %	32 %	40 %
200-300 (médian)	21 %	34 %	27 %
300-400 (aisé)	22 %	18 %	06 %
> 400 (très aisé)	32 %	14 %	04 %
Total	100 %	100 %	100 %

Sources : Enquête Malienne sur l'Evaluation de la Pauvreté - DNSI - 2001

Tableau 7. *Répartition des ménages selon leur taille et leur niveau de dépense annuelle.*

Une petite taille signe un ménage jeune préférant le charbon et le gaz. Les ménages de petite taille sont avant tout des ménages jeunes. Un test du Khi2 d'indépendance entre les

variables « taille » et « âge » met clairement en évidence ce phénomène : plus la taille du ménage est petite plus son âge est bas (Tableau 8). Économiquement, ces jeunes ménages peuvent correspondre à des arrivants récents au statut résidentiel souvent précaire partageant une concession (hébergement, location, ou occupation illégale), ou à de jeunes cadres relativement aisés ayant fait le choix « moderne » de la famille conjugale et vivant dans une petite concession, une villa ou un appartement. Dans les deux cas, le charbon est le combustible préféré ; il allie la « modernité », une accessibilité financière et une adaptation aisée aux faibles quantités nécessaires à ces petits ménages.

Taille \ Age	< 25 ans	De 26 à 45 ans	De 46 à 65 ans	> 65 ans
De 1 à 5 pers.	(+) ***	(+) *	(-) ***	(-) *
De 5 à 10 pers.	(-) *	(+) **	(-) NS	(-) *
De 10 à 15 pers.	(-) **	(-) **	(+) ***	(+) **
Plus de 15 pers.	(-) NS	(-) ***	(+) ***	(+) ***

(+) / (-) : effectif observé supérieur / inférieur à l'effectif théorique

*NS, *, **, *** tests du Khi² significatifs au seuils alpha=0.100, 0.05, 0.01*

Tableau 8. *Relation entre l'âge et la taille des ménages (test du Khi² effectué sur l'échantillon de 945 ménages interrogés en 1997).*

Une taille moyenne (5 à 10 personnes) signe un ménage bamakois relativement aisé, bien intégré dans la vie urbaine, variant les combustibles.

Au final, la taille du ménage apparaît comme un bon révélateur des habitudes de consommation, comme l'indique le graphique ci-dessous.

4.3.2 Vers un classement des quartiers en fonction de leur niveau de consommation

L'unité spatiale la plus petite sur laquelle il est possible d'obtenir aisément de l'information sur la population est le quartier : le recensement de la population de 1998 donne, par quartier, la population, le nombre de concessions et le nombre de ménages.

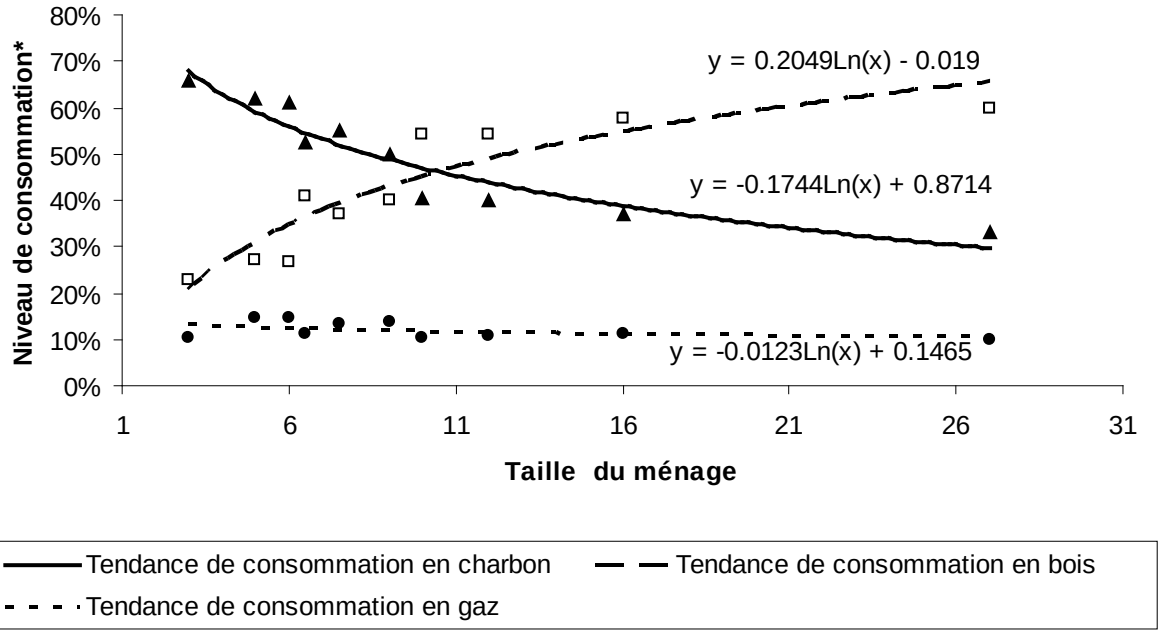


Figure 15. *Niveau de consommation en Bois, Charbon et Gaz selon la taille du ménage.*

Les travaux de R. Vuarin (Vuarin, 1991), soulignent le lien fort qui existe à Bamako entre les conditions de résidence qu'offre un quartier et la composition des groupes familiaux. Les conditions d'accès au foncier, l'agencement des logements sont autant de contraintes que l'espace urbain peut imposer à la vie sociale. « *L'espace disponible et la disposition de l'espace décideront, en ville en particulier, de la forme que pourra prendre le groupe de parenté localisé (ou de son niveau maximal dans l'emboîtement hiérarchique du lignage) et qui fourniront au chef de famille les limites de sa stratégie d'expansion* ».

Vuarin propose une typologie des quartiers de Bamako selon le type d'unité familiale dominante. Cette typologie est fondée sur un arbre de classification dichotomique portant sur trois critères aisément accessibles: le nombre de ménages par concession, le nombre de personnes par concession, et le nombre de personnes par ménage.

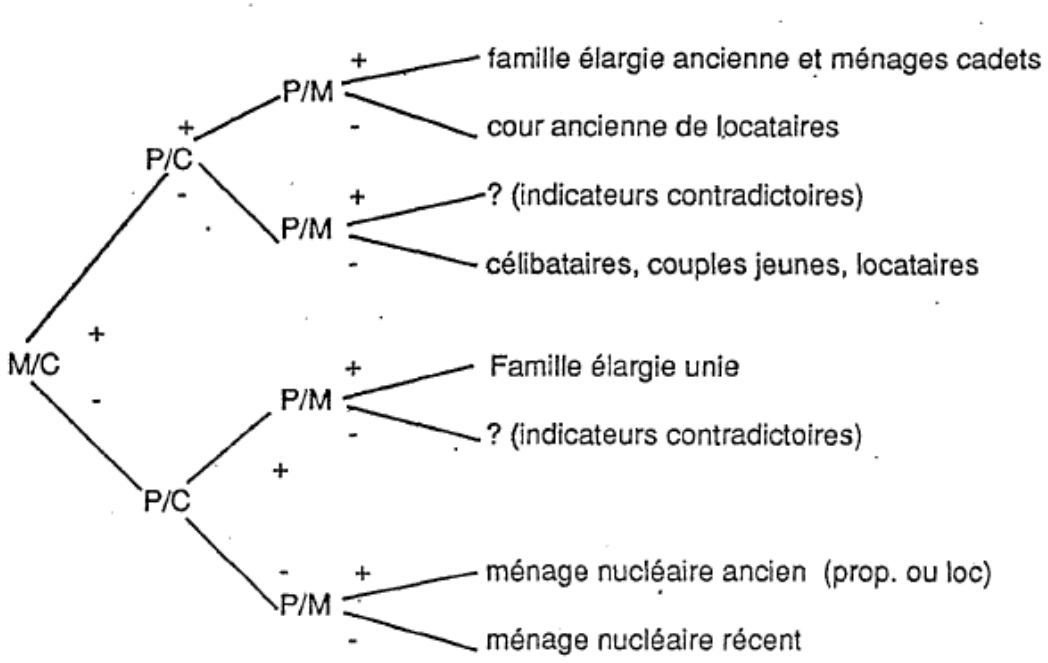


Figure 16. *Typologie des ménages - d'après (Vuarin, 1991)*

Cette classification, donnée Figure 16, est sans doute très théorique et trop détaillée mais elle correspond néanmoins à une certaine réalité de la vie sociale bamakoise.

Cependant, comme nous l'avons vu précédemment, les quartiers de Bamako sont très hétérogènes dans leur composition sociale. Il est alors illusoire et inutile de raffiner à l'extrême leur typologie. Ainsi au vu de la relation peu équivoque entre la taille des ménages et les préférences observées de consommation, nous en resterons à ce seul critère de classement illustré par la Figure 15 et formalisé par les équations ci-dessous.

[Niveau de consommation en Bois] = -0.70 * Ln([Taille moyenne des ménages]) + 3.49

[Niveau de consommation en Charbon] = 0.82 * Ln([Taille moyenne des ménages]) -0.08

L'application de ces formules à la démographie des quartiers aboutit à la Figure 17.

On retrouve sur cette dernière le clivage entre les quartiers centraux historiques grands consommateurs de bois, les quartiers tramés plus récents alliant bois et charbon et les quartiers périphériques où le charbon prédomine.

Les vieux quartiers coloniaux abritent majoritairement de grandes familles traditionnelles, installées de longue date dans de grandes concessions et qui ont l'habitude de cuisiner au bois.

Les quartiers tramés plus récents abritent également de vastes familles autochtones. les fonctionnaires de tous niveaux y sont majoritaires depuis l'origine. Mais de nombreuses concessions ont été divisées au cours du temps et accueillent aujourd'hui de jeunes couples et des célibataires migrants. La consommation de charbon y rivalise avec celle du bois.

Les quartiers périphériques continuent d'absorber la jeune population additionnelle de Bamako mais ils accueillent aussi les habitants du centre accédant à la propriété dans de nouvelles concessions ou de nouvelles villas. Ces quartiers alliant jeunesse et habitat moderne, font essentiellement le choix du charbon.

4.4. Les lieux d'achats des consommateurs urbains

4.4.1 Les types de lieux

L'auto-approvisionnement des citadins est aujourd'hui révolu. Excepté aux franges extrêmes de la ville où de tels comportements sont encore observables, le consommateur urbain achète son bois en ville. La vente de bois ou de charbon est un commerce de proximité. Les ménagères s'approvisionnent pratiquement chaque jour en combustible dans des points de vente proches de leur domicile.

On distinguera trois grands types de lieux d'achat :

- **les marchés urbains**. Ces marchés jouent actuellement un rôle de premier ordre dans la distribution du bois-énergie. Ils étaient en 2005 au nombre de 50 sur l'ensemble des 6 communes composant le district de Bamako. La Carte 13 illustre leur localisation ;
- **les boutiques en bord de rue**. Nombre de petits commerces spécialisés ou généralistes, proposent à leur client du charbon et plus rarement du bois ;
- **l'étal en bord de rue**. Dans la majorité des quartiers de Bamako, la vente en bord de rue relaye la vente sur les marchés. Nous n'avons pu dénombrer l'ensemble de ces points de vente tant ils sont nombreux et disséminés dans toute la ville. On distingue les petits points de vente itinérants sans réelle aire de stockage, des points de vente stables situés devant une concession dont la cour abrite une aire de stockage. Ces points sont principalement localisés aux abords des marchés et très rarement sur les grandes artères où le trafic routier rend difficile l'approvisionnement.

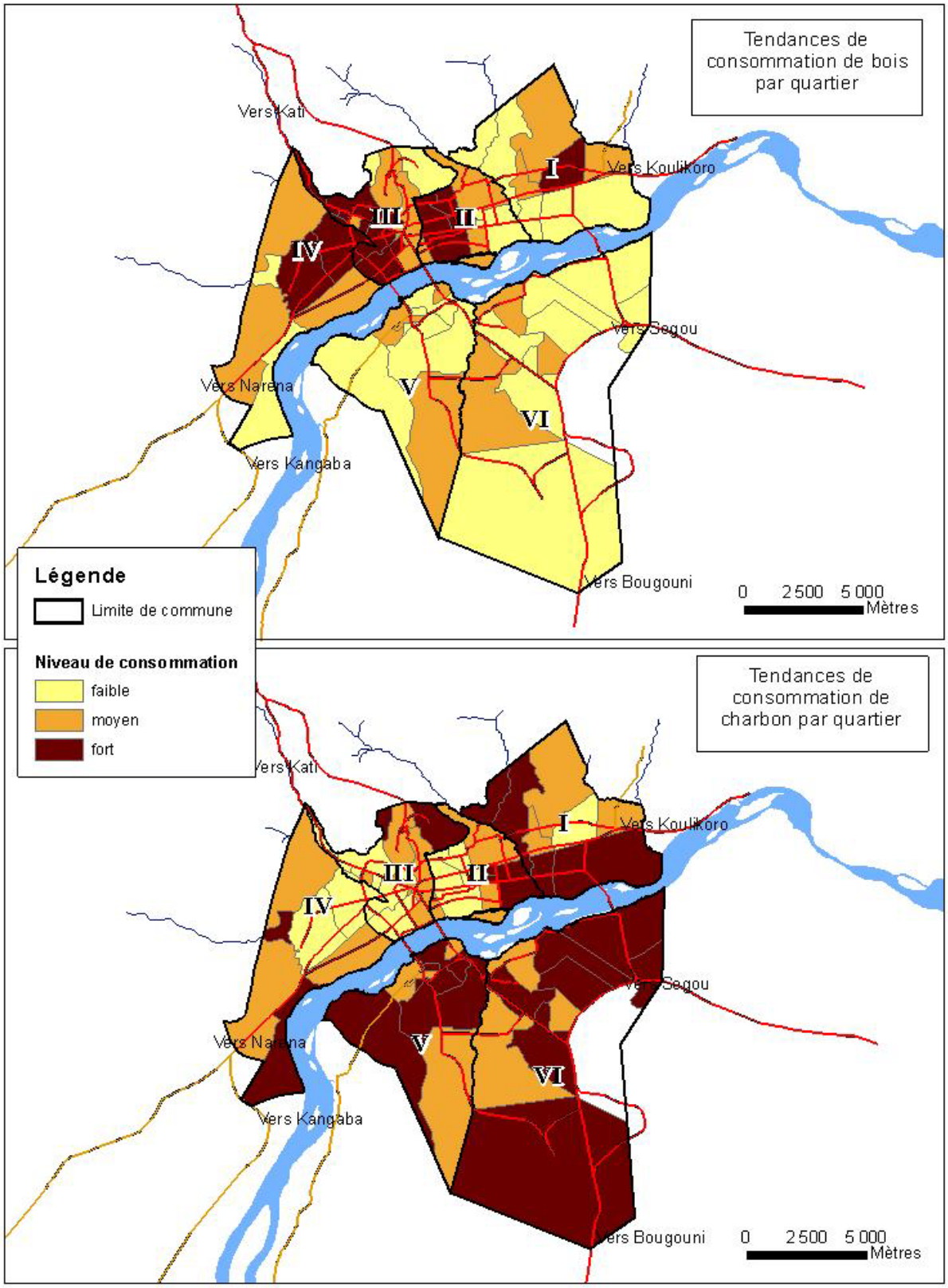


Figure 17. *Tendances de consommation de bois et de charbon par quartier (estimation en fonction de la taille moyenne des ménages)*

La vente au porte à porte, comme on peut encore la rencontrer dans des villes comme Niamey est très peu développée. Elle est limitée par les difficultés de circulation et se concentre donc dans les quartiers périphériques où il est aisé de circuler en camion.

Les vendeurs de rue sont encore très nombreux, et en nombre supérieur aux vendeurs sur les marchés, mais leur part dans la distribution est dorénavant minoritaire. D'après nos enquêtes, les marchés urbains concentrent actuellement plus de la moitié des ventes et cette part tend à augmenter. Plusieurs indicateurs nous permettent d'énoncer cette hypothèse :

- les Bamakois sont des acheteurs de marché bien plus que de boutique. 90% y achètent leurs céréales, 70% le reste de la nourriture, 80% leurs ustensiles de cuisine (enquêtes ménages CCL 1998) ;
- Bamako connaît un développement spatial important, notamment vers l'est et le sud de la ville. Les marchés de ces quartiers périphériques moins denses en termes d'habitat, sont plus vastes que les marchés centraux. Ils permettent de stocker plus de bois. Les commerçants peuvent également plus aisément circuler autour et donc plus facilement amener de grandes quantités de marchandises ;
- les recensements effectués en 1989 et 1994 sur 8 quartiers de Bamako montrent que le nombre de vendeurs hors marché a diminué de 20 % sur cette période (de 207 il est descendu à 167) ;
- les autorités communales poussent les vendeurs à se rassembler sur les marchés pour mieux les taxer et pour éviter l'encombrement des rues.

La Figure 18 ci-après illustre le quadrillage quasi systématique d'un quartier de Bamako (Hamdallaye – 35 000 habitants) par les petits vendeurs de rues.

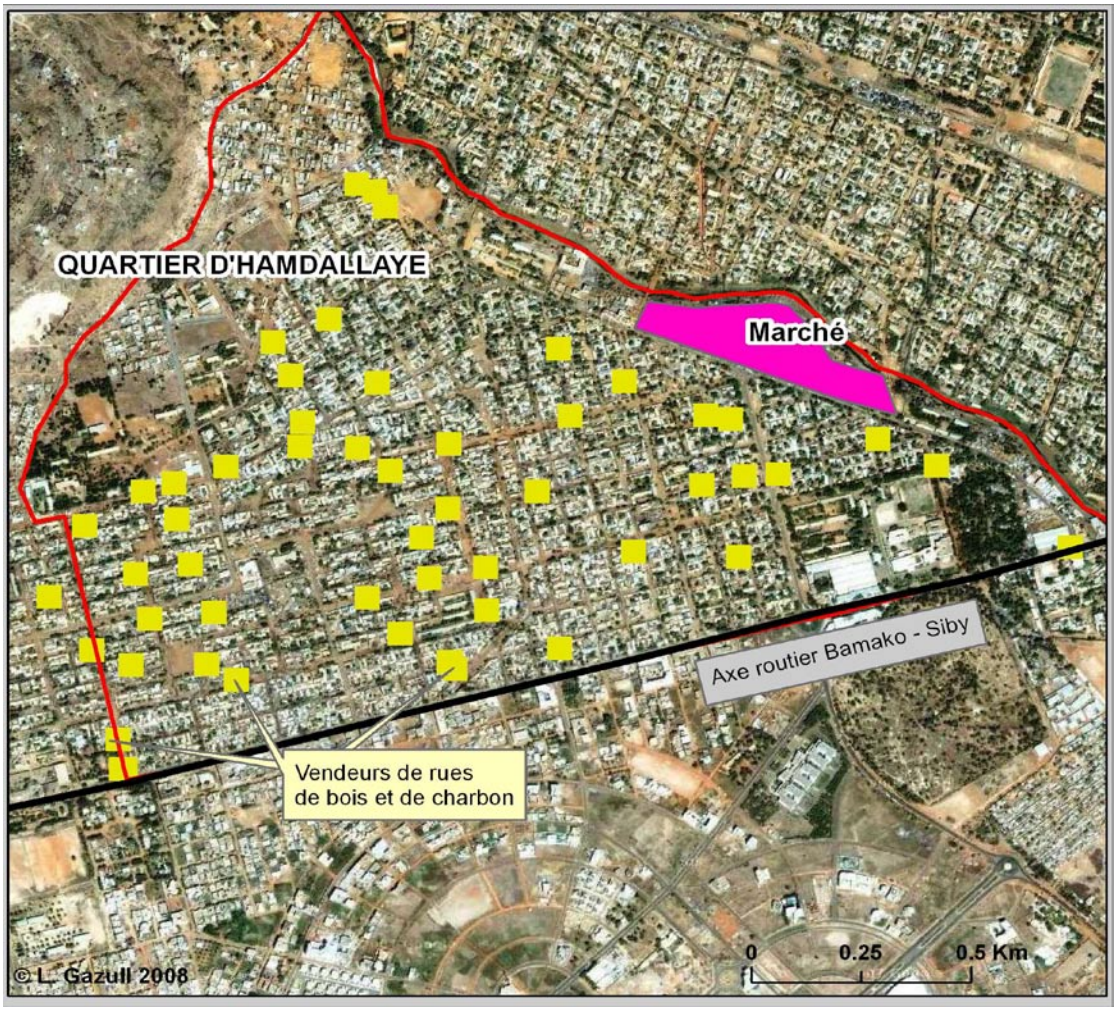


Figure 18. *Localisation des vendeurs de rues dans le quartier d'Hamdallaye (source : enquêtes 2005 de L. Gazull et D. Coulibaly)*

Cette concentration des ventes sur les marchés, résultat à la fois d'une volonté municipale, de la préférence des consommateurs, et de l'intérêt pratique des vendeurs accroît la concurrence entre les vendeurs et limite ainsi les écarts de prix et de qualité.

4.4.2 Les marchés urbains

Il n'existe pas dans Bamako de marché spécialisé dans la vente de bois-énergie. La vente se fait au sein des marchés généralistes de détail où ce commerce côtoie la vente des denrées alimentaires, des tissus, et des produits manufacturés.

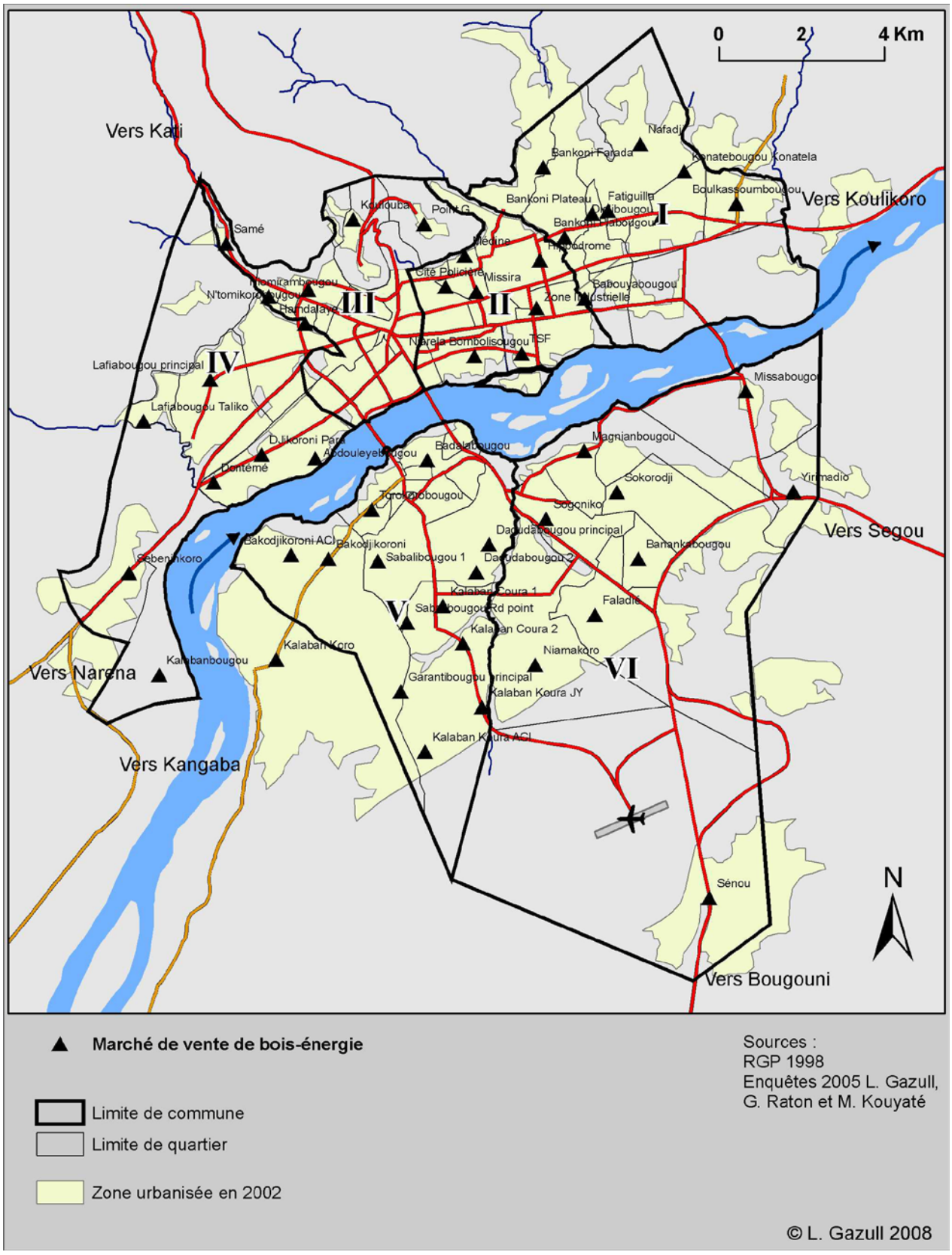
Néanmoins, le charbon étant un produit poussiéreux salissant, et le bois un produit encombrant, ces produits sont en général rassemblés à la périphérie des marchés, sur ce qui devient des places spécialisées. Comme le rappelle le manuel de planification des marchés de

vente au détail de la FAO (Tracey-White, 1997), « *les marchands de charbon sont tenus de tenir leur secteur aussi propre que possible* ».

Chaque marché dispose d'un secteur de vente de charbon et de bois, constitué d'aires de vente individuelles dont la taille varie selon le marché. Les aires de vente de charbon sont en général couvertes pour éviter la pluie. Ces aires de vente sont relativement stables dans le temps car l'entreposage du charbon marque durablement le sol, rendant difficile tout autre commerce.

Dans ces zones excentrées, le commerce du bois et charbon côtoie surtout les commerces à faible valeur ajoutée : produits vivriers, petits ustensiles de cuisine qui ont été peu à peu refoulés du centre par les commerces « riches » de produits manufacturés (Wilhelm, 1997). Ces zones périphériques cristallisent la plupart des problèmes de fonctionnement des marchés bamakois : mauvaise accessibilité, conditions physiques dégradées, conditions sanitaires très médiocres, état du bâti vétuste. Certaines places de vente se situent même sur les dépôts d'ordure du marché (Planche 4). Cette position en périphérie, illustre également la position sociale du commerce de bois-énergie considérée par les autres commerçants comme une activité dégradante et salissante.

La Carte 13 illustre la localisation des 50 marchés de vente de bois-énergie dans Bamako. Il est à noter que dans l'hypercentre commercial de Bamako (le « Marché Rose »), la vente de bois et de charbon est interdite.



Carte 13. *Localisation des marchés de vente du bois-énergie*



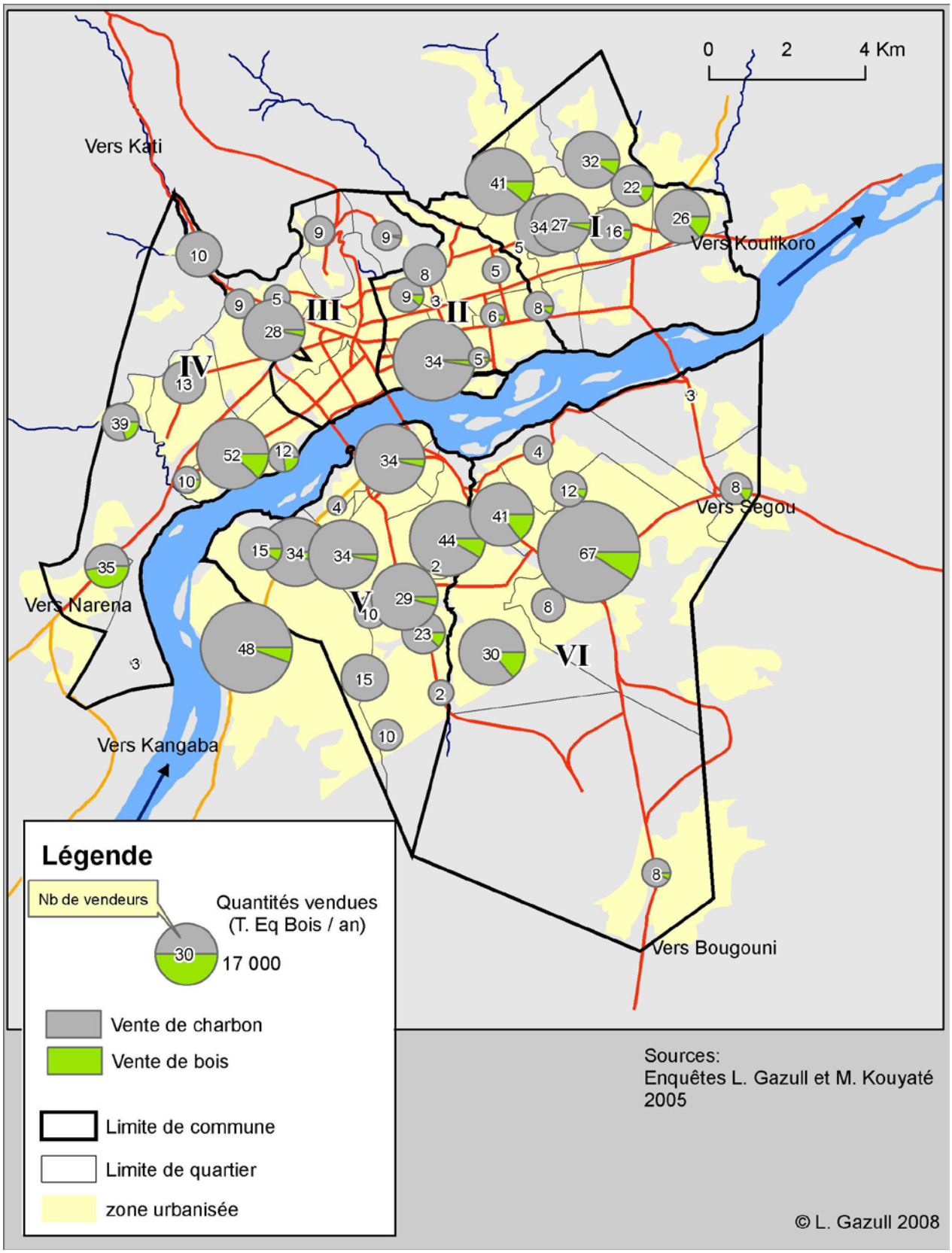
Planche 4. *La situation marginale des places de vente de bois et de charbon (Photos L. Gazull et G. Raton)*

La Carte 14 illustre la taille des 50 marchés urbains selon les quantités de bois-énergie vendues par an (estimées en tonne équivalent bois) et le nombre de vendeurs recensés par nos soins[19]. Logiquement, les marchés se localisent au plus près de la clientèle actuelle. Toutes les zones urbanisées possèdent leur marché. Les zones périphériques les plus peuplées accueillent le plus grand nombre et les plus gros marchés tandis que les marchés du centre-ville sont en faible nombre et se caractérisent par de faibles quantités vendues. Néanmoins, la localisation de la clientèle n'explique pas tout. Les marchés du centre ville ne disposent que de peu d'espace et ils sont essentiellement consacrés à la vente de biens manufacturés. Une très grande partie de la vente des biens alimentaires et du bois-énergie y a été repoussée dans les rues adjacentes. Ainsi, selon nos enquêtes, dans les quartiers centraux de Niarela (commune II) ou d'Hamdallaye (commune II), on dénombre deux fois plus de vendeurs en bord de rue que sur les marchés périphériques. Au vu du fort encombrement du bois de feu, il devient même très difficile de trouver des vendeurs de bois en centre ville. La vente se fait soit par des vendeurs ambulants livrant à domicile, soit dans quelques concessions en dehors des marchés, soit dans des quartiers voisins. On observe donc un décalage entre la propension des ménages du centre ville à consommer du bois (cf. Figure 17) et la réalité de la vente qui les pousse à consommer du charbon. A l'inverse, dans les quartiers périphériques, les marchés ont des surfaces très importantes et disposent de grandes aires de vente de bois et charbon. Les vendeurs en bord de rue y sont beaucoup plus rares.

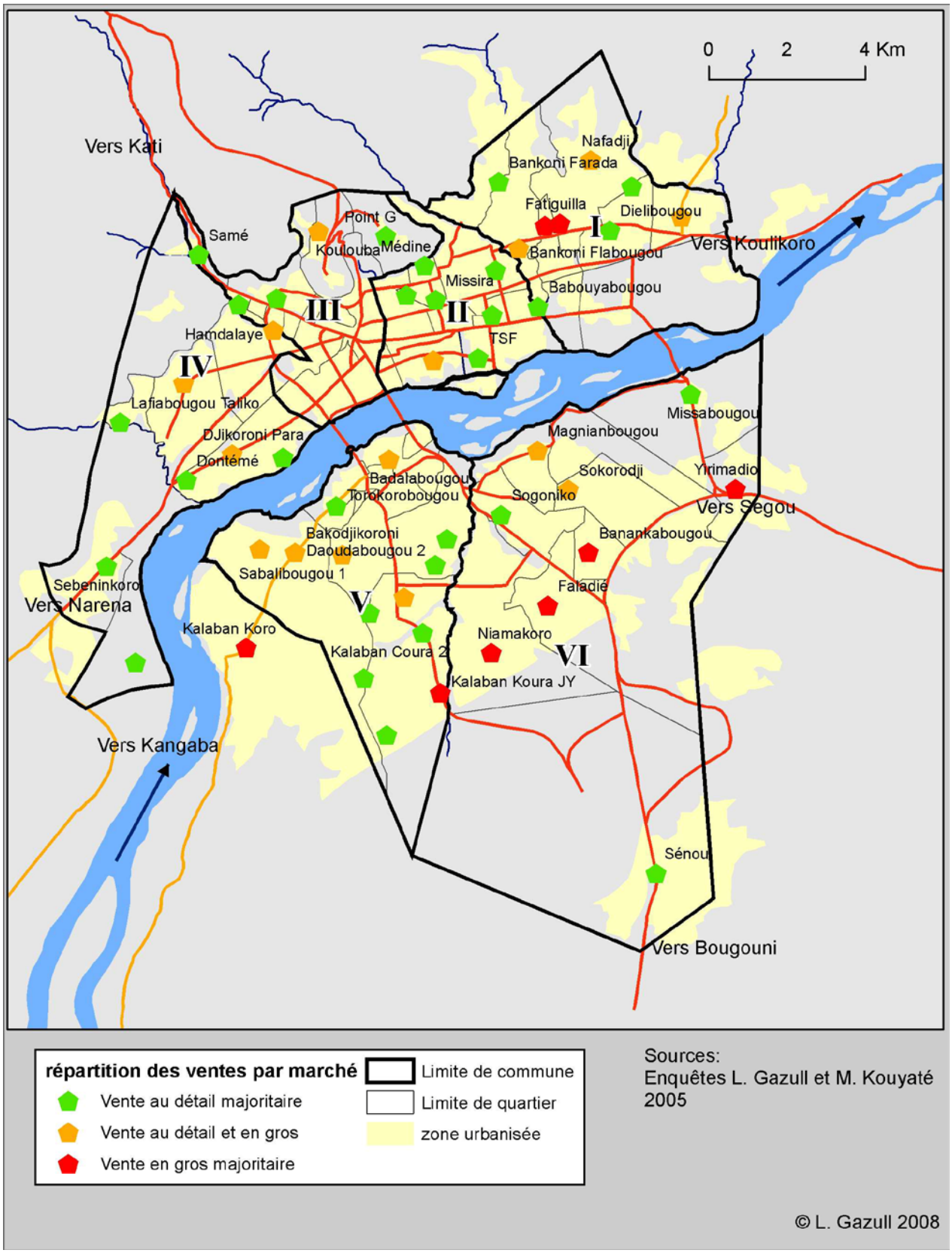
Les opérations de vente en gros et au détail sont réalisés sur les mêmes marchés, et souvent par les mêmes individus. Sans qu'il n'existe véritablement de marchés de gros, certains marchés jouent ce rôle pour les détaillants des marchés voisins. Comme le montre la Carte 15, ces marchés où domine le commerce de gros sont principalement localisés à la périphérie sud et est de la ville à l'arrivée des grands axes routiers reliant Bamako à Bougouni, à Ségou ou à Koulikoro.

Les marchés servent également de lieux de stockage et de conditionnement du bois et du charbon. Chaque aire de vente représente un stock variant entre 1 à 15 jours de vente. Le ravitaillement des points de vente est donc très fréquent.

[19] Ces estimations sont issues du recensement exhaustif des vendeurs sur l'ensemble des marchés et d'un sondage à 20% sur les quantités vendues mensuellement.



Carte 14. *Taille des marchés selon les quantités de bois-énergie vendues*



Carte 15. *Répartition des ventes en gros et au détail sur les marchés bamakois*

5. Entre la source et l'exutoire, un réseau de transport

Le transport de bois depuis la zone de production jusqu'au marché urbain est effectué tout d'abord à dos d'homme et parfois en charrette à travers des sentiers et de petites pistes, de la zone de prélèvement jusqu'à une zone de stockage et de pré-conditionnement (mise en sacs ou mise en fagots) proche des habitations villageoises ; là il peut être collecté par des commerçants urbains, mais la majeure partie est encore reprise sur des charrettes ou à dos d'homme, à travers des pistes saisonnières jusqu'à un point de vente en bord de route, ou sur un point de vente collectif ; enfin, le bois est rassemblé et chargé par des collecteurs urbains avant de rejoindre la ville par des moyens de transport de fortes capacités.

A proximité de la ville, les producteurs primaires peuvent également directement amener leur production par charrette à la ville mais ce type de transport est devenu très minoritaire.

5.1. Les voies d'entrée à Bamako

D'après les enquêtes flux 1989 et 2000, le bois-énergie entre à Bamako par trois voies :

- la voie routière : le bois entre par la route sur des camions, des voitures, des minibus, des mobylettes et vélos ;
- la voie fluviale : le bois entre au niveau du port fluvial de Djikoroni Para, sur des pirogues ou des goelettes (bateaux à voile) ;
- la voie ferrée : le bois entre au droit de la gare de Bamako par la ligne de chemin de fer Dakar-Bamako (anciennement chemin de fer fédéral Dakar-Niger).

La voie routière représente près de 95% des entrées de bois (cf. Figure 19). Comme nous le détaillerons ci après, le bois emprunte tous types de moyens de transports routiers et tous types de routes pour cheminer jusqu'aux marchés urbains.

La voie ferrée n'apporte pratiquement plus de bois-énergie. Le réseau ferré malien se limite à une seule ligne provenant de Dakar (Sénégal) dont le terminus se situe à 40 km à l'est de Bamako dans la ville de Koulikoro (cf. Carte 16). Il est un héritage de la période coloniale et

ne s'est pas développé depuis. La mauvaise gestion de la ligne et le développement du transport routier ont eu raison de ce mode de transport : en 2005 la liaison passager Dakar - Bamako, n'était plus assurée qu'une fois par semaine et nécessitait deux jours de voyage au minimum. Même si de nombreux espoirs avaient été mis dans la privatisation de la ligne en 2003, les gouvernements maliens et sénégalais ont fait dernièrement le constat d'échec de la concession de l'axe Dakar Bamako (Communiqué de presse du Ministère de l'Equipement et des Transports du Mali du 27 juin 2008). En 2000, le train n'assurait que 11% des transports intérieurs du Mali contre 86% pour la route et 3% pour le fleuve

La voie fluviale continue d'apporter quelques 5% des quantités de bois de feu mais elle n'est apparemment pas utilisée pour le transport du charbon. Le fleuve est navigable de la frontière guinéenne (à l'ouest du Mali) à Bamako et de Koulikoro (terminus de la voie ferrée) jusqu'à Gao (à l'est du Mali) pendant 5 à 6 mois de l'année. Les chenaux de navigation sont en mauvais état et ont tendance à s'ensabler. Le transport du bois se fait surtout sur la partie en amont de Bamako (entre la Guinée et Bamako). En aval, le fleuve peut être emprunté occasionnellement sur de petites portions pour faire traverser des chargements entre les axes routiers de Ségou et Koulikoro (cf. Carte 16).

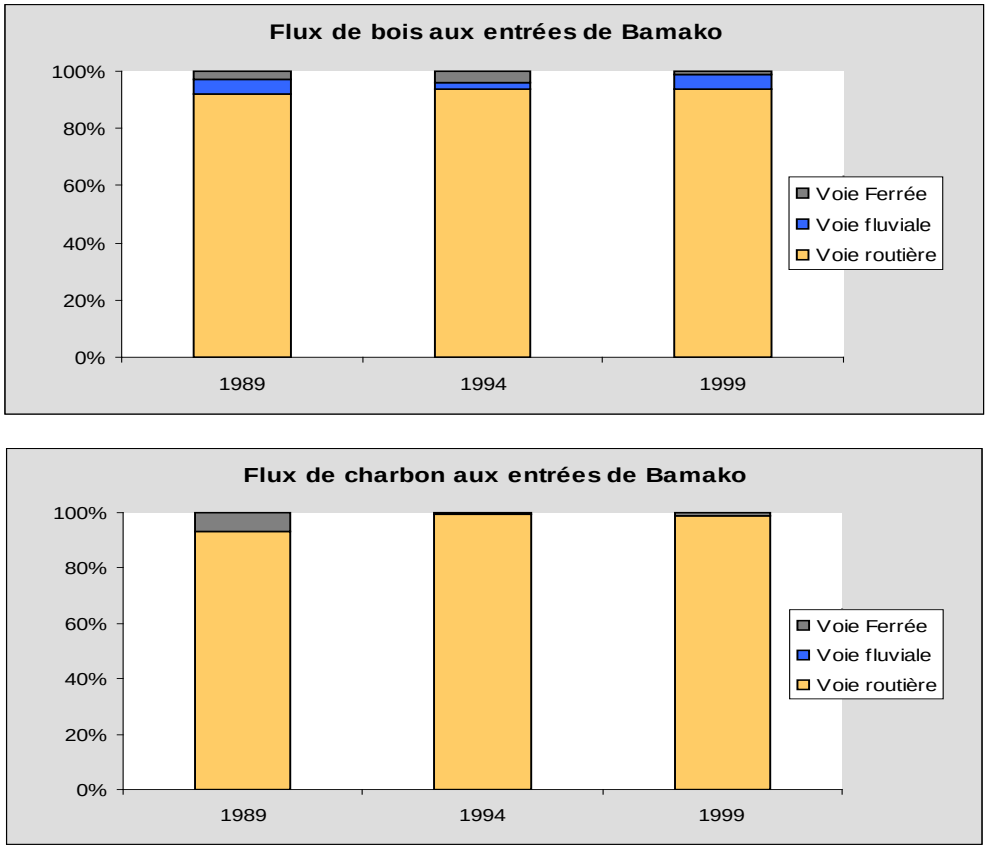


Figure 19. *Répartition des flux aux entrées de Bamako selon le type de voies empruntées (source : enquêtes CCL flux 2000)*

5.2. Le réseau routier

D'une manière générale, le réseau routier des pays sahéliens est peu développé. La densité de routes bitumées y est la plus faible au monde : 0,05 km par km2 (Estache et Goicoechea, 2005). Ces pays ayant pour caractéristique principale d'être enclavés, les routes principales y ont été tracées essentiellement pour assurer le drainage des marchandises depuis et vers les ports les plus proches. Ainsi au Mali, les routes vers Abidjan sont les infrastructures routières les plus modernes et les mieux entretenues du pays tandis que dans le même temps de nombreuses autres régions ne sont desservies que par des pistes de mauvaise qualité.

Selon la typologie officielle du Ministère des Transports, le réseau routier autour de Bamako est constitué de routes bitumées (moins de 20% du réseau total au Mali), de routes en terre, de pistes dites améliorées, praticables en permanence et de pistes saisonnières difficilement praticables en saison sèche et non praticables en saison des pluies. Cette classification est fluctuante depuis 15 ans, comme le montre les statistiques officielles du Ministère des Transports (cf. Tableau 9) ; certaines pistes pouvant d'une année à l'autre être classées en routes. Mais globalement depuis 20 ans, le réseau a très peu évolué. Il a même eu tendance à se dégrader par endroits faute de moyens.

	1995	2000	2003
Routes revêtues	17%	15%	18%
Routes en terre	11%	9%	43%
Pistes améliorées	21%	38%	25%
Pistes saisonnières	51%	38%	14%

Tableau 9. *Evolution de l'état du revêtement des routes et pistes au Mali entre 1995 et 2003 (source : Observatoire National des Transports)*

Autour de Bamako, le réseau routier principal a une structure radiaire. Il est très faiblement ramifié et n'est pratiquement pas maillé (cf. Carte 16). Le maillage est assuré par un grand nombre de pistes saisonnières en terre difficilement praticables par des engins motorisés permettant les liaisons entre les différents villages.

Cinq grands axes routiers principaux irriguent la capitale en bois-énergie:

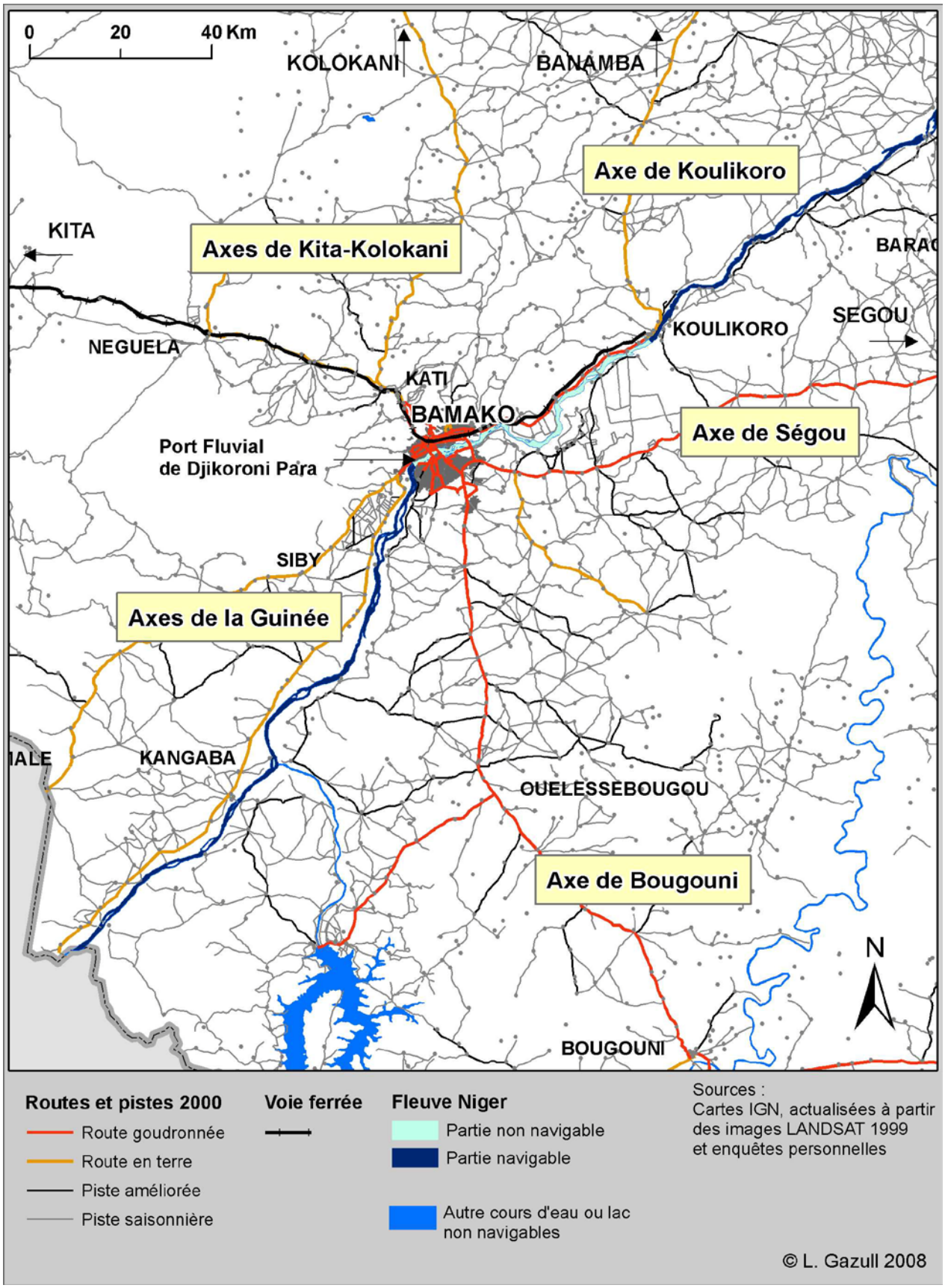
- au sud-est, l'axe de Ségou est une route goudronnée en bon état traversant tout le pays d'ouest en est jusqu'à Gao. Cet axe reçoit également au niveau de Ségou, le trafic venant de Côte d'Ivoire (Abidjan) et du Burkina Faso (Bobo Dioulasso)
- au sud, l'axe de Bougouni est une route goudronnée en très bon état desservant la deuxième ville du pays (Sikasso, 110 000 hab) et permettant également de rejoindre la Côte d'Ivoire.

- au nord-est, l'axe de Koulikoro dessert les villages le long du fleuve jusqu'à Banamba et Niamina. Goudronné jusqu'à Koulikoro, il prend la forme d'une route en terre jusqu'à Banamba et d'une piste saisonnière jusqu'à Niamina. Cet axe est globalement en bon état.
- au nord-ouest, l'axe de Kita-Kolokani se sépare en deux après la ville de Kati. L'axe Kolokani est une route en terre mais en bon état qui était en 2005 en cours de revêtement ; l'axe de Néguéla-Kita, est une piste « améliorée » en mauvais état qui longe la voie ferrée.
- enfin au sud-ouest, l'axe de la Guinée, comprend deux sous-axes : les axes de Narena et de Kangaba qui sont tous deux des pistes améliorées en mauvais état. La piste de Narena était en 2005 en cours de réfection et de goudronnage.

Le bassin de Bamako présente une nette dissymétrie sud-est/nord-ouest dans l'état et le nombre de routes : l'est et le sud du bassin sont traversés de nombreuses routes en bon état alors que tout le secteur ouest et le nord souffrent d'un réseau très peu dense de pistes améliorées ou saisonnières. Ce déséquilibre tire son origine dans l'histoire coloniale du pays et dans ses relations avec les pays voisins. A l'époque coloniale, le réseau de communication a été conçu sur la complémentarité entre la voie ferrée venant de Dakar (Sénégal), le fleuve Niger qui traverse le bassin d'est en ouest et un réseau de pistes reliant les capitales régionales (les cercles): Bamako, Koulikoro, Ségou, Kayes, Sikasso, Mopti. Jusqu'au moment de l'indépendance et de la dislocation de l'AOF[20], le sort économique du Mali était ainsi inextricablement lié à ses débouchés sénégalais par le biais du chemin de fer fédéral Dakar-Niger. Mais les profonds désaccords politiques entre les deux jeunes républiques ont abouti le 26 Août 1960 à la fermeture par le Mali des liaisons ferroviaires, postales, commerciales et financières avec le Sénégal (Thioub, 1994).

Le pays a alors favorisé le développement des axes vers le sud et le sud-est en direction du port d'Abidjan, seule alternative d'alors au débouché maritime qu'offrait Dakar. Le transport fluvial régressant, le réseau routier s'est également développé en direction des principales villes de l'est malien : Ségou, Mopti, Tombouctou. Cette situation est en partie en cours de rééquilibrage puisque les axes vers le Sénégal (Bamako – Kayes) et la Guinée (Bamako – Narena) étaient en 2005 en cours de revêtement.

[20] Afrique Occidentale Française.



Carte 16. *Le réseau de routes, de voies navigables et de voies ferrées autour de Bamako, en 2000*

5.3. Evolution des flux par axe : une réorientation vers le sud

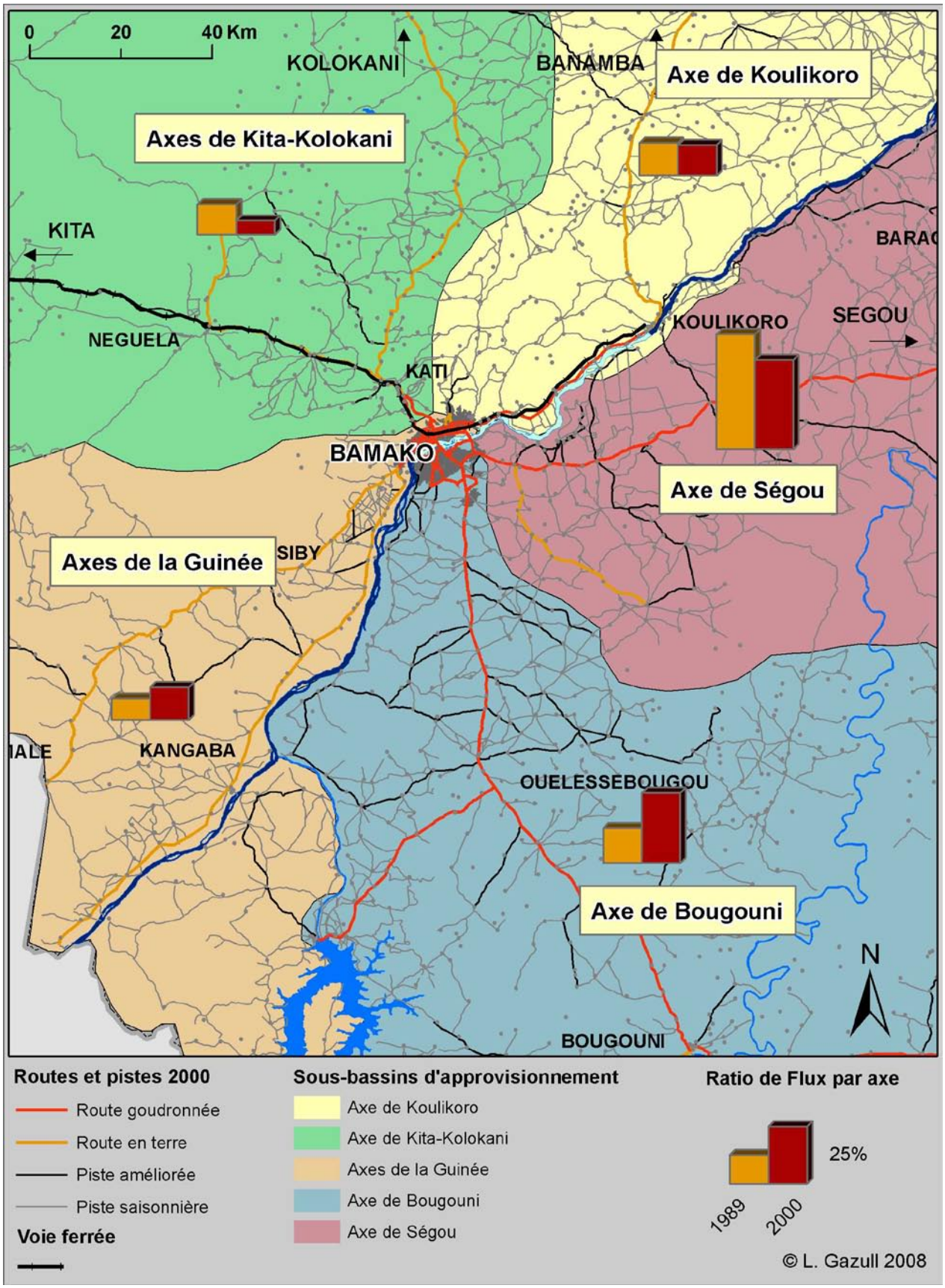
Les enquêtes flux et les interviews auprès des commerçants-collecteurs de Bamako permettent d'estimer les flux pour chaque axe. Ils permettent également de délimiter pour chaque axe son sous-bassin d'approvisionnement, correspondant à l'ensemble des villages que l'axe draine. La Carte 17 illustre les sous-bassins et les ratios de flux afférents en 1989 et 2000.

L'axe de Ségou est l'axe prépondérant, il contribuait pour 49% à l'approvisionnement de la ville en 1989, et pour 38% en 2000. Cependant son hégémonie tend à s'estomper au profit de **l'axe de Bougouni** qui contribuait en 2000 à hauteur de 30% contre 15% en 1989. Cette réorientation des flux vers le sud suit, comme nous l'avons vu, le développement de la ville dans cette même direction.

L'axe Kita-Kolokani ne contribue pratiquement plus à l'approvisionnement de la ville (9% en 200 contre 15% en 1989). Plusieurs explications peuvent être avancées : en premier lieu la présence de la ville de Kati (50000 habitants en 1998) dont la population a doublé entre 1987 et 1998. Cette ville est aux portes de Bamako sur l'axe de Kolokani. Sa propre demande intercepte donc les flux en direction de Bamako. Le sous-bassin peut alors être très producteur mais les enquêtes flux aux entrées de Bamako ne peuvent le restituer ; la seconde explication est le déclin du transport de bois par voie ferrée depuis les années 1990. Les déboires de la compagnie nationale du Chemin de fer Dakar Bamako ont rendu ce type de transport inopérant. Il est alors possible que ce moyen n'ait pas été remplacé par le transport routier et que l'activité de production ait en conséquence diminuée ; enfin, la troisième raison est sans doute que la région de Kita et de Neguela (à l'ouest de Bamako) a bénéficié d'un financement important du Bureau International du Travail (B.I.T.) pour l'aménagement des forêts et l'embauche des bûcherons à des taches à « Haute Intensité de Main d'œuvre » telles que la réalisation de pare-feux ou des plantations. L'organisation de l'exploitation des forêts dans toute cette zone a profondément été bouleversée et elle semble avoir été boudée par les commerçants bamakois qui n'y trouvent pas les mêmes facilités d'exercice du commerce que dans les autres parties du bassin.

L'axe de Koulikoro (au nord) n'a pas vu sa contribution évoluer.

Les axes de la Guinée semblent amorcer un léger essor. Ils ont sans doute bénéficié du déclin de l'axe de Kita-Kolokani, mais également des travaux de réfection de route en terre Bamako-Siby-Kouremale. Cette route a en effet été progressivement améliorée pour devenir totalement revêtue en 2008.



Carte 17. *Evolution des flux par axe entre 1989 et 2000*

5.4. Les véhicules

Les véhicules sur lesquels le bois-énergie entre en ville sont très variés. Les enquêtes de la CCL ont ainsi recensé des ânes, des chameaux, des vélos, des charrettes, des deux roues motorisés, des voitures personnelles, des tracteurs, des « pick -up » bâchés *Duruni*[21], des minibus *Sotrama*[21], des camions de différentes dimensions (de 5T de charge utile à 10T de charge utile), des semi-remorques et même des camions citernes. La Planche 5 illustre cette variété.

Comme le montre la Figure 20, le camion de type 10T est le moyen de transport le plus utilisé pour approvisionner la ville. Néanmoins, l'évènement marquant de ces 20 dernières années (depuis 1996 environ) est l'introduction du *Sotrama* comme nouveau moyen de transport. Ce mode de transport principalement réservé au transport collectif urbain est dorénavant un des principaux vecteurs des flux de bois-énergie.

La flotte globale de véhicules est très réduite et surtout très vieillissante. D'après les statistiques officielles, 90% des camions ont plus de 16 ans.

Comme on le voit dans Tableau 10, le renouvellement de la flotte de véhicules susceptibles de transporter du bois-énergie durant ces 20 dernières années s'est effectué essentiellement par l'arrivée massive de minibus (transport en commun) sur Bamako et dans une moindre mesure par l'augmentation de la flotte de camion de type 10T; le reste de la flotte n'a pratiquement pas évolué.

	Charge utile (T)	1995	2000	2003	% de plus de 16 ans
Pick-up bâché	**1.7**	5306	9538	7940	65%
Minibus	**3.5**	1568	6861	7006	78%
Camion	**10.0**	2486	6058	5225	90%
Semi-remorque	**25.0**	1036	3785	1829	78%

Source : Annuaires statistiques des transports du Mali – Ministère de l'Equipement et des Transports

Tableau 10. *Evolution de la flotte de véhicules du Mali entre 1995 et 2003*

Le vieillissement des moyens de transports n'est pas sans conséquence sur le commerce du bois énergie. En effet, les camions ou les minibus les plus vieux ne peuvent emprunter les pistes en mauvais état et se limitent donc à des trajets sur les axes praticables ; Ils ne peuvent

[21] *Duruni* et *Sotrama* sont deux types de transport en commun de Bamako. Les *Duruni* sont des 404 ou 504 Peugeot bâchés, aménagés de bancs pour le transport de personnes, et les *Sotrama* sont des minibus de 16 à 21 places, principalement des Toyota Hiace et Mercedes D207

donc aller collecter le bois au droit des zones de production mais au droit de zones de concentration en bordure de route.

Comme nous le verrons dans la partie suivante, la rareté des moyens de transport est vécue comme un véritable frein au commerce du bois. En effet, il n'y a pas de moyens de transport exclusivement affecté au bois. Le bois entre en compétition avec les autres types de marchandises : céréales, coton, biens manufacturés. En revanche, le bois-énergie se collectant à des distances encore relativement faibles (entre 50 et 150 km), c'est un moyen de « recycler » de vieux moyens de transport (10T) qui ne peuvent plus faire de longs trajets.

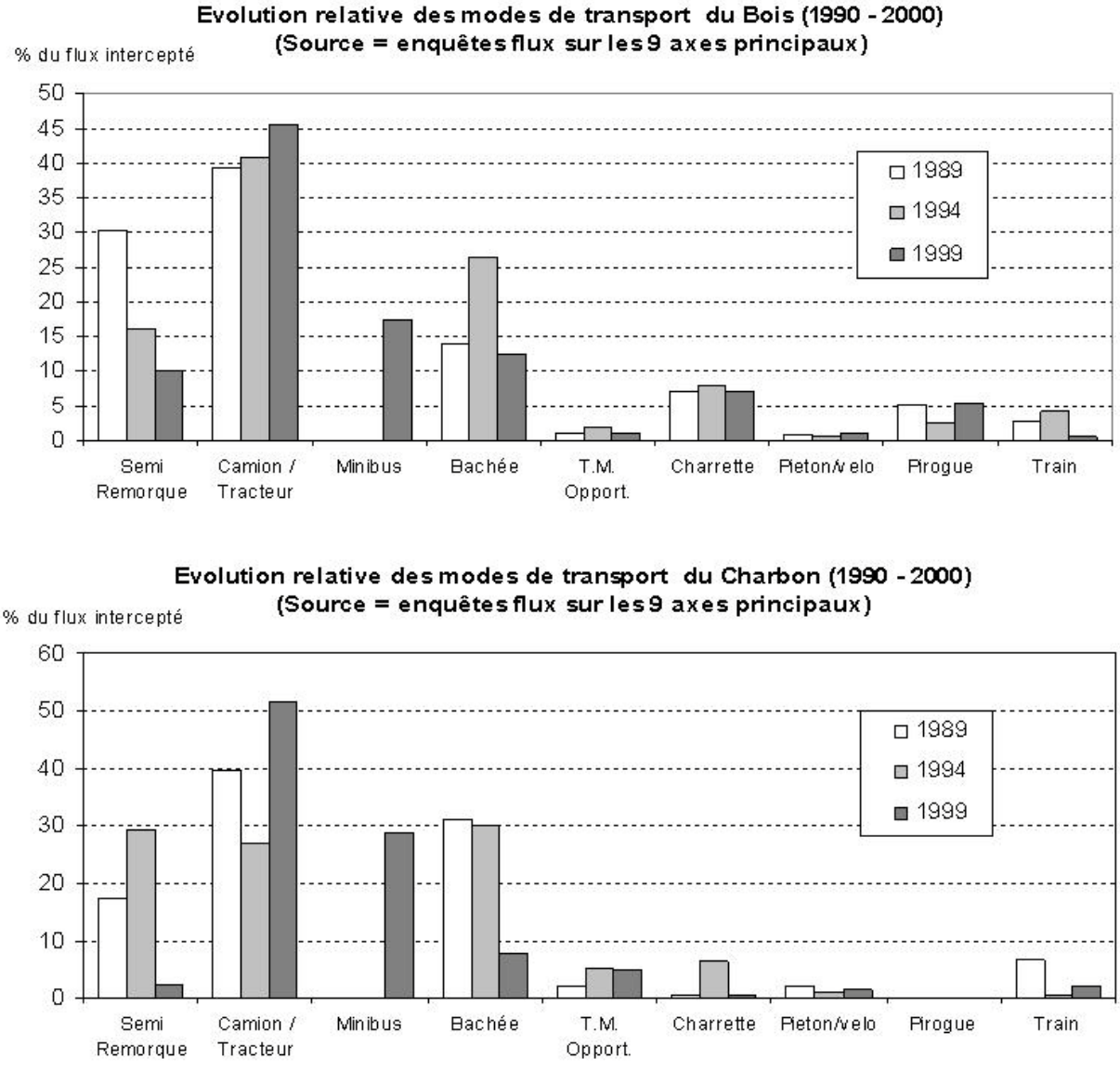


Figure 20. *Evolution des quantités transportées par moyen de transport (source : CCL 2000)*

La charrette à âne, ne représente plus qu'un moyen de transport anecdotique



Les *Durun*is et autres pick-up bachés sont en fin de vie





Les minibus *Sotrama* ont pris le relais des *Durunis*. Ils assurent près de 30% du transport.





Les camions 10T assurent à eux seuls 50% de l'approvisionnement



Les semi-remorques peu nombreux sont réservés au transport du bois

Planche 5. *Les moyens de transport du bois et du charbon en 2005 (photos : L. Gazull et G. Raton)*

5.5. Les évolutions du transport : la révolution du Sotrama

Comme les enquêtes flux le montrent, le *Sotrama* est devenu, brutalement, à partir des années 1996-1997, un des principaux moyens de transport vecteurs du bois-énergie et en particulier du charbon. En 2000, il représentait 30 % du trafic de charbon aux entrées de Bamako.

Trois raisons majeures peuvent expliquer cette innovation :

1. **en termes de capacité de charge**, le minibus comble un vide qui existait entre les gros porteurs de type camion 10 Tonnes et les petits porteurs de type Duruni (camionnette bâchée Peugeot 404) (cf. Tableau 11).
2. **en termes de disponibilité**, le parc de *Sotrama* est très important. Il serait de l'ordre de 3000 véhicules en 2004. A l'inverse, le parc de Duruni est devenu très vétuste et s'est considérablement réduit (cf. Tableau 12). Ces véhicules datent des années 1960 et tendent naturellement à disparaître au profit de ce nouveau type de véhicule. Actuellement, nombre de Duruni ponctuent le bord de routes sous forme d'épaves dont on peine à croire qu'elles peuvent encore rouler.
3. **en termes de flexibilité**, il est possible d'adapter la capacité de transport du Sotrama en fonction de la quantité respective de bois et de passagers à transporter. Les sièges du véhicule peuvent facilement s'enlever et se mettre sur le toit. Ainsi, certains transporteurs font le trajet aller jusqu'au village de collecte avec des passagers et reviennent sur Bamako avec du bois. D'autres partagent leur « chargement » entre passagers et bois.

Ce nouveau moyen de transport est, sans doute, autant une conséquence, qu'une cause de la multiplication des détaillants-collecteurs et des semi-grossiste forains dont les capacités de collecte sont insuffisantes pour remplir un camion de 10 T et trop importantes pour un pick-up bâché.

Transport	type	Volume utile (m3)	Kg de bois	Nombre de Fagots	Kg de charbon	Nombre de sacs
Charrette	2 roues	0.8	1 000	250	700	15
Duruni	Peugeot 404	5	1 700	500	1 600	33
Sotrama	**D 207, 22 pl**	10	**4 500**	**1 300**	**3 300**	**55**
Camion	10 T	30	12 000	3 000	10 000	160
Semi-Rqe		60	27 443	7 841	21 500	250

Sources : calibrages DNEF, calibrages CCL, enquêtes de l'auteur

Tableau 11. *Capacités moyennes de charge des différents modes de transport du bois-énergie*

	1989	1998	2003
Nb *Sotrama*	239	2 124	3 160
Nb *Duruni*	1 038	525	118

Sources : (SITRASS, 2000) et (Gouzenne et Robert 2005)

Tableau 12. *Evolution de nombre de Sotrama et de Durunis entre 1989 et 2003*

Malgré les efforts faits pour inciter les populations à réduire leur consommation en combustibles ligneux, la consommation individuelle des habitants de Bamako ne cesse d'augmenter depuis 15 ans. L'extension urbaine se faisant toujours sur le mode de la concession ou de la villa, les conditions de logement sont toujours adaptées à la cuisine en plein air, au bois comme au charbon, et le réseau de distribution des combustibles ligneux est particulièrement efficace. Pratiquement tous les marchés généralistes de la ville accueillent des vendeurs de bois-énergie et ces points de vente sont relayés par de nombreux vendeurs en bord de rue.

Contrairement à ce qui avait été annoncé dans les années 1980, l'aire d'approvisionnement de Bamakois a, dans le même temps, peu évolué et elle continue d'approvisionner efficacement la capitale malienne. Sa portée médiane est restée de l'ordre de 60 km, ce qui est faible pour une ville de plus de un million d'habitants.

Cependant si son rayon a peu évolué, son organisation interne a subi des évolutions notables. Les flux se sont orientés vers le sud, sans doute en lien avec le développement méridional de Bamako, et surtout la collecte du bois s'est concentrée dans un petit nombre de villages fournisseurs. L'augmentation de la demande urbaine ne s'est pas accompagnée d'une multiplication des zones de collecte et de production mais a donné lieu à une intensification de l'exploitation autour d'un petit nombre de villages qui assurent les fonctions d'aires de vente. Cette concentration des ventes s'est également accompagnée d'un changement dans le smodes de ventes du bois-énergie. La vente de bois et encore plus de charbon directement auprès du producteur sur son site de production est une pratique en déclin. **Actuellement, la majorité du bois et du charbon provient d'aires de vente située sur des foires hebdomadaires**.

Enfin, le réseau routier a très peu évolué durant ces 20 dernières années. Il n'est donc pas responsable des évolutions constatées. En revanche, les circuits de collecte ont évolué en grande partie grâce à l'utilisation d'un nouveau moyen de transport : *le Sotrama,* minibus que l'on peut aisément transformer pour le transport du bois.

Les évolutions observées sur les circuits de collecte et sur les lieux de vente laissent supposer également des évolutions dans l'organisation sociale de la filière d'approvisionnement. Nous allons dans une seconde partie nous intéresser aux acteurs et aux groupes sociaux qui mettent le bois en mouvement et qui par leurs actions et leurs relations concourent à approvisionner les consommateurs bamakois.

Partie II
Le bassin d'approvisionnement, une forme socio-économique

Le jeu des interactions sociales et économiques

Dans cette deuxième partie, nous aborderons le bassin d'approvisionnement comme un espace où vivent et travaillent des hommes et des femmes, qui par leurs actions et leurs relations, concourent à approvisionner les consommateurs bamakois. L'approvisionnement de Bamako est le fruit d'un grand nombres d'acteurs interdépendants : le détaillant pour vendre du bois dépend d'un grossiste qui l'approvisionne, qui lui-même dépend d'un transporteur et d'un producteur de bois-énergie.

L'ensemble de ces acteurs en interactions forment **une filière**, dont nous retiendrons l'acception sociale donnée par Duruflé : « *ensemble d'acteurs économiques liés par des relations commerciales, qui contribuent directement à la production, puis à la transformation et à l'acheminement jusqu'au marché de réalisation d'un même produit* » (Duruflé et al., 1988). Ainsi définie, la filière a valeur d'organisation[22] et surtout de système d'action concret tel que le définissent les sociologues des organisations M. Crozier et E. Friedbeg (1992): « *ensemble de jeux structurés entre des acteurs interdépendants, dont les intérêts peuvent être divergents voire contradictoires* ».

Ce système est composé de **trois grands sous-systèmes** en interaction : i) **le système de la consommation urbaine**, assuré par des consommateurs urbains dont les choix et les relations avec les vendeurs influencent la production et la distribution; ii) **le système de contrôle et de régulation de l'Etat**, assuré en majeure partie par les services forestiers dont les règles formelles et les pratiques informelles pèsent sur l'activité de tous les autres acteurs ; et iii) **le système d'approvisionnement** (regroupant la production, la transformation, l'acheminement et la distribution), qui est assuré principalement par la chaîne des producteurs, des collecteurs et des transporteurs, dont les échanges commerciaux et les relations sociales conditionnent l'efficacité de l'approvisionnement.

[22] Organisation : « Ensemble structuré (de services, de personnes) formant une association ou une institution ayant des buts déterminés » (source : TLFi 2004).

Comme dans toute organisation, les processus d'interaction au sein de ces sous-systèmes, comme entre ces sous-systèmes, sont régulés par **des règles** grâce auxquelles les acteurs «*règlent et gèrent leurs dépendances mutuelles*» (Friedberg, 1993). Ces règles peuvent être définies à partir de la **structure formelle** de l'organisation mais aussi par les **pratiques informelles** des acteurs. De l'accès aux ressources ligneuses à la distribution en ville, la filière est régie par des règles du jeu issues à la fois du cadre juridique formel garanti par l'Etat et de normes sociales informelles (Ribot, 1998). Le décalage constant entre le légal (lois et ordonnances) et les normes sociales imposées par les différents pouvoirs en jeu au sein de la filière (pouvoir de l'Etat, pouvoirs locaux, pouvoir des services forestiers, pouvoir des collectivités) font que les règles écrites sont souvent remises en cause et font l'objet de détournements à tous les niveaux. Cette dualité des règles font qu'elles représentent autant des **contraintes** que des **zones d'incertitudes** d'où les acteurs tirent une marge de manœuvre pour agir (Crozier et Friedberg, 1992).

L'objet de cette deuxième partie est d'**identifier les acteurs** de la filière et d'analyser leurs interactions au travers des **règles et des pratiques** qui déterminent et définissent **leurs stratégies globales**. Dans cette partie, la notion de *stratégie* sera considérée dans l'acception qu'en donne la sociologie des organisations : *« la stratégie n'est rien d'autre que le fondement inféré ex-post des régularités de comportements observés »* (Crozier et Friedberg, 1992). Il ne s'agit donc pas ici de s'intéresser aux moteurs des choix individuels des acteurs (qui feront l'objet de la troisième partie) mais de dégager, au regard des règles établies, les comportements émergents.

Pour chacun des trois sous-systèmes étudiés, la démarche d'analyse s'inspirera d'une grille d'analyse des filières, très largement utilisée dans le cadre des productions agricoles africaines (Moustier et Leplaideur, 1999 ; Tallec et Bockel, 2005b). Cette grille comprend quatre points essentiels qui seront repris pour chacun des sous-systèmes :

1. *la délimitation du système* qui consiste à identifier les acteurs, définir leur rôle, et à construire le graphe des échanges entre ces derniers;
2. *la typologie des acteurs* qui a pour objectif de comprendre les pratiques des différents types d'acteurs de la filière ;
3. *l'analyse comptable* qui étudie les différents niveaux de prix dans la filière, ainsi que la répartition de la valeur ajoutée entre les acteurs;
4. *l'analyse de l'organisation* de la filière qui essaie de comprendre les relations entre acteurs et les règles qui régissent ces relations.

Nous ajouterons également à ces quatre points, une *analyse des dynamiques*. En effet, la mise en perspective des changements ou des invariants organisationnels permet de mieux comprendre la position des acteurs dans le jeu que représente la filière et ainsi de mieux comprendre leurs stratégies qui seront plus finement analysées dans la partie III.

6. Le système de consommation

Pour leurs besoins domestiques (cuisson, chauffage), les consommateurs bamakois ont depuis plus de 20 ans, le choix entre 5 types de combustibles :

- le bois conditionné sous la forme de fagots ;
- le charbon vendu au kg, au sachet ou au sac ;
- le gaz butane conditionné majoritairement sous la forme de bouteilles de 6 kg ;
- le pétrole lampant vendu au litre ;
- l'électricité.

Au Mali, **les prix du bois-énergie et des hydrocarbures sont libres** depuis 1986. Ce sont donc *a priori* les règles de l'offre rurale et de la demande urbaine qui fixent les prix à la consommation. Néanmoins, afin de réduire la consommation en bois-énergie, le gouvernement malien, sous l'influence de la Banque Mondiale, tente depuis le début des années 1990 d'inciter les ménages bamakois à diversifier leurs sources d'énergie, et surtout à substituer le gaz au charbon.

Avant de nous intéresser au profil des consommateurs de bois-énergie, il convient donc de rappeler les règles que l'Etat tentent d'imposer aux bamakois.

6.1. Les politiques d'orientation de la demande menées par l'Etat malien

Depuis 1994, le gouvernement malien a entrepris trois grands types d'actions visant à orienter la consommation des ménages urbains :

- la promotion de foyers à bois et charbon dits améliorés ;
- le subventionnement du gaz butane ;
- le subventionnement des foyers à pétrole et à gaz ;

6.1.1 Le subventionnement du gaz butane.

Depuis 1989, date de lancement du Programme Régional de promotion de l'utilisation du Gaz butane (PRG) dans l'ensemble des pays du CILSS[23], l'Etat malien verse directement à 5 opérateurs privés une subvention pour l'importation et la distribution du gaz butane. Le montant de cette subvention, ainsi que les types de conditionnements sur lesquels elle a porté, ont varié selon les années.

Actuellement, cette subvention est prise en charge par une agence para-gouvernementale : l'Agence Malienne de Développement de l'énergie domestique et de l'Electrification Rurale (AMADER) financée en grande partie par la Banque Mondiale. La subvention a permis de maintenir le prix du gaz destiné à la consommation des ménages à 240 Fcfa/kg, de 1989 à 1994 (avant la dernière dévaluation du Franc CFA). Depuis 1994, le prix du gaz est fixé par l'Etat à 320 Fcfa/kg. La subvention ne s'applique qu'aux bouteilles « domestiques » de 2.75 kg et de 6 Kg. Pour les autres types de conditionnement, le prix du gaz non subventionné s'élève à 847 Fcfa/kg. La subvention permet ainsi de diviser le prix du combustible par 2.6. Cependant, ce principe de rétribution oblige les opérateurs à préfinancer les produits avant de se faire rembourser par l'Etat. Or, la subvention a parfois été versée avec un an de retard. Au gré de la comptabilité des sociétés, il s'en est suivi d'importantes fluctuations dans l'approvisionnement, voire même des ruptures complètes de stocks. Aux dires de M Diawara, gérant de la Sodigaz, ces fluctuations et le manque de promotion auprès des populations, seraient en partie responsable du peu d'engouement des maliens pour ce combustible (cf. Encadré 5).

6.1.1.1 Le subventionnement des réchauds à pétrole et des foyers améliorés à charbon de bois

Parallèlement au subventionnement du gaz, le gouvernement malien au travers du projet SED a tenté de promouvoir l'importation de réchauds à pétrole et la fabrication locale de foyers améliorés à charbon de bois (cf. *Planche 6*). Les moyens financiers mis en œuvre furent divers : subventions directes ; importation de fûts en tôles ; réduction des taxes douanières …

Mais ces aides se sont fait au coup par coup sur une période très courte, de Janvier 1997 à Décembre 1998. Là encore, la complexité des procédures, la lenteur des dossiers des appels d'offres, le faible montant des subventions ont entraîné de nombreuses ruptures de stocks et une faible pénétration de ces nouveaux outils.

[23] CILSS : Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel. Le CILLS regroupe 9 pays sahéliens dont le Mali.

Au bout du compte, le gouvernement a surtout compté sur les économies d'énergie potentielles que les ménages font avec les fourneaux améliorés comme argument principal de vente et de diffusion. Le Programme Régional de promotion des Energies Domestiques et Alternatives au Sahel (PREDAS), estime à environ 76 000 le nombre de fourneaux améliorés vendus sur Bamko entre 1998 et 2002. Sachant qu'un tel équipement a une durée de vie de deux ans, on peut estimer à 38 000 le nombre de ménages équipés, sur un total de 200 000 ménages. Le taux de pénétration de ce type d'équipement serait donc de l'ordre de 20%.

Actuellement, ces programmes de promotion sont arrêtés. L'AMADER se concentre sur le subventionnement du gaz et des réchauds correspondants, ainsi que sur la sécurisation de l'approvisionnement en gaz au Mali.

Le gaz butane nécessaire pour toutes les régions du pays

Afribone.com - 08 Février 2006

Difficilement, le taux de **40% de la couverture des besoins en gaz de la capitale** est atteint, a expliqué Oudiary Diawara gérant de Sodigaz, une des quatre sociétés de distribution de la place.

Ainsi, selon Mr Diawara, deux facteurs sont à la base de cette **difficulté d'approvisionnement** : le premier facteur, lui est psychologique dans la mesure où les usagers maliens ont la **mauvaise expérience des explosions des bonbonnes**, qui sont souvent mortelles. Quant au deuxième facteur, il est économique. Il relève de la **cherté du gaz butane** évoquée à tort, selon Mr Diawara. Le gaz coûte aujourd'hui 2000 Fcfa, tandis que le sac de charbon lui coûte 4000 à 4500 Fcfa. Egalement, taxes de douanes légères prélevées sur le produit, coût de l'électricité, disponibilité des emballages en quantité, sont quelques difficultés rencontrées par les distributeurs, a indiqué Mr Diawara.

Malgré la subvention du gaz butane, les pouvoirs publics entreprennent **peu d'actions de promotion**. C'est pourquoi, dans la sous-région, en matière de consommation de gaz, **le Mali est en queue de peloton**, a déploré Mr Diawara.

…/…

Encadré 5. *La difficile percée du gaz au Mali (extrait de presse - Afribone.com - 08 Février 2006)*

6.1.1.2 Les campagnes de communication

En 1998, le projet SED a initié une campagne de communication afin de sensibiliser les consommateurs aux problèmes de surexploitation des ressources ligneuses et de les inciter à diversifier leurs énergies. Cette campagne a duré environ un an et s'est appuyée sur des spots et feuilletons radio-télévisés. Depuis, à notre connaissance, aucune nouvelle campagne de ce type n'a vu le jour. Comme nous l'avons vu ci-avant, les consommateurs sont tenus à l'écart des négociations et de l'information sur la gestion des forêts et sur le commerce du bois-énergie.

Au final, il apparaît que toutes les actions menées par le gouvernement pour réorienter la demande urbaine vers les combustibles pétroliers (gaz et pétrole) et vers une diminution de la consommation en bois-énergie (foyers améliorés), ont peiné à se mettre en place et à obtenir des résultats tangibles. Comme l'illustre l'*Encadré 6*, le secteur du gaz est un secteur totalement soutenu par le gouvernement. La fragilité du marché du gaz fait que la moindre déficience de cette aide (retard de paiement, difficultés d'approvisionnement) conduit à l'arrêt de la production, voire à la faillite des fournisseurs. Le taux de pénétration des réchauds à pétrole est resté insignifiant sur Bamako (Kerkhof *et al.*, 2002). Le taux de pénétration des foyers amélioré est à peu près satisfaisant. Mais, là encore, P. Kerkhof *et al.* faisaient remarquer que l'activité de production de ces foyers était très assistée et que sans les aides de l'Etat, nombre d'artisans arrêteraient cette production.



***Planche 6**. Les équipements de cuisson promus par l'AMADER : foyers à charbon améliorés (bandeau du haut et étage bas de l'étagère), réchauds à gaz (étage haut de l'étagère) et réchauds à pétrole (étage intermédiaire de l'étagère)*
(photos AMADER et L. Gazull)

Equipement

Nom	Nafacaman (simple ou mixte avec panier pour charbon de bois)
Pays d'origine	Mali - Niger
Année de lancement	1992
Aire de diffusion	Principales villes du Mali, milieu rural de la région de Ségou, Sikasso, Mopti, Kayes, Koulikoro
Prix au producteur	2250 – 9 500 Fcfa
Prix de vente de détails	2500 – 10 000 Fcfa



Caractéristiques techniques

Combustible utilisé	Bois et charbon de bois
Concepteur	Laboratoire d'Energie Solaire (1988)
Modèle	Foyer multi marmite ; existe en 4 tailles (1-5 ; 2-10 ; 20 ; 25)
Dimensions	N° 1-5 Hauteur :240mm; diamètre :330 mm N° 2-10 Hauteur :290 mm ; diamètre : 450 mm
Poids moyen	……kg
Matériaux de construction	Tôle neuve ou de récupération, peinture
Technique de fabrication	Fabrication artisanale (découpage, pliage, agrafage) ; pas de soudure ; fabriqués par les artisans forgerons
Durée de vie en utilisation	2 ans (moins pour la grille et la corbeille pour le charbon de bois) ; beaucoup plus pour le corps du foyer
Efficacité mésurée en ébullition	27-32% (CNESOLER)
Economie théorique	40-50% par rapport au foyer traditionnel
Quantité de combustible pour la cuisson d'un plat moyen	0.680 kg ; 0.870 kg de charbon
Description plat moyen	3kg de riz & 3kg de sauce (environ 10 personnes)
Economie réelle	47% (enquêtes consommation 2000 de la SED)
Emission de CO2	2,176 kg CO2 (coefficient admis 3.20 kg CO2/1kg)
Emission de CO	?? kg par kg de charbon (mesures du laboratoire d

Figure 21. **Exemple de fiche technique d'un foyer amélioré pour charbon de bois promu par la SED (Source PREDAS, http://www.cilss.bf/predas/)**

Consommation: gaz butane : la fausse alerte

(L'Essor - 30 Octobre 2002)

Il n'y aura pas pénurie du précieux combustible pendant le Ramadan. Grâce à des solutions alternatives, l**a panique** suscitée par une éventuelle **pénurie de gaz** butane à l'approche du mois de carême (suite aux événements qui sévissent actuellement en Côte d'Ivoire), s'est en fin de compte révélée sans fondement. A une dizaine de jours du mois sacré pour la communauté musulmane, une brève **rupture de stock du précieux gaz liquide** avait commencé à susciter des commentaires inquiets. L'absence sur les étals de ce produit utile pour les ménages dans la fourniture d'énergie domestique, avait donné des sueurs froides aux chefs de famille et aux ménagères …/…

Actuellement, **cinq camions** d'une capacité de transport de 18 à 22 tonnes de gaz **sont en route** pour notre capitale.

…/…

Les importateurs ferment le robinet : Menace d'une pénurie de gaz domestique

(Les Echos - 07 Juillet 2006)

Les utilisateurs de gaz domestique ne sont pas à l'abri d'une **pénurie** ou d'une **hausse du prix** dans les prochains jours. **L'Etat** qui subventionne le produit cumule **treize mois d'arriérés** estimés à plus de 1,5 milliard de FCFA. Les **professionnels** du secteur ont décidé d'**arrêter toute vente**

…/…

Pénurie de gaz : Cherche désespérément fournisseurs

(L'essor - 29 Décembre 2006)

Depuis une dizaine de jours, Bamako est confronté à une **pénurie** de gaz butane. Les consommateurs qui multiplient les va-et-vient entre les stations et les autres points de vente, rentrent le plus souvent bredouilles chez eux. Aminata Sangaré, une **ménagère** de Magnambougou, réagit avec réalisme. "Ça commence à devenir sérieux. Moi je vais comme ça **payer du charbon**", lance-t-elle, une **bouteille de gaz vide** en main.

Pour expliquer la crise, les opérateurs du secteur invoquent des difficultés de ravitaillement depuis l'étranger. "Nos **camions sont bloqués** à Tema au Ghana et à Dakar depuis des jours. Nos fournisseurs ne semblent plus en mesure de nous livrer du gaz", explique Oudiary Diawara, le directeur général de Sodigaz et président du regroupement des opérateurs gaziers du Mali.

Encadré 6. *Les difficultés du gaz au Mali (extraits de presse).*

6.2. Le profil des consommateurs

6.2.1 Les usages des consommateurs urbains

Malgré les politiques incitatives du gouvernement en faveur des combustibles fossiles considérés comme « modernes » par les grandes instances internationales, les bamakois restent avant tout des consommateurs de bois et de charbon. L'étude de référence sur la consommation de combustibles des ménages bamakois date de 1997. Elle mettait en évidence que même chez les ménages les plus riches (cadres, commerçants), le bois et le charbon étaient les combustibles les plus utilisés (CED, 1999). Les enquêtes que nous avons faites en 2004, dans un quartier aux revenus moyens à supérieurs[24] (Hamdallaye), ont confirmé les tendances passées. Le bois-énergie n'est pas seulement l'apanage des ménages pauvres. Contrairement aux prédictions annonçant la mort du bois-énergie (Matly, 2000), plus de 80% des ménages médians et riches continuent d'utiliser le bois et le charbon.

Des enquêtes menées auprès des ménages bamakois, il ressort que (cf. *Tableau 13*):

- le charbon a détrôné le bois depuis bientôt 10 ans. Il est devenu depuis 1997, le combustible le plus utilisé dans les cuisines bamakoises : 73% des ménages en consommaient alors. En 2004, pratiquement tous les ménages de Bamako utilisaient ce produit comme combustible principal ou comme combustible secondaire (86% des ménages selon nos enquêtes dans le quartier d'Hamdallaye).
- le bois se maintient malgré la prédominance du charbon et malgré la progression du gaz. Plus d'un ménage sur deux déclaraient en 2004 encore consommer du bois.
- le gaz butane a suivi une forte augmentation. En 2004, dans le quartier d'Hamdallaye, plus d'un ménage bamakois sur 3 disposait d'un réchaud à gaz et l'utilisait régulièrement. Néanmoins, ce combustible reste un combustible d'appoint. Le gaz sert essentiellement à faire bouillir de l'eau ou à réchauffer un repas déjà cuit.
- le pétrole et l'électricité n'ont pratiquement jamais fait leur apparition dans les cuisines de la ville.

[24] Le revenu médian des ménages interrogés était d'environ 150 000 FCFA ce qui plaçait ces ménages dans les catégories supérieures.

Combustible	1978	1989	1994	1997	2004
Source	**FAO**	**ESMAP**	**CCL/CED**	**CCL/CED**	**Enquêtes CIRAD**
Echantillon	450 concessions	90 ménages	168 ménages	927 ménages	50 ménages
Bois de feu	96%	89%	89%	54%	63%
Charbon	45%	67%	80%	73%	86%
Butane	5%	18%	21%	20%	37%
Pétrole	10%	?	?	2%	0%
Electricité	1%	?	?	0.5%	0%

Tableau 13. *La part des combustibles disponibles dans la consommation des ménages de Bamako : le charbon détrône le bois depuis 10 ans.*

6.2.2 Les profils de consommation

Les enquêtes menées par la CED en 1997 sur les pratiques de consommation de 927 ménages bamakois permettent d'analyser le niveau de la demande en bois et en charbon en fonction des caractéristiques des ménages (âge du chef de famille, taille du ménage, dépenses moyennes).

Une première exploitation des données de consommation, sur la base d'une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) des préférences des Bamakois, suivie d'une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH), permet d'identifier 7 profils de consommation de bois et de charbon. Ces derniers sont présentés dans le Tableau 14.

Numéro de profil	Profil de consommation	Niveau de consommation en Bois*	Niveau de consommation en Charbon*	Pourcentage de l'échantillon
1	Utilisation quotidienne du bois, supplée par du charbon	3	1	13 %
2	Utilisation exclusive du bois	4	0	16 %
3	Utilisation exclusive du charbon	0	4	19 %
4	Utilisation quotidienne du bois à part égale avec le charbon	2	2	16 %
5	Utilisation de plusieurs sources : charbon, bois, gaz en association	1	2	18 %
6	Utilisation quotidienne du gaz à part égale avec le charbon	0	2	10 %
7	Utilisation quotidienne du charbon supplée par du bois	1	3	9 %

* Classification des niveaux de consommation selon l'échelle suivante :
0 : pas de consommation / 1: faible consommation (utilisation de temps en temps) / 2 : consommation moyenne (combustible utilisé en association systématique avec une autre source énergétique) / 3: consommation forte (utilisation principale avec autre source en complément)/ 4: consommation très forte (usage exclusif)

Tableau 14. *Profils de consommation en bois-énergie des ménages en 1997 (d'après ACM, puis CAH sur un échantillon de 927 ménages)*

Le Tableau 14 montre qu'une des caractéristiques principales des consommateurs bamakois est leur utilisation conjointe de plusieurs sources d'énergie domestique. Seuls 35% des bamakois n'utilisaient qu'une seule source énergétique en 1997. Ce chiffre est sensiblement le même en 2004 (34%).

- en 1997, l'association préférée des bamakois était Charbon/Bois (25% des ménages), puis Bois/Charbon/Gaz (16%), Bois/Charbon (13%) et enfin Charbon/Gaz (10%)
- en 2004, l'utilisation du bois comme combustible principal est devenue largement minoritaire. L'association Bois/Charbon représente 31% des ménages, puis viennent à égalité les associations Charbon/Gaz (18%) et Bois/Charbon/Gaz (16%).

6.2.3 Le profil des consommateurs

Une Analyse des Correspondances Multiples (cf. *Figure 22*) portant sur les caractéristiques socio-économiques des ménages (taille du ménage, âge du chef de famille, niveau de richesse, type d'habitation, accès à l'électricité), auxquelles sont rajoutées, en variables supplémentaires, les préférences observées pour le Bois, le Charbon et le Gaz, permet de discriminer quatre grands types de ménages consommateurs :

- les grands ménages, âgés, pauvres, et vivants en concession, qui utilisent presque exclusivement le bois;
- les petits ménages, jeunes, très aisés, et vivant en appartement, qui utilisent presque exclusivement le gaz ;
- les ménages de taille moyenne, de revenus moyens, d'âge moyen, et vivant en concession, qui utilisent le bois et le charbon ;
- et enfin, les ménages aisés, de taille moyenne et vivant en villa, qui utilisent le gaz et le charbon.

Le Tableau 15 précise les classifications utilisées pour les niveaux de revenus, les classes d'âge, les types d'habitat et la taille des ménages. Ces classifications sont utilisées dans la plupart des graphiques qui suivent.

Classification	Nom de variable	classe	Niveau	Dénomination
Type de logement	Typ_Log			
		1	une concession	Concession
		2	une villa	Villa
		3	un appartement	Appartement
Niveau de richesse	Niv_Rich			
		1	<= 5 500 CFA /pers/mois	Pauvre
		2	<= 8 000 CFA /pers/mois	Moyen
		3	<= 10 000 CFA/pers/mois	Aisé
		4	> 10 000 CFA /pers/mois	Très aisé
Niveau de consommation de Charbon, en Bois ou en Gaz	Niveau_C Niveau_B Niveau_G			
		0	Jamais	Nul
		1	Temps en temps	Faible
		2	à 50/50	Moyen
		3	Dominant	Fort
		4	Usage exclusif	Très fort
Niveau de consommation en électricité	Niv_Elec			
		0	Pas d'accès	
		1	Accès collectif ou individuel	
Age du chef de famille	Age			
		1	<= 25 ans	Jeune
		2	De 26 à 45 ans	Moyen
		3	Plus de 45 ans	Agé
Taille du ménage	Taille			
		1	<= 6 pers.	Très petit
		2	<= 8 pers.	Petit
		3	<= 11 pers.	Moyen
		4	> 11 pers.	Grand

Tableau 15. *Classification des variables socio-économiques des ménages (classification personnelle d'après les enquêtes de consommation de 1997)*

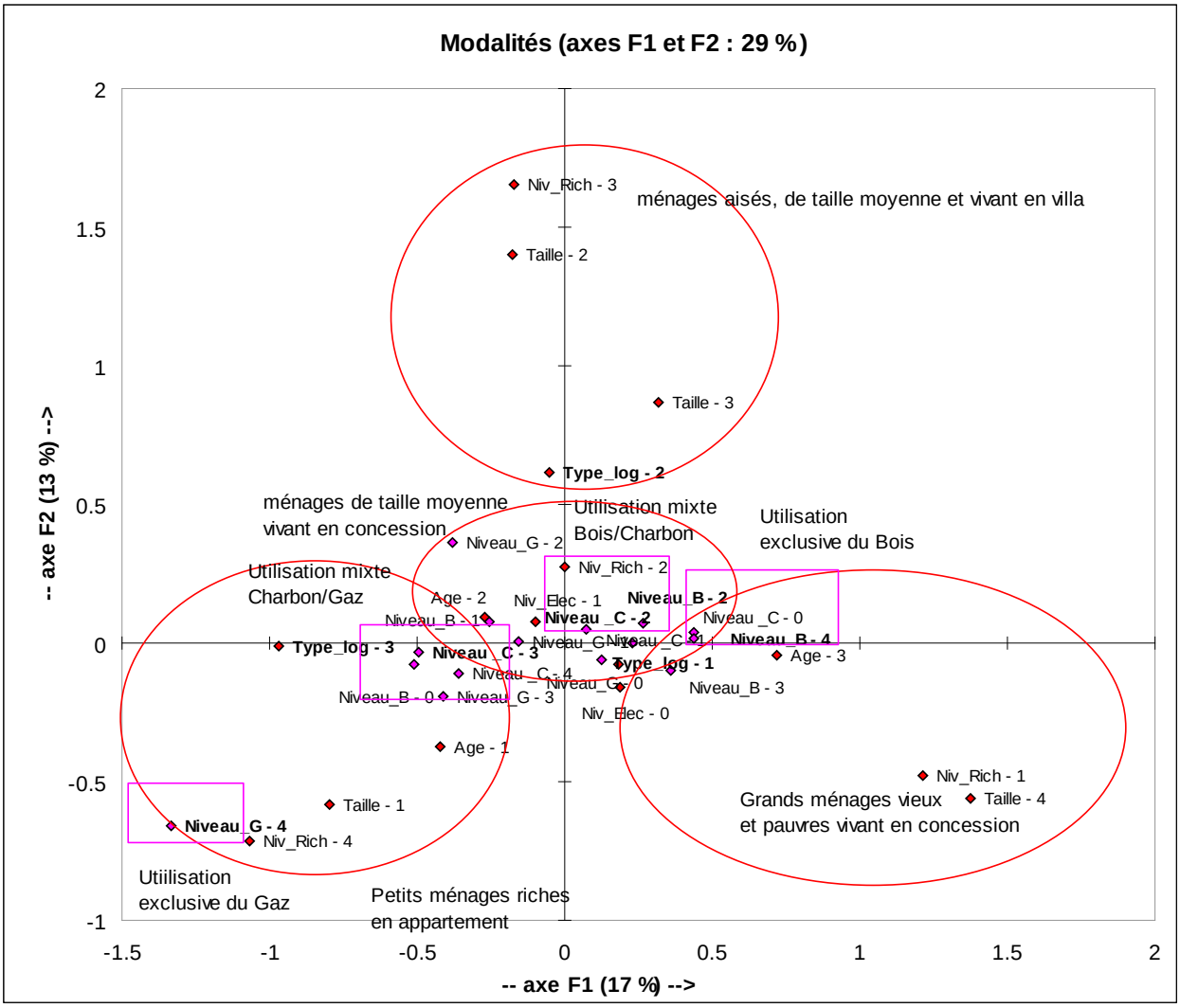


Figure 22. Plan factoriel F1/F2 de l'ACM sur les caractéristiques socio-économiques des ménages (en rouge). Les niveaux de consommation de Charbon (C), Bois (B) et Gaz (G) sont rapportées en variables supplémentaires (en violet)

L'ACM confirme en partie la théorie de l'échelle de l'énergie[25] (IEA, 2002 ; DFID, 2002) qui suppose qu'au fur et à mesure que leur revenu augmente les ménages passent du bois au charbon, puis au gaz, et enfin à l'électricité. En mettant en relation la classe de richesse et le niveau de consommation (cf tableau 15), la Figure 23 illustre pour partie ce phénomène. **Les ménages aisés ont effectivement tendance à consommer plus de charbon que de bois**. En revanche, la consommation de gaz évolue très peu avec le niveau de richesse.

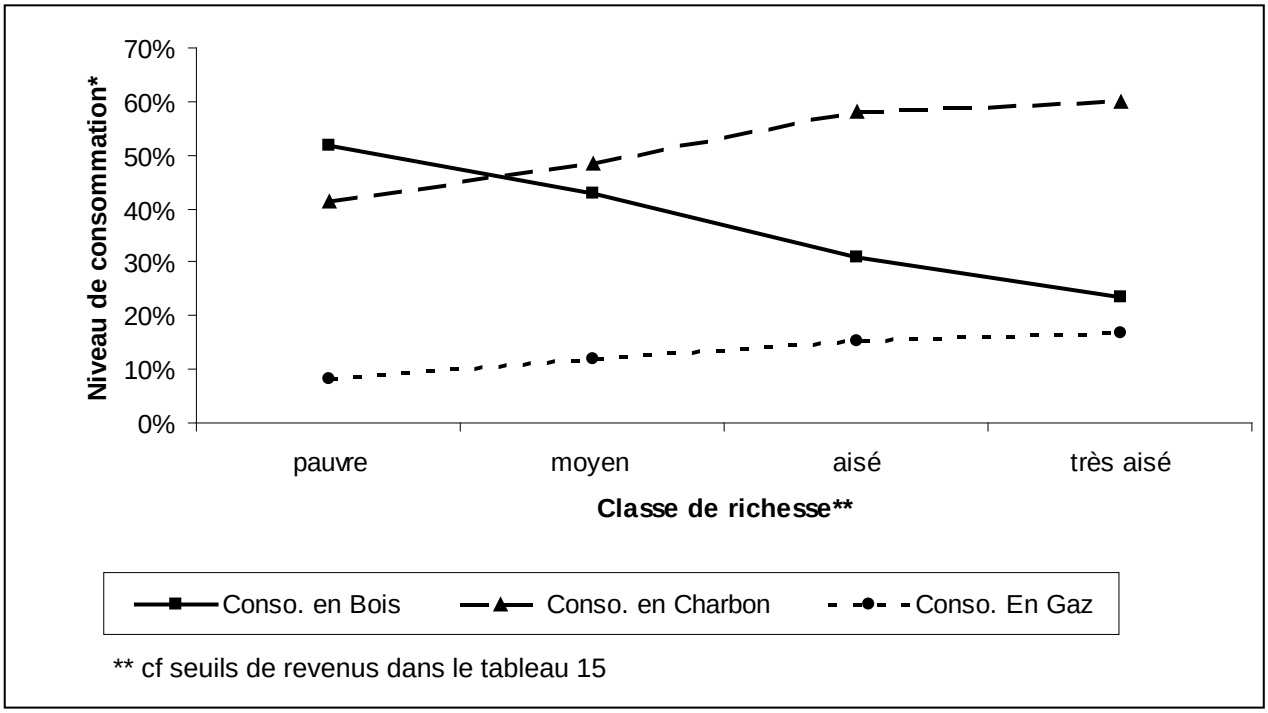


Figure 23. *Evolution des niveaux moyens de consommation en Bois, Charbon et Gaz en fonction du niveau de richesse des ménages (sources : enquêtes CED 1997)*

En 2005, les bamakois semblent s'être arrêtés sur l'échelle de l'énergie. Ils n'ont pas fait le choix des combustibles dits modernes (gaz ou pétrole). Seuls quelques très rares ménages vivants en appartement sont, par nécessité faute de cuisine à l'air libre, passés au gaz. La quasi totalité des ménages, quels que soient leurs niveaux de revenus et leurs modes de logement, se montre encore très attachée au bois. Néanmoins, depuis 10 ans, les bamakois ont fait le choix du charbon qui semble mieux adapté aux conditions de cuisson en milieu urbain.

Mais peut-on réellement parler de choix pour le bois-énergie ? Les conditions matérielles et économiques d'accès aux autres énergies ne conduisent-elles pas inexorablement les Bamakois à se tourner vers les combustibles ligneux ?

[25] Voir la définition du mécanisme de « l'échelle de l'énergie » dans (UNDP, 2004)

6.3. Le choix du bois-énergie

6.3.1 Analyse comparative des atouts et des désavantages des énergies domestiques disponibles à Bamako

6.3.1.1 Les facteurs du choix

D'après la littérature les facteurs de choix d'un combustible sont principalement (Leach 1987, Nyström 1988) :

- **le prix du combustible** et plus précisément le poids des dépenses énergétiques dans les dépenses globales du ménage. En ville, les combustibles et leur utilisation représente un coût important pour les citadins. Pour les plus pauvres cette dépense peut représenter jusqu'à 20% de leur budget (Leach, 1987). Ce coût a un impact direct sur le nombre de repas et la qualité de ces repas. Meikle et Bannister, dans une étude menée au Ghana rapportent par exemple que, pour faire face à l'augmentation des prix de l'énergie, les ménages les plus pauvres ont réduit le nombre de repas pris par jour (Meikle et Bannister, 2003). Ces mêmes ménages se sont également tournés vers des aliments moins chers et moins nourrissants et, dans les cas extrêmes, ils ont réduit la quantité de nourriture consommée ;
- **la souplesse d'utilisation** qu'offre le couple combustible/matériel de cuisson et son adéquation aux habitudes alimentaires ;
- **les risques d'accident**. Toute source énergétique peut être cause de dangers. Ces dangers peuvent être dus directement au conditionnement du combustible (bouteilles de gaz déficientes, prises électriques à nu) ou indirectement à la façon dont les ménages l'utilisent. Mais plus que le danger avéré, c'est la perception qu'en ont les utilisateurs qui importe. La sécurité associée à un combustible est un sentiment subjectif. Lorsqu'une ménagère ne se sent pas à l'aise avec un réchaud ou une source énergétique elle tend à le juger non fiable et dangereux ;
- **les pollutions émises** par la combustion. La qualité de l'air des cuisines est affectée par le type de combustible utilisé. La fumée produite par la combustion du bois-énergie (bois comme charbon) est source de nombreuses affections et de nombreuses maladies à long terme (UNDP, 2004).

A ces facteurs reconnus, nous ajouterons également :

- **les facilités d'achat** du produit en termes de conditionnement et de quantité : pouvoir acheter et utiliser la juste quantité de combustible adaptée à son pouvoir d'achat et aux mets que l'on souhaite préparer est une exigence des ménages ;

- **l'accessibilité des points de vente** : pour pouvoir choisir entre plusieurs sources, il faut pouvoir accéder aux différents points de vente ;
- **et enfin, la fiabilité de l'approvisionnement**. Manger est un besoin de base. Si les urbains peuvent se passer de lumière, ils ne peuvent se passer de manger chez eux ou à l'extérieur. Les ruptures d'approvisionnement peuvent avoir des effets dramatiques sur la santé et peuvent créer des mouvements sociaux importants comme ce fut le cas à Dakar, à Cotonou ou à Bamako, lorsqu'en 2006 l'approvisionnement en gaz butane a cessé.

6.3.1.2 Les prix des combustibles et leur part dans les dépenses des ménages.

La Figure 24 présente l'évolution des prix d'achat des différents combustibles de 1994 à 2004 compte tenu de leurs différents pouvoirs calorifiques[26]. Elle montre clairement, qu'à énergie restituée égale, le charbon et le bois sont depuis 15 ans les combustibles les moins chers à l'achat. Malgré son subventionnement, le gaz butane reste deux fois plus cher à l'achat que le bois-énergie. Depuis 1999, son prix a été stabilisé à 320 FCFA/kg alors qu'hors usage domestique il était de 847 FCFA/kg en 2005. Depuis 2002, les évènements en Côte d'Ivoire et la hausse des prix du pétrole ont entraîné une forte hausse des hydrocarbures. De 2002 à 2005, le prix du gaz butane non subventionné a augmenté de 47% et le prix du pétrole lampant a augmenté de 32% (Sources : Direction Nationale de la Statistique et de l'Information du Mali).

Depuis dix ans, les prix au détail du bois ou du charbon suivent l'évolution du coût de la vie alors que depuis cinq ans les prix du pétrole s'envolent. Mais plus que le prix de détail, ce qui pèse dans le choix, c'est le poids que la dépense représente par rapport aux autres dépenses du ménage. Globalement, à Bamako la dépense en combustible domestique des ménages représente 5% de leurs dépenses globales. Ce chiffre s'échelonne de 4% pour les ménages les plus riches à 9% pour les plus pauvres (DNSI, 2003). Les ménages les plus pauvres frôlent donc le seuil communément admis de pauvreté énergétique[27] qui s'élève à 10% de la dépense totale.

Afin d'estimer le poids financier que représente chaque source énergétique pour les ménages, nous avons calculé les dépenses théoriques d'utilisation des différentes énergies de cuisson disponibles et nous les avons comparées avec les dépenses globales des ménages.

[26] Les pouvoirs calorifiques considérés sont : Bois vert: 14 MJ/kg (Source FAO) / Charbon: 31 MJ/kg (Source FAO) / Butane: 49.3 MJ/kg (Source IEA) / Pétrole: 46.2 MJ/kg (Source IEA)
[27] Seuil de 10% communément utilisé par les grandes organisations internationales.

Ce calcul a été effectué pour un ménage de revenu médian (taille 10 personnes et dépense de 205 000 FCFA/pers/an) et pour un ménage pauvre (taille de 14 personnes et dépense de 132 000 FCFA/pers/an) - Source : (DNSI, 2003). La dépense a été estimée en considérant un menu traditionnel, soit 2,5 repas standards par jour (riz+sauce). Elle prend en compte le coût d'achat du combustible, le coût d'amortissement du matériel de cuisson et l'efficacité thermique des réchauds ou foyers. Ces dernières valeurs sont issues de la littérature et de tests *in situ* effectués en 1998 par la CED (Madon, 1998).

Les résultats sont donnés dans le Tableau 16. Ils sont cohérents avec les chiffres de l'Enquête Malienne sur la dépense de Ménages (DNSI, 2003). Ils montrent que pour un ménage pauvre la cuisine au bois représente 7.6% de sa dépense totale. **Le bois est le seul combustible qui lui permette de rester en dessous du seuil de pauvreté énergétique de 10%**. Une utilisation exclusive du charbon ou du gaz représenterait une dépense d'environ 11%, et l'utilisation du pétrole ou de l'électricité plus de 17%. Pour un ménage médian, l'utilisation du bois, du charbon comme du gaz représente également une dépense inférieure à 10% .

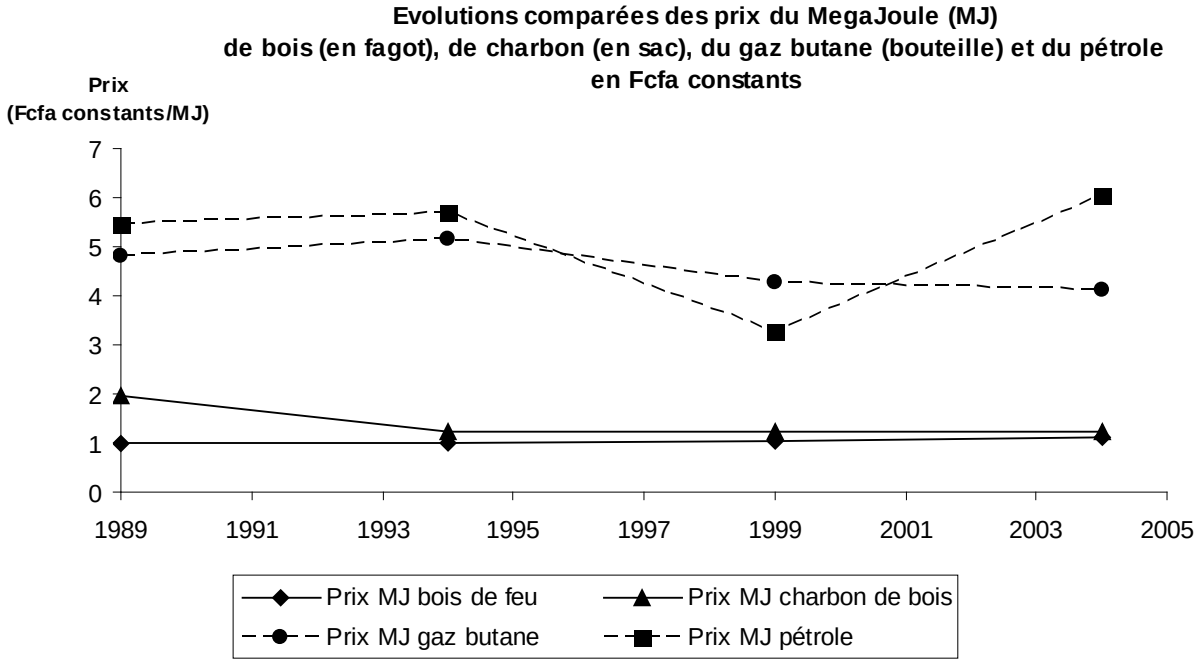


Figure 24. *Evolution du prix d'achat des différents combustibles disponibles à Bamako sources : DNEF (1989), SED/CCL (1994 et 1999), enquêtes personnelles (2004).*

Elements de coût et dépenses	Bois	Charbon	Butane gaz	Pétrole	Electricité
Prix d'achat du combustible (FCFA/kg sauf pour l'électricité FCFA/Kwh)	26	85	320	430	99
Pouvoir calorifique (MJ/kg ou MJ/Kwh pour l'électricité)**	14	29	45.7	43.5	3.6
Efficacité énergétique du foyer (%)**	17	19	45	40	65
Prix unitaire d'achat de l'énergie utile (FCFA/MJ)	10.9	15.4	15.6	24.7	42.3
Consommation énergétique individuelle journalière (MJ/jour/ind.)*	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Dépense énergétique individuelle journalière (FCFA/jour)	27.3	38.6	38.9	61.8	105.8
Amortissement journalier des équipements (FCFA/jour)	0.0	1.4	7.8	11.0	39.1
Ménage pauvre (14 personnes)					
Dépenses totales journalières (FCFA /jour)***	5 050	5 050	5 050	5 050	5 050
Dépenses énergétiques théoriques journalières (FCFA/jour) et part dans la dépense journalière du ménage (%)	382	541	552	876	1520
	7.6%	10.7%	10.9%	17.3%	30.1%
Ménage médian (10 personnes)					
Dépenses totales journalières (FCFA /jour)***	5 600	5 600	5 600	5 600	5 600
Dépenses énergétiques théoriques journalières (FCFA/jour) et part dans la dépense journalière du ménage (%)	273	387	397	629	1097
	4.8%	6.9%	7.1%	11.2%	19.5%

* sources: Essais *in situ* by the Malian Ministry of Energy (CED) in 1998 on an household of 6 persons. (Madon, 1998)
** sources: Technological data of ENDA/ RPTES – WorldBank
*** sources: Mali, Household Survey 2001 (DNSI, 2003)

Tableau 16. *Dépenses énergétiques théoriques d'un ménage pauvre (premier quartile) et d'un ménage médian (second quartile).*

6.3.1.3 L'adaptation aux habitudes alimentaires

Un repas au Mali se compose traditionnellement d'une céréale (mil ou riz), consommée en bouillie le matin, et sous des formes diverses accompagnées de sauce (Tô[28], couscous de mil, riz au gras), le midi et le soir (Dumestre, 1996). Le repas du soir est en général le même que le midi. Ce menu peut être servi à l'identique pendant plus d'une semaine.

[28] Le Tô est une boule de pâte confectionnée avec de la farine de mil. L'obtention de la farine de Tô nécessite beaucoup de temps et d'effort.

En ville, cette monotonie devient plus rare car les possibilités de diversification sont plus grandes. Les habitudes alimentaires changent ainsi très rapidement. A Bamako, le matin, le café et le pain ont pris le pas sur la bouillie de mil ; le Tô est en perte de vitesse et s'il reste le plat principal du soir et du week-end, il est supplanté par le riz le midi. Le Tô est au cœur d'un décalage urbain/rural ainsi que d'un décalage générationnel. Les jeunes urbains apprécient de moins en moins ce plat synonyme de tradition et de ruralité. Les Bamakois consomment de plus en plus de lait, de viande et de poisson, de pain et de pâtes ce qui a pour conséquence de réduire les temps de cuisson : un plat de spaghetti sauce tomate ou un couscous de blé consomment deux fois moins de combustible qu'un Tô ou qu'un couscous de mil.

Le repas de base est communautaire. Il se prend en famille, entre proches, voire entre colocataires d'un même logement. Les quantités à faire cuire sont donc très importantes. Le nombre de personnes à nourrir par unité de cuisson est de 9 personnes en moyenne. Il s'échelonne entre 7 pour les ménages les plus riches et 14 pour les familles les plus pauvres (DNSI, 2003). Ces mets sont simples à faire cuire, ils ne nécessitent pas une gestion précise de l'énergie distribuée, mais les quantités à préparer sont importantes et les temps de cuisson sont longs aussi bien pour les céréales que pour la sauce. Cette longue cuisson est imposée par la nature même des aliments (farine de mil) et par la nécessité de détruire les germes et parasites présents dans l'eau et les produits (Ki-Zerbo, 1981). Quel que soit le mode de préparation adopté, il faut toujours compter au minimum 30 à 45 minutes et souvent 2 à 3 heures de cuisson à gros bouillons sur un feu vif.

A ces mets de base s'ajoutent des « douceurs » dont beaucoup sont des fritures : beignets divers, frites de plantain, frites de patates douces. Ces produits peuvent être cuisinés à la maison ou achetés un peu partout sur les trottoirs ou devant les portes des concessions. Cette vente semi-domestique offre ainsi un complément de revenus aux femmes. Le combustible doit donc pouvoir monter fortement en température (pour faire bouillir l'huile) et rapidement, il doit pouvoir également être transporté. Et bien sûr, l'élément marquant de l'alimentation des maliens est le thé que l'on boit toute la journée en petites quantités. Pour ce breuvage, le combustible doit pouvoir être utilisé en petites quantités, il doit pouvoir être transporté partout où se déplace la famille (au travail, en voyage) et il doit pouvoir également garder au chaud la bouilloire. Le charbon de bois est le combustible idéal pour cet usage.

Pour la cuisson, **le bois reste le combustible privilégié des femmes pour sa souplesse d'utilisation**. Il peut monter très rapidement en température puis chauffer suffisamment longtemps « à petit feu » sans avoir vraiment besoin de le contrôler. Les foyers à

bois sont très variés : des trois pierres posées à même le sol permettant d'accueillir de très larges gamelles, jusqu'au foyer amélioré en passant par un simple trépied.

La cuisson au charbon de bois est une cuisson jugée lente et, exceptée pour le thé, elle est assez peu prisée par les femmes. Le charbon possède néanmoins d'autres atouts exposés ci-après.

La cuisson au gaz est très appréciée des ménagères car comme le bois, elle est très modulable et peu « fatigante ». La possibilité de vaquer à d'autres occupations pendant la cuisson du repas est un élément très important du choix du combustible dans un contexte où le poids des tâches ménagères est encore très fort. Ce facteur de choix traduit un désir affirmé d'émancipation de la ménagère des tâches domestiques les plus astreignantes.

Les réchauds à pétrole sont jugés difficiles à contrôler et peu simples à manier.

6.3.1.4 Les désagréments et les risques d'accident

Parmi les désagréments notables, le dégagement de fumée est jugé de moins en moins acceptable par les ménagères urbaines. La fumée noircit la cuisine, salit les habits et pique les yeux. Nous ne nous étendrons pas sur les effets plus graves de la fumée sur la santé des femmes et des enfants. Ces effets n'apparaissent pas au Mali comme des facteurs conscients du choix des ménages. En revanche nous invitons le lecteur à se référer aux études de Bailis *et al.* (2005) sur la mortalité due à la combustion de la biomasse dans le monde.

Pour les désagréments que la fumée génère, le charbon est préféré au bois. Bailis *et al.* (2005) montrent que la combustion du charbon réduit de 90% la pollution de l'air par rapport au bois. Néanmoins, la portée de ces dégagements de fumées doit être relativisée dans le contexte de l'habitat bamakois. L'habitat majoritaire à Bamako reste l'habitat de cour. Les ménages, propriétaires ou locataires, habitent dans des logements organisés autour d'une cour commune où généralement se trouve un point d'eau (Bertrand, 2000). La cuisine se fait à l'extérieur, ce qui laisse de grandes possibilités de modes de cuisson et surtout limite la gêne occasionnée par les fumées. Même les villas modernes reprennent cette commodité et comprennent toujours une cour extérieure. Comme le rappelle M. Nyström (2006), les liens entre maladies respiratoires et utilisation du bois sont plus imputables à l'architecture des cuisines qu'au bois lui-même.

Le pétrole dégage des odeurs jugées désagréables.

Le gaz est une énergie propre. Elle ne dégage pratiquement pas de fumée. En revanche elle est **considérée comme dangereuse par les utilisateurs**. Les ménagères

hésitent à confier un réchaud à gaz à leurs aides ménagères. Des rumeurs d'explosion circulent dans Bamako qui freinent considérablement le développement de cette énergie (cf. Encadré 6)

6.3.1.5 Le conditionnement et les facilités d'achat

Dans un contexte économique où 80% des emplois sont intermittents et où les revenus des ménages sont acquis au jour le jour sans aucune possibilité d'épargne, l'absence d'investissement lourd en matériel de cuisson et la possibilité d'acheter chaque jour la juste quantité d'énergie nécessaire, sont deux éléments essentiels dans les stratégies de choix des combustibles.

De ce point de vue, le bois et le charbon répondent à ces exigences. Ils ne nécessitent pas l'acquisition de réchauds onéreux (le prix d'un foyer à charbon est d'environ 2 000 FCFA, tandis qu'un foyer à bois se situe entre 500 FCFA et 1000 FCFA). Ils peuvent être achetés en petites quantités (sachets ou fagots de 100 FCFA), ce qui les rend adaptés au rythme journalier des revenus et des dépenses des ménages les plus pauvres.

Le pétrole, s'il peut être acheté en petite quantité nécessite néanmoins l'acquisition d'un réchaud très onéreux (20000 FCFA, ce qui représente 15% du revenu mensuel d'un ménage médian et 30% du revenu mensuel d'un ménage pauvre).

Le gaz se trouve majoritairement conditionné en bouteilles de 6 kg (ce qui représente un achat de 1 920 FCFA hors consigne) et le coût d'acquisition du réchaud est de l'ordre de 17 000 FCFA (avec la subvention) ce qui le rend également difficilement accessible aux ménages les plus pauvres.

6.3.1.6 L'accessibilité physique.

L'accessibilité physique aux différentes sources d'énergie est un élément déterminant dans les choix des consommateurs (Martins, 2005). Nous rappelons ici les grandes caractéristiques des réseaux de distribution qui conditionnent cette accessibilité.

Le Mali ne dispose pas à l'heure actuelle d'énergies fossiles. Enclavé, sa consommation d'hydrocarbures est entièrement dépendante des importations en provenance de la Côte d'Ivoire (67%), du Sénégal (18%), du Bénin et du Togo (15%) – Source : Office national des produits pétroliers du Mali. Le gaz butane est distribué par 5 sociétés agréées par l'Etat. En 2005, la distribution du gaz était assurée dans les stations services et dans quelques boutiques spécialisées. Les points de vente, une centaine environ, sont localisés le long d'une dizaine de grands axes routiers bitumés et dans le centre ville. Une analyse rapide met en évidence que ce réseau ne couvre que les quartiers les plus riches de la capitale.

Le réseau électrique de Bamako couvre physiquement seulement 41% du réseau routier. Il distribue essentiellement les quartiers résidentiels les plus riches et le centre ville. Entre 2000 et 2005, EDM-SA[29] a concentré ses investissements dans les quartiers périphériques, mais ces derniers ont été très largement insuffisants comparés à l'extension actuelle de la ville. En 2002, seulement 31% des ménages avaient accès à l'électricité (OEF, 2002) et ces chiffres ont peu varié depuis.

La vente de bois ou de charbon est, quant à elle, un commerce de proximité. Les ménagères s'approvisionnent pratiquement chaque jour en combustible dans des points de vente proches de leur domicile. Nous avons vu dans la partie I, que le réseau de distribution de bois-énergie était très développé. Les vendeurs de rue relayent la vente sur les marchés urbains et assurent un maillage de la ville très serré. En pratique, aucun habitant de Bamako ne se situe à plus de 15 minutes de marche d'un point de vente.

6.3.1.7 La régularité de l'approvisionnement

Du fait de sa dépendance aux pays voisins, Bamako subit régulièrement d'importantes fluctuations dans l'approvisionnement d'hydrocarbures. La distribution de gaz souffre de pénuries régulières. La fermeture du port d'Abidjan en 2002 a provoqué de graves perturbations dans les importations de pétrole et de gaz qui se sont traduites par des ruptures complètes de stock et qui perdurent encore. Les difficultés du gouvernement a assurer son subventionnement ont également entrainé des cessations d'activités temporaires chez les fournisseurs. Le gaz est donc considéré actuellement comme une source peu sûre d'approvisionnement (cf. Encadré 6)

Les équipements électriques sont vétustes et les coupures ponctuelles sont assez courantes ce qui limite grandement l'utilisation de l'énergie électrique à des fins alimentaires (réfrigération et cuisson). En 2003, les coupures d'électricité ont excédés 1500 heures soit plus de 63 jours dans l'année (Source: EDM-SA).

Depuis plus de 20 ans, l'alimentation en combustibles ligneux de Bamako n'a subi, quant à elle, aucune pénurie. Seule la grève de l'approvisionnement orchestrée par les commerçants de la ville en 1999 a engendré pendant quelques jours une carence en bois-énergie.

[29] EDM-SA est la compagnie nationale d'électricité qui a été privatisée en 2000.

6.3.2 Conclusion : le bois-énergie, choix ou nécessité ?

Au final, le choix énergétique des bamakois apparaît comme un compromis entre cinq éléments :

1. des facilités de stockage ;
2. un confort de cuisson : une cuisson logue sans surveillance et sans de fumée ;
3. des aspirations à la diversification des menus et à l'émancipation des femmes des longues tâches de cuisine ;
4. des contraintes économiques ;
5. des difficultés pratiques d'approvisionnement.

Le charbon est le combustible qui allie à la fois, une image plus propre et plus pratique que le traditionnel fagot de bois, un faible coût d'utilisation accessible à l'ensemble de la population bamakoise, un conditionnement et des foyers adaptés à tout type d'utilisation et à tout type de ménage. Même s'il n'est pas le combustible idéal des ménagères car il fait de la poussière et il chauffe moins vite que le bois, ses nombreux autres avantages en font le plus utilisé.

Le gaz est un combustible que la majorité des bamakoises aimeraient essayer, mais il est encore très peu utilisé pour la cuisine au quotidien. Même si objectivement son coût d'utilisation est comparable à celui du charbon, son conditionnement en bouteille de 6kg, le prix élevé du réchaud, l'irrégularité de l'approvisionnement, et une crainte des explosions freinent son développement. Il est actuellement pratiquement inaccessible aux ménages les plus pauvres et chez les ménages aisés, il représente seulement une énergie d'appoint.

Le pétrole n'a jamais été un combustible envisagé par les bamakois. Il reste cher à l'achat et à l'utilisation et son usage n'est pas aussi souple que le gaz.

Le bois reste une valeur sûre pour la majorité des bamakois. Il est le combustible le moins cher à l'achat et à l'utilisation, et il représente le seul combustible réellement accessible aux ménages pauvres. Cependant même les ménages aisés continuent de l'affectionner. Il représente la tradition et le combustible privilégié pour les grands repas familiaux. Cette cuisine au bois est rendue toujours possible par la structure majoritairement horizontale de l'habitat à Bamako. Bamako reste toujours un grand village et la mort annoncée du bois de feu n'est pas pour demain.

Finalement, plus qu'un choix entre différentes sources d'énergie, les bamakois revendiquent la possibilité d'accéder à plusieurs sources d'énergie. Les associations de plusieurs sources minimisent les risques d'interruption de l'approvisionnement, optimisent les

coûts en fonction des fluctuations des prix et permettent aux ménages de diversifier leurs repas (Leach, 1987). Dans cet état d'esprit, le passage au charbon, ou au gaz n'apparaissent pas comme des étapes de transition vers des formes encore plus « propres » de l'énergie, mais plutôt comme des opportunités supplémentaires de faire varier les types de cuisson en fonction du temps disponible, du type de mets, voire des membres du repas.

Après cette exploration de la demande urbaine exprimée par les consommateurs finaux, nous allons revenir aux acteurs de la filière d'approvisionnement et dans un premier temps aux acteurs contrôlant et régulant l'ensemble des activités depuis la production jusqu'à la vente en ville : les forestiers.

7. Le système de contrôle et de régulation de l'Etat

La gestion des ressources forestières est une activité très encadrée par l'Etat dans tous les pays d'Afrique de l'Ouest (Ribot, 2001). Bien que des politiques récentes en matière de transferts de responsabilités de gestion et de décentralisation aient vu le jour dans les années 1990, les agents des services forestiers (*les forestiers*) continuent de garder, du moins en théorie, le contrôle administratif du commerce des produits forestiers et en premier lieu le commerce du bois-énergie. Cette main mise de l'Etat sur l'ensemble de la filière d'approvisionnement est en grande partie issue du passé colonial des services forestiers et des doits de propriété de l'Etat sur la forêt (cf chapitre I). Ce chapitre analyse, dans un premier temps, l'évolution historique des règles formelles de gestion de la forêt au Mali, puis il s'attache à décrypter les règles d'usage des agents forestiers qui conditionnent l'activité des autres acteurs de la filière.

7.1. Une brève histoire de la gestion des forêts au Mali

Dans le chapitre I, nous nous étions attachés essentiellement à présenter les aspects spatiaux du Code Forestier Malien. Nous revenons ici sur ce même Code en s'arrêtant plus particulièrement sur les règles de gestion de ces espaces et sur le rôle de l'Etat dans la régulation des activités de production et de commerce du bois-énergie.

7.1.1 La période coloniale

Depuis 1901, l'exploitation du bois à des fins commerciales est subordonnée à l'acquittement d'une taxe appelée **taxe d'exploitation**. Le paiement de cette taxe offre le droit de couper, de carboniser, de vendre et de faire circuler le bois. Elle donne lieu à l'émission d'un permis de coupe et d'un permis de circulation.

Les règles de gestion forestière sont consignées dans le premier code forestier de Juillet 1935. Ce dernier a pour principal objectif d'asseoir l'autorité de l'Etat sur les ressources naturelles, de préciser les droits d'usage de ces ressources et de préserver le patrimoine forestier contre les défrichements et autres utilisations « abusives ». *« Dans les bois et les forêts du Domaine qui n'ont pas été concédés aux individus, les indigènes continueront à exercer les droits d'usage (jardinage, coupe d'arbre au sein de communauté, pâturage, chasse, etc.) dont ils jouissent actuellement. Si leurs comportements d'abus des droits susmentionnés compromettent les richesses du domaine forestier, le gouverneur général prendra par décret, toutes les mesures d'interdiction et de protection nécessaires »* (GGAOF 1916, art. 23).

Concomitamment à l'écriture du Code Forestier, un « Service des Eaux et Forêts » est créé en recrutant des agents essentiellement dans la police et l'armée. A l'origine, l'administration forestière a donc avant tout un rôle de contrôle et de répression. Elle veille au respect des droits d'usage surtout définis comme des interdictions (d'installation, d'exploitation, de défriche), elle délivre les autorisations d'exploitation et de défrichement et enfin perçoit les taxes commerciales. Elle veille également à la prise en compte des priorités des colons, notamment en termes de conservation des ressources autour des villes et de production de bois-énergie pour le transport fluvial (sur le fleuve Niger) et ferroviaire (la liaison Dakar-Bamako) : les premières forêts classées et les premières plantations autour de Bamako ont été créées pour répondre à ces besoins.

7.1.2 Après l'indépendance

Après l'accession à l'indépendance en 1960, l'administration forestière de l'Etat nouvellement créée poursuit son activité dans la continuité de l'administration coloniale. Malgré les révisions de 1962, 1968 et 1986, les principes généraux du Code Forestier ne sont pas remis en cause. La gestion et la répartition des ressources forestières continuent d'être du seul ressort de l'Etat et de son service des Eaux et Forêts. Le texte de 1986 augmente même le caractère répressif des services de l'Etat en définissant un régime de permis de coupe, de taxes et d'amendes sur l'exploitation du bois, en instaurant une taxe sur les défrichements et en réglementant les feux (loi N° 86-42/AN-RM portant code forestier - Art. 46 – *«Aucune coupe, aucun permis de coupe ne peut être attribué gratuitement »*).

Mais à partir des années 1980, les services des Eaux et Forêts vont commencer à connaître des problèmes de fonctionnement. Les raisons en sont multiples :

- d'un coté, les politiques d'ajustement structurel imposées par le FMI et la Banque Mondiale limitent considérablement les effectifs et les moyens disponibles pour l'Etat. Ainsi à partir du milieu des années 1980, le nombre d'agents forestiers commence à diminuer. De sorte qu'ils deviennent trop peu nombreux pour assurer une surveillance efficace de l'ensemble des forêts dont ils ont la responsabilité (Montagne et al., 2006). Les restrictions budgétaires se traduisent également par des problèmes de rémunérations des agents, ce qui entraîne des phénomènes de corruption : faute de salaires réguliers, les forestiers commencent à se rémunérer au travers des taxes et amendes demandées aux acteurs ruraux (droits de défriche, amendes pour feux de brousse, droits de coupe).
- d'un autre coté, avec l'accroissement des villes, se développent des chaînes commerciales d'approvisionnement en bois-énergie, en bois de service et en bois d'oeuvre. Des acteurs privés urbains (commerçants, scieurs, transporteurs) commencent à traiter directement avec les agents forestiers pour se voir octroyer des droits de coupe en zones rurales. Les populations rurales se voient écartées de ces négociations.

Dans les années 1980, le fossé se creuse entre des populations rurales écartées de la gestion des ressources se trouvant sur leur propre territoire, et des services forestiers en mal de pouvoir et de moins en moins présents sur le terrain.

7.1.3 L'après Moussa Traoré

La fin du règne de Moussa Traoré, arrivé au pouvoir par un coup d'Etat en 1968, se caractérise par une crise économique et une montée des mécontentements en ville comme dans les campagnes. Incapable de répondre à la demande sociale, le régime se radicalise et devient de plus en plus répressif envers toute contestation (arrestations, tortures, répressions sanglantes, emprisonnements) (Kassibo, 2007). Les services forestiers apparaissent de plus en plus comme une police rurale clientéliste et corrompue au service du pouvoir dictatorial du président.

Après le renversement de Moussa Traoré en 1991, l'autorité des services forestiers est remise en question par les populations rurales. Des révoltes paysannes ont lieu, dirigées contre l'autorité de l'Etat et en particulier contre les agents forestiers qui représentaient cette autorité répressive dans les campagnes[30] (Ribot, 1995a). Les Etats Généraux du Monde Rural, organisés par le gouvernement de transition en 1991, ont été l'occasion pour les populations

[30] Certains agents forestiers seront assassinés, d'autres passés à tabac.

rurales de s'exprimer et de s'affranchir de l'Etat prédateur (Kassibo, 2007). Deux processus politiques majeurs vont alors transformer en profondeur le secteur forestier pendant les années 1990 : la Stratégie Energie Domestique (SED) initiée en 1991 et la décentralisation lancée dès 1993. Ces deux processus menés de concert sont encore à l'œuvre aujourd'hui et organisent le marché actuel du bois-énergie.

7.1.4 La Stratégie Energie Domestique (SED)

Au début des années 1990, la Banque Mondiale, au travers de l'ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program), a aidé le Mali dans la définition d'une stratégie de développement et de gestion de son secteur énergétique. Au vu de la part prédominante de l'énergie domestique au Mali, cette assistance s'est traduite par la définition d'une stratégie dite « Stratégie Energie Domestique » (SED) et par le lancement de programmes d'actions spécifiques à ce secteur (ESMAP 1992).

La SED avait pour objectif de répondre durablement à la demande urbaine en responsabilisant les populations riveraines des forêts et en orientant l'exploitation à l'échelle des bassins d'approvisionnement (cf. Encadré 7). La démarche reposait essentiellement sur un transfert de gestion des ressources forestières à des structures locales de production (les Marchés Ruraux de Bois-Energie) et sur la mise en place d'un système de taxation différentielle favorisant ces mêmes structures. En contrepartie, les membres des marchés ruraux de bois énergie (MRBE) devaient respecter des normes de coupe et contrôler collectivement les prélèvements de manière à respecter des quotas de production fixés par l'administration.

En pratique, ces marchés, et les opérateurs privés qui les ont mis en place, n'ont fait l'objet d'aucun suivi. En avril 2005, le bureau d'études BEAGGES a fait, pour le compte de l' AMADER[31], une évaluation des marchés ruraux de bois. Selon cette expertise, sur 120 marchés évalués, aucun ne fonctionnait suivant les règles attribuées : la surveillance des massifs est ineffective, les documents de gestion ont disparu, les quotas ne sont pas respectés, la vente de bois se fait en dehors du marché, etc, etc … (Beagges, 2005). Plus encore, moins de 20 plans d'aménagement sont encore disponibles auprès de l'administration forestière à Bamako. Il n'existe donc aucun moyen de vérifier et contrôler le suivi des règles de gestion et des limites de coupe. Mais, si la mise en place de ces marchés ruraux est un échec relatif, il n'en reste pas moins que la SED, et en particulier l'élan induit par le transfert de gestion, a eu un impact

[31] Agence Malienne pour le Développement de l'Energie Domestique et de l'Electrification Rurale.

déterminant sur l'émergence des acteurs ruraux dans une filière d'approvisionnement en bois-énergie alors dominée par l'administration forestière et les commerçants urbains.

A Bamako, les actions de la SED se sont limitées à des opérations de promotion des énergies de substitution (gaz et pétrole), à la fabrication de foyers améliorés et à l'organisation d'un syndicat des commerçants.

7.1.5 Le processus de décentralisation

Le mouvement insurrectionnel de mars 1991 était porteur d'une aspiration populaire à la démocratie, notamment en milieu rural. La décentralisation initiée dès 1992 fut une réponse à ces attentes. Elle servit également de support idéologique à la politique de désengagement de l'Etat, conseillée par les institutions financières internationales (Kassibo, 2007).

Au Mali, il existe trois niveaux géographiques de transfert des pouvoirs de l'Etat vers les populations locales : la région, le cercle et la commune, représentés respectivement par des Assemblées Régionales, des Conseils de Cercle et des Conseils Communaux (cf. Encadré 8). La décentralisation aboutira en 1996 à la création de 701 communes couvrant tout le territoire malien et en 1999 aux premières élections communales ; 2004 a permis d'asseoir le processus politique avec la tenue de la deuxième élection démocratique.

La loi 95- 034 du 27 janvier 1995 portant code des collectivités territoriales indique que le Conseil Communal délibère sur la protection de l'environnement et l'organisation des activités rurales et des productions agro-sylvo-pastorales. La commune est ainsi considérée, au regard de la loi, comme le niveau de compétence politique le plus fin s'appliquant à la gestion des ressources. Toutefois, afin de s'assurer l'implication des populations locales dans les nouveaux modes de gestion des ressources, une place est faite aux entités villageoises : "le Conseil Communal est tenu de prendre l'avis du ou des conseils de villages (les chefferies) pour délibérer sur la protection de l'environnement et la gestion des ressources naturelles" (article 17 de la loi n° 95-304).

La loi précise que les "*collectivités territoriales décentralisées sont astreintes à prendre des mesures de* protection des ressources forestières". Ces dernières doivent en outre élaborer un schéma d'aménagement du territoire incluant le domaine forestier qui sera exploité, comme le précise la loi n° 96-050 du 16 octobre 1996 portant principe de constitution et de gestion du domaine des collectivités territoriales. Cette loi prévoit en particulier dans son article 21, la constitution d'un domaine forestier des collectivités territoriales, comprenant les forêts

naturelles, les reboisements et les périmètres de protection classés en leur nom, ainsi que le domaine forestier protégé immatriculé en leur nom. Cette même loi indique que les collectivités territoriales interviennent dans l'organisation des activités forestières.

Au regard de ces lois, le cadre juridique autorisant une gestion décentralisée des ressources forestières, et dans laquelle la commune joue un rôle central, est donc en place depuis 1996.

Toutefois, en 2005, le rôle des communes dans la gestion forestière est pratiquement nul pour deux raisons majeures :

- d'une part, la dévolution de domaines territoriaux de l'Etat aux collectivités locales n'a pas encore eu lieu, et il n'y a à ce jour aucun domaine forestier de Collectivités Territoriales décentralisées. Au terme du processus de décentralisation, cette dévolution sera synonyme de recettes fiscales pour les communes. La Loi 96-050 du 16 octobre 1996 portant principes de constitution et de gestion du domaine des Collectivités Territoriales précise (article 25) que: « l*es taux des redevances perçues dans le cadre de l'exploitation du domaine forestier des Collectivités Territoriales sont fixés par l'organe compétent de la Collectivité Territoriale après consultation de la Chambre d'agriculture* ». Mais pour l'instant, cette disposition n'est pas encore appliquée faute de délimitation et de transfert effectif des domaines aux Collectivités par l'Etat. Toutes les taxes sont actuellement perçues par l'Etat lui-même qui les verse au trésor public.
- d'autre part, les moyens financiers mis à la disposition des collectivités territoriales pour gérer les ressources naturelles sont modiques. En théorie, 20% des taxes forestières prélevées par l'Etat (les permis de coupe et de défriche) doivent revenir aux collectivités décentralisées. Mais la clé de répartition entre région, cercle et commune n'a jamais été clairement définie et les services forestiers font preuve de la plus grande opacité sur leurs rentrées fiscales, de sorte qu'actuellement il est pratiquement impossible de savoir quel est le montant auquel les communes pourraient avoir droit (Dicko, 2004). Concrètement, ce retour de la rente forestière de l'Etat vers les communes est pratiquement inexistant ce qui ne mobilise guère les élus locaux en faveur d'une gestion durable et contrôlée de leurs ressources.

_

La Stratégie Energie Domestique du Mali

La SED répond à deux objectifs de développement en matière d'énergie domestique :

(a) au niveau de la demande : améliorer l'accès à l'énergie et son utilisation, notamment pour ses formes modernes;

(b) au niveau de l'offre : faire en sorte que les modes d'approvisionnement en combustibles ligneux soient porteurs de développement économique et ne portent pas préjudice à l'environnement, à travers la gestion rationnelle des ressources forestières par les communautés rurales.

La SED s'articule autour de quatre axes fondamentaux :

(a) proposer des matériels et des services diversifiés, performants et adaptés dans le domaine de l'énergie domestique, en s'appuyant sur les réseaux commerciaux existants et en favorisant la concurrence ;

(b) assurer un réel transfert de responsabilité aux collectivités locales en matière de gestion des ressources naturelles, par une réforme de la réglementation de l'exploitation, du transport et du commerce des combustibles ligneux, et en leur apportant l'appui technique nécessaire ;

(c) amener les prix des combustibles domestiques à des niveaux plus proches de leurs coûts économiques ;

(d) assurer une coordination efficace des actions en mettant en place une organisation institutionnelle souple et légère.

D'un point de vue pratique, la SED s'appuie sur quatre grands types d'instruments :

- un schéma directeur d'approvisionnement des villes permettant d'organiser et de planifier l'exploitation forestière sur des pas de temps d'environ 10 ans.

- des marchés ruraux de bois-énergie définis comme des lieux de vente de bois-énergie gérés par des structures locales. A chaque marché sont associés un massif forestier inventorié et délimité, un plan d'aménagement forestier, des quotas annuels de production, une aire de vente localisée et une Structure Rurale de Gestion (SRG) chargée de respecter les quotas et de gérer les bûcherons.

- un système de taxation différentielle des produits forestiers incitant les populations locales à participer à la gestion des ressources ligneuses et revalorisant économiquement le bois sur pied ;

- une politique de promotion et de commercialisation des combustibles de substitution.

Les villages désirant adhérer à cette stratégie doivent présenter à l'administration forestière un plan d'aménagement de leur ressource garantissant la durabilité de l'exploitation. Il leur est alors confié la gestion et la commercialisation de cette ressource au travers de la SRG.

Afin de favoriser la commercialisation du bois provenant de ces marchés ruraux, la taxe est réduite de telle sorte que le prix d'achat du bois (taxe comprise) y soit inférieur à celui produit hors marché.

Encadré 7. *La Stratégie Energie Domestique du Mali - source (ESMAP, 1992)*

Le découpage territorial du Mali

Depuis 1996 et les travaux de la Mission de Décentralisation malienne (MDD), le territoire malien est découpé en 701 communes, 49 cercles et 8 régions. L'ensemble du découpage repose officielement sur la maille élémentaire qu'est la commune.

La commune est gérée par un conseil communal élu au suffrage universel direct. Le maire et les adjoints, qui forment le bureau communal, sont élus par les conseillers communaux. Les domaines de compétences des communes englobent l'éducation de base, la santé, et la gestion des ressources naturelles. Les communes sont constituées de villages dont un en particulier constitue le chef lieu de commune. La création des communes est le résultat d'un long processus de conciliation entre l'Etat malien, qui a imposé un certain nombre de règles techniques pour qu'une commune puisse être économiquement viable, et les populations villageoises qui ont choisi de s'associer sur des critères historiques, stratégiques, d'affinités, etc. Encore actuellement plus de 100 villages contestent leur appartenance à leur commune de rattachement. Les limites des communes n'ont, en 2007, toujours pas fait l'objet d'un bornage. Elles reposent encore aujourd'hui sur un simple principe d'inclusion/exclusion de villages.

Le cercle, est une collectivité territoriale regroupant plusieurs communes, dotée d'une personnalité morale et bénéficiant de l'autonomie financière. Le conseil de cercle est composé de membres élus par les conseillers communaux pour un mandat de 5 ans.

La région, est une collectivité territoriale regroupant plusieurs cercles. Les régions sont gérées par un conseil régional. Les conseillers régionaux sont élus par les conseillers communaux.

Le village, n'est pas une collectivité territoriale au vu de la législation malienne. Il n'a pas de statut juridiquement reconnu bien qu'explicitement les communes sont définies comme un ensemble de villages. Le village n'a pas de limites bornées ce qui explique en grande partie que les communes n'en ont pas plus. Le village est administré par un chef de village reconnu par l'administration déconcentrée comme le représentant du village. Il est chargé de maintenir la paix et de collecter les impôts. Le chef de village est choisi par le conseil de village, lui-même désigné par l'assemblée villageoise.

Encadré 8. *Le découpage territorial actuel du Mali - Sources : (Lima, 2007 ; Kassibo, 2007)*

7.2. Les agents forestiers

7.2.1 Les rôles des services forestiers

Depuis 1998 (Ordonnance N° 98-025), l'organisme d'Etat en charge du secteur forestier est la Direction Nationale de la Conservation de la Nature (**DNCN**). Cette direction est placée sous la tutelle du ministère de l'Environnement. Elle est chargée :

- d'élaborer et mettre en œuvre des plans d'aménagement et de restauration des forêts, parcs et réserves ;
- d'élaborer et veiller au respect des textes législatifs et réglementaires relatifs à la conservation des ressources forestières et fauniques.

Ces deux missions correspondent aux charges historiques du Service des Eaux et Forêts. Néanmoins, le législateur soucieux de modifier l'image et le rôle des agents forestiers a également renforcé les tâches de vulgarisation, d'information, d'assistance et de conseil par rapport à celles de contrôle et de police. La DNCN est, de ce fait, également chargée :

- d'appuyer les collectivités territoriales en matière de gestion rationnelle des ressources forestières et fauniques ;
- d'assurer la centralisation, le traitement et la diffusion de données statistiques.
- d'apporter aux SRG un appui technique à l'exploitation, au transport et à la commercialisation du bois.

Sur le terrain, la DNCN est un service déconcentré qui possède des représentations à tous les niveaux administratifs du pays :

- au niveau de chaque région et du District de Bamako, un service régional nommé *Direction Régionale de la Conservation de la Nature*.
- au niveau de chaque cercle, un service technique dénommé *Service de la Conservation de la Nature*.
- au niveau de chaque commune, un service technique dénommé *Antenne de la Conservation de la Nature*.
- au niveau des entrées des grandes villes et au bord des routes principales, plusieurs *postes de contrôle* chargés de vérifier la circulation des produits forestiers.

Les attributions de ces services déconcentrés sont identiques à celles de la DNCN (Décret N°98-370/P-RM du 11 Nov 1998):

- Aménager, protéger et exploiter les ressources forestières domaine de l'Etat en partenariat avec les populations riveraines et fournir un appui aux collectivités locales et aux particuliers dans l'aménagement, l'exploitation et la protection de leurs ressources naturelles.

- Veiller à la diffusion, à l'application et au respect des textes législatifs et réglementaires relatifs à la gestion des ressources forestières et fauniques.

Les postes de contrôle dépendent directement des antennes ou des autres services sub-régionaux. Ainsi les postes de contrôles aux entrées de Bamako dépendent directement de la Direction Régionale du District de Bamako.

La DNCN et toutes ses déclinaisons régionales et subrégionales, sont partagées entre deux Directions : la DNAER (Direction Nationale de l'Aménagement et de l'équipement Rural) et la DGRC (Direction Générale de la Réglementation et du Contrôle). Cette division marque bien la **double mission** attribuée actuellement aux agents forestiers : ***aménager en partenariat*** avec les populations locales et ***contrôler*** l'exploitation des ressources (*a priori* sans l'aide des populations locales). Les actions de la DNAER comportent essentiellement celles de reboisement et de plantation, et celles d'aménagement durable des forêts.

Les campagnes de reboisement ont prinpalement vu le jour au début des années 1980 et se sont poursuivis jusqu'à la fin des années 1990. Officiellement, les plantations à vocation de bois de feu représentent environ 40 000 ha au Mali. Mais, compte tenu du manque de suivi, le taux de réussite a été très faible. Il est difficile actuellement de connaître les surfaces réellement replantées et le succès réel de ces plantations mais le total devrait être actuellement d'environ 10 000 ha, pour une surface totale de forêts naturelles et de savanes de 30 millions d'hectares (Maiga, 1999).

Les actions d'aménagement durable dirigées par l'Etat se concentrent exclusivement dans les 118 forêts classées du Mali. La surface actuelle sous aménagement forestier durable et sous la responsabilité de l'Etat serait de l'ordre de 260 000 ha, soit à peine 1% des surfaces forestières productives de bois du pays.

Les services de l'Etat sont par ailleurs tenus d'apporter aux populations riveraines des forêts des services de suivi et d'appui technique. Mais le rapport 2005 de BEAGGES sur l'état des Marché Ruraux met en évidence que depuis la création de ces structures en 1998, aucun marché n'a vraiement fait l'objet d'un suivi par l'administration forestière et que très peu de formations n'ont été dispensées par l'Etat.

Dans les faits, les principales charges des Services de la Conservation restent la perception des taxes d'exploitation et le contrôle des flux de bois.

7.2.2 Le système de contrôle et de recouvrement des taxes

7.2.2.1 La mécanique des taxes et des amendes

Depuis 1901, l'exploitation commerciale du bois est subordonnée au paiement d'une taxe (fonction de la quantité de bois prélevée) donnant lieu à l'émission par l'administration forestière d'un permis de coupe. La circulation des produits forestiers doit également être accompagnée d'un permis de circulation qui ne peut être délivré que sur présentation du permis de coupe.

Avant exploitation, tout bûcheron doit s'acquitter d'une taxe correspondant à la quantité de bois qu'il souhaite couper et commercialiser. **Le recouvrement** des taxes forestières se fait, en théorie, dans l'*antenne locale* de la DNCN la plus proche du lieu de production. Les antennes reversent alors leur recette au niveau des Services de la Conservation de la Nature du Cercle qui sont chargés de la reverser au Trésor Public. « *Les chefs des Services de la Conservation de la Nature se chargent du reversement au niveau des perceptions (Trésor Public). La Direction Régionale réalise des contrôles semestriels de tous les Services de la Conservation pour vérifier si les taxes ont été effectivement versées au Trésor. La Direction Nationale opère un contrôle annuel pour réaliser les mêmes vérifications. Les rapports d'activités et les pièces statistiques mensuelles établies par les Services de la Conservation de la Nature permettent de suivre les versements » (Maiga 2001).* Dans le cas d'un Marché Rural de Bois-énergie (MRBE), la Structure Rurale de Gestion peut se substituer au bûcheron individuel et s'acquitter des droits de coupe pour l'ensemble de ses bûcherons membres. Après paiement de la taxe, les services forestiers déconcentrés (les *antennes*) remettent alors aux bûcherons, un permis de coupe valable pour un type de produit (bois ou charbon), une durée et une quantité de bois, et N permis de circulation. Ces permis de circulation, appelés aussi *coupons de transports*, sont alors remis aux commerçants urbains jusqu'à épuisement des quantités autorisés par le permis de coupe (cf. Figure 24).

Entre la zone de production et la ville consommatrice, tout transporteur de bois est alors soumis à de nombreux contrôles.**Le contrôle** des flux se fait au niveau de postes forestiers situés en bord de route, ainsi qu'aux entrées des villes. Ces postes sont fluctuants et sont amenés à être déplacés, à disparaître, et à être recréés en fonction des flux, d'éventuels conflits locaux, de promotions administratives. Les agents des postes de contrôle arrêtent les véhicules chargés de bois et s'assurent que le transporteur dispose d'un permis de circulation (un *coupon de transport*) ou, à défaut, d'un *permis de coupe*. S'il s'avère que le transporteur ne dispose pas de ces permis ou que les quantités mentionnées sur les permis ne correspondent

pas aux quantités transportées, le contrevenant est verbalisé. Il doit alors s'acquitter d'une amende ou, à défaut, son chargement est confisqué par l'administration. La Figure 26 schématise le circuit officiel de paiement des taxes et de contrôle des flux.

REPUBLIQUE DU MALI DNAER **PERMIS DE COUPE** **COUPON DE TRANSPORT** **ZONE INCONTROLEE**	REPUBLIQUE DU MALI DNAER **PERMIS DE COUPE** **ZONE INCONTROLEE**	REPUBLIQUE DU MALI DNAER **COUPON DE TRANSPORT** **ZONE INCONTROLEE**
Produit : BOIS ***10 STERES*** **N° 9900123**	***Produit : BOIS*** ***10 STERES*** **N° 9900123**	***Produit : BOIS*** ***10 STERES*** **N° 9900123**
Origine du bois : **Bénéficiaire** **Nom :** **Adresse:** ***Antenne ACAER de :*** **Nom de l'agent :** **Fonction :** **Signature et cachet :** **N° de quittance :** **Date quittance :**	**Origine du bois :** **Bénéficiaire** **Nom :** **Adresse:** ***Antenne ACAER de :*** **Nom de l'agent :** **Fonction :** **Signature et cachet :** **N° de quittance :** **Date quittance :** **Date coupon :** **Heure :**	**Origine du bois :** **Bénéficiaire** **Nom :** **Adresse:** **Type de moyen transport :** **N° immatriculation : Tonnage :** **Date : Heure :** **Durée validité :** ***Poste de contrôle de :*** **Nom agent : Signature :** **Date : Heure:** **Cachet :**
EXEMPLAIRE ANTENNE ACAER	**EXEMPLAIRE EXPLOITANT/TRANSPORTEUR**	**EXEMPLAIRE TRANSPORTEUR**

Figure 25. *Coupons de transport et permis de coupe délivrés par les antennes locales de la DNCN*

7.2.2.1 Un système sans moyens

A première vue, avec une antenne par commune et un chapelet de postes de contrôle sur les principaux axes routiers, le dispositif de contrôle et de recouvrement de la DNCN semble assurer un maillage complet du territoire. En pratique, à tous les niveaux d'intervention, les agents forestiers n'ont ni les moyens matériels, ni les moyens humains, et pas toujours les compétences, pour visiter régulièrement les aires forestières, pour contrôler les coupes et pour appuyer les populations rurales. Plusieurs facteurs sont à l'origine de la dégradation de ces services.

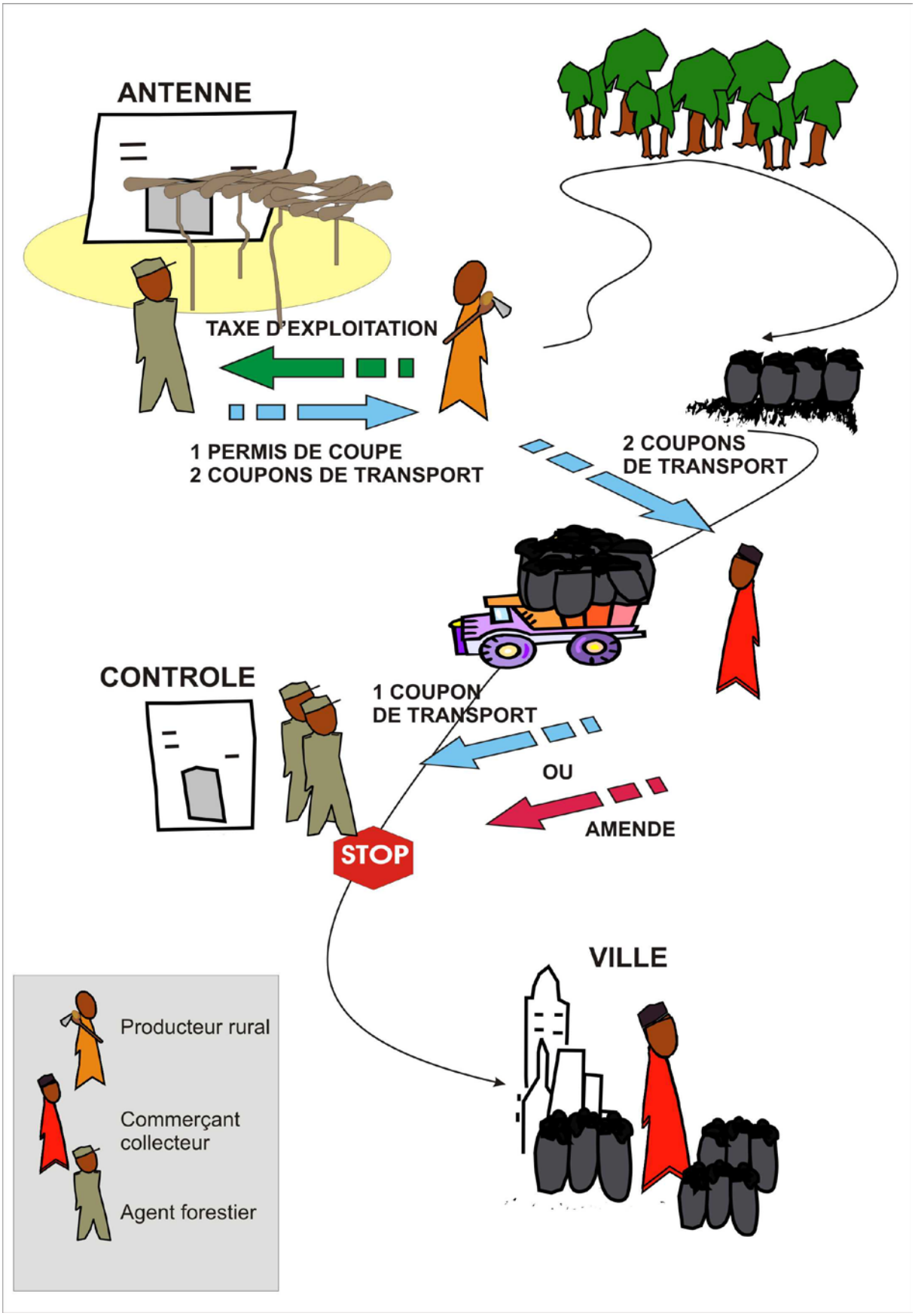


Figure 26. *Le circuit officiel de paiement des taxes et de contrôle des flux.*

Depuis 1995, les budgets de l'Etat consacrés au secteur forestier n'ont cessé de diminuer. Pratiquement aucune dépense n'a été engagée pour la formation des forestiers depuis pratiquement 10 ans ; la recherche forestière est exsangue et les quelques chercheurs restants travaillent sur des domaines autres que celui de la gestion forestière : production de beurre de karité ou de gomme arabique, sélection variétale, etc. Les recrutements, en grande partie en raison des politiques d'ajustements structurels imposés par la Banque Mondiale et le FMI, ont été réduits de moitié entre 1996 et 2002. En 2002, les effectifs totaux de la DNCN pour l'ensemble du pays étaient seulement de 803 agents pour une surface boisée de plus de 30 millions d'hectare et la moyenne d'âge des agents était de plus de 45 ans (OEF, 2003).

Ces effectifs sont jugés, par les experts internationaux comme par la DNCN elle-même, très insuffisants au regard de la superficie des forêts et des tâches à accomplir. En 2001, Bather Koné, chercheur en foresterie à l'IER, estimait le nombre d'agents forestiers nécessaires à 1600, soit le double des effectifs actuels (Kone, 2001). Actuellement, compte tenu du nombre d'agents affectés aux contrôles sur les routes et de ceux affectés dans les administrations centrales et régionales, seuls environ 300 agents sont affectés à la surveillance locale des forêts. Chaque agent doit donc surveiller, sans moyen de locomotion, un territoire d'environ 1000 km2 (30km sur 30km). Dans ce contexte, la surveillance peut alors être considérée comme très lâche…

7.2.2.2 Un système inadapté aux réalités du monde rural

Dès 1994, de nombreux experts économistes, comme de nombreux agents forestiers ont mis en évidence le fait que le paiement des permis de coupe par les bûcherons avant exploitation, était voué à l'échec (Ribot, 1995a). La taxe officielle est perçue comme une somme trop importante pour les producteurs qui n'ont que rarement les liquidités pour l'avancer (Hautdidier et Gautier, 2005). Même au niveau des villages où la profession s'est organisée, sous l'agrément d'un Marché Rural de bois, le paiement par avance de la taxe pose des problèmes comptables.

De plus, les manques d'effectifs de l'Etat se traduisent souvent par l'absence prolongée des agents forestiers au niveau des antennes. Les bûcherons ne peuvent alors s'acquitter de leurs droits avant d'aller couper et sont alors contraints de le faire dans l'illégalité. L'absence de moyens de l'Etat s'est également traduit à plusieurs reprises par l'impossibilité d'éditer les coupons de transport ou les permis d'exploitation. Faute de coupons, toute coupe peut alors être considérée comme illégale. Sans documents officiels donnés par l'Etat ou sans les moyens financiers de se les procurer, les bûcherons ruraux sont totalement dépendants de la « compréhension » des forestiers chargés du contrôle.

7.2.2.3 Un système de recouvrement inefficace

L'examen des recettes fiscales provenant de la vente des permis de coupe est édifiant :

En 1996, le taux de recouvrement des taxes était estimé à 7% sur l'ensemble du pays (Haaser, 1997). Ce calcul était fait en considérant d'une part la consommation moyenne du pays et d'autre part les recettes de taxation enregistrées par le trésor public. Entre 1995 et 1999, ces recettes annuelles, appelées « recettes d'exploitation », étaient de l'ordre de 100 000 000 CFA alors que les recettes théoriques auraient du être plus de dix fois supérieures (sur la base des taxes officielles et de la consommation moyenne de la population).

A partir de 1999, les recettes forestières publiées par la Direction Nationale de la Statistique et de l'Information (DNSI) dans les comptes de la Nation, cessent d'être agrégées au niveau national. Les chiffres ne sont alors disponibles que par région, mais la plupart des régions n'ont pas publié leur chiffre si bien qu'il est devenu pratiquement impossible d'évaluer globalement le système de taxation. Au vu de la tendance passée et des budgets alloués aux services forestiers, il n'y a aucune raison de penser que le taux de recouvrement ait augmenté entre 2000 et 2005.

Comme pour les recettes d'exploitation, à partir de 1999, il devient pratiquement impossible d'avoir une vision globale des recettes fiscales générées par les amendes (*les transactions* dans le jargon des forestiers). Aux entrées de Bamako, le taux de bois contrôlé et enregistré ne cesse de baisser depuis 1996. D'après les relevés officiels effectués aux postes de contrôle placés aux entrées de la ville (sources DNCN 1996 - 2003), le taux de contrôle serait passé de 27% en 1996 à seulement 15% en 2003.

Malgré les efforts faits pas la SED, puis par l'AMADER, pour renforcer le contrôle et le recouvrement, le système est de moins en moins efficace. Tout du moins en apparence, car cette baisse des rentrées fiscales peut avoir trois causes : d'un coté, l'habileté croissante des commerçants dans le contournement des postes de contrôle ; de l'autre, la baisse des effectifs ; ou enfin, la hausse des détournement de fonds des agents en charge du contrôle. Il est à ce jour impossible de connaître la part relative de ces trois facteurs.

7.2.2.4 Des agents forestiers directement « intéressés » à la fraude

Selon la loi, le service forestier conserve 25% des amendes imposées aux commerçants et aux exploitants comme ristournes accordées aux indicateurs et aux agents forestiers à titre de motivation et d'incitation (Décret No 98-402/P-RM).

Dans une conjoncture où les salaires des fonctionnaires sont en baisse et où les arriérés de paiement s'accumulent, cette disposition incite naturellement les agents forestiers à pousser

d'une part les différents acteurs de la filière dans l'illégalité pour mieux les ponctionner et d'autre part à détourner les ristournes pour leur propre profit. « L*a corruption empire car l'Etat n'a plus de pouvoir* ». Cette remarque glanée lors d'une communication personnelle avec un bûcheron résume assez bien la situation actuelle : l'Etat en perdant de son autorité sur ses propres agents laisse le champ libre aux interprétations personnelles de la loi et aux abus individuels (Ribot, 1995a).

7.2.2.5 Un service forestier dans la tourmente

Depuis maintenant 15 ans, la décentralisation et les transferts de gestion des ressources forestières de l'Etat vers les communautés villageoises ont profondément changé les missions du service forestier. Or, sans recrutement de nouveaux agents, ni formation des agents en poste, le personnel du Service des Eaux et Forêts (aujourd'hui DNCN) est resté le même. Il a assisté amèrement à ces mutations avec un grand sentiment d'impuissance.

La perte d'autorité et de pouvoir du Services des Eaux et Forêts a été en grande partie orchestrée par l'Etat lui-même en réponse aux abus de pouvoirs passés et à la mauvaise réputation de ses agents en uniforme auprès des populations rurales. Depuis 1998, les services forestiers doivent également faire face à la concurrence du secteur privé. En effet, la mise en place des marchés ruraux a été confiée à des opérateurs privés chargés d'établir les plans d'aménagement et de former les populations locales. Le processus d'aménagement de la forêt classée des Monts Mandingues à l'ouest de Bamako a également été confié à un bureau d'étude privé malien, même si la gestion de ce plan est restée par la suite du ressort de l'Etat. La rumeur d'une privatisation du contrôle forestier, comme c'était le cas au Tchad en 2005, a même momentanément circulée dans les couloirs du ministère de l'Environnement (interviews personnelles avec le Directeur national des Forêts).

Comble de l'affront fait aux forestiers, et preuve de leur marginalisation orchestrée consciemment ou inconsciemment par l'Etat Malien, en 2002, la politique de développement de l'énergie domestique et de gestion durable des ressources bois-énergie a été confiée à un organisme parapublic : l'AMADER qui dépend directement du Ministère de l'Energie et non pas du Ministère de l'Environnement.

Les discours des forestiers sont significatifs du malaise de leur profession et de leurs ressentiments envers le processus de transfert de gestion (entretiens personnels avec des agents forestiers en poste lors des enquêtes) :

- *« La démocratie a amené le pillage des ressources par les populations locales » ;*
- *« Les paysans sont des analphabètes, ils sont en train de détruire les ressources » ;*

- *« Le régime forestier au Mali est peu efficace parce qu'il ne repose sur aucune base scientifique » ;*
- *« Avec l'avènement de la décentralisation en 1995, tout s'est passé comme si les services étaient quasiment inexistants » ;*
- *« les populations sont incapables d'assurer correctement leur devoir de surveillance - tout le monde se connaît ».*

Actuellement, en grande partie à cause du manque de moyens affectés à la formation des agents, la DNCN cherche encore sa place dans le nouveau dispositif de gestion des ressources ligneuses (cf Planche 7). Cette dernière n'a plus les moyens de contrôler les exploitants sur le terrain ; elle a été dépossédée de l'aménagement des forêts en partie confié à des opérateurs privés ; et elle dépend en grande partie des moyens financiers que lui octroie l'AMADER.

7.3. Des règles formelles aux pratiques informelles de l'administration forestière

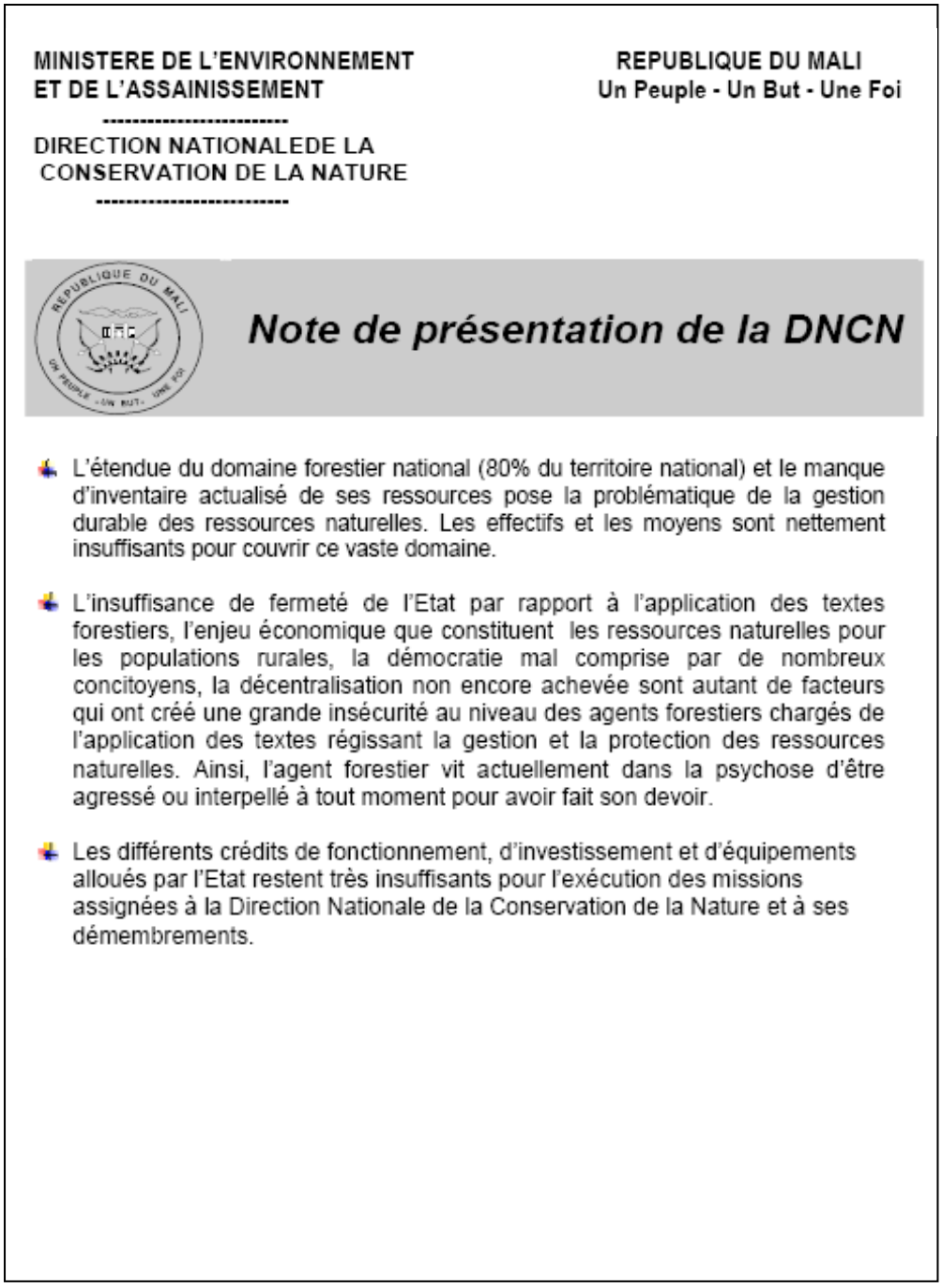
Bien que sur le papier les règles juridiques d'exploitation et de commerce du bois-énergie soient *a priori* claires, sur le terrain, les pratiques des agents forestiers tendent à les rendre obscures voire à les contourner. L'objet de ce sous-chapitre n'est ni de dresser une liste exhaustive des abus exercés par les agents forestiers, ni de faire le procès de l'administration forestière mais de souligner certaines pratiques avérées qui définissent les règles informelles actuelles imposées aux autres acteurs de la filière.

L'analyse des nombreux dysfonctionnements du service que nous avons pu observer et qui ont été rapportés par ailleurs par de nombreux experts (Foley *et al.*, 2002 ; Haaser, 1997), met en évidence que la loi est détournée par trois mécanismes : **l'arbitraire, la « mésinformation »[32] et la corruption**.

- la faiblesse des effectifs des agents forestiers sur le terrain les amène à émettre des jugements erronés sur l'état des forêts et sur les responsables présumés, et à prendre des décisions arbitraires inadaptées aux problèmes réels ;

- le désengagement de l'Etat dans ses missions d'information et d'appui des populations locales, conjugué au rythme rapide des réformes du code forestier, renforcent les asymétries d'information et les abus d'autorité des agents sur les bûcherons et charbonniers ;

[32] Mésinformation : néologisme assumé signifiant mauvaise information.



MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE L'ASSAINISSEMENT

DIRECTION NATIONALEDE LA
CONSERVATION DE LA NATURE

REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple - Un But - Une Foi

Note de présentation de la DNCN

- L'étendue du domaine forestier national (80% du territoire national) et le manque d'inventaire actualisé de ses ressources pose la problématique de la gestion durable des ressources naturelles. Les effectifs et les moyens sont nettement insuffisants pour couvrir ce vaste domaine.

- L'insuffisance de fermeté de l'Etat par rapport à l'application des textes forestiers, l'enjeu économique que constituent les ressources naturelles pour les populations rurales, la démocratie mal comprise par de nombreux concitoyens, la décentralisation non encore achevée sont autant de facteurs qui ont créé une grande insécurité au niveau des agents forestiers chargés de l'application des textes régissant la gestion et la protection des ressources naturelles. Ainsi, l'agent forestier vit actuellement dans la psychose d'être agressé ou interpellé à tout moment pour avoir fait son devoir.

- Les différents crédits de fonctionnement, d'investissement et d'équipements alloués par l'Etat restent très insuffisants pour l'exécution des missions assignées à la Direction Nationale de la Conservation de la Nature et à ses démembrements.

Planche 7. *Le malaise des agents forestiers rapporté dans une note interne officielle de la DNCN (mai 2007)*

- enfin, la faiblesse des salaires et l'absence de contrôle interne incitent les agents à la corruption et au détournement d'une partie des taxes à leur profit.

Ces mécanismes associés entre eux, se traduisent concrètement sur le terrain par un système de règles informelles en marge des règles officielles.

7.3.1 Précisions sur la notion de règle

La *règle* est une notion complexe. Un examen de l'ensemble des définitions proposées par le TFLI (http://www.cnrtl.fr) met en évidence que la règle renvoie aux différents sens suivants :

1. la prescription émanant d'une ou de plusieurs personnes faisant autorité dans une société ou un groupe donnés et à laquelle les acteurs doivent se soumettre ;
2. la norme juridique fondamentale qui s'impose à tous ;
3. la méthode applicable dans un domaine donné pour atteindre une certaine fin ;
4. le principe régissant certains phénomènes naturels et qui s'imposent à l'acteur ;
5. la régularité : ce qu'on peut habituellement observer, quand certaines circonstances sont réunies.

La règle renvoie donc aussi bien au droit formel ou informel, le *de jure,* qu'au réel, le *de facto,* qui dans le cas de la gouvernance des ressources naturelles sont souvent indiscernables. Selon E. Ostrom (1990 ; 1992), les règles correspondent à « *la compréhension commune au niveau d'un groupe d'individus des actions qui doivent ou ne doivent pas être entreprises dans une situation précise, ainsi qu'aux sanctions qui seront exécutées contre ceux qui ne se sont pas conformés à cette action entendue* ».

Afin de mettre en lumière les règles imposées par les organes de l'Etat aux autres acteurs de la filière, nous essayerons donc ci-après de dégager des pratiques des agents forestiers, les régularités qui font dorénavant office soit de prescriptions, soit de normes, soit encore de sanctions, et qui définissent en tout état de cause les règles actuelles.

7.3.2 Un système opaque de taxe-amende

Tout le système officiel de régulation de l'exploitation repose actuellement sur **une taxe unique** payable par les bûcherons **avant exploitation**.

Jusqu'en 1995, le même niveau de taxe était appliqué quel que soit le lieu de production et quel que soit l'exploitant. A partir de 1995, la taxe a été différenciée selon les zones de production. Une différence est faite entre :

1. les zones délimitées et aménagées qui correspondent aux Marchés Ruraux dits *« contrôlés »* et aux forêts classées mises en exploitation.
2. les zones délimitées et non aménagées qui correspondent à des marchés ruraux de bois-énergie dits *« orientés »*.
3. les zones non délimitées et aménagées, dites *zones « incontrôlées »*.

Pour les zones incontrôlées, qui représentent la majorité des zones de production (comme nous l'avons vu dans la première partie), les taxes d'exploitation ont brutalement été multipliées par 2.5 en 1995, puis encore par 2 en 1998. Au total, entre 1989 et 2005, les taxes ont subit une augmentation de 380% pour le charbon et 300% pour le bois (cf. Tableau 17). Le décret de 1997 prévoyait même de multiplier cette taxe par 5 pour le bois et par 6 pour le charbon mais ce décret n'a jamais été appliqué. Suite à la hausse de 1998, jugée trop importante, les commerçants de bois se sont mis en grève en Juin 1999. Cette grève des exploitants de bois a occasionné un fort mécontentement social à Bamako, à cause de la pénurie du bois et du charbon de bois qu'elle a engendrée. Il en a résulté une difficulté d'application immédiate du dit décret et il a fallu observer un moratoire de trois mois et une révision à la baisse du niveau des taxes pour permettre son application effective sur le terrain (Maiga, 2001).

Selon les textes, la taxe d'exploitation doit toujours être payée *avant* exploitation par le producteur ou un de ses représentants. Mais en pratique, la tendance actuelle est de déférer au commerçant urbain le paiement de cette taxe *après* exploitation, ce qui est représente une entorse importante au principe de responsabilisation des populations locales, à l'origine des réformes de 1995.

Sur 50 commerçants urbains interrogés en mars 2005, 49 déclaraient payer une taxe ou une amende pour le transport des produits (enquêtes Gazull et Kouyaté 2005). Les modalités en sont les suivantes :

- le grossiste se déplace sur le lieu d'achat et paie la taxe au moment de l'achat. C'est le cas sur la plupart des gros marchés hebdomadaires où les grossistes se substituent de fait aux associations de bûcherons dans le paiement de la taxe.
- le grossiste se déplace sur le lieu d'achat, ne paie pas de taxes mais s'acquitte d'une amende lors de son passage aux postes de contrôle sur la route.
- le grossiste ne se déplace pas mais paie une taxe incluse dans le prix du transport. C'est alors au chauffeur de s'acquitter de la taxe ou de l'amende auprès des services forestiers.

Dans les trois cas, la taxe (ou l'amende), en étant payée après exploitation, ne représente plus un permis de coupe mais un simple permis de circulation.

Taxes d'exploitation du bois de chauffe (FCFA)						
Année	**1989**	**1994**	**1995**	**1997***	**1998**	**2004**
Stère - exploitation incontrôlée	200	200	500	800	800	800
Stère - exploitation orientée	200	200	300	400	400	400
Stère - exploitation contrôlée	200	200	200	250	250	250
Décret officiel	RDM 1986b	RDM 1986b	95-422/P-RM	97- ???/P-RM	98-402-P-RM	98-402-P-RM
Taxes d'exploitation du charbon de bois (FCFA)						
Année	**1989**	**1994**	**1995**	**1997***	**1998**	**2004**
Quintal - exploitation incontrôlée	250	250	600	1500	1200	1200
Quintal - exploitation orientée	250	250	400	1000	800	800
Quintal - exploitation contrôlée	250	250	300	500	500	500
Décret officiel	RDM 1986b	RDM 1986b	95-422/P-RM	97- ???/P-RM	98-402-P-RM	98-402-P-RM

* : Projet de décret de 1997 n'ayant jamais été mis en application.

Tableau 17. *Evolution des taxes officielles d'exploitation (sources : décrets officiels de la République Malienne)*

En 2005, un système de taxe-amende officieux payable par la personne effectuant le transport a donc remplacé le système officiel de taxe d'exploitation. Cette situation n'est pas nouvelle, F. Haaser faisait déjà ce constat en 1997 lors d'une expertise du système de contrôle réalisée dans le cadre du projet SED (Haaser 1997). F. Haaser notait également en 2000 qu'un nouveau métier était apparu : « grossiste en coupons de transport » (Haaser 2000). Les « grossistes en coupons de transports » sont des individus qui achètent un permis de coupe pour une quantité significative (30, 50 stères de bois par exemple) et se font délivrer les coupons de transport correspondants. Ils revendent alors leurs coupons aux petits exploitants moyennant un bénéfice d'environ 100 Fcfa par stère de bois.

Le taux de la taxe-amende est difficile à évaluer de manière fiable. Les grossistes hésitent à révéler leurs arrangements avec les autorités et, la taxe étant souvent intégrée dans le prix du transport, les grossistes ne savent pas toujours quel en est réellement le montant. Ce taux est fonction de l'origine géographique du produit, de l'activité de production, du nombre de postes rencontrés en route, de la capacité de négociation du grossiste.

Le Tableau 18 rapporte les taxes réellement payées par les commerçants-collecteurs en mars 2005. Il montre :

- que les produits provenant de zones contrôlées sont taxés au même taux que ceux des zones incontrôlées ;
- que les taxes réelles sont entre 12,5% et 25% moins élevées que les taxes officielles dans les zones incontrôlées qui, rappelons le, représente 95% de la production.

En 2005, le système de taxation différentielle n'est donc plus opérant dans le bassin de Bamako.

Produit et origine	Taxe officielle payable par l'exploitant	Taxe réellement payée par le grossiste-collecteur
Bois de zone incontrôlée	800 CFA/stère	700 CFA /stère
Bois de zone contrôlée	250 CFA/stère	700 CFA /stère
Charbon de zone incontrôlée	1200 CFA/Quintal	900 CFA/Quintal
Charbon de zone contrôlée	500 CFA/quintal	800 CFA/Quintal

Tableau 18. *Comparaison entre taxes officielles et taxes réellement perçues (sources décrets officiels et enquêtes Gazull & Kouyaté 2005 auprès des commerçants)*

L'évolution de la taxe durant ces 15 dernières années se résume donc en trois points :

- la taxe est devenue indépendante du mode d'exploitation de la ressource ;
- la taxe a été multipliée par 4 ou 5 ;
- taxes et amendes sont maintenant intimement liées et payées par les commerçants au moment de l'achat ou plus fréquemment au niveau des postes de contrôle.

En déplaçant le paiement de cette taxe du lieu de production au lieu de vente, l'Etat et la profession ont coupé le lien existant entre la taxe et le lieu d'origine du produit et la manière dont il est exploité. La distinction entre zones contrôlées, zones orientées et zones incontrôlées déjà peu perçues par les acteurs de la filière, est devenue totalement floue, ce qui favorise les arrangements à l'amiable entre les agents locaux de l'Etat, les exploitants et les commerçants.

7.3.3 Une interdiction arbitraire de coupe qui entretient la confusion entre taxe et amende

En Juin 2004, le ministère de l'Environnement a pris la décision, de façon unilatérale, d'interdire toute coupe de bois vert[33] dans le bassin d'approvisionnement de Bamako pendant la saison des pluies (de juin à janvier). Bien que temporairement arrêtée en 2005, cette mesure a été renouvelée en 2006. Elle s'appuie sur le sentiment qu'il existe des stocks de bois et de charbon accumulés pendant la saison sèche (janvier à mai) et que ces stocks sont suffisants pour couvrir la saison des pluies. Or, les nombreuses enquêtes faites par la CCL pendant la SED et nos propres enquêtes démontrent que ces stocks sont très limités et que, sans nouvelles coupes, la filière a une capacité d'approvisionnement d'un mois au maximum. Par ailleurs,

[33] Le bois vert, par opposition au bois mort, désigne le bois issu d'un arbre vivant.

depuis 2004, aucune pénurie de bois ne s'est faite sentir à Bamako. Cela prouve que personne ne respecte un décret arbitraire basé sur des données erronées.

Outre son aspect inapplicable, ce type de décision entretient également le flou entre le légal et l'illégal. Durant les 6 mois d'interdiction, aucun permis de coupe n'est attribué. Le bois vert ne peut donc circuler qu'en parfaite illégalité ce qui favorise le système des amendes au détriment de celui de la taxe d'exploitation. Durant cette période, la confusion entre taxe légale et amende est totale : un chef de poste de contrôle forestier confiait à un journaliste de l'Essor en Juillet 2004 (Quotidien l'Essor du 10-07-2004) que même avec un permis de circulation attestant le paiement de la taxe d'exploitation, une amende de 10000 CFA était appliquée aux transporteurs. En 2005, l'interdiction a été temporairement levée mais le système officiel n'a pas totalement été remis en service. En effet, les permis spécifiques pour les zones contrôlés n'ont pas été édités. Les transporteurs ne pouvaient donc pas attester de l'origine de leur produit et ont été taxés, à tort comme à raison, sur la base de produits provenant de zones incontrôlées.

Sans contester la légitimité des cadres de la DNCN à décider de l'arrêt de l'exploitation dans des zones qu'ils jugent appauvris par une surexploitation, on peut relever de cette expérience, le décalage qui existe entre les besoins réels de la population (comme nou sl'avons vu précédement, les Bamakois n'ont pas d'autres choix que de cuisiner au bois), les réalités de la filière (l'absence de stocks), les réformes en cours (le transfert de gestion) et des décisions unilatérales qui peuvent mettre en péril toute une construction politique.

7.3.4 Une mésinformation entretenue

Un commerçant « lettré » de Bamako, au fait des lois et décrets réglementant le commerce du bois, nous confiait que les autorités jouaient de « *la méconnaissance des commerçants sur les règles de taxation pour mieux les amender* ». Durant nos enquêtes, 50% des commerçants interrogés ne connaissaient pas la différence entre une zone contrôlée et une zone incontrôlée. Il est alors aisé pour les agents forestiers de leur appliquer des amendes pour défaut de taxes.

Chez les consommateurs, même niveau de méconnaissance sur les règles d'exploitation : en Octobre 2004, personne à Bamako n'était au courant de l'interdiction de coupe de bois vert. L'information est simplement passée sous la forme d'une lettre circulaire « *adressée aux différentes structures en charge de la gestion du domaine forestier ».* Du fait de cette mesure, le charbon à Bamako a augmenté en un mois de 25% sans que personne n'informe la population sur les raisons de cette hausse. Comme l'augmentation a eu lieu pendant la saison des pluies, elle a été perçue par les consommateurs comme une conséquence habituelle des difficultés d'accès aux sites de production (Quotidien l'Essor du 01-09-2004).

7.3.5 Une corruption qui entretient la faiblesse des moyens alloués

« *Etre chef de poste sur un axe très fréquenté est une vraie promotion* » (entretien personnel 2005 avec un agent de la DNCN). Le faible taux de bois officiellement contrôlé à l'entrée de Bamako parle de lui-même : alors que tous les commerçants interrogés se plaignent d'être arrêtés systématiquement plusieurs fois sur le trajet entre la zone de production et la ville, le taux de contrôle officiel est en dessous de 15%. Même s'il existe effectivement des possibilités d'éviter les postes de contrôle en passant la nuit ou en empruntant quelques raccourcis peu praticables (connus par ailleurs des forestiers), ces possibilités sont très limitées aux abords de la ville. Il est donc patent que les détournements de fonds représentent des sommes très importantes.

Mais au-delà de l'enrichissement personnel des agents du contrôle, la corruption et l'inefficacité du contrôle sont en grande partie responsables de la faiblesse des moyens alloués à la DNCN et du faible investissement de l'Etat dans l'aménagement forestier. Pour se défendre les forestiers accusent les taxes d'être trop faibles et la fraude (l'évasion fiscale) d'être généralisée (Maïga 2001).

La corruption fait partie d'un cercle vicieux qui en limitant les pouvoirs de surveillance et d'appui de la DNCN sur l'ensemble du territoire, concentre ses effectifs sur les axes routiers là où il est encore possible d'exercer un pouvoir de répression et d'assurer des rentrées fiscales dans les caisses de l'Etat et le porte-monnaie des agents.

Actuellement, les services forestiers apparaissent tiraillés entre la tentation d'un retour au rôle ancien de police rurale et une évolution vers un rôle de conseil et d'accompagnement de la filière. Ces tiraillements se traduisent par une diversité importante des comportements des agents forestiers sur le terrain : certains ayant gardé leur uniforme paramilitaire, d'autres l'ayant déjà enlevé. Cependant, même si les agents forestiers sont en recherche de légitimité et d'autorité, ils restent encore très influents sur l'ensemble des autres acteurs de la filière et en particulier sur les producteurs ruraux (Gautier et Compaoré, 2006).

8. Le système d'approvisionnement

L'approvisionnement des citadins est assuré par plusieurs circuits marchands qui font intervenir un grand nombre d'acteurs, des bûcherons aux vendeurs au détail en passant par les manœuvres qui chargent et déchargent les camions, les tâcherons qui transportent sacs de charbon et fagots de bois sur les places de vente, les fendeurs de bois qui ajustent les brins, ou encore les gardiens de nuit qui veillent sur les stocks en milieu rural comme sur les marchés urbains.

Ce chapitre présente l'organisation verticale des deux filières : bois de feu et charbon. Mais, **de nos enquêtes réalisées en 2005, il ressort que les marchés du bois et du charbon sont très différenciés**. Sur 732 vendeurs recensés sur les marchés de Bamako, seulement 58 (8%) pratiquaient à la fois la vente de bois et de charbon. Pour cette raison, nous différencions dans le présent chapitre la description des deux filières.

L'analyse porte essentiellement sur l'identification des flux, des acteurs clés et de leurs fonctions afin de les replacer dans la chaîne d'intermédiaires entre production et consommation. Pour chacune de ces fonctions, la productivité et les techniques utilisées sont décrites.

8.1. Données et méthodes utilisées

Cette analyse repose essentiellement sur le traitement de trois séries d'enquêtes réalisées en saison sèche entre Mars 2004 et Novembre 2005. Ces enquêtes ont été coordonnées par L. Gazull et D. Gautier et ont été menées sur le terrain en collaboration avec deux étudiants : G. Raton et D. Coulibaly, ainsi qu'un technicien de la DNCN : M. Kouyaté.

Cette serie d'enquête comprend :

1/ En premier lieu, une enquête générale a été menée sur les points de vente urbains afin d'identifier les principaux acteurs urbains et les principaux types de circuits commerciaux. Il a été décidé de débuter « la chaîne d'enquêtes » par les détaillants urbains. Nous avons fait l'hypothèse que le consommateur final ne jouait pas un rôle déterminant

dans la structuration des circuits d'approvisionnement. Cette hypothèse a par ailleurs été vérifiée dans les enquêtes auprès des détaillants.

Le bois et le charbon sont vendus dans deux types de lieux : des emplacements spécifiques au sein de marchés généralistes (50 marchés au total dans Bamako) et des points de vente « bord de rue » répartis dans les différents quartiers de la ville. L'échantillon retenu a été de 2 détaillants pris au hasard par marché et de 10 détaillants de « rue » par commune (6 communes composent la ville de Bamako). Au total, 153 détaillants ont été interrogés. A partir des renseignements fournis par ces revendeurs, une deuxième série d'enquêtes a été effectuée auprès de leurs fournisseurs. Ces fournisseurs dont la caractéristique principale est d'aller collecter les produits en zone rurale ont été abordés indifféremment sur les marchés, dans les quartiers et aux entrées de la ville (au droit des postes de contrôle forestier). Au total 66 fournisseurs ont été interrogés.

Ces enquêtes ont permis de révéler les grands types de circuits d'approvisionnement et les fonctions remplies par les acteurs. Une première analyse de ces enquêtes a donné lieu au mémoire de DEA de G. Raton (Raton, 2004).

2/ L'étape suivante a consisté à évaluer le nombre d'acteurs urbains et leur répartition dans chacun des circuits identifiés. Cette quantification a été menée selon deux protocoles conjoints :

- un recensement systématique des acteurs sur tous les marchés de la ville. Sur une période d'un mois (mars 2005), les 50 marchés ont été visités et les acteurs ont été comptabilisés selon leur appartenance à un type de réseau d'approvisionnement.
- un recensement systématique des acteurs sur un quartier de Bamako : Hamdallaye, y compris les commerçants hors marché.

Ces données ont permis d'apprécier la part relative de chaque circuit en termes de nombre d'acteurs.

3/ Enfin, pendant le comptage des acteurs urbains, un sondage sur les flux d'approvisionnement, sur les lieux d'achat des produits et sur les types de fournisseurs a été mené. Ce sondage repose sur un échantillonnage stratifié de la population des collecteurs urbains selon leur appartenance à un type de circuit. Sur chaque marché, au moins trois collecteurs ont été interrogés sur les modalités de leur approvisionnement : coûts, quantités, fréquence, localisation et variations dans l'année.

Ces données ont permis d'évaluer la part respective de chaque circuit dans l'approvisionnement de la ville.

Nos enquêtes 2004/2005 se sont surtout concentrées sur le secteur du transport et de la distribution. Faute de temps et de moyens, la mise à jour des connaissances des circuits internes au secteur de la production est très incomplète. Les informations rapportées ci-après sur ce secteur proviennent essentiellement :

- de données synthétiques consignées dans le Schéma Directeur d'Approvisionnement de Bamako (CCL 1998) ;
- des données brutes d'une enquête réalisée en 2001 par la CCL auprès de 145 producteurs indépendants de charbon localisés dans 45 villages ;
- du DEA de Baptiste Hautdidier (Hautdidier, 2001), de la thèse de Didier Bazile (Bazile, 1998) et d'autres travaux de Denis Gautier et Amélie Bonnerat (encore non publiés) sur l'analyse des pratiques d'exploitation des arbres.

8.2. Les règles d'accès à la filière

Tout comme le système de contrôle, le système d'approvisionnement est soumis à de nombreuses règles, au sens qu'en donne E. Ostrom (1990), qui en régissent l'activité. Nombre de ces règles seront analysées dans la partie III car elle déterminent les stratégies des acteurs qui seront alors modélisées.

Ce chapitre s'attache seulement aux règles d'accès, c'est-à-dire aux principes de droit, et aux pratiques coutumières qui régulent les possibilités d'accéder aux différentes fonctions de la filière : production, distribution et transport.

8.2.1 L'accès au système de production de bois-énergie

Comme nous l'avons vu précédemment, l'exploitation commerciale du bois est subordonnée au paiement d'une taxe (fonction de la quantité de bois prélevée) donnant lieu à l'émission par l'administration forestière d'un permis de coupe.

Jusqu'en 1995, le système en place donnait le pouvoir aux services forestiers d'attribuer à n'importe quel entrepreneur spécialisé (charbonnier, bûcheron) le droit d'accès à n'importe quel espace boisé considéré comme propriété de l'Etat. Selon la loi en vigueur de 1986 à 1995 (loi n° 86-42/AN), « *les particuliers ne peuvent bénéficier d'un permis d'exploitation dans le domaine forestier de l'Etat que lorsqu'ils ont la qualité d'exploitants forestiers régulièrement immatriculés au début de chaque exercice budgétaire auprès des directions régionales et cantonnements des Eaux et Forêts de leurs circonscriptions. A chaque exploitant est attribuée une parcelle pour exploitation au début de l'exercice budgétaire* ».

Dans les textes, toute exploitation individuelle était alors soumise à l'autorisation des services forestiers. Le contrôle de l'Etat s'appliquait à la fois sur les acteurs : il décidait qui avait le droit de couper ; et sur les zones de production : il décidait où devait se faire la coupe. Ce système a longtemps favorisé les commerçants bamakois immatriculés et exploitant sous couvert de l'administration les ressources arborées des territoires villages de leurs choix.

A partir de 1995, un changement majeur intervient dans la législation forestière et dans la filière : le transfert de gestion aux populations rurales. Ainsi, de 1995 à 2001, « *sont habilités à exploiter et à vendre le bois : les structures rurales de gestion, les propriétaires des forêts privées et les particuliers munis de titres d'exploitation pour les zones non délimitées et non aménagées* » (loi N°95-003). Ce texte introduisant les principales réformes des années 1990 assouplit considérablement les conditions d'exploitation. Il n'est plus nécessaire de se déclarer exploitant pour exploiter. Tout particulier s'acquittant de sa taxe d'exploitation est en droit d'exploiter sur n'importe quelle zone non contrôlée par l'Etat ou une structure villageoise. La loi de 1995 ouvre le marché de l'exploitation au plus grand nombre.

Comme nous le verrons dans la suite de la thèse, une des conséquences de cette démocratisation de l'exploitation a été la multiplication des acteurs de la filière. Et devant cette augmentation du nombre d'acteurs, certains acteurs professionnels ont souhaité (et souhaitent toujours) restreindre à nouveau l'activité aux vrais « exploitants » (entretiens personnels avec le président de l'association des exploitants de Bamako). Le dernier décret N°01-404/P-RM du 17 Sept. 2001 traduit les pressions exercées par cette association auprès des autorités maliennes pour tenter de réglementer l'accès à la filière : « *L'exercice de la profession d'exploitant forestier à titre temporaire ou permanent est subordonné à l'acquisition préalable d'un permis d'exploitant forestier* ». Mais ce décret n'est absolument pas suivi d'effet et aucun contrôle n'est effectué auprès des producteurs et des vendeurs de bois-énergie. La situation actuelle est toujours celle d'un accès au système de production formellement ouvert à tous. Seule la taxe d'exploitation constitue selon la loi, une barrière d'accès au marché.

Sur le terrain, l'accès aux zones de production est également contrôlé par les pouvoirs coutumiers et par les associations de bûcherons lorsque le village dispose d'un Marché Rural de Bois-Energie (MRBE). Les pouvoirs coutumiers villageois sont impliqués dans l'attribution des terres et la gestion des conflits pour l'accès aux ressources. Dans les discours, elles prétendent souvent organiser l'accès à l'espace pour laisser se régénérer les ressources naturelles et pour le bien des générations futures. Mais dans les faits, les pouvoirs coutumiers ont rarement une vision précise des zones d'exploitation aux marges des villages, et encore moins de ce que pourrait être une gestion durable de la ressource. Elles se cantonnent souvent à un rôle d'arbitre lorsque des conflits de plus en plus fréquents apparaissent entre des bûcherons « autochtones » et des migrants « allochtones » accusés de piller les ressources. Lorsque l'exploitation est devenue économiquement primordiale pour les autochtones, les

autorités peuvent aller jusqu'à inciter les migrants à partir comme c'est le cas dans certains villages du Mandé (Mbodj, 2006). En revanche, lorsqu'elle est encore peu développée, les autorités peuvent autoriser la coupe par les étrangers. Cette autorisation peut se faire moyennant finance notamment lorsque la demande de coupe provient de commerçants bamakois qui disposent de leur propre équipe de bûcherons (entretiens personnels avec des commerçants de Bamako).

Les associations ou les coopératives de bûcherons ont en théorie autorité pour faire appliquer les règles d'exploitation à leurs adhérents. Mais en pratique ces règles ne s'appliquent que dans les limites des espaces délimités du marché rural, qui ne représentent généralement qu'une infime partie du territoire villageois. Et de l'aveu même des responsables des associations en charge des marchés ruraux de bois, ces derniers ne se sentent pas légitimes pour interdire la coupe de bois à des proches des autorités coutumières. De la même façon, il est très difficile pour les responsables des associations de bûcherons de faire la police vis-à-vis des ménages défavorisés du village à qui personne ne prendrait le risque politique d'interdire l'accès aux ressources forestières communes (Gautier et Compaoré, 2006).

Donc, dans les faits, tout villageois souhaitant se lancer dans l'activité de bûcheronnage ou de charbonnage sur le territoire de son village est pratiquement libre d'exercer. La seule restriction serait le paiement de la taxe d'exploitation, mais comme nous l'avons vu précédemment les services forestiers n'ont actuellement pas les moyens de contrôler ce droit et préfèrent déférer aux commerçants le paiement de la taxe.

8.2.2 L'accès au commerce en ville et à la campagne

Le commerce de bois-énergie n'est soumis officiellement qu'à la contrainte d'une déclaration en mairie pour pouvoir vendre sur les marchés de Bamako et au paiement d'une patente de 50F/jour. Hors marché urbain, les règles sont les mêmes mais les contrôles sont beaucoup moins fréquents. En théorie, les vendeurs de bord de rue sont soumis également à la patente de 50F/jour mais dans les faits peu s'en acquittent.

Au cours de nos enquêtes et de nos missions précédentes, nous avons pu observer la multiplication récente de vendeurs spécialisés à la campagne. Les panneaux « vendeurs de charbon » sont apparus le long des routes et dans les villages de taille moyenne. Des nouvelles activités de courtiers ou de simples intermédiaires entre producteurs ruraux et commerçants urbains se développent. Nous ne savons pas quels règlements s'appliquent à ces commerces ruraux, mais ils sont encore peu nombreux.

8.2.3 L'accès au transport

Dans la chaîne d'approvisionnement en bois-énergie, il faut distinguer deux types de transports :

- **le transport de la zone de production jusqu'à sa mise sur le marché en « bord de route »**. Ce transport se fait en général en charrette et est assuré soit par le producteur soit par un loueur de charrette. Nous n'avons pas observé de spécialisation de ce transport en lien avec cette activité. Les propriétaires de charrette louent leurs services aussi bien pour du bois que pour des céréales.
- **le transport du « bord de route » jusqu'à la ville**. Comme nous l'avons déjà vu au chapitre 5, ce type de transport est assuré par tous types de véhicules : de la charrette au semi-remorque. La grande majorité des grossistes ne possèdent pas leurs propres moyens de transport et font appels à des transporteurs pour aller chercher les produits à la campagne et les ramener en ville. La grande majorité des transporteurs ne sont pas spécialisés, ils transportent tout type de marchandise. Même s'il existe un syndicat des transporteurs de bois-énergie, en pratique **il n'existe pas de monopole**. Chaque commerçant est libre de s'adresser au transporteur de son choix. Comme nous l'avons également déjà vu, avec la démocratisation de la production et du commerce, on observe également une démocratisation du transport par le recours notamment au « Sotrama », petit minibus destiné principalement au transport de passager qu'il est dorénavant possible de transformer pour le transport du bois et du charbon.

8.3. Producteurs, commerçants et intermédiaires de la filière charbon de bois

Les fonctions sont classées et les acteurs caractérisés selon leur place dans la chaîne mais également selon leurs pratiques professionnelles.

8.3.1 Les charbonniers

L'histoire du charbonnage dans la région de Bamako est relativement récente. Elle débute environ dans les années 1980. Cette pratique a été introduite essentiellement par de jeunes migrants venus de la région de Bougouni au sud du pays. En 1996, 60% des charbonniers n'étaient pas originaires du village où ils officiaient (CCL, 1998). Mais cette situation a très vite évolué. Au contact des migrants, les populations locales ont appris les différentes techniques

de fabrication des meules. L'intérêt économique de l'activité a suscité de nombreuses jalousies à l'encontre de ces travailleurs allochtones et, dès la fin des années 1990, de nombreux migrants se sont fait chasser des villages ou remttre à leur place par les chefs de village (Mbodj, 2006 ; Hautdidier, 2001). Comme nous l'avons signalé auparavant, la commercialisation du bois-énergie est allée de pair avec une territorialisation et donc une appropriation croissante des ressources. Actuellement, il est très difficile, voire impossible dans les monts Mandingues, pour un charbonnier de s'installer dans un village qui n'est pas le sien.

D'après une enquête menée en 2003-2004 auprès de 100 ménages de trois villages du bassin d'approvisionnement de Bamako, le charbonnage et le bûcheronnage représentent la deuxième source de revenus des ménages ruraux après la production et la vente des produits agricoles alimentaires (Hautdidier et Gautier, 2005). **Les charbonniers comme les bûcherons sont avant tout des paysans, et le calendrier agricole conditionne leur activité**.

D'après nos enquêtes menées en 2005 auprès de plus de 200 commerçants bamakois, la production est assurée à 90% par des charbonniers travaillant à leur compte et à 10% par des charbonniers tâcherons employés par des tiers.

8.3.1.1 Les charbonniers « tâcherons »

Les «tâcherons» sont employés par des grossistes bamakois qui les payent à la tâche (au nombre de sacs de charbon produits). Cette main-d'œuvre est soit locale, embauchée dans le village où se fait la production ; soit elle provient de Bamako ; soit elle est composée d'autochtones et d'allochtones. Le droit de coupe sur un territoire donné est négocié entre le grossiste et le chef de village ou ses représentants. En général, le grossiste fait l'avance à ses employés des frais de nourriture et de logement. Il se rembourse par la suite au moment de « l'achat » de la production aux employés.

Ces producteurs travaillent en équipe. L'équipe est en général composée de deux charbonniers experts, chargés de la mise en meule et de la surveillance de la carbonisation, et de bûcherons chargés de l'abattage. Les équipes peuvent compter jusqu'à 20 personnes. Une équipe de 20 employés peut produire plus de 300 sacs (plus de 20 tonnes) de charbon par mois, ce qui correspond à 3 grosses meules. La productivité d'abattage d'une telle équipe est donc de l'ordre de 150 tonnes de bois/mois, soit environ 250 kg de bois/pers/jour.

La production est à son maximum pendant la saison sèche et ralentit ou s'arrête pendant la saison des pluies.

8.3.1.2 Les charbonniers « indépendants »

Le charbon de bois est un moyen pour les populations rurales de disposer d'argent liquide rapidement. Il offre aux paysans en particulier l'opportunité d'obtenir de l'argent pour le fonctionnement de leur exploitation agricole et pour leurs besoins familiaux sans attendre la vente de la récolte ou sans toucher à leur stock de céréales.

Même si dans l'absolu ce revenu n'est pas très élevé, pour la majorité des producteurs, il est considéré comme important voire indispensable à la satisfaction de leurs besoins familiaux. Les analyses menées par B. Hautdidier et D. Gautier (Hautdidier et Gautier, 2005) sur trois villages producteurs du bassin d'approvisionnement de Bamako montrent que le charbonnage est une source d'enrichissement importante, notamment pour les groupes sociaux défavorisés, qui leur permet de pallier une mauvaise année agricole et, dans certains cas, d'investir dans de l'équipement. Il représente une opportunité remarquable pour les foyers pauvres, mais il constitue également une activité individuelle dans laquelle les cadets et les femmes vont s'investir résolument, afin de se réserver des revenus en propre et de gagner ainsi en autonomie par rapport à la tutelle familiale (Hautdidier, 2001).

Les enquêtes les plus récentes sur le secteur de la production de charbon de bois datent de 2001. Elles ont été menées par la CCL auprès de 145 producteurs indépendants de charbon dans 45 villages du bassin d'approvisionnement de Bamako. Une Classification Hiérarchique Ascendante sur les deux variables : nombre de meules par mois et taille de la meule révèle trois grands types de charbonniers (cf. Tableau 19)

1. les « permanents » représentent 15% de la population des charbonniers. Ils maîtrisent suffisamment les techniques de carbonisation pour faire de grosses meules de 66 sacs en moyenne. Ces meules brûlent pendant environ 15 jours. La production est en moyenne de deux meules par mois. Ces acteurs sont à 95% des hommes. Ils travaillent en général à plusieurs (2 à 3 personnes) pour la confection de la meule et pour sa surveillance. Le charbonnage est leur activité principale et ils produisent toute l'année (9 mois par an en moyenne). La plupart d'entre eux achètent leur bois à des bûcherons.
2. les « intermittents » représentent 53% des effectifs. Ils confectionnent en moyenne deux meules par mois d'environ 12 sacs chacune. Ces charbonniers, composés à 75% d'hommes peuvent se faire ponctuellement aider au moment du montage de la meule et pour la coupe du bois. Ils ne produisent qu'en saison sèche soit 5.5 mois par an. La saison humide est consacrée à l'agriculture. Certains d'entre eux achètent tout ou partie de leur bois.
3. les « occasionnels » représentent 32% des effectifs. Ce sont majoritairement des femmes (à 61%). Elles confectionnent en moyenne quatre meules par mois. Ce

rythme correspond au rythme hebdomadaire de vente de la production sur les marchés locaux. Ce sont de petites meules de 5 à 6 sacs, correspondant au contenu d'une charrette de bois, qui ne nécessitent pas l'aide de personnes tierces. En général, ces charbonnières coupent elles-mêmes leur bois. Dans l'année, la production se fait au gré des besoins financiers ponctuels et du temps laissé par les autres occupations (agriculture, tâches ménagères …). Les enquêtes menées en 2001 montrent que cette production couvre 8.5 mois par an. La productivité des « occasionnels » est donc moins importante que celle des « intermittents » mais leur durée annuelle de production est plus longue.

Variables	Permanents (1)	Intermittents (2)	Occasionnels (3)	Significativité (Test de Fisher ou Test du Khi2)
Effectifs/ répartition	21 (15%)	78 (53%)	46 (32%)	
Nb meules/mois	2.0	1.9	4.6	** entre (1,3) et (2,3) NS entre (1,2)
Nb sacs/meules	66.4	12.0	5.6	**
Nb mois travail/an (1 mois = 22 j)	9.0	5.7	8.2	** entre (1,2) et (2,3) NS entre (2,3)
Quantité produite par an (T/an)	84	9	15	
Nb d'emplois équivalent temps plein nécessaire à la production	7.7	1.5	1.6	
Productivité moyenne (T/emploi/an)	10.9	6	9.4	
% d'hommes	95%	75%	39%	***

NS test non significatif au seuil de 10%; * test significatif au seuil de 10%, ** test significatif au seuil de 5%, *** test significatif au seuil de 1%

Tableau 19. *Productivité des charbonniers indépendants.*
(Source : Enquêtes CCL 2001 sur 145 charbonniers dans 45 villages).

8.3.2 Les grossistes

En 2005, une des caractéristiques principales de la distribution de charbon est l'absence d'opérateurs n'assurant que la fonction de grossiste. La majorité des grossistes de charbon sont également détaillants et ont une place de vente, soit sur un marché urbain, soit en bord de rue (en général devant leur concession). Seule la fonction de collecte distingue réellement grossistes et détaillants.

Tous les grossistes sont collecteurs. Selon nos enquêtes de 2005, Ils consacrent 2 à 4 jours par mois pour aller chercher leur produit. Au sein de la profession, les distinctions se font essentiellement sur les quantités collectées (distinction entre grossiste et semi-grossiste) et sur

la maîtrise de la production (cf. Tableau 20). Ainsi, la collecte se fait soit auprès de producteurs indépendants et nous parlerons de grossistes (ou semi-grossistes) « collecteurs », soit auprès de producteurs employés, nous parlerons alors de grossistes « exploitants ».

8.3.2.1 Les grossistes collecteurs

Les grossistes collecteurs sont les acteurs clés de la filière charbon. Ils représentent 65% des vendeurs de charbon à Bamako mais ils assurent 89% des ventes finales de charbon (cf. Figure 27).

En 2004-2005, le marché du charbon de bois est dominé par des grossistes collecteurs qui :

- achètent le charbon à des producteurs ruraux indépendants. L'achat se fait directement sur le lieu de production ou sur des marchés spécialisés, hebdomadaires pour la plupart.
- acheminent le charbon jusqu'à Bamako. Ces grossistes ne possèdent pas de moyens de transport, ils louent les services d'un transporteur au droit de la gare routière la plus proche de son lieu de vente. Les grossistes n'accompagnent pas toujours leur chargement, ils peuvent envoyer un simple chauffeur à leur place.
- possèdent une place de vente située sur un marché de Bamako.
- vendent le charbon en gros à des détaillants de leur quartier et au détail aux consommateurs finaux (ménagères et artisans).

Les grossistes-collecteurs assurent donc les fonctions de collecte, de transport et de distribution en gros et au détail. Leur capacité d'approvisionnement est variable. Ils collectent entre 10 T et 25 T de charbon par mois en 2, 3 ou 4 voyages. Au sein de ce groupe d'acteurs, nous distinguerons les **semi-grossistes forains** qui se différencient par leur faible capacité d'approvisionnement (entre 10 et 15 T par mois) et par leur stratégie de collecte originale. Ces acteurs s'approvisionnent majoritairement sur les foires hebdomadaires (d'où le qualificatif de forains) et s'associent pour louer un véhicule. Ce moyen de transport peut être trouvé au départ de Bamako ou directement sur le lieu d'achat. Les semi-grossistes forains représentent 40% des vendeurs de charbon et assurent l'acheminement de 40% du charbon entrant à Bamako. Cette population est majoritairement féminine (cf. Tableau 20). Certains semi-grossistes forains précisent qu'en saison des pluies lorsque l'accès aux sites de production est difficile et que l'offre de bois-énergie baisse, ils cessent momentanément la collecte du charbon pour se rabattre sur d'autres types de productions, notamment agricoles.

8.3.2.2 Les grossistes exploitants

Les grossistes exploitants sont des grossistes maîtrisant l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement depuis la production jusqu'à la vente en gros et au détail. Ils ne représentent que 5% des vendeurs de charbon mais assurent 11% de l'approvisionnement (cf. Figure 27). Leur capacité d'approvisionnement est légèrement supérieure à celle des grossistes collecteurs : entre 20 T et 25 T par mois.

- ils choisissent leurs lieux de production parmi les massifs forestiers les plus denses et négocient le droit d'exploiter avec le chef de village ou ses représentants qui peuvent être des associations de bûcherons. Les termes de l'accord sont très variables : compensations financières (entre 25000 Fcfa et 30000 Fcfa par village), embauche de bûcherons villageois, rétrocession d'une partie de la production ;
- ils embauchent une équipe de charbonniers et de bûcherons ;
- ils louent ou possèdent un moyen de transport « lourd » de capacité de charge comprise entre 7 et 15 Tonnes et vont régulièrement s'approvisionner auprès de leurs équipes ;
- ils possèdent une place de vente située sur un marché de Bamako où ils vendent le charbon en gros et au détail.

8.3.3 Les détaillants

Les détaillants représentent 30% des vendeurs sur les marchés de Bamako mais ils ne distribuent que 12% de l'approvisionnement (cf. Figure 27). Ils s'approvisionnent en ville auprès des grossistes implantés sur les marchés, ou parfois auprès de chauffeurs routiers (surtout les chauffeurs de camions citernes) qui opportunément rapportent du charbon en plus de leur chargement officiel. Ils vendent entre 1 T et 5 T de charbon par mois qui sont détaillées sous la forme de petits sachets plastiques.

64% des détaillants déclarent faire le commerce d'autres produits allant des cosmétiques aux produits vivriers. Comme les semi-grossistes, en saison des pluies ou lorsque l'offre devient limitée, une grande partie des détaillants changent de commerce pour se rabattre sur celui des produits vivriers : pastèques, mangues, céréales*, etc.*

Type de distributeur	% Effectifs	Nb d'approv. par mois	Qtité collectée par mois (T)	Nb de mois travail par an	% de femmes
Grossiste collecteur	25%	3.3	18.2	12	56%
Semi-grossiste forain	40%	3.4	10.8	9	66%
Grossiste exploitant	5%	2.2	23.2	12	25%
Détaillant	30%	3.3	5.0	9	46%

Tableau 20. *Productivité des distributeurs de charbon*
Source enquêtes L. Gazull et G. Raton 2005

8.3.4 Les transporteurs de charbon

Seulement 1% des commerçants enquêtés en 2005 disposaient de leur propre moyen de transport. Pour collecter les produits, ils ont donc besoin des services de transporteurs.

Ces derniers sont chargés d'aller collecter les produits à l'endroit indiqué par le grossiste et de les livrer en ville. Le grossiste n'est pas toujours du trajet. Les transporteurs ne sont généralement pas impliqués dans les opérations de vente et d'achat. Ce sont de simples artisans intermédiaires commandités par les grossistes. Aucun modèle organisationnel ni critère de compétence ne sont imposés aux entreprises de transport du bois. Néanmoins, le modèle des propriétaires non-chauffeurs domine : les propriétaires de véhicules n'exploitent pas directement leur flotte mais « salarient » un chauffeur à cet effet. Aucun contrat écrit n'est signé entre eux. Le chauffeur doit ramener une recette journalière ou hebdomadaire fixe au propriétaire et prendre en charge les dépenses nécessaires au fonctionnement du véhicule comme les frais de carburant, les amendes ou les tracasseries administratives rencontrées sur la route. En général, le chauffeur est accompagné d'un second chauffeur et d'un apprenti chargé de trouver des clients et de remplir le véhicule aux arrêts. Le propriétaire doit, de son côté, faire face aux réparations importantes. Les propriétaires non-chauffeurs sont rarement des transporteurs professionnels (seulement 16%) mais plutôt des commerçants (35%) et des fonctionnaires (19% officiellement mais certainement bien plus en réalité avec la pratique du prête-nom) (Godard, 2003 ; SITRASS, 2000). L'activité de transport est donc, pour beaucoup de propriétaires, une activité annexe pourvoyeuse de revenus complémentaires.

La location du moyen de transport s'effectue à Bamako au niveau des gares routières prévues à cet effet, ou au niveau des foires hebdomadaires les plus importantes. Le prix de la location est soit :

- forfaitaire : il est alors fonction de la distance et de l'état des pistes;

- au sac : il est fonction de la distance, de l'état des pistes et des quantités transportées ;
- mixte : une partie est forfaitaire et une partie est fonction de la quantité transportée et de la distance.

La location forfaitaire est réservée en général aux grossistes collectant des volumes suffisants pour remplir un chargement entier. La location au sac est l'apanage des semi-grossistes forains qui s'organisent pour louer à plusieurs. Dans ce dernier cas, les transporteurs incluent dans le prix de location, le coût de la taxe-amende aux postes de contrôle. En plus du transport, ils assurent donc également les négociations et les règlements avec l'administration forestière.

Les transporteurs ne sont pas spécialisés. Ils louent leurs services aux plus offrants, aussi bien pour le transport de passagers que pour celui de produits vivriers ou de produits manufacturés. Dans ce contexte, le transport de bois-énergie est déclaré comme une activité rentable par 50% des transporteurs enquêtés.

Pour les propriétaires de *Sotrama*, le charbon est plus rentable que le transport de personnes. « *Il est plus facile de trouver du charbon que des passagers* ». Un rapide calcul consigné dans le Tableau 21, met en évidence que pour une collecte à environ 50 km, le transport Aller/Retour de passagers, en supposant un taux de remplissage de 100%, est 0.7 fois moins rentable que le transport Aller/Retour de charbon. Et comme le rappellent vivement la majorité des transporteurs, « *avec le bois on est assuré de ne pas revenir à vide !* ». Il n'est pas rare que les chauffeurs de Sotrama, notamment en se rendant sur une foire hebdomadaire, fassent l'aller avec des passagers et le retour avec un chargement de bois ou de charbon.

Pour les propriétaires de camions, comme nous l'avons vu précédemment, les faibles distances de collecte sont jugées compatibles avec l'état de leur matériel et représentent une opportunité pour rentabiliser des véhicules très vétustes, inutilisables pour les transports interurbains tant les distances sont grandes au Mali.

De plus, contrairement à certaines activités saisonnières (légumes, céréales, coton), le charbon, comme le bois, se transporte toute l'année. Il assure donc aux transporteurs une activité régulière qui leur permet de compléter aisément leur planning quand ils en ont besoin.

	Transport de passagers	Transport de bois	Transport de charbon
Modalités du voyage	Aller/retour avec 18 passagers	Aller à vide Retour avec 5 stères de bois	Aller à vide Retour avec 50 sacs de charbon
Tarifs unitaires	8.75 CFA/km	Forfait	450 Fcfa/sac
Revenu total (Fcfa)	15750	20000	22500

Sources : Annuaire statistique des transports 2001, enquêtes L. Gazull 2004

Tableau 21. *Comparatif des tarifs pratiqués par les propriétaires de Sotrama*

8.3.5 Les chaînes d'approvisionnement en charbon de bois

La Figure 27 représente les différents niveaux de transaction intervenant dans la chaîne d'approvisionnement en charbon. Dans ce graphe, les transporteurs n'apparaissent pas car ils n'interviennent pas directement dans les transactions.

La répartition des flux a été calculée de la manière suivante :

- à partir des 232 enquêtes individuelles auprès des commerçants bamakois, nous avons calculé les quantités de charbon, transportées et vendues mensuellement pour chaque type d'acteur : grossiste, détaillant, …..
- à partir du recensement général des vendeurs sur tous les marchés de Bamako, nous avons calculé la répartition des acteurs selon leurs fonctions décrites ci-avant.
- en croisant quantités moyennes vendues et répartition des acteurs, nous avons alors calculé la répartition des flux.

Ces calculs reflètent donc la répartition des flux arrivant jusqu'aux marchés de Bamako. Or, nous avons vu précédemment qu'une partie des flux était également distribuée au travers d'un réseau de vendeur de rue. Il était matériellement impossible d'effecteur un recensement exhaustif de l'ensemble de ces vendeurs à l'échelle de l'aire urbaine. Afin de valider les résultats obtenus sur les marchés nous avons donc procédé à un recensement de l'ensemble des flux sur l'ensemble d'un quartier de Bamako : Hamdallaye. Les résultats obtenus auprès des vendeurs de rue sont identiques à ceux obtenus à partir des seules enquêtes sur les marchés urbains.

Faute d'autres données, nous supposerons donc que la répartition des flux et des acteurs représentée dans la figure est représentative de la filière dans son ensemble.

Comme nous l'illustrons dans la Figure 28, l'approvisionnement en charbon est dominé par une chaîne relativement courte qui met en relation deux grands types d'acteurs :

- des charbonniers indépendants qui coupent majoritairement leur bois eux-mêmes ;
- des grossistes collecteurs qui louent un moyen de transport, qui récoltent le charbon auprès des producteurs ruraux puis qui assurent la vente en gros et au détail.

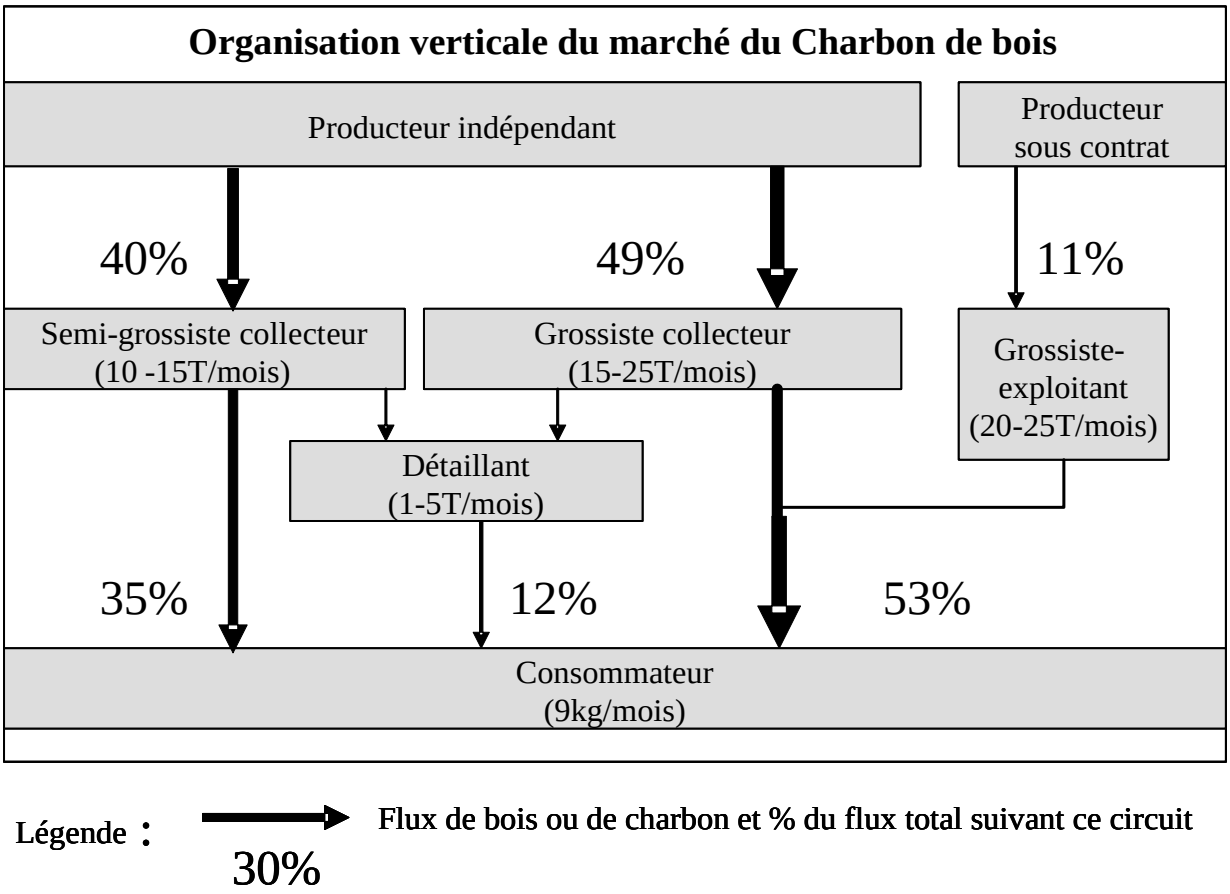


Figure 27. *Les chaînes d'approvisionnement en charbon de Bamako et leurs parts respectives dans le flux total*

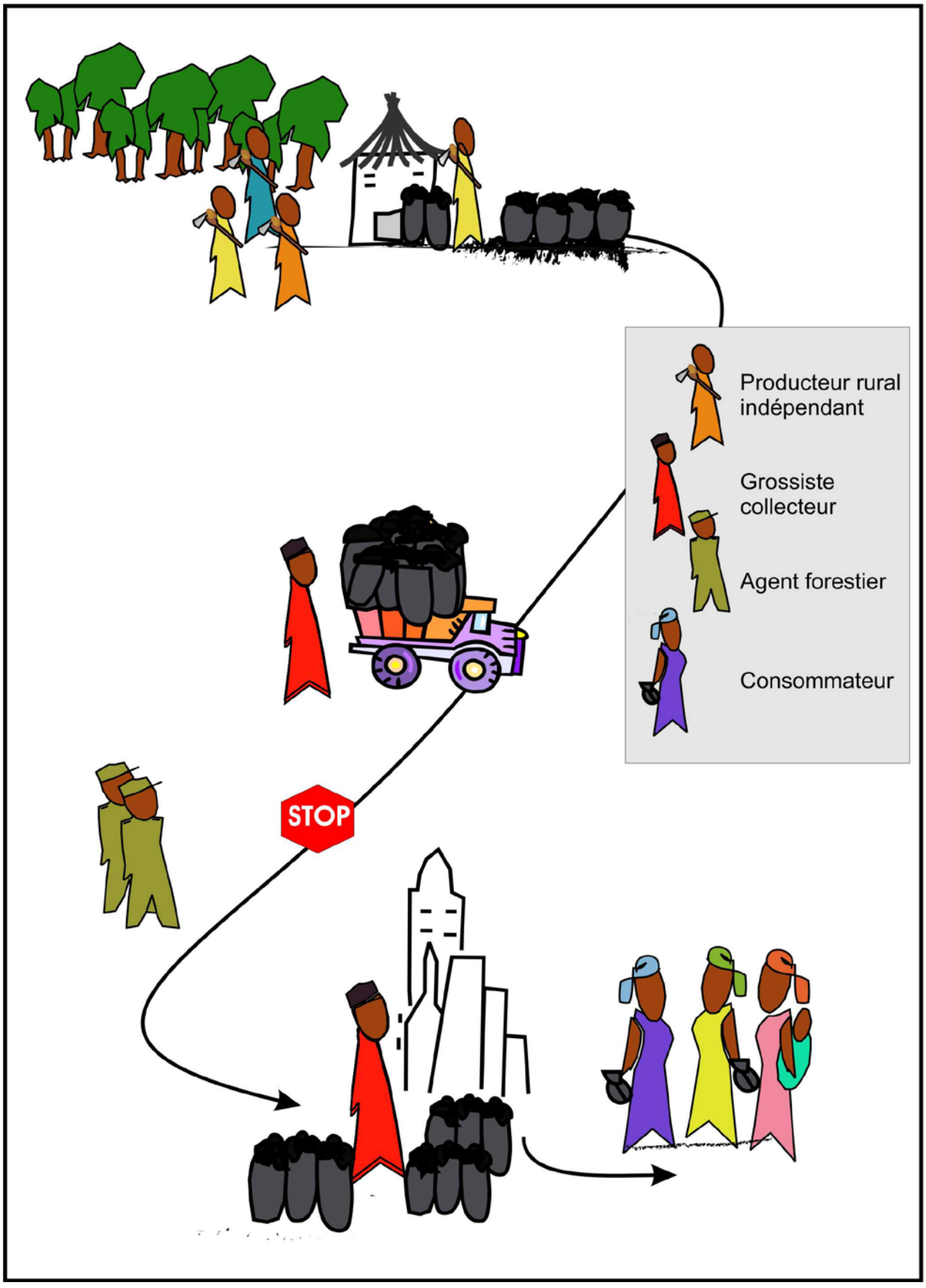


Figure 28. *La chaîne dominante d'approvisionnement en charbon.*



Planche 8. *Bûcherons et charbonniers (photos A. Bonnerat et L. Gazull)*



Planche 9. *Grossistes et détaillants urbains (Photos G. Raton et L. Gazull)*

8.4. Producteurs, commerçants et intermédiaires de la filière bois de feu

8.4.1 Les bûcherons

D'après nos enquêtes menées en 2005 auprès de plus de 200 commerçants bamakois, la production de bois est assurée à plus de 99% par des bûcherons indépendants. **L'emploi de bûcherons par des commerçants bamakois est une pratique qui a disparu alors qu'elle perdure encore dans le secteur du charbonnage**.

D'après les enquêtes de la CCL, en 1997, 65% des bûcherons étaient des femmes. Les hommes pratiquent le bûcheronnage entre 6 et 8 mois par an, et les femmes pendant 9 à 12 mois. Les exploitants sont avant tout des paysans ou font partie d'une famille de paysans. L'exploitation du bois de feu entre dans leurs stratégies de diversification des revenus familiaux. En hivernage, la priorité est donnée aux activités agricoles, mais le bûcheronnage ne s'arrête pas pour autant. Les femmes et les jeunes y jouent alors le rôle principal. Les femmes communément chargées de l'approvisionnement de leur foyer ont toutes une grande expérience du bûcheronnage. Elles ont néanmoins tendance à couper de plus petits bois que les hommes et surtout à couper plus près de leur foyer.

La coupe se fait à la main au moyen de haches traditionnelles. Une fois coupé, le bois est façonné en brins d'un mètre environ et rassemblé en tas. Puis, si le village du bûcheron est peu accessible, le bois est acheminé jusqu'à un point de vente en bord de route, ou jusqu'à un village plus accessible, ou encore jusqu'à un village disposant d'un marché hebdomadaire attirant les commerçants bamakois (cf. photos Planche 8).

Le bois peut être emmené le jour même ou être laissé à sécher en brousse une à deux semaines, voire plus en fonction de la disponibilité d'une charrette pour le transport. En 1997, pour l'acheminement du bois, 25% des bûcherons possédaient une charrette, 50% en louaient une et 25% transportaient le bois par d'autres moyens (sur la tête, en vélo, autres).

Peu de données exhaustives existent sur la productivité du travail des bûcherons. Les auteurs s'accordent à dire que les bûcherons coupent en général seuls ou à deux, de l'ordre d'une petite charrette en deux jours. Sur deux jours, une journée est consacrée à la coupe, l'autre journée est consacrée au rassemblement du bois, à son chargement et à son acheminement soit vers un lieu de stockage à proximité du foyer, soit directement sur un point de vente accessible. En général, le chargement et le transport nécessitent deux personnes au minimum.

En considérant un chargement moyen d'une stère par charrette, la productivité moyenne d'un bûcheron est d'environ 350 Kg de bois par jour pour un homme et de 300 kg par jour pour une femme (cf. Tableau 22).

Variables	Femmes	Hommes
Répartition	65%	35%
Quantité de bois coupée par jour	300 kg	350 kg
Nb mois travail/an (1 mois = 22 j)	10	7
Quantité produite par an (T/an)	66	54
Nb d'emplois équivalent temps plein nécessaire à la production	1.25	0.88
Productivité moyenne (T/emploi/an)	52.8	61.3

Tableau 22. *Productivité moyenne des bûcherons indépendants - source (CCL, 1998)*

8.4.2 Les transporteurs grossistes

Contrairement aux grossistes en charbon, très peu de grossistes en bois assurent la vente au détail. En revanche, ces grossistes en bois assurent pratiquement tous les fonctions de collecte et de transport. Ils sont d'ailleurs appelés « transporteurs de bois » par les détaillants.

Ces acteurs représentent les opérateurs historiques de l'approvisionnement énergétique de la ville. Regroupés au sein de l'Association des Professionnels du Bois-Energie de Bamako (APB), ils ont dominé le commerce du bois-énergie jusque dans les années 1995-1996, date à partir de laquelle le charbon de bois a supplanté le bois dans les préférences des consommateurs. Ces commerçants historiques ont longtemps maitrisé l'ensemble de la chaîne depuis la production jusqu'à la livraison en ville directement aux particuliers ou sur les marchés. Mais ce type de fonctionnement « intégré » allait à l'encontre de la SED et des revendications territoriales des acteurs locaux. Ils ont dû peu à peu abandonner la production au profit des bûcherons indépendants et se sont fait peu à peu grignoter le marché par les grossistes de charbon. En 1995, le syndicat regroupait encore près de 150 membres, et en 1999, plus de 400 selon les chiffres (non vérifiés) donnés par le président du syndicat. Mais en 2005 l'association était dissoute. Actuellement, l'activité des commerçants reste totalement désorganisée et les représentants « historiques » ne sont plus représentatifs de la profession.

Malgré tout, ces « dinosaures » du bois-énergie semblent encore actifs auprès de l'administration forestière et leur discours sur un retour à un oligopole du commerce plus facile à contrôler pour l'administration a encore des oreilles attentives à la DNCN. En 2006, circulait au Ministère de l'Environnement, un projet de réorganisation de la filière qui consisterait à labelliser un très petit nombre de grossistes « concessionnaires » chargés de collecter le bois (et le charbon) des Marchés Ruraux de Bois-Energie pour le transporter sur de grands marchés

périurbains situés aux portes de Bamako, où il pourrait alors être acheté par des détaillants strictement urbains (*communications personnelles*).

Comme on le voit là, des évolutions des chaînes d'approvisionnement sont encore à prévoir et les mutations induites par les nouvelles politiques forestières sont en cours.

Bien que devenus minoritaires par rapport aux commerçants de charbon, les transporteurs grossistes de bois continuent en 2005 de dominer le marché du bois de feu. Ce mode de distribution représente 83% des quantités de bois de feu entrant en ville. Un transporteur grossiste vend en moyenne 100 T de bois par mois (cf. Tableau 23).

Ces commerçants :

- achètent le bois à des bûcherons ruraux indépendants. L'achat se fait directement sur le lieu de production ou sur des marchés hebdomadaires ;
- transportent le bois sur Bamako dans leur propre véhicule ;
- ne possèdent pas de place de vente mais sillonnent la ville (marchés et rues) en quête d'acheteurs ;
- vendent le bois en gros à des détaillants. La vente au détail par ces transporteurs ambulants est pratiquement inexistante.

Ces transporteurs ont des profils très variables : des routiers généralistes qui saisissent occasionnellement l'opportunité de rapporter du bois sur Bamako ; des transporteurs routiers commandités par un ou plusieurs détaillants bamakois ; des grossistes ruraux qui assurent le transport du bois d'un ou deux villages et cherchent des détaillants en ville.

8.4.3 Les détaillants

Les détaillants s'approvisionnent majoritairement auprès des transporteurs de bois. Ils représentent 78% des vendeurs et assurent la distribution de 83% des flux. Cependant, on observe également deux autres types de détaillants en bois :

- des détaillants collecteurs qui vont directement s'approvisionner sur des marchés hebdomadaires. Ils représentent 12% des vendeurs et distribuent 15 % des flux de bois. Comme les semi-grossistes de charbon, ils louent seuls ou à plusieurs un camion ou un minibus.
- des détaillants producteurs (10% des vendeurs). Ce sont exclusivement des femmes qui coupent le bois dans les brousses en périphérie Nord de la ville, qui le transportent sur leur tête et le vendent sur les marchés périphériques de Bamako. Les quantités acheminées par cette voie sont difficiles à évaluer précisément mais on peut les estimer à environ 2% des flux de bois.

Les quantités vendues mensuellement par les détaillants varient entre 1T/mois pour un détaillant producteur et 15T/mois pour un détaillant s'approvisionnant auprès des producteurs.

Type de distributeur	% Effectifs	Nb d'approv. par mois	Qtité collectée par mois (T)	Nb de mois travail par an	% de femmes
Transporteur grossiste	-	Très variable	100.0	12	?
Détaillant producteur	10%	20	?	?	100%
Détaillant collecteur	12%	3.1	6.8	12	80%
Détaillant	78%	3.4	8.4	9	58%

Tableau 23. *Productivité du travail des distributeurs de charbon*
Source enquêtes L. Gazull, G. Raton et sources bibliographiques diverses

8.4.4 Les chaînes d'approvisionnement en bois de feu

La Figure 29 représente les différents niveaux de transaction intervenant dans la chaîne d'approvisionnement en bois de feu. La répartition des acteurs et des flux de bois a été calculée selon la même méthodologie que celle utilisée pour les flux de charbon.

Comme l'illustre la Figure 30, l'approvisionnement en bois de feu est dominé par une chaîne qui met en relation trois grands types d'acteurs :

- des bûcherons indépendants qui coupent majoritairement leur bois eux-mêmes ;
- des grossistes collecteurs qui possèdent leur propre moyen de transport ou qui en louent un, qui récoltent le bois auprès des producteurs ruraux et qui le distribuent à un réseau des détaillants ;
- des détaillants urbains qui vendent aux consommateurs finaux, sur les marchés ou en bord de rue.

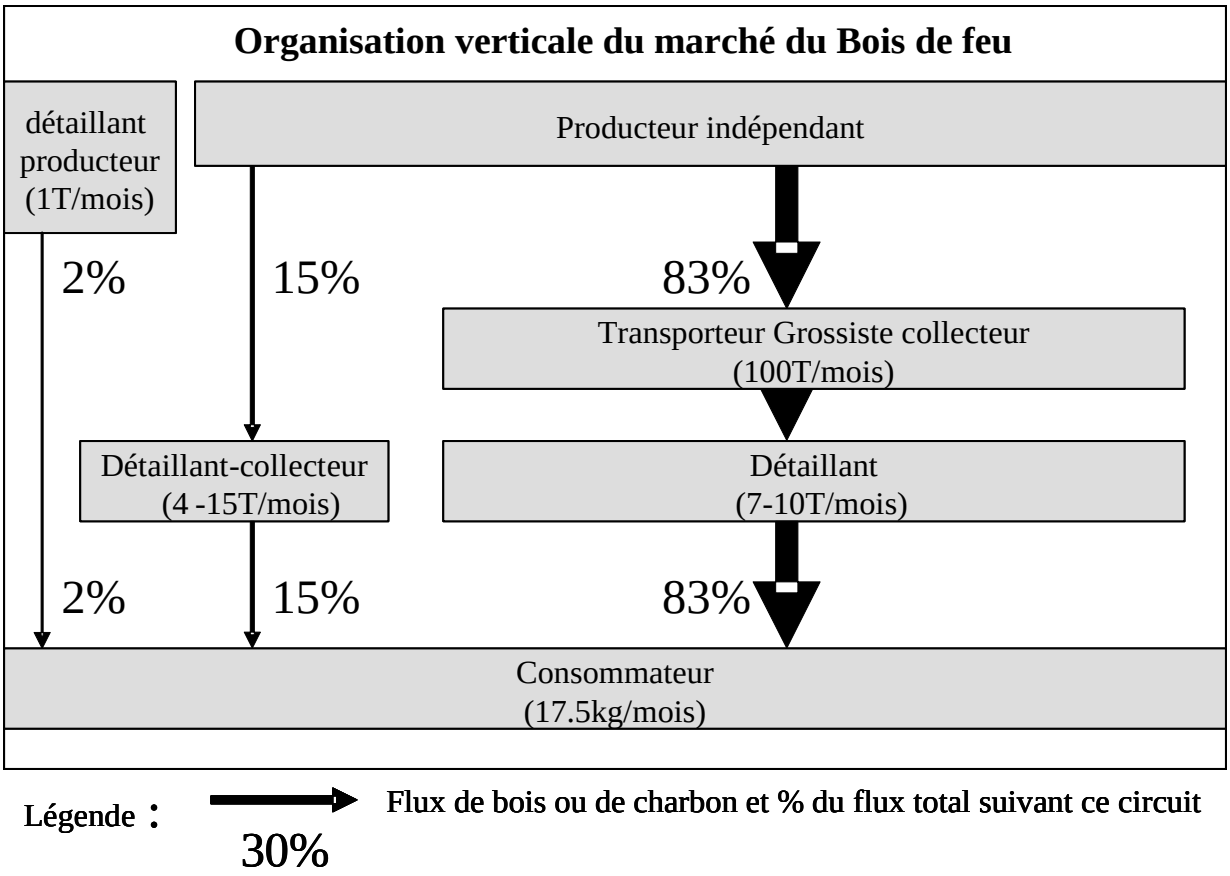


Figure 29. *Les chaînes d'approvisionnement en bois de feu de Bamako et leurs parts respectives dans le flux total*

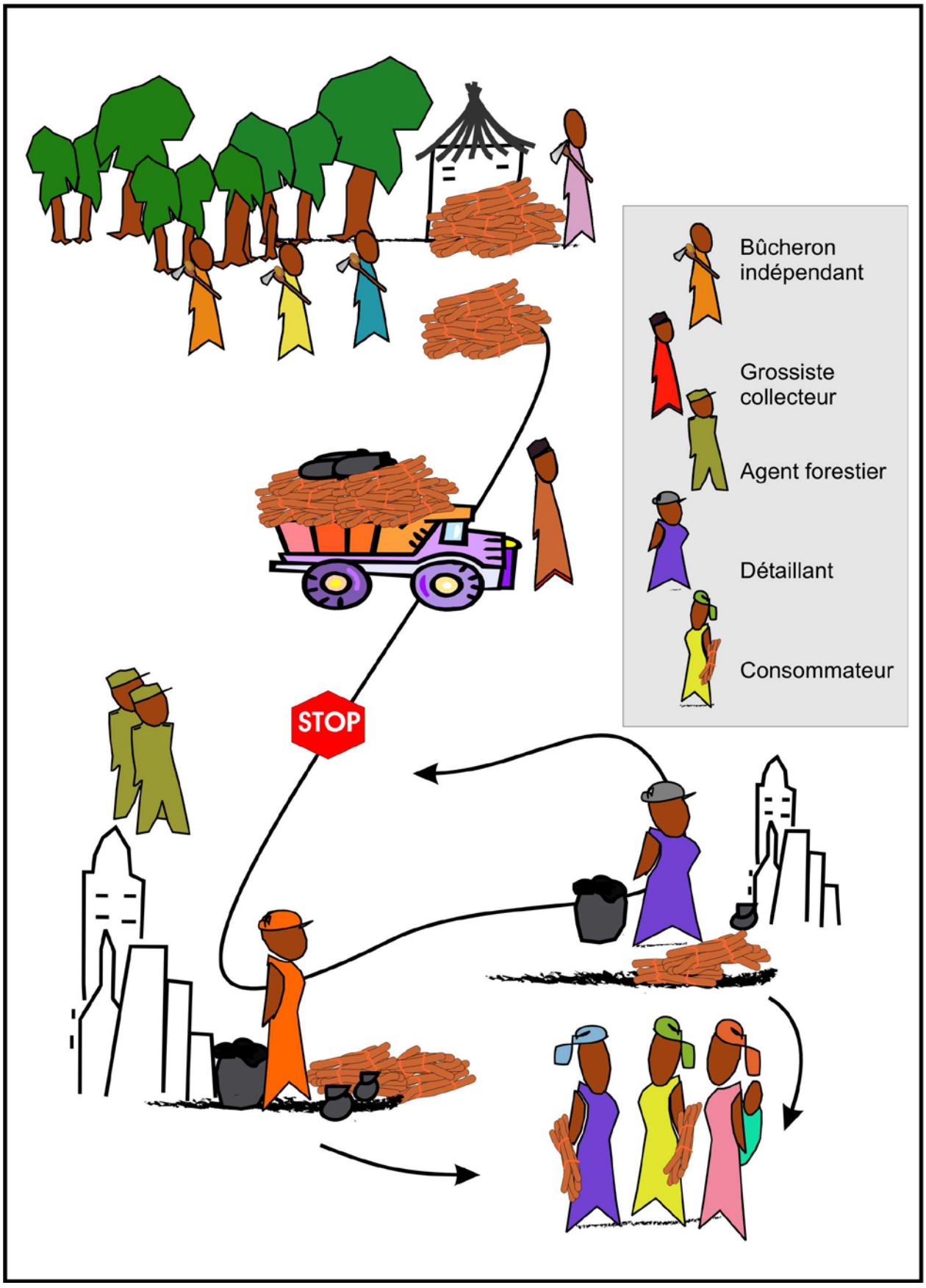


Figure 30. *La chaîne dominante d'approvisionnement en bois de feu*

9. Les évolutions socio-économiques des chaînes d'approvisionnement : *spécialisation et diversification, concentration et démocratisation*

L'objectif de ce chapitre est d'analyser les évolutions observées dans les filières bois et charbon sous deux angles :

- l'angle de la concentration ou de la démocratisation des filières : va-t-on vers une monopolisation des filières au profit d'un petit nombre ou au contraire vers un marché de plus en plus dispersé et concurrentiel ?
- l'angle de la spécialisation ou de la diversification des acteurs et des pratiques : va-t-on vers une uniformisation des pratiques et des acteurs ou vers le maintien d'une grande diversité d'acteurs aux compétences et aux intérêts pour le métier très divers ?

Ces éléments de dynamique permettent de mieux comprendre le contexte économique dans lequel évoluent les acteurs de la filière et ainsi de mieux comprendre leurs comprtements qui sont analysés dans la partie III.

9.1. Une différenciation de plus en plus marquée entre chaîne du charbon et chaîne du bois

La Figure 31 retrace les évolutions marquantes de la chaîne d'approvisionnement pour ces 15 dernières années. Elle révèle **une différenciation croissante entre les circuits d'approvisionnement de bois et de charbon**. En 1989, les circuits marchands d'approvisionnement en charbon étaient sensiblement identiques à ceux en bois. A partir de 1994, avec l'accroissement de la demande et les nouvelles règles d'accès à la ressource, les circuits commencent à se différencier pour devenir totalement différents en 2004. Les circuits courts à deux niveaux de transaction (grossiste-collecteur-détaillant et producteurs ruraux indépendants) sont devenus majoritaires par rapport aux « filières intégrées » (les grossistes-producteurs) et aux filières « à trois niveaux » (producteurs / transporteur grossiste / détaillant).

Les évolutions remarquables sont :

Pour le charbon, un raccourcissement de la chaîne de distribution qui s'est concentrée dans les mains de deux types d'acteurs : les détaillants et les grossistes collecteurs. Les deux autres types, transporteurs grossistes (disposant de leur véhicule et sillonnant la ville) et grossistes exploitants (maitrisant l'ensemble de la chaîne) ont pratiquement disparu.

Il est à noter que le pourcentage de petits détaillants s'approvisionnant auprès de grossistes urbains est resté pratiquement stable depuis 15 ans alors que les grossistes collecteurs détaillent également (cf. paragraphe suivant). Cette pratique de détail « pur » répond certainement à une demande de proximité et de variété de la part des consommateurs. Les stocks de ces vendeurs sont faibles ; ils peuvent ainsi s'installer n'importe où sur les marchés ou en bord de rue. Le maintien de ces quelques 30% de petits vendeurs permet aux ménagères d'une part de facilement trouver un point de vente à proximité de chez elles et d'autre part de faire jouer la concurrence sur les prix, le conditionnement et la qualité.

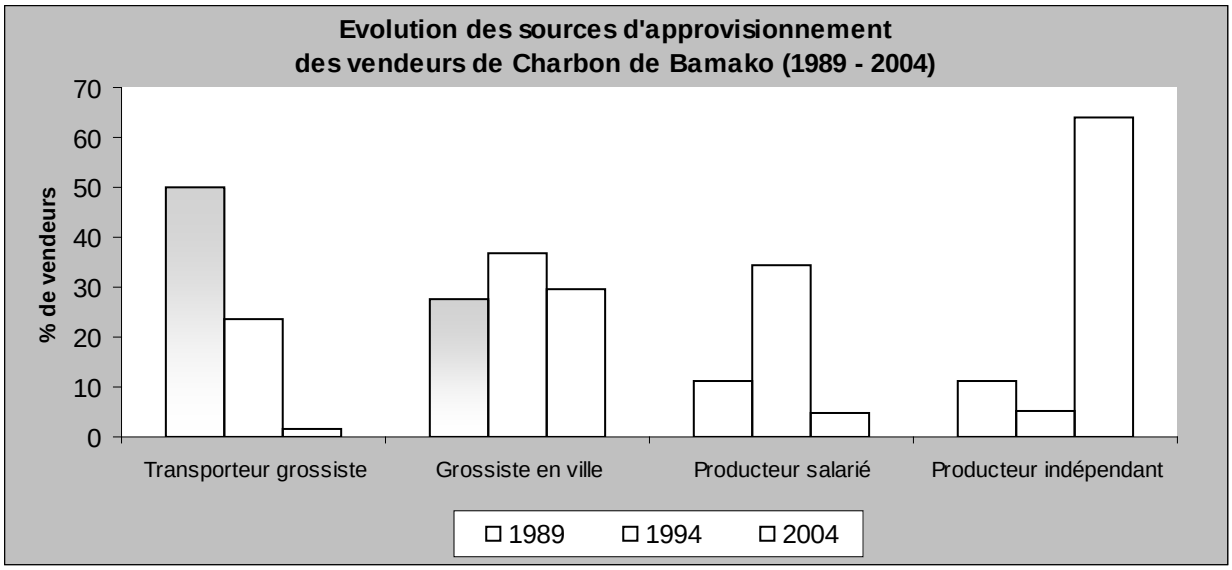
Pour le bois, une déconcentration récente de la filière. Entre 1989 et 1994 on observait une tendance à une intégration de plus en plus forte de la filière : les grossistes exploitants étaient en très nette progression. Le marché du bois avait tendance à devenir le monopole de gros commerçants maîtrisant l'ensemble de la chaîne. A partir de 1994 et sans doute avec la conversion au charbon, cette tendance aspect monopolistique disparaît. Les grossistes exploitants ont pratiquement disparu. La chaîne « historique » d'approvisionnement au travers des transporteurs-grossistes s'est maintenue mais elle est désormais concurrencée par la collecte auprès des producteurs indépendants.

9.2. Une démocratisation de la distribution et de la production

9.2.1 Evolution de la distribution : la fin d'un oligopole

Dans la distribution, on assiste à quatre phénomènes significatifs mis en évidence dans les Tableau 24 et Tableau 25 ainsi que dans la Figure 32 :

1. **Une explosion du nombre de vendeurs de charbon**, au-delà de l'accroissement de la population. Les recensements faits sur 18 marchés mettent en évidence un taux d'accroissement du nombre de vendeur (10.3%) plus de deux fois supérieur à celui de la population concernée (3.5%);
2. **Une stagnation du nombre de vendeurs de bois** ;
3. **Une augmentation plus forte dans les quartiers périphériques** en plein développement que dans les quartiers centraux ;



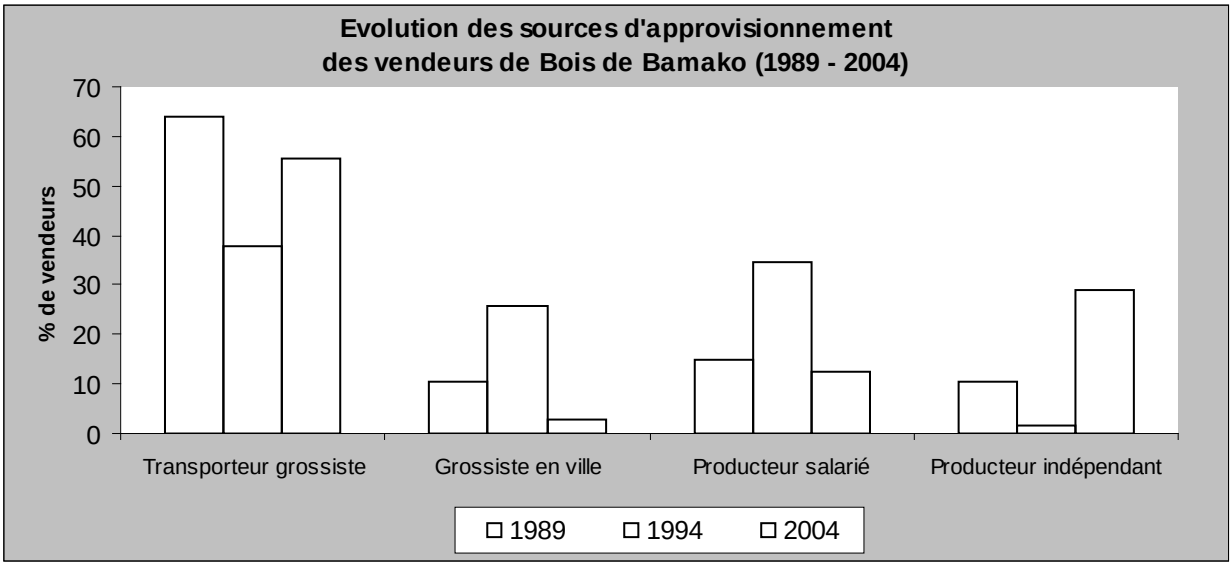


Figure 31. a) et b) *Evolution des sources d'approvisionnement des vendeurs de bois et charbon*

Sources : 1989, sondage DNEF auprès de 61 vendeurs; 1994, sondage CCL auprès de 94 vendeurs ; 2004, sondage de l'auteur auprès de 232 vendeurs.

4. **Une diminution des quantités distribuées par vendeur**. Cette diminution est surtout remarquable dans la filière bois.

La conversion des consommateurs au charbon de bois a profondément bouleversé les chaînes d'approvisionnement. Elle s'est accompagnée d'une arrivée massive de nouveaux acteurs du commerce qui ont supplanté les opérateurs historiques. Les vendeurs de bois qui monopolisaient le marché jusque dans les années 1999-2000 et qui ont été des acteurs majeurs des conflits avec l'administration en 1997 n'ont apparemment pas su garder leur oligopole. Tout s'est passé comme s'ils avaient été dépassés par la vague du charbon et qu'ils n'avaient pas su s'adapter à ce nouveau produit et aux nouvelles règles du commerce. **Au final, le marché de la distribution s'est déconcentré** avec un nombre beaucoup plus important de commerçants et des quantités distribués par points de vente plus faibles pour le bois et stables pour le charbon.

9.2.2 Evolution de la production : une démocratisation timide et une forte concentration spatiale

Faute de recensements exhaustifs dans les villages du bassin, l'évolution du nombre de producteurs est difficilement quantifiable.

Lors de l'élaboration du Schéma Directeur d'approvisionnement de Bamako, la CCL avait estimé le nombre de producteurs participant en 1994 à l'approvisionnement de Bamako en combustibles ligneux à 15 000 bûcherons et à 5 000 charbonniers (CCL, 1998). Cette estimation est une extrapolation de recensements effectués dans 15 villages du bassin. Dans les villages enquêtés par la CCL, les activités de bûcheronnage ou de charbonnage concernaient alors en moyenne plus d'une famille sur deux.

Mais les chiffres annoncés ne tiennent pas compte des temps réels de travail et, de l'avis même des enquêteurs, sont très sujets à caution car le recensement fut très difficile. En considérant une période moyenne d'activité de 8 mois (chiffre cité dans le même rapport), le nombre total de producteurs serait ramené à 13 300 emplois équivalent temps plein.

En 1999, compte tenu des quantités consommées déduites des flux enregistrés et de la productivité des producteurs enregistrée en 2001 (cf. Tableau 19), on peut estimer ce nombre à 13 500 emplois équivalent temps plein pour la production de charbon (charbonniers et bûcherons) et à 5 500 pour la production de bois de feu, soit un total de 19 000 producteurs de bois-énergie.

Variables	1994	2004	Signif.
Taille de l'échantillon	18 marchés	18 marchés	
Population concernée	364056	516508	***
Taux d'accroissement annuel	3.5%		
Nombre de vendeurs de charbon	132	353	***
Taux d'accroissement annuel	10.3%		
Nombre de vendeurs de bois	125	132	NS
Taux d'accroissement annuel	0.5%		

*NS test non significatif au seuil de 10%; *** test significatif au seuil de 1%*

Tableau 24. *Evolution comparée du nombre de vendeurs de charbon et de bois sur 18 marchés bamakois entre 1994 et 2004.*

Variables	1997	2005	Significativité (Test F de Fisher)
Vente du Bois			
Taille de l'échantillon	48 vendeurs	35 vendeurs	
Quantité de bois collecté par mois et par vendeur (en Kg)	40506	14306	***
Vente du Charbon			
Taille de l'échantillon	47 vendeurs	174 vendeurs	
Quantité de charbon collecté par mois et par vendeur (en Kg)	20161	20159	NS

*NS test non significatif au seuil de 10%; *** test significatif au seuil de 1%*

Tableau 25. *Evolution des quantités vendues par vendeurs entre 1997 et 2005*

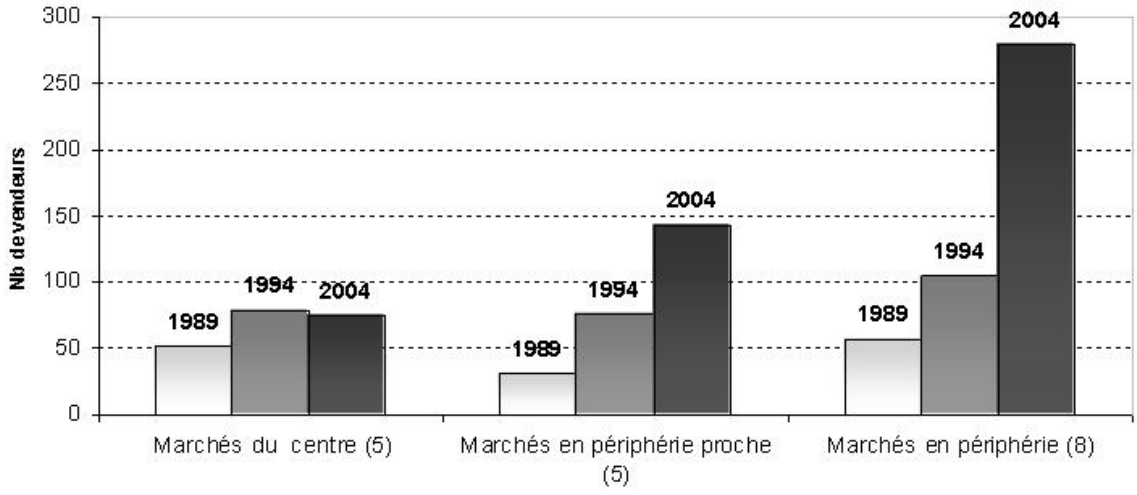


Figure 32. *Evolution entre 1989 et 2004 du nombre total de vendeurs de bois et charbon sur 18 marchés Bamakois : une augmentation remarquable dans les quartiers périphériques en plein développement*

Bien qu'il faille être très prudent dans la comparaison de ces chiffres, il semble que, **contrairement aux idées reçues, l'évolution de la production ne tendrait pas vers une explosion massive du nombre de producteurs**. L'accroissement du nombre de producteurs suivrait à peu près celui de la consommation : on assisterait environ à son doublement en 10 ans. Il apparaît donc que la productivité des bûcherons et des charbonniers a peu évolué. Ces observations seraient corroborées par les diagnostics d'experts chargés de la formation des charbonniers (entretiens personnels).

En revanche, si le nombre de producteurs a doublé en 10 ans, le nombre de villages approvisionnant la ville est, quant à lui, resté stable. **L'augmentation de la demande s'est donc traduite par un accroissement de la concentration des producteurs dans un petit nombre de villages**, ce qui est sans doute une des raisons de l'exacerbation des conflits territoriaux observés.

9.3. Un renouvellement important des commerçants urbains et une féminisation de la profession

Les deux grands sondages effectués en 1997 et 2005[34] auprès des commerçants urbains nous permettent d'analyser l'évolution du profil socioprofessionnel de ces acteurs. Cette analyse confirme les tendances à la démocratisation du commerce déjà énoncées ci-avant.

Le Tableau 26 montre que :

- l'âge moyen des vendeurs, mais surtout leur ancienneté ont considérablement diminué. Cette diminution est surtout notable dans le secteur de la vente du charbon. **La conversion au charbon a entraîné l'arrivée massive de jeunes commerçants** qui n'ont actuellement qu'entre 6 et 7 ans d'ancienneté en moyenne, alors que cette dernière était de 12 ans en 1997.
- **entre 1997 et 2005 la profession est devenue majoritairement féminine.** Le caractère non périssable des produits, le faible capital de départ nécessaire, et les facilités actuelles en termes d'approvisionnement ont attiré de nombreuses femmes. Le témoignage de cette détaillante de charbon, rapporté dans (Raton, 2004), résume bien l'attractivité de cette activité pour les femmes. *«Ça fait 8 ans que je fais le commerce du charbon. J'ai commencé au décès de mon mari. Il fallait bien continuer à nourrir la famille, et le charbon c'est ce qui s'achète le plus facilement. Je n'ai pas eu besoin d'avoir beaucoup d'économie pour me lancer dans ce commerce …/… Ce qu'il y a de bien avec le charbon, c'est que je le dépose devant la porte, je peux alors m'occuper de ma famille et si un client arrive, il rentre. C'est moi ou l'un de mes*

[34] Enquêtes CCL en 1997 et enquêtes G. Raton, M. Kouyaté et L. Gazull en 2005

enfants qui faisons la transaction …/… Aller s'approvisionner en brousse coûte cher. Nous allons donc ensemble chaque dimanche au marché de Kasséla, ce n'est pas très loin, nous pouvons faire l'aller et le retour dans la même journée. …/… »

Bien que l'on puisse rencontrer de très jeunes acteurs, le commerce de bois et de charbon est surtout un commerce de milieu de vie. La moyenne d'âge des commerçants est de l'ordre de 37 ans. Cette activité est jugée facile d'accès car le capital de départ est minime. Bien que dans les discours l'activité soit jugée difficile, peu rémunératrice, peu valorisée socialement, et « sale » pour ce qui concerne le charbon, seulement 13% des enquêtés en 2005 déclarent souhaiter arrêter.

Variables	1997	2005	Significativité (Test de Fisher ou Test du Khi2)
Vente du charbon			
Taille de l'échantillon	61	159	
Age des vendeurs	42.7	36.8	**
Ancienneté des vendeurs	12.3	6.7	**
% de Femmes vendeuses	41.0	53.5	NS
Vente du bois			
Taille de l'échantillon	77	53	
Age des vendeurs	42.6	37.8	**
Ancienneté des vendeurs	10.4	7.8	**
% de Femmes vendeuses	46.8	64.2	*

*NS test non significatif au seuil de 10%; * test significatif au seuil de 10%, ** test significatif au seuil de 5%*

***Tableau 26.** Evolution du profil socioprofessionnel des vendeurs de bois-énergie*

9.4. L'évolution des prix et des revenus du bois-énergie : vers une meilleure équité économique

9.4.1 Evolution générale des prix au détail

Les prix au détail du bois et du charbon sont suivis par la Direction Nationale de la Statistique et de l'Information (DNSI). Ils font partie de l'indice des prix à la consommation. Le relevé porte sur le bois vendu au tas (fagot) et le charbon vendu au kg. Il s'agit alors du charbon essentiellement destiné aux artisans et non pas aux ménagères.

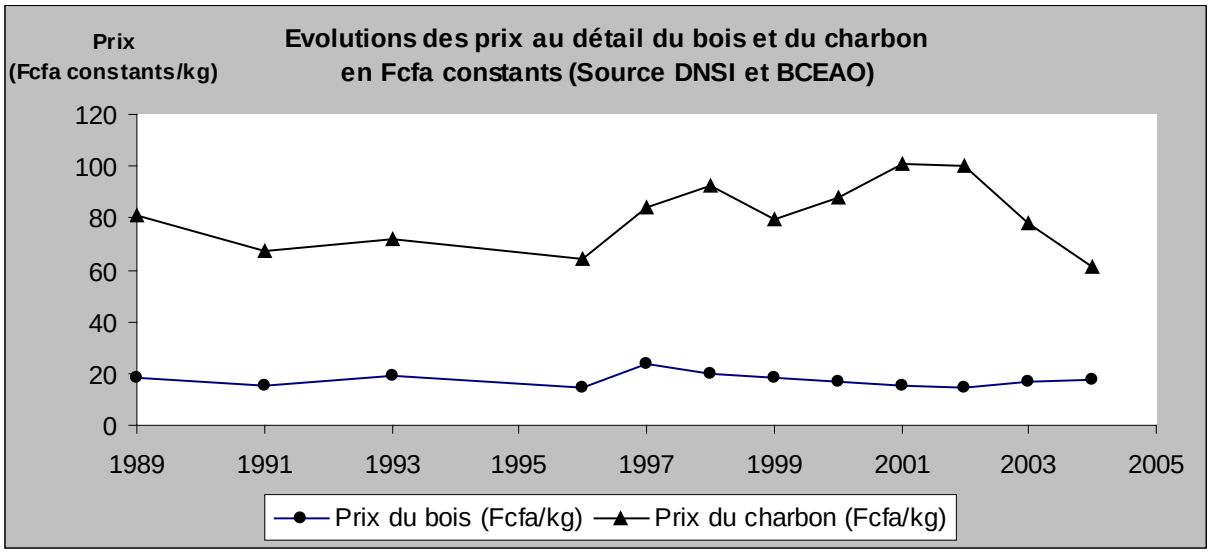
9.4.1.1 Evolution du prix du bois et du charbon

La figure 10 retrace l'évolution des prix officiels des deux combustibles relevés par la DNSI en Francs CFA constants depuis 1989. Les chiffres après 2004 ne sont pas encore disponibles. Selon les relevés de la DNSI, le prix du bois suit l'indice des prix à la consommation. Son cours est relativement stable au cours du temps. En revanche, le cours du charbon est beaucoup plus sujet à variations. Après une hausse marquée en 1997 et 1998, il subit une très forte baisse depuis 2002 et son prix actuel est inférieur à celui qu'il avait en 1989.

Avant de conclure sur l'évolution des prix, nous avons confronté ces résultats à ceux obtenus grâce aux données spécifiques collectées au cours des enquêtes « bois-énergie » en 1989 (DNEF), 1994 (DNEF), 1999 (CCL) et 2004 (enquêtes de l'auteur). En effet, nous n'avons pu savoir sur combien et sur quels marchés la DNSI relevaient ces prix et comment était estimé le poids des échantillons suivis. Or les prix et les quantités conditionnées sont très variables d'un quartier à l'autre ou d'un point de vente à l'autre.

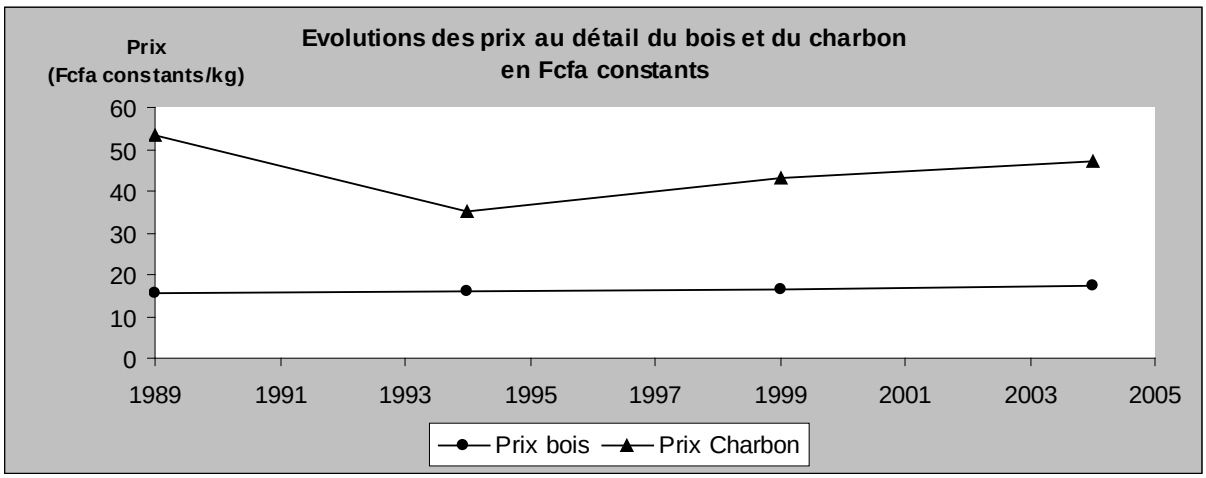
Les enquêtes spécifiques de 1989 et 1994 montrent que les prix pratiqués et les modes de conditionnement sont beaucoup plus variables en bord de rue que sur les marchés. Sur les marchés, les vendeurs sont confrontés à une concurrence importante ce qui a pour conséquence d'homogénéiser les prix pondéraux.

Ces enquêtes montrent également que plus le conditionnement est petit, plus les variations en prix et en poids sont grandes. En conséquence, nous avons également analysé l'évolution des prix des gros sacs de charbon et des fagots de bois vendus exclusivement sur les marchés. Les résultats obtenus confirment les tendances observées sur le bois avec les données DNSI : **la Figure 34 montre très clairement que le prix du bois suit le coût de la vie et que le prix du charbon a baissé de 12 % en 15 ans.**



Sources : DNSI pour les prix des combustibles et BCEAO pour les Indices des prix à la consommation.

Figure 33. *Evolution des prix au détail du bois (vente au fagot) et du charbon (vente au kg) relevés par la DNSI.*



Sources : DNEF, CCL/CED, auteur pour les prix des combustibles et BCEAO pour les Indices des prix à la consommation

Figure 34. *Evolution des prix au détail du bois (vente au fagot) et du charbon (vente au sac) relevés sur les marchés par les services forestiers et par nos soins.*

Après une hausse importante en 1997 et 1998, le charbon est aujourd'hui revenu à des niveaux de prix inférieurs à ce qu'ils étaient en 1989. Deux facteurs pourraient expliquer cette évolution :

- le système de taxe-amende (cf. supra) s'est particulièrement développé depuis la fin du projet SED (2001). Il a entraîné une baisse des taxes sur le charbon, qui se

répercuterait sur le prix de vente au détail. De 1200 FCA/quintal, elle s'établirait officieusement autour de 900Fcfa/quintal ;

- la multiplication très importante ces dernières années des détaillants-collecteurs et des semi-grossistes collecteurs a eu deux effets directs sur les prix : le premier provient de la diminution du nombre d'intermédiaires et dans le même temps d'une stabilité des distances de collecte ; le second provient de la massification du commerce entraînant ainsi une plus grande concurrence entre vendeurs et tendant ainsi à une baisse des prix.

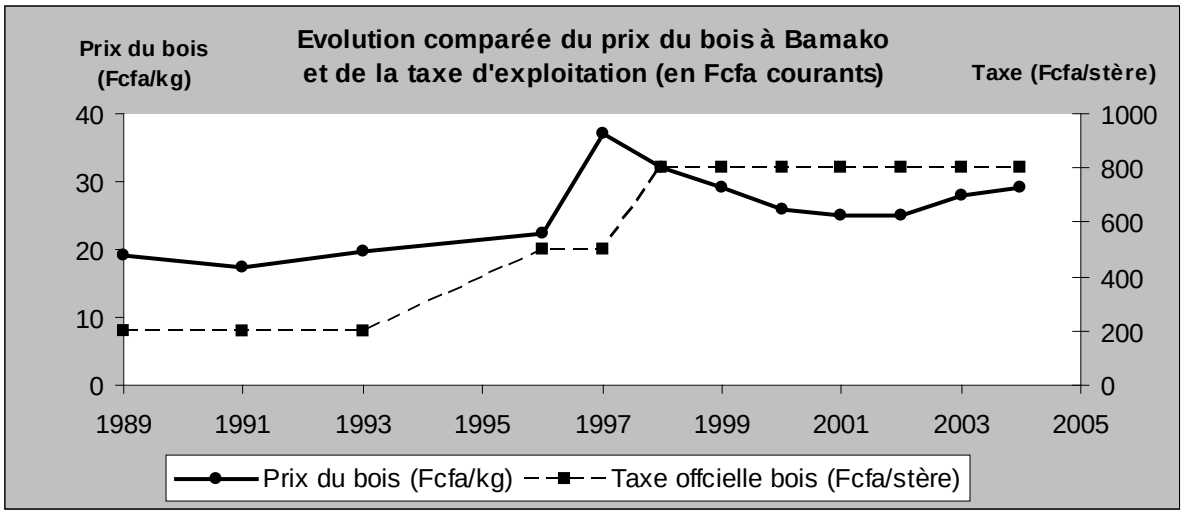
9.4.1.2 De l'influence et de l'usure de l'effet des taxes

Pour confirmer les hypothèses précédemment énoncées sur l'influence de la taxe sur le prix des combustibles, nous avons étudié l'évolution comparée des prix du bois, du charbon et de la taxe d'exploitation. La *Figure 35* montre clairement que la hausse de la taxe en 1995 et 1998 a entraîné la hausse presque instantanée des prix des combustibles.

Mais après cet effet « coup de pouce », la réaction des prix est différente pour le bois et pour le charbon.

- après une hausse de près de 100% en 1997, le prix du bois ne cesse de baisser jusqu'en 2001 alors que le niveau des taxes lui ne varie pas.
- après une hausse plus modérée que celle du bois (50% entre 1996 et 1998), le prix du charbon continue de progresser lentement jusqu'en 2002 alors que la taxe n'augmente pas depuis 1998, puis il s'écroule en 2003, 2004 et 2005.

Au vu de ces résultats, il semble que prix et taxes soient effectivement liés. Mais plus que la taxe officielle, c'est la taxe effectivement perçue qui conditionne le prix. A cet égard, le comportement du prix du charbon est symptomatique. La période 1998 – 2001 d'augmentation des taxes et du prix au détail du charbon coïncide avec la période « active » de la SED qui a permis de maintenir un système de taxation et de contrôle avec un certain niveau d'efficacité. A partir de 2002, le système officiel de taxation n'a plus été maintenu sur le terrain en partie faute de moyens alloués au contrôle. A cette même date, le prix du charbon est redescendu très nettement.



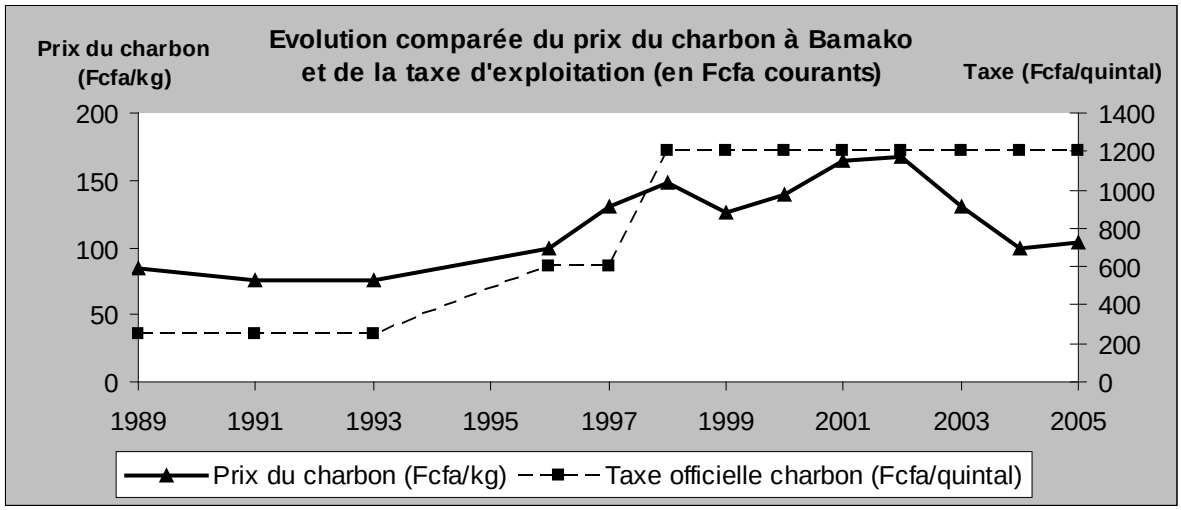


Figure 35. (a et b) *Evolution comparée des prix au détail des combustibles ligneux et de la taxe d'exploitation*

9.4.2 La structure verticale des prix

La structure des prix dépend de nombreux paramètres : le moyen de transport utilisé, le lieu d'approvisionnement, le type de fournisseur, et les taxes forestières.

Aussi, afin de comparer ce qui est vraiment comparable, nous avons choisi d'étudier les évolutions pour un seul type de circuit d'approvisionnement et de commercialisation qui est le circuit majoritaire en 2004 : le bois - ou le charbon - est acheté par un grossiste urbain directement au producteur à environ 60 km de Bamako. Il est transporté en camion (type 10T) et est revendu soit au détail soit en gros à des détaillants.

9.4.2.1 L'évolution de la structure des prix

La Figure 36 illustre l'évolution de la structure des prix pour ce type de circuit entre 1989 et 2004.

Dans cette structure de prix, les taxes réellement perçues apparaissent comme telles et n'ont pas été imputées à un acteur en particulier. Comme nous l'avons vu précédemment, elles peuvent être payées par le producteur ou par le grossiste-collecteur. Elles grèvent donc la marge du producteur ou du grossiste selon les pratiques et les périodes considérées.

En première analyse**, les deux graphiques montrent que les revenus du bois-énergie tendent à être redistribués équitablement entre les producteurs, les grossistes et les détaillants**. Cet objectif que s'était fixé la SED semble atteint.

En seconde analyse, ces graphiques montrent que la fonction de grossiste tend à être de moins en moins rentable. Deux raisons majeures expliquent cette baisse de rentabilité :

- **Le coût du transport a triplé en 15 ans**. Il représente actuellement 20 % du prix du combustible contre 12 % avant 1994. C'est là un des effets majeurs de la dévaluation du FCFA (Janvier 1994) et de la hausse récente du prix des carburants. C'est sans doute également un des effets de la multiplication du nombre de grossistes-collecteurs et de la difficulté d'accès aux moyens de transport.
- Les taxes officielles d'exploitation ont été multipliées par 5 pour le charbon et par 4 pour le bois dans les zones incontrôlées, ce qui a une répercussion sur les taxes réelles, ainsi que nous l'avons montré précédemment. Les taxes sur le charbon représentent actuellement 10% du prix du produit contre 4% en 1989. Or, comme nous venons de le voir, la pratique actuelle est de déférer au grossiste le paiement de la taxe au moment de l'achat. Cette pratique rend l'activité de grossiste de moins en moins attractive : 1) le paiement de la taxe est l'objet de négociations de plus en plus lourdes pour le commerçant. Ainsi, de nombreux commerçants nous ont dit avoir arrêté la collecte sur les lieux de production car le poids des « tracasseries » était devenu trop grand pour eux; 2) elle grève leur marge (en intégrant la taxe dans le prix du transport comme c'est actuellement le cas, la marge du grossiste est passée de 35% en 1989 à 6 % en 2004).

L'activité de vente en gros « pure » tend de ce fait à disparaître. Cette évolution est surtout visible pour le charbon. Chaque « grossiste » dispose d'un point de vente au détail sur un marché et de plus en plus de détaillants vont s'approvisionner directement auprès des producteurs ruraux.

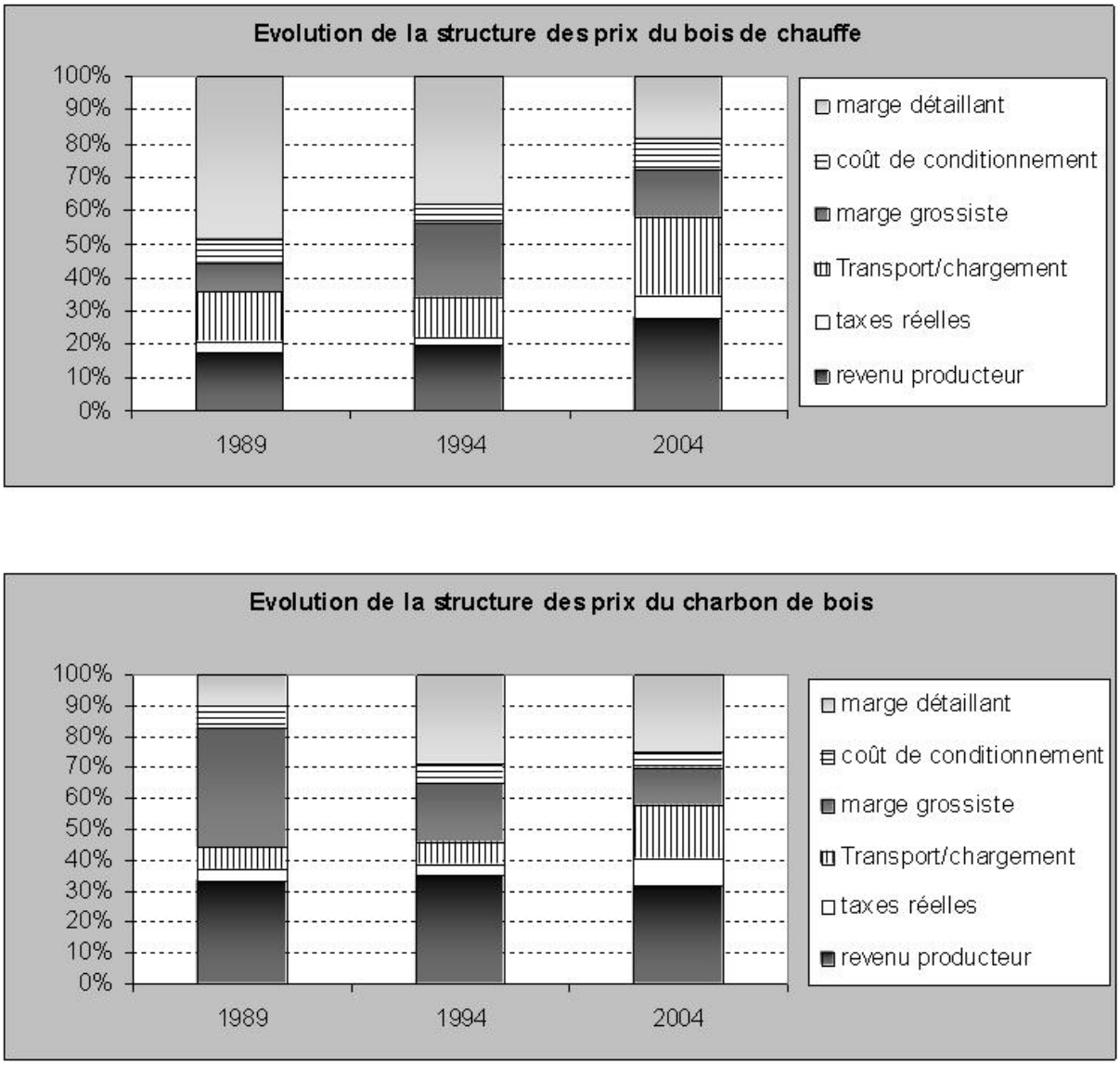


Figure 36 (a et b). *Evolution de la structure des prix des combustibles ligneux (source : enquêtes 2005 G. Raton, M. Kouyaté, L. Gazull auprès de 252 commerçants)*

9.4.3 L'évolution des revenus

En 2005, lors d'un entretien avec un journaliste de l'Essor, le secrétaire général des commerçants de bois du Mali, Mamadou Kô Samaké déclarait (in l'Essor 31/01/2005) :

"Iln'y a aucun [commerçant] qui puisse vivre dignement de ce qu'il fait. C'est une activité ingrate qui détruit plus qu'elle n'apporte à l'exploitant. Imaginez que sur un sac de charbon de 2000 F, nous ne gagnons que 200 à 250 F desquels il faut soustraire les frais de transport et les taxes forestières".

Certes, il est vrai que la pénibilité du travail et son manque de reconnaissance par les pouvoirs publics reviennent très fréquemment dans les entretiens avec les commerçants de bois-énergie qui demandent à exercer « dignement » leur métier. Cependant, le calcul économique de M. Samaké est très en dessous des marges réelles de la majeure partie des commerçants bamakois. En 2005, sur un sac de charbon acheté en moyenne 1550 F sur le lieu de production, et revendu au détail sur Bamako en moyenne 3850 FCFA, la marge nette du grossiste-collecteur compte tenu des frais de transport, des taxes et du conditionnement est de l'ordre de 750 FCFA par sac. Cette marge peut monter à 1400 FCFA quand le sac est détaillé en petit sachet.

Notre enquête détaillée menée en 2005 auprès d'un échantillon de 130 commerçants de bois et de charbon nous a permis de calculer les revenus nets mensuels de chaque grand type d'acteurs. Ces calculs sont synthétisés dans le Tableau 27 et le Tableau 28. Nous ne disposons malheureusement pas à ce jour de données permettant de calculer les revenus des producteurs. De la même façon, nous ne disposons pas de données suffisamment fiables pour analyser l'évolution de ces revenus dans le temps.

	Saison Sèche		Saison des Pluies		Année
Type d'acteur	**Qte/mois (kg)**	**revenu/mois (CFA)**	**Qte/mois (kg)**	**revenu/mois (CFA)**	**revenu/an (CFA)**
Producteur C permanent	1 210	32 670	485	21 825	338 000
Producteur C intermittent	860	23 220	0	0	162 500
Producteur C occasionnel	785	21 195	785	35 325	325 000
Détaillant C	2 728	11 500	4 051	59 000	375 500
Semigrossiste-collecteur C	6 250	65 000	5 890	109 000	1 000 000
Grossiste-collecteur C	14 200	100 000	14 500	122 000	1 310 000
Grossiste-exploitant C	15 600	311 500	17 700	511 000	4 735 500

Tableau 27. *Revenus moyens des acteurs de la vente du charbon*

	Saison Sèche		Saison des Pluies		Année
Type d'acteur	**Qte/mois (kg)**	**revenu/mois (CFA)**	**Qte/mois (kg)**	**revenu/mois (CFA)**	**revenu/an (CFA)**
Producteur B Homme	7 625	68 625	1 525	13 725	402 000
Producteur B Femme	5 300	47 700	3 180	28 620	375 000
Détaillant B	8 100	65 250	6 700	75 700	835 000
Détaillant collecteur B	2 800	61 900	5 043	98 200	924 500
Détaillant-exploitant B	(1 000)	(13 200)	(17 700)	(15 300)	169 000
Transporteur grossiste B	300 000	106 500	300 000	106 500	1 278 000

Tableau 28. *Revenus moyens des acteurs de la vente du bois*

Les résultats consignés dans ces tableaux mettent en évidence que :

- les revenus des producteurs de charbon sont en moyenne quatre fois plus faibles que ceux des grossistes en charbon. Ceux des producteurs de bois de feu sont quant à eux, seulement trois fois plus faibles. Bien que la structure des prix soit équilibrée et que les marges entre les différents intervenants de la chaîne tendent à s'égaliser, le revenu des commerçants demeure beaucoup plus fort que celui des producteurs. La faible productivité du travail manuel des producteurs en est la principale raison.
- plus le commerçant intègre verticalement l'ensemble de la chaîne plus son revenu augmente. Un grossiste-exploitant de charbon gagne trois fois plus qu'un grossiste-collecteur et neuf fois plus qu'un simple détaillant. Mais comme nous l'avons déjà rapporté, cette activité tend à disparaître, elle ne représenterait plus que 5% des vendeurs de Bamako.
- la vente de bois au détail est une activité deux fois plus rentable que celle de vente de charbon, alors que les ventes en gros sont très comparables pour les deux produits.
- le commerce est 1.5 fois plus rentable en saison des pluies qu'en saison sèche. Les commerçants jouent sur la rareté de l'offre et sur l'augmentation de la demande pour augmenter leurs prix. Mais la hausse des coûts d'achat des produits à la campagne et la hausse des coûts de recherche des produits n'expliquent qu'une partie de l'augmentation des prix. Les commerçants profitent de cet état de pénurie « acceptée » par les consommateurs pour également augmenter leur marge. Le grand gagnant à ce jeu est le grossiste-exploitant de charbon qui en général a constitué d'importants stocks de charbon avant la saison des pluies et qui déstocke à cette période là.

Afin de comparer l'activité de vente du bois à d'autres types de commerces, le tableau 16 présente les revenus nets moyens des autres types de vendeurs que l'on peut rencontrer sur les marchés bamakois. Ces chiffres sont des valeurs moyennes issues de la littérature en Afrique de l'Ouest mais les quelques études de filière réalisées par la FAO sur Bamako confirment les fourchettes avancées.

De la comparaison avec les revenus du bois-énergie, il ressort que la vente de bois-énergie rapporte plus que celle des produits vivriers, des produits alimentaires voire même que celle des produits manufacturés. Cet écart en faveur de la vente du bois est encore plus fort lorsque l'on ne considère que la vente au détail.

Produits	Vente au Détail	Vente en Gros	Source
Vivriers (Afrique de l'Ouest)	2000 – 8000	20000 – 80000	(Wilhelm, 1997)
Fruits et légumes (Bamako)	10500	54000	(Tallec et Bockel, 2005a)
Bois (Bamako)	60000 - 100000	100000	Enquêtes L Gazull
Charbon (Bamako)	10000 - 60000	300000 – 500000	Enquêtes L. Gazull

Tableau 29. *Comparaison des revenus de la vente du bois-énergie et de la vente des produits alimentaires*

Mais malgré cet avantage financier, l'activité de vente de bois et surtout de charbon, reste considérée comme une activité de transition vers d'autres types de commerces jugés plus valorisants socialement:

« *Je gagne très bien dans le charbon. Mon revenu est plus élevé que celui d'un fonctionnaire. Pourtant, regardez-moi, je n'ai pas l'air fier : je suis couvert de charbon et je traîne dans la poussière. Vous voyez la belle boutique en face…mon revenu est aussi élevé que ce commerçant. Je préférerais de loin avoir une telle boutique et être mieux considéré. Mon travail n'est pas très valorisant.* » (témoignage d'un grossiste-collecteur, recueilli par G. Raton (2004)).

Cette analyse économique met en évidence l'originalité de cette filière bois-énergie. Tous ses protagonistes reconnaissent son intérêt économique et social : le bois-énergie est la deuxième source de revenus en milieu rural et son commerce urbain est un des commerces les plus rentables. La contribution générale du secteur bois-énergie à l'économie du Mali est au moins égale à celle du secteur de l'électricité[35] (Amous, 1999 ; Castillo, 1994). La filière est facile d'accès car elle nécessite peu d'investissement et le marché est relativement libre, les monopoles étant en passe de disparaître.

Pourtant, cette activité est stigmatisée par la majorité de ses propres acteurs : les services forestiers fustigent les bûcherons et les accusent sans preuve de détruire la forêt - le Ministère de l'Environnement (tutelle de ces mêmes services), sans se préoccuper de l'approvisionnement de la ville va même jusqu'à interdire les coupes de bois pendant près de 6 mois par an ; les producteurs ruraux rêvent de devenir paysans, seule activité rurale noble à leurs yeux ; et les commerçants urbains, se voyant couverts de poussières de charbon et se

[35] En 2001, le commerce des combustibles ligneux employait dans tout le Mali, environ 450 000 personnes et représentait un chiffre d'affaire de 21 milliards de Francs CFA (Konate, 2001). En comparaison, le secteur de l'électricité ne représentait qu'un chiffre d'affaire de 19 milliards de Francs CFA. (Source Afristat, www.afristat.org).

jugeant sales dans le regard des autres, rêvent d'une boutique de produits alimentaires ou, mieux encore, d'une téléboutique.

Malgré ce peu de considération et cette désaffection de façade, le commerce du bois-énergie attire beaucoup de monde. Les secteurs de la vente en milieu urbain et des transports ont explosé durant les dix dernières années, la filière dans son ensemble a rajeuni et s'est féminisée.

Depuis les années 1990, on assiste à une réappropriation des ressources forestières par les populations rurales. Le retour du pouvoir des paysans sur les ressources de leurs villages a été initié par les Etats généraux de l'Agriculture en 1991, à la chute de Moussa Traoré. Il est associé depuis 1996 au mouvement de la décentralisation et est renforcé par les nouvelles politiques forestières qui visent au transfert des responsabilités de gestion des forêts de l'Etat vers les communautés rurales. Ces changements de paradigmes dans la gestion des ressources, autrefois totalement contrôlées par l'Etat au travers des services forestiers, ont profondément bouleversé les filières d'approvisionnement en bois-énergie.

La première conséquence est l'éviction par les villageois des exploitants « étrangers » au village. Les exploitants migrants, venant majoritairement du Sud du pays et autrefois détenteurs du savoir-faire des charbonniers, sont peu à peu écartés. Mais ce sont surtout les grands exploitants et grossistes urbains, autrefois maîtres de l'approvisionnement de Bamako, qui se voient *persona non grata* dans les campagnes. Ces grands commerçants, autrefois très liés avec l'administration forestière centrale dont ils tiraient leur légitimité, ont pratiquement disparu du paysage. Ils ont été remplacés par une myriade de petits commerçants dont le rôle est de collecter et de distribuer – et non plus de produire, le bois-énergie. Les commerçants se sont rajeunis, féminisés et spécialisés.

La seconde conséquence tangible est la perte de pouvoir et de contrôle de l'administration forestière sur les ressources et sur les acteurs de la filière. Sans doute accélérée par les plans d'ajustements structuraux de la Banque Mondiale, la réduction des moyens alloués aux services forestiers a abouti à une administration exsangue, incapable de jouer pleinement son rôle de conseil, de planification et de contrôle.

Enfin, la troisième, et sans doute la plus importante des conséquences, est la redéfinition du rôle des acteurs et le bouleversement des rapports de force entre les commerçants urbains, les producteurs ruraux et l'administration forestière. Les liens entre l'administration, d'une part, et les commerçants comme les producteurs, d'autre part, se sont distendus. L'administration n'a plus les moyens d'aller sur le terrain et se cantonne à un

rôle de contrôle des flux dans un petit nombre de postes avancés, situés le long des routes et autour des forêts classées. Avec la disparition des gros commerçants, l'administration est en quête de contacts avec les commerçants. Certains forestiers regrettent le temps où ils distribuaient les droits de coupe aux professionnels urbains. Et régulièrement, un retour à l'ordre ancien, c'est-à-dire à une filière structurée autour d'un petit nombre d'acteurs contrôlables, fait l'objet de tentatives, aussi bien poussées par l'administration, que par d'anciens gros commerçants. Les relations entre producteurs et commerçants se sont également modifiées. Autrefois sous la coupe d'un petit nombre de gros commerçants urbains qui les fidélisaient, les exploitants ruraux sont devenus plus nombreux et se sont émancipés. Ils se regroupent, recherchent et jouent de la concurrence entre les collecteurs, notamment sur les foires rurales hebdomadaires. Leur pouvoir de négociation est devenu plus fort.

Cependant, comme nous l'avons vu précédemment, le nombre de sites de production est resté stable. La production se concentre aux alentours de 250 villages dans lesquels le nombre de producteurs a également augmenté. Ce double mouvement : démocratisation d'un coté et concentration spatiale de l'autre a entraîné une concurrence accrue entre les commerçants et entre les producteurs eux-mêmes. Si le marché est facile d'accès, il n'en reste pas moins dur : la concurrence entre villages et même au sein d'un même village est forte et le travail de bûcheron est pénible ; la concurrence entre grossistes est encore plus forte et il faut user de nombreuses stratégies pour s'assurer de remplir son camion au meilleur prix.

Après avoir analysé les dimensions spatiales et socio-économiques du bassin d'approvisionnement, nous rentrerons plus avant, dans une troisième partie, dans les stratégies des acteurs de la filière et dans leur formalisation au travers d'un modèle d'interaction spatiale.

Partie III
Le bassin d'approvisionnement, une aire d'attraction

Le jeu des interactions spatiales

L'objectif visé dans cette dernière partie, est de construire un modèle d'interaction spatiale permettant de prédire la localisation de l'exploitation de bois et d'en mesurer l'intensité.

Comme nous l'avons longuement étudié dans les parties précédentes, la forêt devient ressource et flux au travers d'une longue chaîne de production, de transformation, de distribution et de consommation. La question de la localisation de l'exploitation forestière sera abordée au travers de celle de la modélisation spatiale des flux de bois-énergie alimentant la ville. En effet, les flux exprimés en quantités de bois par unité de temps permettent, de par leur nature, de renseigner à la fois la localisation (au travers de l'origine et de la destination), et l'intensité du prélèvement (au travers des quantités prélevées par unité de temps).

Après avoir développé et validé le modèle sur les données observées en 2000, ce dernier sera utilisé d'une part de manière rétrospective pour analyser les conditions de l'échange en 1989, et d'autre part de manière prospective pour analyser l'organisation du bassin compte tenu d'évolutions futures prévisibles : amélioration de l'état des routes, développement des lignes de transport en commun, création de marchés ruraux, ainsi que pour planifier les interventions visant à restreindre ou accroître l'exploitation.

10. Etat de l'art critique des modèles existants et adoption d'une démarche de modélisation

Depuis la fin des années 1980, on assiste à une véritable explosion de l'analyse et de la modélisation des dynamiques des espaces forestiers en zone tropicale. Mais en termes d'efforts de recherche, l'accent est essentiellement mis sur les processus de déforestation des grands massifs tropicaux humides (Amazonie, Congo, Asie du Sud-Est). La question de la localisation des prélèvements de bois pour l'approvisionnement des marchés urbains a été très peu étudiée et lorsqu'elle l'a été, c'est souvent sous une forme indirecte, à travers celle de la dégradation du couvert forestier (Defourny, 1988 ; Cline-Cole *et al.*, 1990).

Les premiers modèles développés dans le domaine sont majoritairement des modèles descriptifs et inductifs. Des méthodes statistiques de type régression multivariée (logistique ou linéaire) sont implémentées pour corréler des taux de changements d'occupation des sols ou des probabilités d'occurrence d'une occupation des sols donnée (Forêt/pas forêt ou pâturage/agriculture/forêt) avec des facteurs exogènes tels que la distance au marché, la distance à la route, la densité de population, etc.

Ces modèles ont connu relativement peu de succès en milieu sahélien, car ils sont mal adaptés aux spécificités tant écologiques que socio-économiques du phénomène. Les raisons de ce désintérêt peuvent être énumérées comme suit:

1. l'exploitation de la forêt à des fins de prélèvement énergétique ne conduit pas nécessairement à une disparition du couvert forestier, ce qui rend le phénomène difficilement visible et quantifiable (ESMAP, 2001).
2. les processus de dégradation de la forêt ne sont pas irréversibles et la méconnaissance scientifique des milieux sahéliens rend difficile l'identification des causes des changements (Benjaminsen, 1993 ; Couteron, 1997).
3. la conversion agricole ne signifie pas obligatoirement l'absence de production de bois (Cline-Cole *et al.*, 1990). Les liens avec l'agriculture sont très complexes et montrent une grande variabilité spatiale et temporelle.
4. l'exploitation du bois est une activité en principe régulée par l'Etat. Les règles sont en constante évolution, ce qui limite la portée de toute approche inductive.

Ce n'est que très récemment que des modèles explicatifs et hypothético-déductifs ont vu le jour. Ils tentent de décrire le comportement du système en formalisant les relations fonctionnelles entre des entités spatiales de l'aire d'approvisionnement (massifs forestiers, ville, maille administrative ou régulière) ou entre des individus localisés (producteurs, commerçants, transporteurs, décideurs).

Une revue de la littérature met en évidence que quatre grands types d'approches ont été employés pour modéliser les prélèvements en bois-énergie :

- le paradigme de von Thünen ;
- le paradigme gravitaire de l'interaction spatiale ;
- le paradigme du choix discret ;
- le paradigme multi-agent.

Chacune de ces approches est analysée ci-après. Mais auparavant, il nous semble utile de resituer chacune des ces approches dans le corpus théorique des théories et outils de la localisation.

10.1. Rappel des outils de mesure et de prédiction des aires de marché

L'aire de marché représente un sous-ensemble de l'espace géographique dans lequel est produit, vendu et consommé un bien particulier. L'analyse des aires de marché est intimement liée à celle de la localisation des acteurs économiques et de leurs besoins en ressources (Géneau de Lamarlière et Staszak, 2000).

L'étude de ces « objets géographiques » représente une part importante du champ de l'analyse spatiale. D'une manière générale, les différentes théories qui en sont issues vont tenter de répondre à la question fondamentale : **Qui se localise où ?** « Qui » se réfère aux trois principaux acteurs économiques : producteurs (de biens ou de services), vendeurs et consommateurs. « Où » se réfère à des entités géographiques très variables selon les biens : ville, périphérie urbaine, plaine agricole, collectivité territoriale, ressources naturelles (Fujita et Thisse, 1997)

Selon les courants de pensée et les biens étudiés, l'analyse portera essentiellement sur :

- la forme (taille, géométrie) des aires de marché ;
- les relations entre les lieux de production et les lieux de vente ;
- les relations entre les lieux de consommation et les lieux de vente ;
- les positions relatives des lieux de production, de vente, de consommation entre eux ;
- les processus d'agglomération ou de dispersion.

Historiquement, trois types d'approches dominent le champ de recherche de la discipline :

L'approche normative, historiquement la plus ancienne, vise à construire une aire économique idéale, rationnelle et « en ordre » dans laquelle les hypothèses principales de la théorie néoclassique des échanges sont vérifiées (notamment l'équilibre générale de Walras). Cette approche ne vise pas à comprendre la répartition des activités, mais à construire des modèles de localisation optimale des producteurs et des consommateurs (et par là même des aires de marché), qui pourront être utilisés pour vérifier si la réalité est oui ou non rationnelle (Géneau de Lamarlière et Staszak, 2000). Cette démarche constitue le fondement de l'école traditionnelle de l'économie spatiale encore appelée « théorie de la localisation ». Elle a donné naissance aux quatre grands modèles de la discipline théorisant la localisation des activités agricoles (von Thünen en 1826), industrielles (Weber en 1909), commerciales (Hotelling en 1929) et de service (Christaller et Lösch en 1933 puis 1944).

L'approche gravitaire, historiquement inductive et née de l'observation des flux migratoires**,** tend à interpréter les échanges entre zones géographiques comme le produit de forces d'attraction et de répulsion entre les lieux. L'hypothèse de base est que le volume d'interaction entre deux lieux dépend de la « masse » des lieux émetteur et récepteur et d'une fonction inverse de la distance les séparant. Selon cette approche, l'aire de marché s'apparente à une forme déterminée par l'éloignement et la position relative des entités émettrices et réceptrices en présence (Pumain et Saint-Julien, 2001). L'analogie gravitaire est à l'origine des travaux des géographes comme des économistes sur **l'interaction spatiale**. Ce dernier concept se définissant comme l'ensemble des relations fonctionnelles entre des entités spatiales ou des individus localisés qui se traduisent par des flux (de biens, de personnes, d'informations, de capitaux …), des échanges (d'informations, de services …) (Pini, 1995 ; Holm et Sanders, 2001), des dépendances, voire des causalités (Vermot-Desroches, 1994). Elle emprunte à la fois à des phénomènes économiques, sociologiques, psychologiques, voire physiques. Les modèles d'interaction spatiale des économistes Reilly (Reilly, 1931) et Huff (Huff, 1963), visant à décrire les aires de marché d'un ensemble de lieux centraux, se rattachent à cette approche.

L'approche comportementale introduit les préférences individuelles des acteurs et leurs choix en matière de localisation et de points de vente. L'aire de marché est alors considérée comme la résultante de choix individuels : choix d'un magasin, choix d'une source d'approvisionnement, etc. Cette démarche initiée dans les années 1960 trouve sa source dans les différentes avancées de la théorie de la décision (Timmermans et Golledge, 1990). L'acteur économique – producteur, vendeur, consommateur – est replacé au cœur de l'analyse. Il est confronté à un problème de choix dans lequel l'espace joue certes un rôle essentiel mais n'occupe plus la place prépondérante qui lui est donnée dans les modèles gravitaires. Les

alternatives de choix sont évaluées en fonction de leurs attributs spatiaux (situation géographique, séparation spatiale) et de leurs caractéristiques non spatiales (taille, image, prix pratiqués, assortiment, effets de fidélisation) selon différents modèles de décision multicritère (Volle, 1999). Dans ce type d'approche, les modèles statistiques de choix discret de type LOGIT ou PROBIT sont les outils les plus utilisés. Ils permettent d'évaluer des probabilités de choix dans l'espace en comparant les différents niveaux d'utilité associés aux diverses possibilités offertes.

Ces trois approches se complètent et se sont influencées au cours du temps. L'approche normative a permis de projeter dans l'espace l'*homo oeconomicus* et de mesurer les effets de son comportement idéalement rationnel. Elle a surtout mis en évidence le rôle de la distance dans les comportements de choix des acteurs et a ainsi influencé les deux autres démarches. L'approche comportementale en introduisant, formellement et conceptuellement, les principes de décision des acteurs a permis de faire évoluer les modèles gravitaires existants. Ainsi, les modèles gravitaires de Huff (1960), de Stouffer (1960) ou de Fotheringham (1983) introduisent implicitement un certain nombre de stratégies spatiales. Ils reflètent notamment les effets de la compétition au sein des ensembles de choix.

Enfin, plus récemment, dans la lignée des approches comportementales, **la théorie des jeux** a permis le développement d'outils de simulation des dynamiques spatiales reposant sur des **systèmes multi-agents** (SMA). Les SMA sont un moyen de simuler des modèles de concurrence où l'espace est considéré comme une ressource dans la logique de von Thünen. Selon cette approche, l'organisation spatiale d'un marché « émerge » des interactions entre les individus. L'organisation de l'espace est perçue à la fois comme le résultat de la simulation et comme un élément influant sur les décisions (Bousquet et Gautier, 1999). Ce type de modèle est encore rare pour l'analyse des aires de marché, cependant des développements récents sur l'organisation spatiale des activités agricoles donnent à penser qu'ils devraient prendre une place de plus en plus importante dans le domaine (Sasaki et Box, 2003 ; Turton, 2003 ; Lim *et al.*, 2002 ; Angelsen, 2006 ; Otter *et al.*, 2001).

La Figure 37 synthétise les principaux modèles issus de ces trois approches et leurs liens historiques.

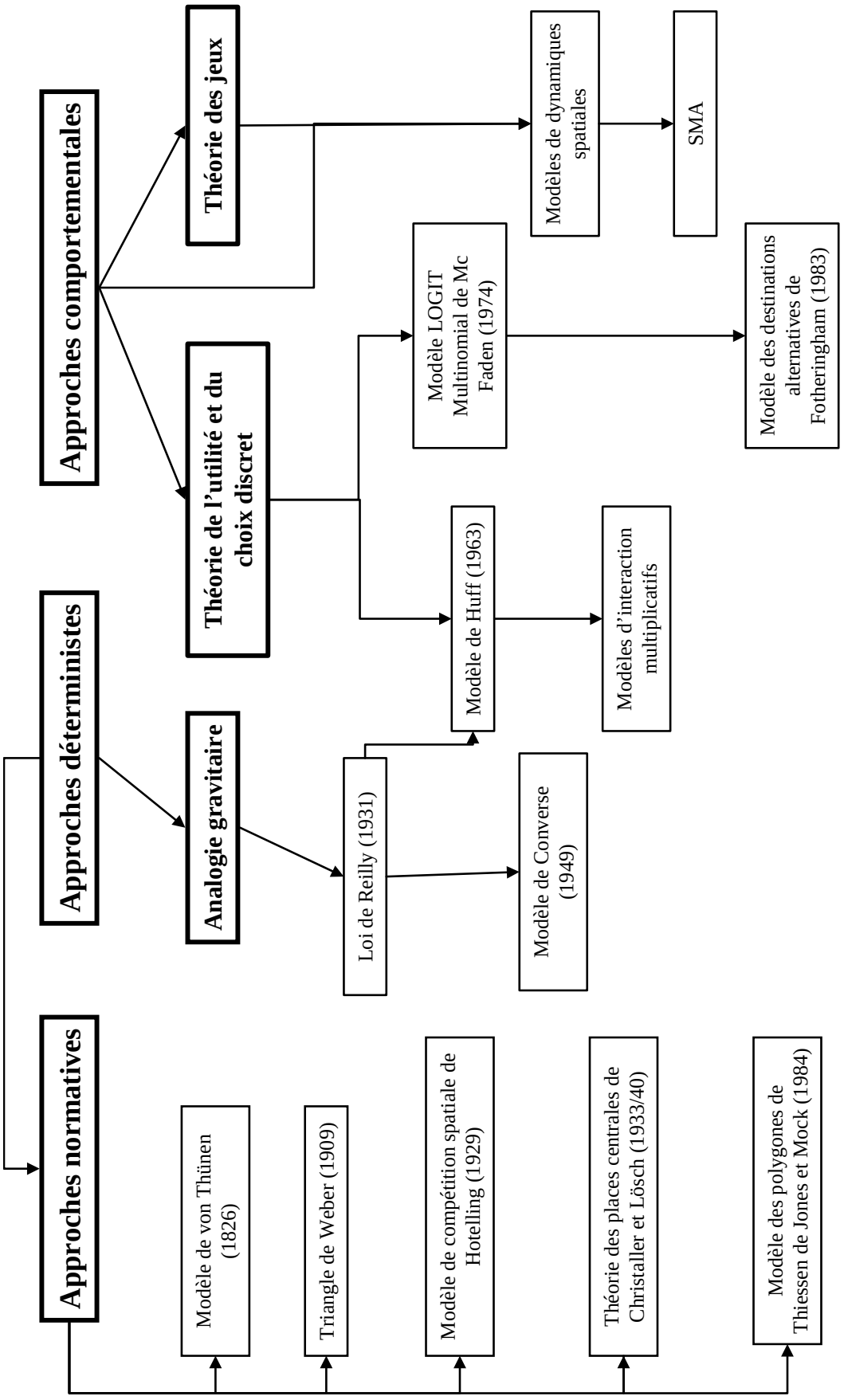


Figure 37. *Approches et modèles d'analyse des aires de marché - d'après (Chasco et Vicens, 1998) amendé par l'auteur.*

10.2. Le modèle de von Thünen

Des quatre grands modèles de localisation des activités humaines, celui de von Thünen est le seul prédisant la localisation des activités de production de bois à destination d'un marché urbain. Il demeure la référence pour formaliser les relations entre un centre urbain et sa périphérie rurale (Huriot, 1994).

10.2.1 Le problème

Johann-Heinrich von Thünen publie en 1826 un ouvrage*, Die isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtshaft und Nationalökonomie (l'Etat isolé)*, dans lequel il développe un des premiers modèles décrivant la localisation des productions agricoles autour d'un centre urbain. Il tente de répondre à la question principale : *quelles sont, en un endroit donné, les productions permettant de tirer le plus grand profit de la terre ?*

Pour cela, von Thünen développe une théorie à partir d'un raisonnement déductif. Il part d'hypothèse abstraites, du modèle conceptuel d'un « Etat isolé » et en tire des propositions générales.

10.2.2 Les hypothèses

Le modèle est basé sur des hypothèses très simplificatrices :

- le marché est localisé dans une ville unique entourée par une plaine homogène, sans rivière ni réseau de transport, bornée par un désert aride l'isolant entièrement du reste du monde. « *Cette ville doit fournir aux campagnes tous les produits manufacturés dont elles ont besoin. En revanche, elle est obligée de tirer de ces mêmes campagnes tous ses produits alimentaires, et toutes les matières de première nécessité […] Cette ville étant la seule et unique au milieu de la plaine supposée, s'appellera désormais simplement : La ville de l'Etat isolé* » - von Thünen, 1826 cité dans (Baumont et Huriot, 1996).
- les agriculteurs agissent rationnellement en maximisant leurs profits ;
- les coûts de production sont les mêmes partout, stables dans le temps et indépendants de la quantité produite ;
- les rendements sont les mêmes partout ;
- les seuls critères de choix de l'agriculteur sont donc le type de culture et la distance à la ville.

10.2.3 La solution

Dans ces conditions, à chaque système de culture est associé un bénéfice ne dépendant que de la localisation appelé « rente de localisation ». A chaque endroit donné, l'agriculteur favorisera la production lui apportant le plus grand profit. Les cultures s'organisent donc autour de la ville en anneaux concentriques selon un gradient de rente décroissant. On trouvera ainsi, proches du marché, les produits très rentables ou difficiles à transporter (maraîchage ou bois), et plus on s'éloigne, plus on produira des denrées dont la valeur pondérale est forte ou des produits faciles à transporter (céréales, laine).

La Figure 38 illustre en détail le principe de résolution du problème.

10.2.4 Discussion et limites

Pour H.J. von Thünen, le bois n'est pas considéré comme une ressource naturelle. Il est une culture comme une autre (il parle d'ailleurs de sylviculture). L'exploitation du bois est considérée comme une alternative à l'agriculture et le bois entre en compétition avec d'autres productions agricoles. Pour chacun de ces produits, la rente dépend du coût du transport, du prix d'achat sur le marché urbain, de la qualité des terres et éventuellement des conditions climatiques, les coûts de production étant en général très faibles. Le bois étant un produit de première nécessité, il occupe le deuxième cercle de culture, juste après celui des produits maraîchers. Cependant, von Thünen précise lui-même qu'une culture ne donnant ses fruits qu'une centaine d'années après avoir été plantée pose problème, car elle est difficilement transportable d'une contrée à l'autre. « *Il ne faut donc pas s'étonner si, dans la réalité, nous rencontrons des localités complètement dépourvue de bois, qui cependant par leur sol et leur position semblent parfaitement convenir à cette culture* » - traduction de Huriot (1994).

Pour le bois, le paradigme de von Thünen est donc difficilement confrontable à la réalité. **A notre connaissance, le modèle tel que défini par son auteur n'a jamais été appliqué pour prédire ou analyser la localisation des sites de production de bois-énergie.** L'analyse de la filière permet d'énoncer quatre raisons majeures qui relativisent la portée de cette approche :

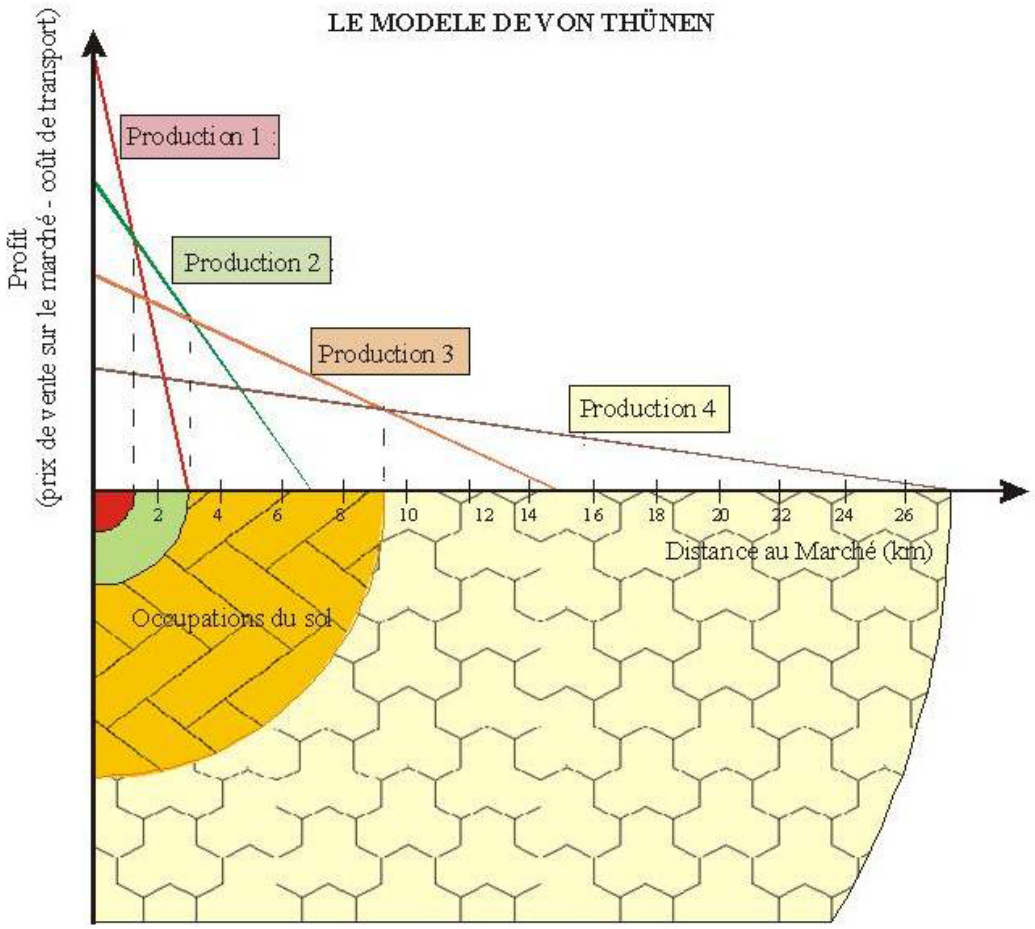
1. la concurrence spatiale entre forêt et agriculture n'est pas avérée. Pour von Thünen le bois est issu de plantations pouvant occuper des terres agricoles et non pas des forêts naturelles comme c'est le cas dans toute l'Afrique de l'Ouest. Le caractère marginal des brousses africaines remet en question le principe même de concurrence avec l'agriculture. De plus, une forte proportion du bois provient des jachères ; on a alors complémentarité entre agriculture et production de bois.

2. le contrôle social exercé sur la ressource ligneuse en théorie en accès libre tend à se différencier spatialement. Comme nous l'avons déjà souligné, de nombreux auteurs mettent en évidence que dans la couronne périurbaine des grandes villes, la ressource peut encore être abondante mais qu'elle se situe désormais dans des champs cultivés et n'est donc plus accessible à tous (Cline-Cole et al, 1987)(Dolo in (Hautdidier, 2001 ; Sidikou, 1997). D'autres auteurs soulignent avec nous le rôle de la ressource dans l'appropriation foncière et les revendications territoriales (Gautier *et al.*, (in press)). La mise en valeur de la ressource n'est donc pas seulement un problème de rente de localisation mais également de droits d'accès liés à des logiques autres que marchandes.
3. les bûcherons et charbonniers sont encore pour la plupart des paysans et l'activité « bois-énergie » est complémentaire de l'agriculture. Le bois n'est donc pas perçu comme une alternative mais comme un complément de revenu agricole.
4. le développement économique de la filière entraîne une multiplication des intermédiaires économiques entre le producteur rural et le consommateur urbain : transporteurs, grossistes, vendeurs en bord de route, loueurs de charrettes, etc. Ainsi, la production de bois ne se raisonne plus seulement au niveau des producteurs mais de l'ensemble des acteurs de la filière.

Des variables prises en compte dans le modèle thünénien, seule la distance à la ville demeure une variable explicative majeure de la localisation des activités de production de bois-énergie. Malgré cela, des adaptations du modèle de von Thünen ont été appliquées notamment autour de N'Djamena au Tchad (Chomitz et Griffiths, 1997), et d'Harare au Zimbabwe (Chambwera, 2004). Dans ces deux modèles, la ressource ligneuse exploitée est supposée être en compétition avec la demande en terre agricole. Mais contrairement au paradigme d'origine, cette demande est exogène au modèle : on suppose qu'il existe une demande en terre agricole indépendante de l'exploitation et estimée par ailleurs. La compétition pour l'usage des terres, basée sur la rente, est donc supposée ne pas avoir lieu. L'agriculture domine et impose une réduction des stocks de bois.

Selon cette vision orthodoxe, les modèles aboutissent mécaniquement à une figure du bassin en cercles concentriques. Autour de la ville, les champs cultivés, puis les jachères, et enfin la couronne d'exploitation du bois qui se confine aux zones offrant les coûts de transport minimum pour une production maximale (ou permettant tout du moins de satisfaire la demande urbaine).

- *"Harvesting will start from the innermost instance (areas closest to urban centers) going out to farther sources, in each case clearing wood in the harvested area before going to the next instance"* (Chambwera, 2004)
- *"Woodland resources are mined (cut down without regard to future regeneration), starting with the areas closest to the city"* (Chomitz et Griffiths, 1997)



Le profit de l'agriculteur dépend du prix de vente de sa production sur le marché, de son coût de transport jusqu'au marché et de son coût de production.

Profit = Prix de vente sur le marché - coût de transport jusqu'au marché - coût de production

Ce profit dépend donc de la localisation de la production. A chaque culture et à chaque lieu est donc associé ce que l'on appellera "une rente de localisation".

Dans le modèle de Von Thünen, le coût de production est identique partout. La rente ne dépend donc que de la distance au marché et chaque culture se caractérise par une courbe de profit décroissante avec la distance: plus on s'éloigne du marché, plus le coût de transport augmente et plus le profit de l'agriculteur diminue. Les coûts de transports sont considérés comme linéaires et les profits sont donc des fonctions linéaires de la distance (cf haut du graphique ci dessus)
En fonction du lieu où il se trouve-c'est à dire de la distance au marché-l'agriculteur choisira toujours la culture qui lui procure le maximum de profit. Le tracé, sur un même graphique, des rentes propres à chacune des cultures permet de mettre en évidence les cultures promettant le plus grand profit en fonction de la distance au marché : Entre 3 km et 9 km, la production 3 est la plus rentable tandis qu'entre 1 km et 3 km, les agriculteurs retiendront la production 2.
Les agriculteurs ayant des comportements économiquement rationnels, ils organisent l'occupation des sols sous forme d'anneaux concentriques autour du marché, chacun se spécialisant dans la production offrant le plus grand profit (cf bas du graphique ci dessus).

Figure 38. *Organisation spatiale de la production agricole selon le modèle de von Thünen (schéma de l'auteur)*

10.3. Le modèle gravitaire

Comme nous l'avons rappelé, dans les modèles gravitaires, les flux entre deux lieux dépendent de la masse des lieux émetteur et récepteur ainsi que d'une fonction puissance négative ou d'une fonction exponentielle négative de la distance qui les sépare. Cette théorie est partiellement issue d'une analogie avec le modèle physique de la gravitation de Newton.

10.3.1 Le modèle canonique sans contrainte

Historiquement, les premières utilisations du modèle gravitaire datent de la fin du XIX° siècle. Ravenstein en 1885, en étudiant les migrations entre les campagnes et les villes industrielles anglaises élaborent les premières lois d'interactions spatiales gravitaires (les lois de la migration) : il estime que le nombre de migrants entre une campagne (i) et une ville (j) est une fonction directe de la population de la ville (sa masse) et une fonction inverse de la distance entre i et j.

En 1929, l'économiste W. Reilly, dans la lignée des travaux de Ravenstein et en se basant sur des observations empiriques, élabore les premières bases « gravitationnelles » de la délimitation des aires de marché. Selon lui, l'attraction d'un point de vente est une fonction croissante de sa taille et une fonction décroissante de sa distance aux clients potentiels. Autrement dit, plus un magasin (ou une ville) est grand et plus il est proche des clients, plus il attire.

$$A_{ij}=\frac{P_i}{D_{ij}^2}$$

avec : A_{ij} attraction du centre i sur le client j, P_i taille du centre i et D_{ij} distance entre le centre i et le client j.

De 1930 à 1960, de nombreux auteurs proposeront des formulations quelques peu différentes des ces modèles historiques. Néanmoins elles prennent pratiquement toutes la forme canonique suivante :

$$F_{ij}=k\, f(P_i,P_j)\, g(d_{ij})$$

F_{ij} = Flux entre une origine i et une destination j

k est un paramètre d'ajustement

P_i = capacité d'émission de l'entité i

P_j = capacité d'attraction de l'entité j

d_{ij} = distance entre i et j

$f(P_i, P_j)$ est la plupart du temps donnée comme la somme ou le produit de P_i et P_j.

$g(d_{ij})$ est une fonction puissance négative ou une fonction exponentielle négative de d_{ij}.

Les multiples variantes se distinguent par le mode de calcul des deux composantes du modèle : l'attraction de la destination, représentée ici par la population ; et la résistance au déplacement modélisée par une fonction puissance négative de la distance. Ainsi pour la résistance, la distance peut être remplacée par le coût du transport ou la durée du déplacement. La fonction puissance peut également faire place à une exponentielle. Mais c'est sans doute sur l'attraction que les évolutions sont les plus importantes. La population fait place au nombre d'emplois, au chiffre d'affaires cumulé des magasins, au revenu des ménages, à la densité des commerces, faisant ainsi de chaque modèle un cas particulier.

Ainsi formulé, le modèle est dit sans contrainte car il ne suppose aucune connaissance empirique des flux entrants au niveau des destinations j ou sortant au niveau des origines i. A partir des années 1960-1970, pour pallier cette faiblesse, les formulations proposées par les auteurs correspondront pratiquement toutes à des modèles contraints :

- **globalement**, lorsque l'on ne connaît seulement que le total des interactions ;
- **sur les origines**, lorsque l'on connaît le total des échanges et les flux sortants de chaque origine i. Appelés aussi modèles de production-contrainte, ils peuvent être utilisés pour connaître la destination d'usagers potentiels d'un ensemble de services. En géomarketing, ils sont utilisés par exemple pour définir l'aire de chalandise potentielle d'un magasin en fonction du nombre et de la location des clients potentiels ;
- **sur les destinations**, lorsque l'on connaît le total des échanges et les flux entrants de chaque destination j. Un tel modèle peut par exemple être utilisé pour connaître l'origine potentielle des employés d'un ensemble d'usines (dont on connaît la localisation et le nombre d'emplois) ;
- **doublement**, lorsque l'on connaît à la fois les flux sortants et les flux entrants. De tels modèles sont alors utilisés pour mesurer le rôle de la distance dans les interactions.

La formulation d'un modèle gravitaire contraint aux destinations prend la forme suivante :

$$F_{ij} = \frac{D_j . V_i^{\alpha} \cdot d_{ij}^{\beta}}{\sum_i V_i^{\alpha} \cdot d_{ij}^{\beta}}$$

F_{ij} = Flux entre une origine i et une destination j

D_j = capacité d'attraction de l'entité de destination j. Dj est connu tq Dj = $\sum_i F_{ij}$

V_i = capacité d'émission de l'entité j

d_{ij} = distance entre i et j

α, β : constantes

Implicitement, ce type de modèle suppose que le choix de localisation dépend d'un certain nombre d'attributs non spatiaux (la « masse » des lieux) et d'un seul attribut spatial qui est la distance, et qui représente l'effort de franchissement de l'espace. Au cours du temps et avec la compréhension des phénomènes de choix dans l'espace, cette hypothèse a été affinée pour prendre en compte d'autres attributs spatiaux. De nouveaux modèles qui prolongent le modèle gravitaire historique de Reilly (1929), ont ainsi été développés pour prendre en compte l'effet des occasions interposées (Stouffer, 1960), des destinations en compétition (Fotheringham, 1983) et des discontinuités spatiales (Cattan et Grasland, 1994).

10.3.2 Les modèles d'occasions interposées et de destinations en compétition

Les modèles d'interaction spatiale de type gravitaire ne prennent pas en compte l'organisation spatiale des lieux en présence. Pourtant intuitivement, il semble évident que cela joue un rôle important. Pour pallier ce biais, Fotheringham (1983) et Stouffer (1960) introduisent respectivement dans le modèle un facteur de destinations en compétition et un facteur d'opportunités interposées.

Le facteur de destinations en compétition (facteur DC) mesure l'accessibilité d'une destination par rapport aux autres destinations possibles. Si l'interaction diminue avec ce facteur, c'est que la compétition spatiale est un frein au choix d'une destination. Autrement dit, plus les destinations sont agglomérées, plus leur interaction individuelle avec le centre est faible, et plus le total de leurs interactions avec ce même centre diminue. Dans le cas contraire, l'agglomération est un élément positif dans le choix des destinations.

Le facteur d'opportunités interposées (facteur OI) rend compte de l'effet atténuateur de la distance comme un effet d'absorption des opportunités situées entre le lieu d'origine et les lieux

de destinations. Selon Stouffer, plus la destination est éloignée, plus le nombre d'opportunités interposées est grand et plus les interactions avec le centre diminuent. Nous verrons néanmoins ci-après, que dans le cas de déplacements pendulaires (Aller/Retour), la présence d'opportunités interposées peut être un atout. Elle permet notamment, en cas d'insatisfaction de la recherche durant le trajet aller, d'augmenter les chances de satisfaction au retour.

Ces facteurs peuvent être calculés sur l'ensemble des destinations possibles ou sur des sous-ensembles de choix comme l'illustre la Figure 39.

La forme du modèle gravitaire sans contrainte devient alors :

$$F_{ij} = k.f(P_i, P_j).g(D_{ij}).h(DC_{ij}).l(OI_{ij})$$

Les facteurs DC et IO peuvent être définis par des formules similaires à celle proposée par Fotheringham :

$$h(DC_{ij}) = \left(\sum_{k=1}^{w} m_k d_{jk}^{\beta i}\right)^{\lambda}$$

m_j est l'attractivité (la masse) de la destination j ;

d_{ij} est la distance (ou le coût de déplacement) entre i et j.

h(DCij) représente l'accessibilité de la destination j perçue par les résidents de l'origine i. **λ** est un coefficient positif ou négatif permettant de moduler l'impact positif ou négatif de l'agglomération des destinations. Si **λ** est négatif, plus l'accessibilité d'une destination augmente, plus l'interaction avec cette destination diminue.

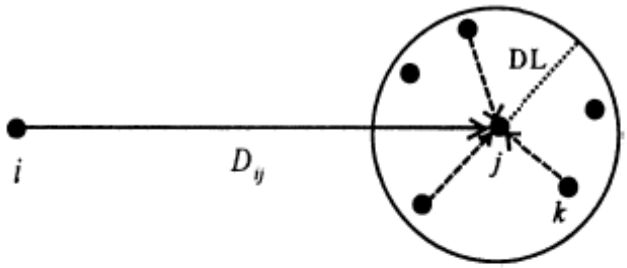


Fig. 1. Competing destination circle for the flow F_{ij}

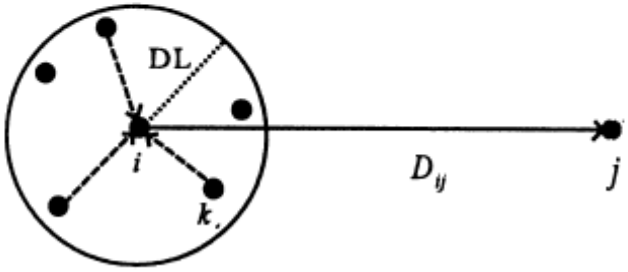


Fig. 2. Intervening opportunities circle for the flow F_{ij}

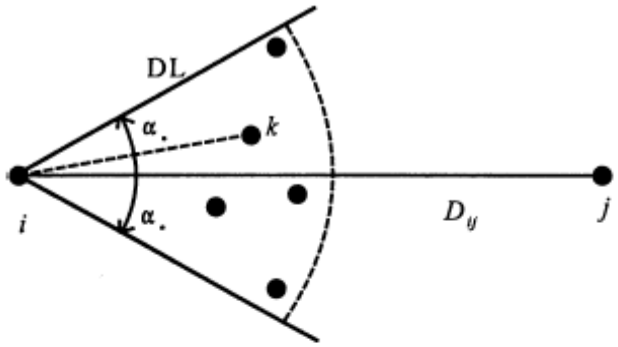


Fig. 3. Intervening opportunities sector for the flow F_{ij}

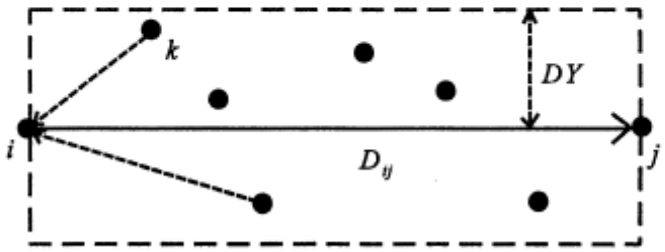


Fig. 4. Intervening opportunities corridor for the flow F_{ij}

Figure 39. *Sous-ensembles possibles de choix pour le calcul du facteur de destinations en compétition ou du facteur d'opportunités interposées - Source (Guldmann, 1999))*

10.4. Les modèles statistiques de choix discret

Les modèles de choix discret supposent un comportement rationnel de l'individu. Pour les économistes, agir « rationnellement », c'est choisir l'alternative la plus efficace c'est-à-dire celle qui satisfera le plus l'individu pour un coût donné ou celle qui, pour un résultat donné, coûtera le moins : le consommateur achète des biens de manière à maximiser l'utilité de l'ensemble, c'est-à-dire à maximiser sa satisfaction; le producteur produit automatiquement de façon à maximiser son profit (Allison et Zelikowv, 2002).

Selon la théorie classique de l'utilité, l'acteur dispose d'une fonction d'utilité, encore appelée fonction de préférence qui lui permet de mesurer et d'ordonner ses choix conformément aux valeurs qui sont les siennes et aux objectifs qu'il s'est fixé. La décision qu'il prend est optimale, unique, et exclut les autres alternatives.

Selon le modèle de choix discret de Luce (Luce, 1959), la probabilité de choisir une alternative est égale au ratio entre l'utilité de l'alternative et la somme des utilités de toutes les autres alternatives. Dans le domaine de l'interaction spatiale, cette hypothèse a été reprise par Huff pour déterminer la probabilité de choix d'un magasin par un consommateur.

Pour Huff, l'utilité d'un magasin peut s'évaluer selon le modèle de Reilly : l'attraction est donnée par la taille du magasin et la résistance par une fonction puissance négative de la distance. Le modèle de Huff prend alors la forme :

$$P_{ij} = \frac{U_{ij}}{\sum_{k=1}^{j} U_{ik}} = \frac{\frac{S_j}{d_{ij}^{\beta}}}{\sum_{j} \frac{S_j}{d_{ij}^{\beta}}}$$

avec :

P_{ij} = probabilité qu'un consommateur localisé en i se rende dans le centre commercial localisé en j ; S_j = taille du centre j et D_{ij} = distance entre i et j.

Il est intéressant de noter que dans sa forme, le modèle de Huff correspond à un modèle gravitaire avec contrainte.

Actuellement, la majorité des modèles de choix discret reposent sur le concept d'utilité aléatoire développé par Thurstone (Thurstone, 1927). Selon ce dernier, appuyé par de nombreux travaux de psychologie, les individus ne sont pas en mesure de déterminer précisément l'utilité d'une alternative. Il existe toujours une composante aléatoire dans leur choix. Ainsi, pour l'individu i, l'utilité du choix j est :

$$U_{ij} = \beta Z_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Dans cette expression, Z_{ij} est un vecteur de caractéristiques individuelles, β est un vecteur de paramètres inconnus et ε_{ij} est un terme d'erreur aléatoire.

Si l'individu i fait le choix j, on considérera que U_{ij} est l'utilité la plus grande parmi les J utilités considérées par l'individu i. De fait, la probabilité que l'individu i participe au secteur j correspond à la probabilité que l'utilité du secteur j soit supérieure à celle associée à tous les autres secteurs.

Les modèles les plus utilisés pour le choix de destinations sont certainement les modèles PROBIT et LOGIT. Ils diffèrent par les hypothèses faites sur la distribution de la composante aléatoire. Les travaux du prix Nobel d'économie 2000 : D.L. Mc Faden ont permis d'affiner les modèles de choix discrets, d'en proposer de nouvelles formes (les modèles LOGIT multinomiaux) et de les appliquer à des problématiques de choix dans l'espace (Mc Fadden, 1977).

Dans un modèle LOGIT multinomial, la probabilité qu'un individu i choisisse une destination j est exprimée par :

$$\Pr ob(Y_i = j) = \frac{e^{\beta_j Z_i}}{\sum_k e^{\beta_k Z_i}}$$

Ces modèles de choix discret sont, sans conteste, les modèles de choix les plus utilisés en analyse spatiale (Timmermans et Golledge, 1990). Ils ont été appliqués dans un grand nombre de contextes, depuis le choix de localisation résidentielle jusqu'à celui des bassins d'emploi.

Pour la thématique qui nous intéresse, ce type de modèle a notamment été utilisé au Zimbabwe à l'échelle de deux communes rurales (200 ménages) pour modéliser les choix des sites de collecte de bois de feu par des villageois (MacDonald *et al.*, 2001). L'utilité des sites était mesurée en fonction du coût du trajet (estimé en calories), des obstacles rencontrés, de la présence sur le site d'espèces privilégiées et de la présence d'aires de repos ou d'opportunités de rencontres sur le trajet. Les auteurs concluent à l'intérêt d'une telle approche mais notent cependant que de grandes différences existent d'une commune à l'autre et qu'il serait nécessaire d'adapter un modèle à chaque village car les stratégies de déplacement diffèrent notablement. Une amélioration notable serait l'utilisation de modèles LOGIT multinomiaux emboîtés (*nested logit*) afin de prendre en compte les déplacements multimodaux. En effet, le modèle LOGIT simple s'applique difficilement aux déplacements multimodaux, ce qui est le cas dans la collecte du bois : les villageois se rendent sur la zone à pied, créent des aires de stockage, puis utilisent une charrette pour transporter les produits.

A notre connaissance, de tels modèles n'ont jamais été utilisés à l'échelle d'un bassin d'approvisionnement d'une grande ville pour prévoir les déplacements de commerçants collecteurs de bois. Outre l'aspect multimodal des déplacements des acteurs, une des limites d'une telle application est que les modèles de choix discret infèrent le déplacement comme si le déplacement était une demande en soi. Mais ils ne modélisent pas directement la demande pour laquelle le déplacement est réalisé (Thill et Timmermans, 1992). Dans notre cas, il ne rend donc pas nécessairement compte des quantités de bois prélevées en un lieu donné.

10.5. Les Systèmes Multi-Agents (SMA)

D'après J. Ferbert (Ferbert, 1995), *« On appelle agent une entité physique ou virtuelle qui a) est capable d'agir dans un environnement, b) peut communiquer directement avec d'autres agents, c) est mue par un ensemble de tendances (sous la forme d'objectifs individuels ou d'une fonction de satisfaction), d) est capable de percevoir (mais de manière limitée) son environnement, et e) ne dispose que d'une représentation partielle de son environnement»*.

Les Systèmes Multi-Agents sont des outils informatiques visant à modéliser la dynamique de systèmes complexes constitués d'agents. En géographie, en écologie comme en économie, l'approche « multi-agents » est essentiellement exploratoire et vise à simuler le comportement individuel des acteurs et particulièrement les relations qu'ils entretiennent entre eux et avec leur environnement (espace, ressources, etc.).

Si ces outils ont été largement utilisés pour modéliser les dynamiques de transformation des paysages ou de déforestation (Lardon *et al.*, 1998 ; Bousquet et Gautier, 1999 ; Zunga *et al.*, 1998), ils l'ont très peu été pour modéliser la collecte du bois de feu. Les seules applications que nous connaissons sont celles mises en œuvre par de M. Antona et A. Bah (Antona, 2001) qui ont simulé l'activité de prélèvement et de commerce de bois énergie autour de la ville de Niamey au Niger (Modèle MOBE) . Le modèle MOBE vise essentiellement à explorer et simuler la mise en œuvre des instruments des politiques forestières et environnementales. L'accent est mis sur les stratégies de gestion de la forêt par les bûcherons. Les simulations réalisées permettent d'explorer les effets des instruments de régulation sur la ressource et de tester la cohérence d'hypothèses sur le comportement des individus. L'objectif principal recherché par les auteurs est de confronter les résultats obtenus avec une réalité observée à un niveau villageois mais pas à des niveaux supérieurs.

Cette approche se heurte encore à des problèmes de mise en œuvre à des échelles régionales. Ces problèmes sont d'ordre pratique, conceptuel, et technique. Sur le plan pratique, les modèles SMA, *individus-centrés*, nécessitent l'implémentation d'un grand nombre d'acteurs et la collecte d'un grand nombre de données de calage au niveau des individus. Cette lourdeur

freine le déploiement de ces modèles dans les pays ne possédant pas de bases de données fiables sur les individus (recensement, revenus, âges, composition des ménages) comme c'est le cas dans la plupart des pays en voie de développement. Dans le domaine de l'usage des ressources en zone tropicale, ils sont encore majoritairement utilisés pour des études de cas « fictifs », sur de petites surfaces avec un nombre restreint d'individus, avec pour objectifs d'éprouver la cohérence d'hypothèses sur le comportement des acteurs et de tester divers instruments de régulation de la pression sur la ressource[36] (ce qui est le cas du modèle MOBE).

Sur un plan conceptuel, de nombreux chercheurs s'accordent sur le fait que la simple simulation des décisions individuelles fait difficilement émerger des structures spatiales cohérentes à des niveaux supérieurs sans un arrimage de ces décisions à des dynamiques régionales (Sanders, 1999 ; Winder, 2000 ; Parker *et al.*, 2004). La solution technique souvent retenue par le modélisateur est alors d'introduire dans le système, des agents « fictifs» de niveau supérieur, chargés de contraindre les actions des individus de manière à faire émerger la cohérence globale : le marché, une autorité régulatrice. Mais, de tels artifices posent la question non résolue à l'heure actuelle de l'articulation entre des interactions observés à des niveaux d'agrégation différents (Sanders, 1999 ; Rindfuss *et al.*, 2004), et surtout de l'intérêt des modèles de microsimulation dans de tels cas.

Enfin, sur le plan technique, les outils utilisés (automates cellulaires ou Systèmes Multi-Agents) n'intègrent généralement l'espace que sous une forme *Raster*. Les réseaux de transports sont donc difficilement représentés, ce qui limite les applications dans le domaine de l'analyse des flux (Parker *et al.*, 2004). De plus, une récente étude recensant les plateformes de simulation existantes montre que peu d'entre elles offrent les opérateurs spatiaux nécessaires à l'analyse sur un réseau : recherche du plus proche voisin, chemin le moins coûteux, etc. (Railsback *et al.*, 2006).

10.6. Le choix d'une démarche et d'un modèle

Après avoir analysé l'organisation spatiale et sociale du bassin d'approvisionnement de Bamako et après avoir exploré les modèles existants, il nous faut maintenant choisir un modèle qui formalisera au mieux ces organisations.

Les flux de bois des campagnes vers la ville naissent de cinq processus concomitants :

1. une demande urbaine de plus en plus forte. La croissance démographique de Bamako, conjuguée à l'absence d'énergies de substitution compétitives se traduisent par des besoins journaliers de plus en plus importants ;

[36] Pour une revue (partielle) des modèles existants en la matière, on pourra se référer à Parker, D.C., et al , 2001, Agent-Based Models of Land-use and Land-Cover Change, LUCC report Series N°6.

2. un processus de production aux mains de producteurs ruraux. Les exploitants sont majoritairement des paysans. L'exploitation du bois de feu entre dans leurs stratégies de diversification des revenus de la famille. C'est le moyen pour les paysans d'obtenir de l'argent pour le fonctionnement de leur exploitation agricole et pour leurs besoins familiaux sans attendre la vente de la récolte. En général, les prélèvements de bois de feu sont libres sur toutes les terres non cultivées. Il n'y a pas d'espace spécifiquement affecté à la production de bois, il y a seulement des terres peu ou pas occupées par l'agriculture. Le bois provient essentiellement des brousses, des jachères voire parfois des parcs agroforestiers ;
3. un processus de mise sur le marché. Les producteurs n'ont pas accès aux moyens de transport motorisés et aux espaces de vente en ville. Sous-informés sur les prix et sur l'état du marché urbain, ils sont totalement dépendants, pour vendre leur produit, des collecteurs et transporteurs de Bamako. Le bois coupé et/ou carbonisé, est mis sur le marché soit directement au droit des aires de production, soit sur des marchés localisés généralement au bord d'une route praticable, soit chez des courtiers regroupant la production de plusieurs bûcherons (mais ce fait est rare) ;
4. un processus d'achat par des commerçants urbains. Les commerçants urbains se déplacent sur les points de vente ruraux, achètent et chargent le bois puis le transportent jusqu'en ville ;
5. enfin, un processus de contrôle et de régulation par les autorités forestières.

La demande urbaine rencontre l'offre rurale au niveau de points d'échanges intermédiaires, situés en milieu rural et pouvant prendre des formes différentes selon les circuits commerciaux. Trois grands processus de recherche et de choix dans l'espace régissent donc les échanges.

1. le grossiste cherche des lieux d'achat pour répondre à la demande de sa clientèle en fonction de ses capacités d'action et de ses stratégies ;
2. le producteur cherche à produire et à mettre ses produits sur le marché sur des lieux visibles des commerçants, en fonction de ses besoins d'argent, de ses capacités de déplacement et d'action ;
3. enfin, l'administration cherche à contrôler les flux à Bamako, sur les sites de production et sur les routes.

Cet accent mis sur les processus de recherche et de choix, c.a.d. *sur la demande*, plutôt que sur les caractéristiques *de l'offre*, rejoint les démarches récentes d'un grand nombre de géographes en termes de modélisation des interactions spatiales. Dans cette approche comportementale, l'interaction spatiale est interprétée comme le résultat émergent et agrégé de

processus individuels de recherche, de choix et de prise de décision dans l'espace. L'attractivité d'un lieu est considérée comme le reflet des préférences des acteurs demandeurs.

Aujourd'hui, le choix d'un modèle d'interaction spatiale est avant tout le choix d'un niveau d'agrégation pertinent de l'information et des comportements : niveau macro (le marché dans son ensemble), niveau meso (communes, villages) ou niveau micro des individus (Sanders, 1999 ; Rindfuss *et al.*, 2004).

Le rapprochement des deux approches individu-centrées et meso-géographique apparaît aujourd'hui comme une nécessité (Holm et Sanders, 2001). Dans un sens, pour intégrer des règles de fonctionnement à des niveaux supérieurs dans les modèles de microsimulation et dans l'autre sens, pour prendre en compte la diversité des décisions individuelles dans les modèles d'interaction spatiale.

L'approche individu-centrée, comme nous venons de le préciser, se heurte encore à des problèmes de mise en œuvre à des échelles régionales : problèmes de collecte d'une grande masse d'informations individuelles, problèmes de validation.

En revanche, l'implémentation des modèles d'interaction spatiale de type gravitaire est relativement aisée et très largement généralisée à ces échelles. Ils présentent néanmoins un certain nombre d'inconvénients. Les dynamiques sociales y sont agrégées et souvent réduites au comportement économiquement « rationnel » d'un agent fictif dominant : le producteur, le consommateur, l'usager, etc. La qualité du résultat dépend donc essentiellement du choix des agrégats en relation et de l'homogénéité supposée des comportements : on fait l'hypothèse que la diversité interindividuelle ne joue pas sur les phénomènes émergents ou plutôt que les comportements individuels ne s'écartent pas de manière systématique d'un comprotement moyen. L'essor récent des approches comportementales dans la modélisation des interactions spatiales ne permet pas encore de tenir compte de la diversité des préférences. Les travaux se sont focalisés sur la conceptualisation des processus de choix de localisation mais essentiellement dans le cadre d'une décision individuelle indépendante du comportement des autres acteurs (Timmermans et Golledge, 1990). Les phénomènes de collaboration ou de compétition entre acteurs n'ont que très rarement été étudiés. Cela tient certainement aux types de comportements majoritairement modélisés : celui d'achat du consommateur, celui d'un choix résidentiel en situation d'offres non limitées, ou celui du choix d'un mode de transport urbain (Van de Vyvere, 1995).

Dans le contexte d'une modélisation à une échelle régionale et d'absence de données individuelles, cette deuxième voie paraît néanmoins la plus réaliste et la plus opérationnelle à court terme. Tout en restant à un niveau agrégé, elle permet de moduler l'attractivité des lieux en fonction des différents groupes d'acteurs et de leurs stratégies. Cependant, pour effectivement prendre en compte les logiques de collaboration ou de concurrence au sein de la

filière, il nous faut sortir de la logique de groupes d'acteurs indépendants et aborder la question des interactions au sein d'une même entité spatiale.

En conséquence, le modèle de prédiction des flux de bois-énergie que nous nous proposons de construire sera un modèle d'interaction spatiale de type gravitaire, à un niveau meso-géographique, élaboré néanmoins selon une approche comportementale micro-géographique.

La démarche retenue est hypothético-déductive. Elle repose sur six grandes étapes :

1. le choix des acteurs clés de la filière ;
2. l'analyse des préférences spatiales des acteurs ;
3. le choix des entités en interaction ;
4. le choix des attributs spatiaux et non spatiaux des entités spatiales ;
5. le choix d'une métrique de la distance ;
6. la formalisation et la validation du modèle.

L'analyse des préférences spatiales a pour objectif de comprendre quels sont les déterminants du choix et des comportements spatiaux des acteurs, afin de traduire ces préférences en facteurs de choix évaluables : quelles sont les propriétés de l'environnement et en particulier celles des lieux et de leur agencement, qui conditionnent les stratégies spatiales des acteurs ?

A partir de cette analyse, la seconde étape consistera à définir les entités spatiales à modéliser en fonction de leur pertinence par rapport aux stratégies des acteurs et aux données dont nous disposons.

Dans une troisième étape, nous choisirons les attributs spatiaux et non spatiaux de ces lieux, les plus pertinents au regard des préférences des acteurs.

Enfin, la distance étant un facteur privilégié dans toute modélisation de type gravitaire, une réflexion sera menée sur la meilleure métrique à retenir pour mesurer l'éloignement des sites de production et de la ville.

Finalement, nous proposerons une formalisation finale du modèle d'interaction spatiale qui sera confrontée à la réalité des flux observés.

Modéliser c'est avant tout styliser, ne retenir que ce qui a du sens, et dans le cas présent, ce qui explique les flux. Comme nous l'avons vu dans la partie II, l'approvisionnement de Bamako est le fruit de l'activité d'un très grand nombre d'acteurs aux comportements divers qui agissent dans un grand nombre de lieux. Le processus de modélisation que nous suivrons dans les chapitres suivants nécessite de revisiter les formes sociales et spatiales décrites dans les parties précédentes pour n'en retenir que les lieux, les acteurs et les comportements dominants.

Cette phase de synthèse nécessite également d'analyser les moteurs individuels de l'action et de valider certaines hypothèses de comportement.

11. Préférences spatiales et comportements des acteurs

Le champ de l'analyse des préférences spatiales est dominé par les débats entre les partisans des « préférences observées », ceux des « préférences révélées », et enfin ceux des « préférences exprimées » (Thill et Timmermans, 1992). Selon la théorie micro-économique classique, un individu choisit une alternative parmi un ensemble de choix disponibles. Le problème est que, souvent, la préférence n'est pas directement observable. La simple observation des préférences (les préférences observées) classiquement utilisée en géographie ne rend donc pas nécessairement compte du processus de décision des individus dans l'espace. Ainsi, deux nouvelles stratégies pour expliciter les préférences ont vu le jour dès les années 1970 : la méthode des préférences révélées qui cherche à mettre en évidence, à partir des actions observées, la structure des préférences individuelles compte tenu de l'environnement de décision ; et la méthode des préférences exprimées qui cherche directement à recueillir les règles de choix des individus placés dans des situations hypothétiques (Vandresse, 2003).

Dans le cadre d'une modélisation de type gravitaire, il nous est apparu inutile de considérer en profondeur les règles algébriques ou heuristiques qui sous-tendent les décisions des acteurs de la filière dans la mesure où elles ne pourraient que difficilement être traduites dans le modèle. Nous avons alors choisi une démarche d'analyse essentiellement descriptive, cherchant à caractériser les comportements spatiaux et non spatiaux des différents acteurs par la combinaison de deux approches :

- la première par le recueil des préférences déclarées des acteurs au travers d'enquêtes spécifiques auprès des commerçants et d'entretiens libres auprès des producteurs et de l'administration forestière. La méthode a consisté à faire exprimer par les acteurs quelles étaient leurs priorités d'action et quels étaient les éléments qui déterminaient leurs choix. Les formulaires d'enquête sont donnés en annexe.
- la seconde par une observation directe des comportements d'acteurs soit sur le terrain soit dans le cadre d'un jeu de rôle simulant le fonctionnement du bassin d'approvisionnement. Depuis les années 1990, le jeu de rôles constitue une méthode reconnue pour expliciter les stratégies (individuelles et collectives) et les représentations qu'ont différents acteurs d'un même territoire (Mermet, 1992 ;

Barreteau *et al.*, 2001). Ils constituent des outils privilégiés pour l'analyse des systèmes de coordination et d'échanges dans un environnement complexe pour lesquels on souhaite mieux comprendre les comportements et stratégies d'acteurs, comme en attestent les nombreuses expériences recensées dans la littérature (Dray *et al.*, 2006 ; Barreteau et Bousquet, 1999 ; Etienne *et al.*, 2003). Ainsi, afin de valider les préférences déclarées et de révéler les stratégies spatiales dans l'environnement concurrentiel que représente la filière, un jeu de rôle appelé **Djolibois** a été mis en place et joué par deux fois avec les acteurs de la filière.

Mais avant d'analyser leurs préférences, il convient de préciser qui sont les acteurs pris en compte dans le processus de modélisation.

11.1. Le choix des acteurs modélisés

Comme nous l'avons vu dans la seconde partie, l'approvisionnement de Bamako est le fruit de l'activité d'un grand nombre d'acteurs aux rôles, intérêts et pratiques différents.

Mais malgré la diversité des situations, un circuit commercial domine : la production de bois est assurée à plus de 99% par des bûcherons indépendants. La coupe se fait le moins loin possible des villages et des hameaux de cultures, afin de minimiser les problèmes de transport : les femmes portent généralement le bois sur la tête, quelques privilégiées louent des charrettes ou bénéficient d'une aide familiale pour le transport de leur stock de bois. Une fois le bois coupé, conditionné en fagots ou carbonisé, celui-ci est acheminé par les producteurs sur des points de vente en milieu rural. Les points de vente en zone rurale peuvent être isolés et ne correspondre qu'à un seul producteur ou être regroupés pour former alors des aires de vente villageoises, voire intervillageoises. Ces points de vente sont régulièrement visités par des commerçants urbains qui viennent collecter les produits (charbon et bois de feu) pour l'acheminer et le vendre en ville. Ces commerçants ne sont pas propriétaires de leur moyen de transport et doivent donc avoir recours à une location en ville pour effectuer leurs tournées de collecte. Ils adaptent leur mode de transport en fonction des volumes à transporter. Ils peuvent s'associer pour louer de gros camions, s'assurant ainsi d'un remplissage optimal afin de diminuer les frais de transports. A l'entrée de la ville et sur le chemin du retour, les chargements sont contrôlés par l'administration forestière qui vérifie le paiement des taxes et distribue les amendes. Une fois en ville, le chargement est soit directement vendu aux consommateurs par le commerçant collecteur, soit revendu à des détaillants sur les marchés urbains ou en bord de rue.

La Figure 41 schématise cette chaîne d'approvisionnement majoritaire. Cette dernière est donc dominée par trois grands types d'acteurs :

- le producteur rural ;
- le commerçant-collecteur urbain ;
- l'agent du contrôle forestier.

L'analyse des préférences s'attachera à caractériser et comprendre les comportements de ces trois types d'acteurs dans le contexte de la chaîne d'approvisionnement dominante décrite ci-dessus.

11.2. Les préférences déclarées

11.2.1 Les préférences déclarées des commerçants

Des enquêtes auprès des commerçants Bamakois, il ressort que les éléments de choix d'un site d'achat en milieu rural sont, par ordre décroissant :

- la connaissance du lieu d'achat (30% des réponses) ;
- la qualité des produits (30% des réponses) ;
- la distance et le prix du transport (16% des réponses) ;
- la quantité de produits sur le lieu d'achat (12% des réponses) ;
- l'accessibilité du lieu d'achat (10% des réponses) ;
- le prix des produits (1% des réponses).

11.2.1.1 Des lieux d'achat que l'on connaît

La connaissance du lieu apparaît comme le critère numéro 1 de choix d'un site d'achat. Ce critère traduit plusieurs éléments explicatifs.

En premier lieu, il faut rappeler que les commerçants ne disposent que rarement de leurs propres moyens de transports. Ils sont tributaires de la location, seuls ou à plusieurs, d'un camion ou d'un minibus. Ils ont donc très peu de facilités pour explorer de nouveaux lieux d'approvisionnement. Ils ont donc ainsi tendance à rester toujours sur les lieux qu'ils connaissent. 80% des commerçants ne visitent qu'entre 1 et 3 lieux par an (cf. Figure 40). D'après nos enquêtes, les lieux choisis sont très souvent en lien avec des liens familiaux. Dans le Bamako issu de l'exode rural, les urbains ont encore de nombreux liens familiaux forts avec la campagne : la majorité de leur famille se trouve encore dans les villages et les commerçants privilégient ces liens. Quand ce n'est pas le cas, les lieux ont souvent été conseillés par un

collègue de la profession. Les commerçants d'un même marché ont tendance à s'approvisionner sur les mêmes lieux et adoptent souvent des comportements de « suiveurs » vis-à-vis des vendeurs les plus expérimentés.

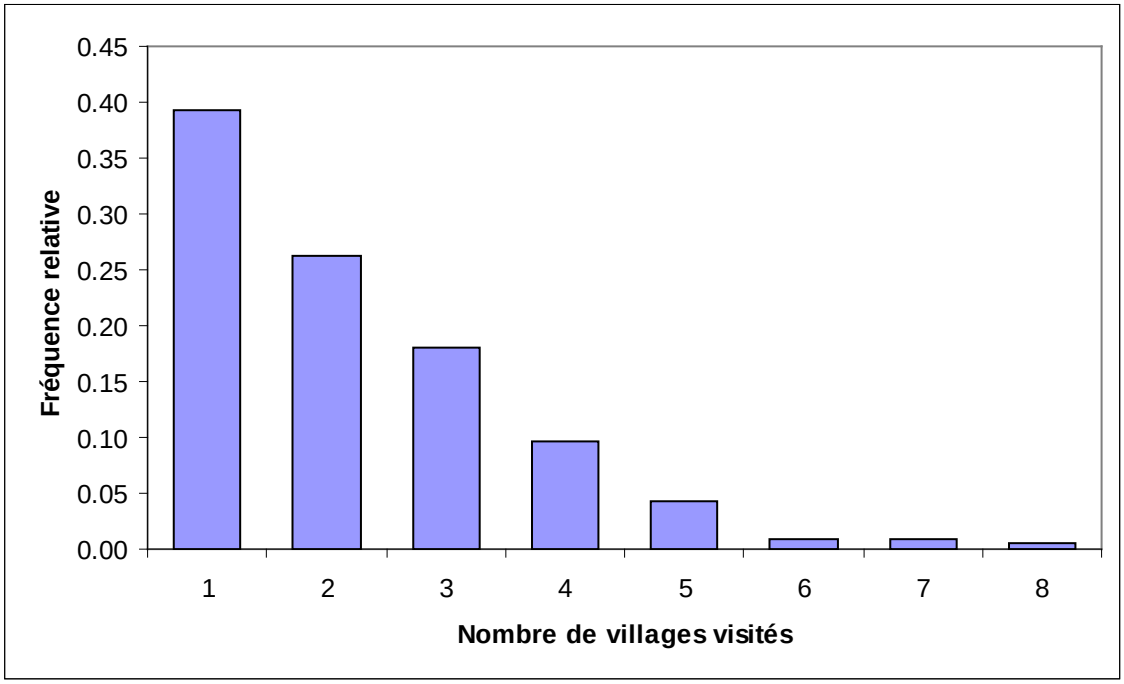


Figure 40. *Histogramme du nombre de villages visités par an par chaque collecteur urbain en 2005. Source : enquêtes auprès de 232 commerçants*

Le second élément justifiant ce facteur est la fidélisation des producteurs. Afin de limiter les risques de revenir à vide d'une tournée d'approvisionnement, dans un contexte concurrentiel et de mobilité limitée, les commerçants cherchent à tisser des liens forts avec les producteurs de manière à ce que ces derniers leur réservent leur production. Ces stratégies ont très largement été mises en évidence lors du jeu de rôle et seront discutées plus avant.

Enfin, cette notion de connaissance rejoint directement celle de visibilité des lieux d'approvisionnement que cherchent également les producteurs (cf. ci-après) : on connaît d'autant mieux un site qu'il est visible depuis la ville.

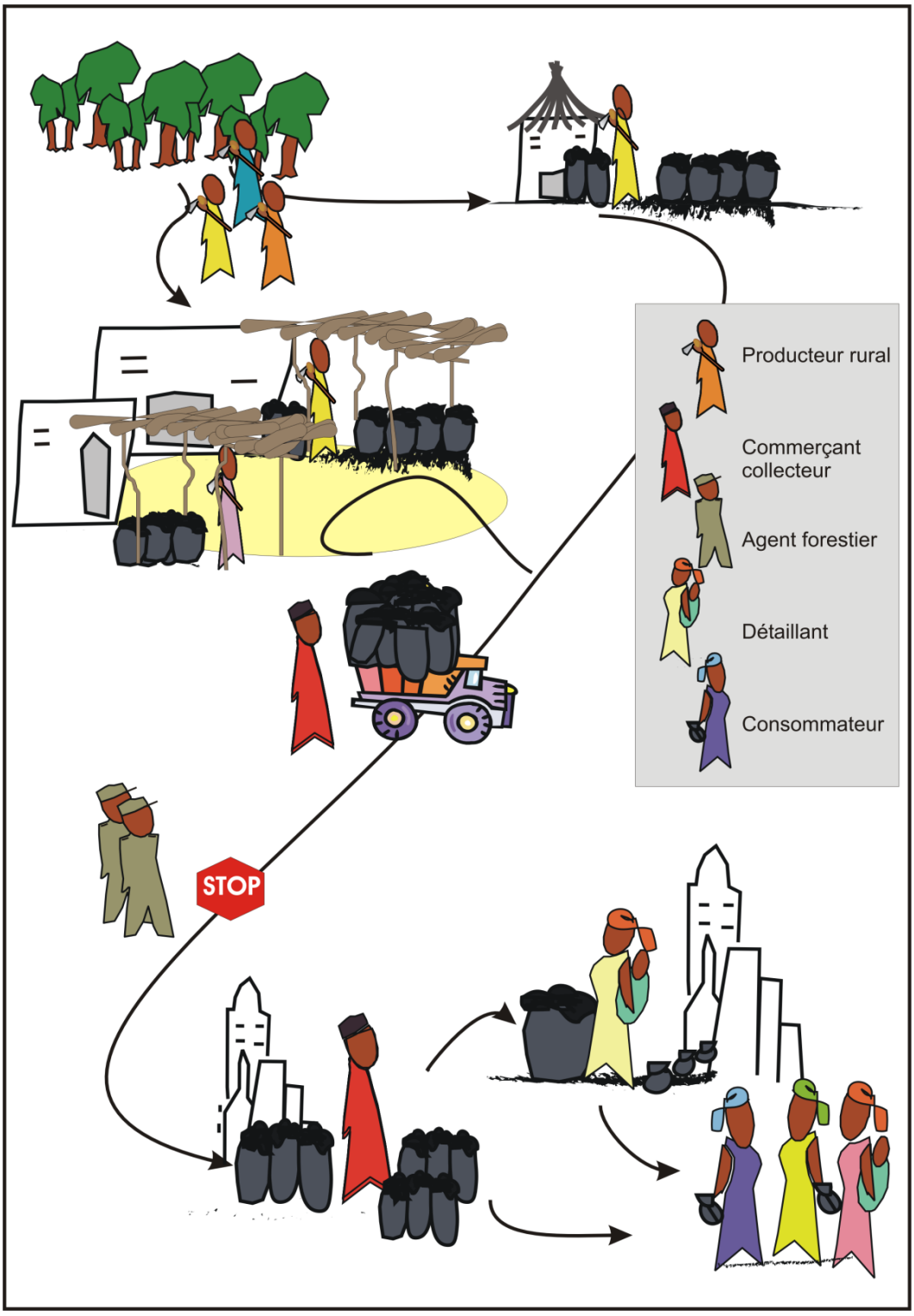


Figure 41. *Schéma d'approvisionnement dominant de Bamako*

11.2.1.2 Des produits de qualité

Ce facteur est avancé pratiquement au même niveau de préférence que le précédent. Cette qualité est, aux dires des commerçants, une exigence première des consommateurs. La qualité est exigée aussi bien pour le bois que pour le charbon. Pour le bois, elle correspond à des préférences pour certaines espèces et pour du bois bien sec. Les espèces les plus demandées sont le *Combretum Nigricans* et le *Combretum Gasalense*. Pour le charbon, la qualité se définit surtout par rapport à la taille des morceaux et à leur densité. Les ménagères exigent des morceaux légers de taille moyenne à combustion rapide, contrairement aux artisans boulangers ou forgerons qui préfèreront de gros morceaux denses à combustion lente. Les consommateurs refuseront d'acheter un charbon qui contient beaucoup de poussières. Selon nos enquêtes de 2004, la qualité est l'argument de vente principal des commerçants et les prix pratiqués reflètent cet élément (Raton, 2004). Sur les marchés de Bamako, certains vendeurs vendent leurs produits 1.5 fois à 2 fois plus chers sous prétexte de qualité supérieure.

Cette exigence légitime des consommateurs est répercutée au niveau des producteurs dans des proportions très différentes d'un commerçant à l'autre. Si tous les commerçants font attention à ne pas acheter trop de poussières de charbon, dans les faits nous n'avons jamais rencontré d'aires de vente en milieu rural où les produits demeuraient plus de 10 jours. Le charbon est un produit qui s'écoule bien, quelle que soit sa qualité. Deux raisons expliquent ce phénomène : le charbonnage est depuis environ 10 ans une technique bien maîtrisée par les producteurs. Réservée dans les années 1980 à un faible nombre de migrants initiés venant essentiellement de la région de Bougouni, les techniques se sont maintenant suffisamment diffusées dans toute la région de Bamako. Cette maîtrise technique a été favorisée par le projet SED qui a organisé de nombreuses sessions de formations dans les villages producteurs. Ainsi, même si la ressource en espèces « préférées » diminue certainement, cette perte est en partie compensée par une augmentation des savoir-faire. Ainsi, les différences de qualité d'un site à l'autre tendent à s'estomper.

L'autre raison est que le bois et le charbon sont des produits de première nécessité et qu'entre un produit de mauvaise qualité et pas de produit du tout, le consommateur choisira nécessairement le produit de mauvaise qualité. Il n'existe pas de gaspillage de charbon ou de bois. Tous les produits, même de mauvaise qualité, sont vendus et valorisés par des usages divers : artisanat pour les meilleurs morceaux, thé pour les petits morceaux, etc. La qualité est donc avant tout un facteur de négociation des prix entre les consommateurs, les vendeurs urbains et les producteurs ruraux.

Tous les commerçants l'avouent, en période des pluies lorsque l'offre rurale tend à diminuer car les producteurs sont aux champs : *« on prend ce qu'on trouve, le consommateur s'adapte ! ».*

11.2.1.3 Des coûts de transport réduits

Ce facteur arrive en troisième position loin derrière les deux précédents. Nous avons déjà longuement exprimé les difficultés que rencontrent les commerçants à disposer d'un moyen de transport. L'enquête réaffirme le souci des commerçants d'une recherche de produits qui minimise la distance et le coût du transport. Nous reprendrons ces éléments ci-après dans l'analyse de la métrique de la distance.

11.2.1.4 Des produits en quantité sur les lieux d'achat

Comme nous venons de l'évoquer, l'assurance d'un point de vente disposant de quantités importantes de produits, minimise le risque de rentrer à vide. Une des façons de s'assurer cette quantité de produit est de fidéliser un petit nombre de producteurs dans des zones densément pourvues en ressource. Une autre façon est de fréquenter des sites de production regroupant de nombreux producteurs. La fréquentation croissante des foires hebdomadaires traduit en grande partie ce besoin. Certaines foires, comme celle de Markacoungo, peuvent regrouper plus d'une cinquantaine de producteurs. Les prix pratiqués sont en général plus élevés que sur les points de vente en brousse mais le commerçant diminue son risque de sous-approvisionnement. De plus, ces foires sont très bien desservies pas les transports collectifs de type *Sotrama*. L'offre en moyens de transport y est donc abondante. La grande quantité de produits et de vendeurs sur ces sites présente également l'avantage de pouvoir partager son moyen de transport avec d'autres commerçants.

L'exigence de quantité répond également aux besoins d'un approvisionnement régulier. Le bois-énergie est indispensable aux Bamakois qui doivent cuisiner tous les jours. Le marché est donc très réactif : toute rupture d'approvisionnement s'accompagne immédiatement de changements de lieux d'achat pour les consommateurs et donc d'une perte temporaire de clientèle pour les commerçants. Les places sont chères sur les marchés urbains et les espaces de stockage limités. Chaque commerçant dispose d'un stock maximal de 15 jours de vente. Il doit nécessairement aller s'approvisionner régulièrement et sa capacité d'absorption des ruptures d'approvisionnement est très limitée.

11.2.1.5 Des lieux d'achat facilement accessibles

L'accessibilité du milieu rural est un problème récurrent en Afrique Subsaharienne (Oppong, 1996 ; Creightney, 1993). Le réseau de routes bitumées est très peu développé au Mali, et en saison des pluies, les pistes fréquentables par les moyens de transport motorisés sont très peu

nombreuses. Même en saison sèche, de nombreux villages ne sont pas accessibles par ces moyens modernes, et seules les charrettes à âne peuvent transporter le bois-énergie. De nombreux transporteurs routiers refusent de s'engager sur des pistes dont ils ne connaissent pas l'état.

En 2000, comme en 1989, 65% des flux de bois-énergie proviennent de villages situés à moins de 5 km d'une route ou d'une piste praticable en toute saison, alors que ces villages ne représentent que 40% des villages situés à moins de 150 km autour de Bamako.

Même si le bois-énergie n'est pas un produit fragile soumis à des risques de casse sur pistes difficiles, l'accessibilité semble bien un facteur important de choix, ce qui renforce l'attractivité des foires hebdomadaires qui, elles, se trouvent pratiquement toutes sur des pistes praticables.

11.2.1.6 Un prix d'achat faible

Le prix d'achat n'apparaît pas comme un critère de choix très important. Seuls 1% des sondés le citent. Pourtant, les différences de prix entre les sites d'approvisionnement sont notables. La Figure 40 illustre la distribution de prix relevés dans nos enquêtes sur 160 sites autour de Bamako.

En 2005, le prix d'un sac de charbon s'échelonne environ entre 650 FCFA et 2250 FCFA selon les villages visités. Mais 70% des villages offrent un produit entre 1000 FCFA et 1400 FCFA.

L'analyse de la structure des prix faite dans la partie précédente nous éclaire quelque peu sur ce désintérêt apparent pour le niveau de prix. En effet, le prix au producteur représente moins de 30% du prix au consommateur. Il est du même ordre de grandeur que le coût du transport et est inférieur à la marge que se fait un collecteur en vendant directement sur un marché urbain. Il semblerait donc que les marges soient encore suffisamment fortes pour ne pas faire de cet élément un facteur de choix essentiel.

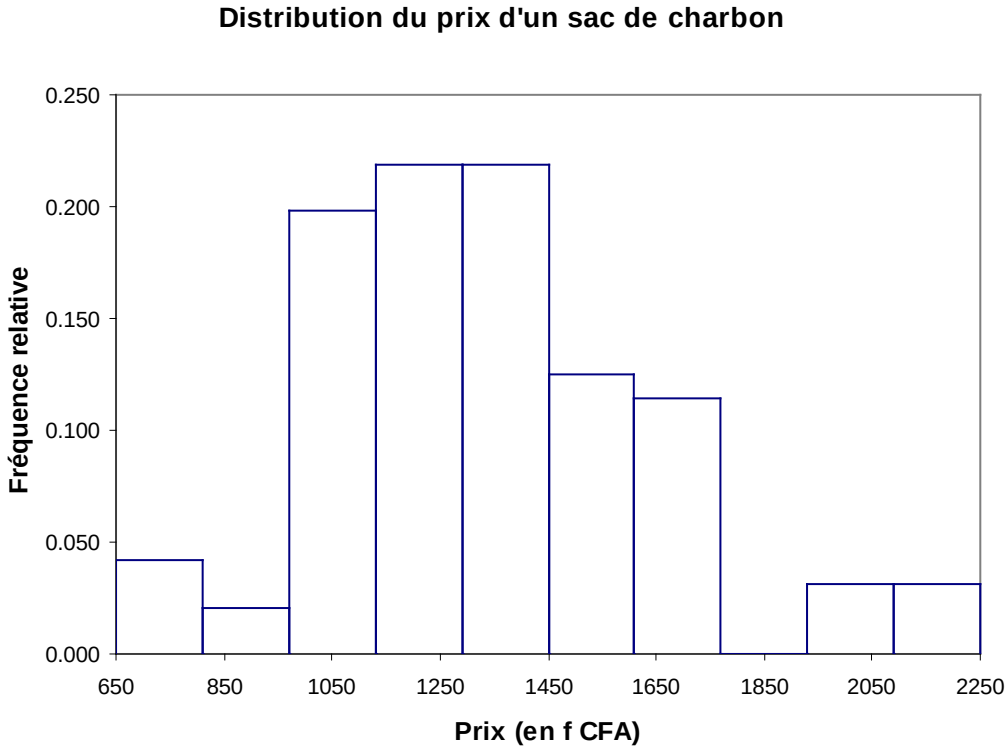


Figure 42. *Distribution du prix de vente d'un sac de charbon en 2005. (d'après nos enquêtes dans 160 villages de vente autour de Bamako)*

11.2.2 Les préférences déclarées des producteurs

Les préférences et insatisfactions des producteurs ont été essentiellement relevées lors d'entretiens non structurés ou proviennent d'enquêtes antérieures faites par la CCL en 1997 et en 2000, et des enquêtes réalisées par Baptiste Hautdidier entre 2001 et 2004.

11.2.2.1 Un travail moins pénible

Dans tous les entretiens avec les producteurs, la pénibilité du travail est le facteur principal d'insatisfaction. Il conditionnerait directement l'intensité de l'activité et le choix des zones de coupe. La pénibilité a deux sources principales :

la difficulté de la coupe : la végétation est en majorité épineuse et sarmenteuse, certaines certaines formations arborées présentent des risques de blessures importantes. La coupe se fait coupe se fait à la main au moyen d'outils rudimentaires et certaines espèces sont particulièrement dures (cf.

- Planche 10) ;
- le portage et la distance entre la zone de coupe et la zone de stockage du bois ou de charbonnage.

Pour répondre à ces contraintes, les bûcherons coupent essentiellement en bordure des massifs forestiers et au plus près de leurs habitations (Gazull *et al.*, 2008). Nous ne disposons pas de données permettant de mesurer directement la relation entre les quantités prélevées et les distances moyennes de collecte des producteurs. En revanche ,les études menées par la CCL sur 15 villages maliens en 2000 montrent que la consommation moyenne des ménages ruraux diminue quasi linéairement avec la distance de corvée de ramassage de bois (Figure 43).

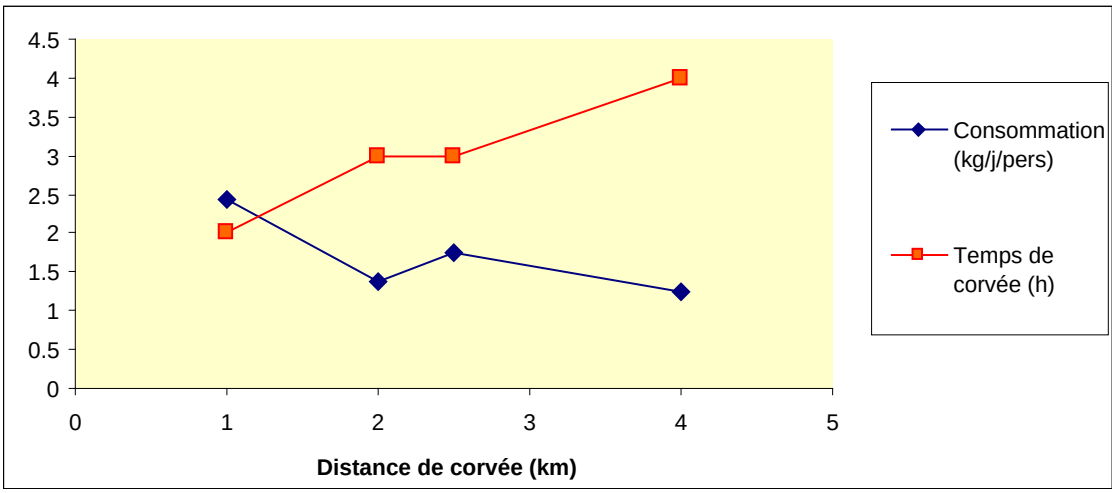


Figure 43. *Effets de la distance parcourue pour la collecte de bois sur la consommation moyenne des ruraux et sur le temps de corvée dans 15 villages maliens. Source : CCL 1998*

Même si les comportements peuvent être différents pour une collecte à but commercial, la distance reste un facteur important dans la décision des exploitants. L'enquête menée par G. Konaté en 2000 au Mali (Konate, 1999) montre qu'il existe une distance seuil au-delà de laquelle les motivations des exploitants décroissent fortement : les femmes notamment choisissent d'arrêter leur activité. Néanmoins, il convient de relativiser ce critère de pénibilité, car avant toute chose, c'est sans doute une demande de reconnaissance sociale et économique de la pénibilité qui s'exprime. Selon la CCL, près des trois quarts des familles de bûcherons et de charbonniers sont déficitaires en céréales. Le déficit représenterait en moyenne plus du tiers des besoins familiaux. Les bûcherons et charbonniers sont donc majoritairement des ménages sans terre ou avec des terres insuffisantes pour nourrir toute la famille. Au Mali, comme dans la plupart des pays sahéliens, le bûcheronnage et surtout le charbonnage sont vécus comme des activités socialement dégradantes : « *l'argent du charbon est sale* ». Bien que le statut de bûcheron ou de charbonnier tend à être de plus en plus

reconnu au sein des villages, cette dévalorisation sociale perdure, ce qui rend encore plus difficile le labeur enduré. L'organisation en structures coopératives agréées par l'Etat (les SRG) permet en partie d'obtenir cette reconnaissance sociale.

11.2.2.2 Des revenus « comme je veux, quand je veux ! »

Comme nous le soulignions précédemment, la production de bois-énergie est avant tout un moyen de diversifier les revenus familiaux en milieu rural. Mais il apparaît que, si les revenus issus de l'agriculture et de l'élevage sont destinés à l'ensemble de la famille et sont en général gérés par le chef de famille, ceux issus du bois sont avant tout réservés à celui ou celle qui l'a produit. C'est d'autant plus vrai que le producteur est une femme ou un cadet qui ne dispose généralement pas d'autres moyens d'acquérir de l'argent pour leur propre usage. Cet élément est sans doute un des facteurs principaux du succès de cette activité auprès des femmes.

Dans ce contexte, l'activité de bûcheronnage ou de charbonnage se fait au gré des besoins financiers ponctuels et du temps laissé par les autres occupations. Ainsi, les femmes confectionnent de petites meules de charbon ne brûlant que 3 à 4 jours, de manière à pouvoir écouler leur production sur le marché hebdomadaire local où elles se rendent également pour acheter leurs condiments pour la semaine. On retrouve là encore le service incontournable offert par la foire.

11.2.2.3 Être visible du plus grand nombre de commerçants

L'écoulement des produits est un problème majeur pour les producteurs. Pour sortir d'une attitude passive vis-à-vis des commerçants et ainsi pouvoir vendre quand ils veulent et au meilleur prix, les producteurs cherchent à rendre leur production visible. Ils cherchent donc à la transporter au bord des axes routiers les plus fréquentés. Ce problème du transport des lieux de production jusqu'aux lieux de vente fréquentés par les commerçants est constitue un souci majeur. 25% des producteurs possèdent une charrette (enquêtes CCL 2001 auprès de 100 charbonniers). La majorité doit donc en louer une, ce qui entraîne des coûts supplémentaires et des problèmes de disponibilité.

De plus, le bois et le charbon sont des produits qui se stockent à l'abri de la pluie et qui, certes ne dépérissent pas, mais qui se volent ! Les cas de vol sont fréquents et cette préoccupation revient très souvent dans les déclarations des producteurs. Les sites de stockage en bord de route doivent donc être surveillés en permanence, ce qui rend ce type de point de vente très contraignant. Pour ces raisons, de nombreux producteurs concentrent leurs produits sur les foires hebdomadaires ou sur des points de vente collectifs au sein des villages.

Les jours de foire, les charrettes sont beaucoup plus disponibles et le bois peut être transporté avec d'autres produits agricoles amenés sur la foire ; la vente se concentre sur une seule journée, ce qui évite les problèmes de surveillance. Les marchés ruraux de bois-énergie offrent également cette facilité en concentrant les produits sur une aire de vente unique et en assurant une surveillance par la structure rurale de gestion (SRG).

D'autres stratégies de visibilité sont également observées. On voit notamment fleurir en bord de route les panneaux publicitaires informant les passants de la présence dans le village ou ou dans un village voisin, de vendeurs de bois et de charbon (cf.

Planche 10). De la même manière, tous les marchés ruraux mettent généralement en évidence leur statut par un panneau d'information.

11.2.3 Les préférences déclarées des agents forestiers

11.2.3.1 Limiter les coupes

La limitation des coupes fait partie du discours officiel du Ministère de l'Environnement. Elle se traduit chaque année par une interdiction des coupes de bois vert durant la période hivernale (de juin à janvier). « *La mesure est destinée à protéger nos forêts qui se réduisent d'année en année comme peau de chagrin* » (discours du Ministre de l'Environnement 2006).

Comme nous l'avons montré précédemment, cette mesure est totalement inefficace du point de vue de l'exploitation : la coupe continue en saison des pluies. En revanche, elle a pour effet d'augmenter le prix des taxes et des amendes et, par répercussion, le prix de vente au consommateur. Comme le déclare un commerçant de Bamako : « *Nous sommes des commerçants à notre façon, il nous faut donc impérativement faire des bénéfices et malheureusement, c'est le consommateur qui en pâtit* ». Cependant, cette augmentation a lieu pendant une période où, régulièrement, le prix du bois et du charbon augmente du fait de la baisse de la production et des difficultés d'accès aux sites de production. Cette hausse semble donc assez bien supportée par les consommateurs. D'autant qu'ils n'ont pas été informés de l'interdiction de coupe. "*Nous sommes déjà habituées aux difficultés pendant cette période de l'année*", déclare Fanta Samaké, une ménagère de Bamako dans le journal malien l'Essor du 01/09/2004 (Bamako: le bois va piano, le charbon fortissimo - l'Essor n°15279 du 2004-09-01).

11.2.3.2 Taxer plus

La majorité des forestiers juge que le bois n'est pas assez taxé. « *Les taxes ne reflètent pas le juste coût de la gestion forestière* » (entretien personnel 2005 avec le directeur du contrôle forestier de la DNCN), sans que soit réellement défini ce juste coût. Mais cette demande reflète surtout le manque de moyens alloués aux services forestiers.

Une stratégie pour compenser cette « faiblesse » des taxes a été, depuis ces cinq dernières années, de multiplier les postes de contrôle en bord de route de manière à taxer les agents les plus solvables : les commerçants. Sur la route de Ségou, on dénombre actuellement plus de 7 postes de contrôle et 8 postes sur la route de Bougouni. Mais nos enquêtes montrent que ce dispositif n'augmente pas les recettes forestières de l'Etat, qui sont en constante diminution. L'argent du bois qui, avec l'augmentation des flux, devrait logiquement augmenter, n'alimente plus les caisses du Ministère de l'Environnement et ses projets de gestion durable des forêts. Cet argent semble rester au niveau des postes locaux et servirait majoritairement à faire fonctionner une machine à taxer. Le dispositif a néanmoins pour intérêt de répartir assez également ces revenus entre tous les agents forestiers le long d'un axe. Au final, nos enquêtes montrent que l'opération est financièrement indolore pour les commerçants car ils ne payent pas plus que ce qu'ils auraient à payer avec un système centralisé de contrôle. En revanche, ils ont à subir beaucoup plus de « tracasseries »[37], ce qui les met en situation de dépendance vis-à-vis des agents forestiers.

11.2.3.3 Limiter les déplacements

L'administration forestière n'a plus les moyens humains et matériels de se déplacer sur le terrain. Elle cherche donc à regrouper les producteurs comme les commerçants pour mieux pouvoir les contrôler. Sur la foire de Markacoungo par exemple, la création de points de vente accueillant les villages voisins est une initiative en grande partie initiée par les autorités forestières de ce village. Ainsi, les jours de foire, elles peuvent contrôler cinq villages en une seule fois. De la même façon, les postes forestiers s'installent en bord de route dans les villages produisant le plus de manière à pouvoir à la fois contrôler les flux du village et les flux transitant par la route.

[37] Terme utilisé majoritairement par les commerçants pour définir les négociations qu'ils ont systématiquement à effectuer au passage d'un poste de contrôle



Être visibles
Panneaux en bord de route annonçant un marché rural ou un vendeur de charbon

Diminuer la pénibilité du travail
Bûcheron coupant un tronc manuellement.

La qualité du charbon
Détaillante triant les morceaux de charbon avant ensachage

Taxer plus
Poste de contrôle forestier

Planche 10. *Les préférences déclarées des acteurs (photos L. Gazull et A. Bonnerat)*

11.3. Les préférences observées : l'utilisation du jeu de rôle Djolibois

Ce chapitre reprend en grande partie le texte d'un article accepté par la Revue Internationale de Géomatique (RIG), à paraître en janvier 2010 (Gazull *et al.*, 2010). Djolibois, jeu spatialisé de simulation de la filière d'approvisionnement en bois-énergie de Bamako est une réalisation collective de l'auteur, de Denis Gautier, chercheur au Cirad et de Nicolas Becu, chercheur à l'UMR Prodig (CNRS – UMR8586, PRODIG).

Djolibois a été créé pour deux objectifs : i) restituer de manière participative aux acteurs notre compréhension de la filière et ainsi valider avec eux un certain nombre d'hypothèses que nous avons faites sur leur comportement, et ii) offrir une plateforme de simulation afin d'analyser le rôle de l'information sur les processus de coordination. Dans le cadre de ce travail sur les préférences spatiales, seul le premier objectif retiendra notre attention. Le deuxième objectif est plus largement décrit dans l'article de la RIG déjà cité.

Le jeu a été conçu pour être joué avec des acteurs professionnels de la filière. Le matériel nécessaire (billets, sacs de charbon, titres de transport, taxes, etc.) a été adapté pour être compréhensible par des joueurs analphabètes. De la même manière, les ordres de grandeurs manipulées : prix, quantités, charges des camions, sont aussi fidèles que possible à la réalité de manière à ne pas créer trop de distorsions par rapport à la vie réelle.

11.3.1 Présentation générale du jeu

Djolibois simule le fonctionnement de la filière dominante du bassin d'approvisionnement de Bamako.

La filière, précédemment décrite, est découpée en six segments interagissant entre eux :

- *le segment de la production* : il est constitué d'un ensemble de sites d'exploitation de bois associant un point de vente et un massif forestier. Chaque massif dispose d'un potentiel de production de charbon dépendant de la quantité de la ressource initiale et de la pression de coupe s'y exerçant. En chaque lieu d'exploitation, la production est assurée par des joueurs « Producteurs » qui planifient leur production en fonction de la demande urbaine, de leurs disponibilités financières (pour le paiement des taxes) et des possibilités de leur massif. Un modèle simple de reconstitution de la ressource est utilisé pour simuler l'évolution de l'état des massifs forestiers tour après tour en fonction de la pression d'exploitation à laquelle ils sont soumis. L'état des massifs, qui est calculé sur ordinateur, conditionne la quantité produite et la qualité du charbon produit. L'exploitant est informé de cet état, à chaque tour.
- *le segment de la collecte*. Il est assuré par des joueurs « Commerçants» dont le rôle est de louer un camion, puis de se rendre sur les sites de production, d'acheter le charbon aux

producteurs et d'aller le revendre aux consommateurs urbains. Les joueurs-commerçants doivent planifier leurs achats en fonction de leurs disponibilités financières, du coût du transport, des prix et quantités négociés avec les producteurs, de la demande des consommateurs et de la pression exercée par le contrôle.

- *le segment du transport* est simulé par une offre urbaine de transport non limitée faite aux commerçants, comme aux producteurs. Tout joueur peut venir louer un véhicule en ville. Le coût de location dépend de la distance qu'il compte parcourir et du moyen de transport choisi (petit ou gros camion). Chaque véhicule a une capacité de charge limitée.
- *le segment de la gestion centralisée du bassin* d'approvisionnement est assuré par un ou deux joueurs « Administration» qui ont à leur disposition un ensemble d'outils de régulation prédéfinis : création de marchés ruraux, attribution de quota annuel de coupe pour les marchés ruraux, ajustement des taxes, contrôle de circulation des marchandises, interdiction locale d'exploitation. Néanmoins, l'Administration est libre de définir et d'imposer de nouvelles règles en cours de jeu.
- *le segment du contrôle des flux*. Tout commerçant transportant du bois est susceptible de se faire contrôler par les autorités pour vérifier la conformité du chargement avec les dispositions légales (taxes acquittées). En cas d'infraction, des amendes sont appliquées par un « Contrôleur » qui est un joueur un peu particulier puisqu'il fait également partie de l'équipe d'animation du jeu. La fréquence du contrôle dépend d'un facteur « chance » simulé par un tirage aléatoire aux dés et par le résultat de négociations individuelles entre les commerçants et le contrôleur. Ce facteur « chance » peut être modulé par le système de gestion centralisée, le joueur « administration » pouvant renforcer le contrôle en diminuant la part de l'aléatoire.
- *le segment de la demande urbaine*. La demande urbaine est supposée constante mais un modèle simple de variation des prix en fonction de l'approvisionnement assuré par les joueurs-commerçants est appliqué à chaque tour. La demande est simulée par un des animateurs de jeu dont le rôle est de négocier l'achat de la collecte auprès des commerçants et d'informer ces mêmes acteurs du niveau de satisfaction des consommateurs (sur la qualité du charbon et sur les quantités rapportées).

11.3.1.1 Six grands types d'acteurs jouent en même temps :

- 2 agents de l'administration centrale (joueurs), localisés à Bamako ;
- 2 agents du contrôle des flux localisés à l'entrée de la ville (animateurs de jeu) ;
- 6 exploitants producteurs de charbon (joueurs), localisés dans le bassin d'approvisionnement le long de deux axes routiers. Les 3 joueurs d'un axe doivent

obligatoirement passer par le site de Bamako où se trouvent les commerçants et l'administration, pour pouvoir échanger de l'information avec les 3 exploitants de l'autre axe ;

- 2 agents de l'administration forestière déconcentrée, localisés près des exploitants. Ces animateurs de jeu sont assistés d'un programme informatique simulant l'état de la forêt, sa possibilité forestière, la qualité du charbon produit et le niveau de vie des joueurs exploitants. Ils enregistrent la comptabilité des exploitants, leur production ainsi que l'évolution de l'état de la forêt au cours du temps ;
- 6 commerçants grossistes localisés à Bamako (joueurs) ;
- 2 agents représentant, selon la phase de jeu, les acheteurs urbains et les loueurs de camion. Ces animateurs sont assistés d'un programme informatique simulant la satisfaction des besoins des consommateurs. Ils enregistrent les dépenses et les gains des commerçants ainsi que leurs déplacements.

Au total, chaque partie se joue donc avec un minimum de 14 joueurs et six animateurs.

11.3.1.1 La salle de jeu

Fidèles aux principes de l'action située qui considère que la connaissance est fortement dépendante du contexte dans lequel se déroule l'action (Suchman, 1987), et conscients de l'importance que revêt la localisation de la ressource par rapport à Bamako dans les choix des acteurs, nous avons souhaité replacer les acteurs dans des situations où la rugosité de l'espace est un facteur à part entière du jeu. Nous avons donc créé un jeu « de salle » (par opposition à « jeu de plateau ») où les acteurs ont à se déplacer physiquement dans un espace structuré dont l'organisation spatiale reprend les grandes composantes du bassin d'approvisionnement de Bamako : un centre demandeur unique (Bamako), des zones de production isolées, un accès par des axes routiers, un cloisonnement entre axes, des coûts du déplacement variant avec la distance. Le jeu se déroule dans une grande salle organisée selon la Figure 44.

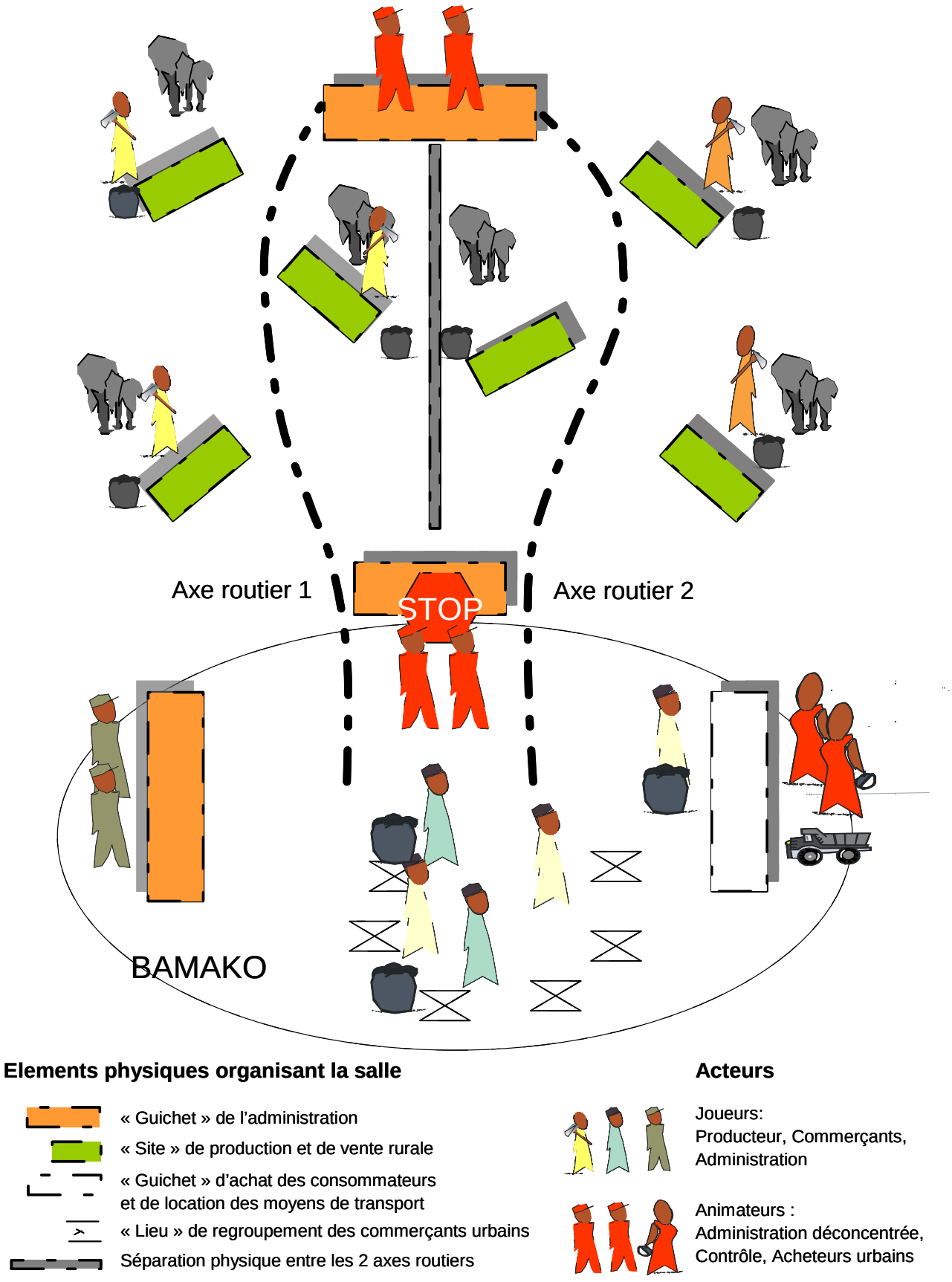


Figure 44. *Organisation de la salle de jeu de Djolibois*

11.3.1.2 Tours de jeu et déroulement d'une partie

Chaque partie se joue en cinq tours de jeu correspondant à cinq années d'exploitation.

Chaque tour de jeu est découpé en trois phases :

- une phase (1) pour l'échange d'informations entre les joueurs ;
- une phase (2) d'action où les joueurs vont exercer leurs activités réciproques ;
- et une phase (3) de résultat ou chacun fait le bilan de son activité.

Chaque phase est limitée dans le temps et les joueurs doivent respecter les périodes imposées : 5 mn pour la phase 1, 15mn pour la phase 2 , et 5 mn pour la phase 3, ces durées n'étant pas liées à la réalité, mais à la volonté des animateurs de cadencer le jeu afin que d'une part, il reste ludique, et que d'autre part les acteurs aient à prendre des décisions rapidement, dans un contexte de compétition reflétant la réalité de terrain.

- *Phase d'échange d'informations*. Durant cette phase, les joueurs exploitants et grossistes peuvent s'échanger, en se déplaçant, de l'information sur les prix et les stocks de marchandises. L'administration centrale peut quant à elle aller chercher de l'information auprès des autres joueurs pour se faire une idée de l'état de la situation. Elle peut commencer dès cette phase à mettre en place des mesures de régulation.
- *Phase d'action*. Dans un second temps, les joueurs exploitants s'acquittent (ou non) de leurs permis de coupe auprès de l'administration forestière déconcentrée et produisent des sacs de charbon. Ils peuvent également venir chercher un moyen de transport en ville pour apporter directement leur production aux consommateurs urbains. Les joueurs grossistes déterminent les sites d'exploitation qu'ils vont visiter, louent un véhicule puis se rendent sur les sites d'exploitation. Ils négocient, achètent puis retournent à Bamako et leur chargement est éventuellement contrôlé sur le chemin du retour.
- *Phase résultat***.** Les joueurs grossistes revendent leur marchandise aux consommateurs urbains (représentés par des animateurs) et calculent le profit réalisé durant le tour. Les joueurs exploitants calculent également leur profit et prennent connaissance de l'état de la ressource dans le massif forestier qu'ils exploitent. Enfin, l'administration centrale reçoit les fiches de contrôle de circulation des marchandises et les fiches de délivrance des permis de coupe réalisés durant le tour, ce qui lui permettra d'ajuster ses actions pour le tour suivant.

11.3.1.3 Débriefing en fin de partie

En fin de partie, une discussion est engagée avec l'ensemble des participants pour évaluer la pertinence de la simulation qui vient d'être jouée vis-à-vis des objectifs individuels et de

l'objectif commun de la filière. Pour cela, trois indicateurs liés à la pérennité de la filière sont « dévoilés » aux participants :

- le niveau d'approvisionnement de Bamako sur les cinq tours joués ;
- l'état de la ressource sur les différents sites d'exploitations en début de séance et en fin de séance ;
- les gains des différents joueurs en fin de séance.

Le débriefing est également l'occasion de revenir sur les stratégies adoptées par les acteurs et d'en comprendre avec eux les déterminants. Par ailleurs, des entretiens individuels ont également été organisés après la première partie jouée avec les acteurs, de manière à recueillir leur perception du jeu. L'

Encadré 9 reprend quelques commentaires illustrant cette perception. Cette évaluation a été supervisée par F. Bousquet, chercheur au CIRAD et membre du collectif de chercheurs COMMOD[38] spécialisés en modélisation d'accompagnement.

11.3.2 Utilisation du jeu comme outil de validation et de révélation des stratégies des acteurs

Durant les discussions finales, les participants se sont autant appuyés sur les résultats de la partie que sur leur expérience réelle pour étayer leur point de vue et donner leur avis sur le fonctionnement de la filière et les comportements des participants. Ce rapprochement qu'effectuent les participants entre le jeu et le monde réel favorise la confrontation des idées tout en restant dans un simulacre de la réalité permettant une certaine liberté d'expression (Daré, 2005)[39]. Cela démontre l'intérêt du jeu DJOLIBOIS comme moyen de révéler des stratégies souvent tacites et non révélées par les enquêtes.

Comme en attestent les réactions rapportées dans l

Encadré 9, le jeu a globalement été perçu comme un bon reflet de la réalité. Certains commerçants se sont même étonnés de la connaissance approfondie que nous avions de leur comportement. Seul un agent de l'administration forestière (directeur du contrôle forestier de la région de Bamako) s'est plaint du manque de réalité et aurait souhaité jouer avec de vrais billets, sur un vrai terrain.

---

[38] Collectif ComMod. 2006. Modélisation d'accompagnement. In Amblard F.et Phan D. (eds). Modélisation et simulation multi-agents: applications aux sciences de l'homme et de la société. Londres, Hermes sciences, 217-228

[39] Dans sa thèse, Daré (2005) montre que les jeux de rôles du type de Djolibois possèdent un pouvoir réflexif faisant entrer l'habitus des acteurs dans le jeu et permettant de révéler les relations sociales entre les individus au travers du jeu, le débriefing occupant un rôle central dans ce processus de révélation.

Question : Qu'est ce qui vous a paru réaliste/irréaliste ?

Kady (rôle commerçante / profession commerçante): « Mais comment savez-vous tout cela ? »

Lassin (rôle producteur / profession commerçant) : « Oui c'était très réaliste. Tout le jeu était très réaliste : la manière dont les grossistes vendent le bois et le charbon, les images de la forêt qui change, les prix étaient réels, les différences entre la zone contrôlée et incontrôlée. »

Mah (rôle commerçante / profession commerçante): « La seule chose non réelle c'était les faux billets et le fait que les quotas soient respectés. »

Mamoutou (rôle producteur / profession producteur) : « Les différences entre zones (contrôlées et incontrôlées) et le pot-de-vin aux agents forestiers pour empêcher d'être taxé m'ont paru réaliste ».

Fousseini (rôle commerçant / profession agent forestier) : « c'était très réaliste, après le jeu j'ai appelé le président de l'association des commerçants transporteurs de Bamako pour imaginer son rôle. Il est partant ! »

Question : Qu'est ce qui vous a plu ou gêné ?

Lassin (rôle producteur / profession commerçant) : « Des fois la DNCN dormait, des fois elle était très réactive. Dans la réalité ça arrive, mais là, c'était automatique. »

Mah (rôle commerçante / profession commerçante): « On a beaucoup discuté. On a ri. A chaque fois que la DNCN réagissait c'était normal car il y avait un manque de charbon. » (NDLR : Le fait que chaque action soit systématiquement justifiée a été très marquant pour elle).

Abdoulaye (rôle producteur / profession producteur) : « Tout ce qui se passait dans la salle (y compris les erreurs des autres) avait un intérêt ».

Encadré 9. *Recueil des perceptions du jeu par les acteurs*

Les informations collectées en cours de partie par les animateurs de jeu, côté ville et côté campagne, sont stockées sur ordinateur au fur et à mesure de leur acquisition (demandes de productions, ventes en ville, prix pratiqués,…). Ainsi, **non seulement le jeu permet une observation *in vitro* des comportements, mais il permet également une analyse métrique *a posteriori* du fonctionnement de la filière et des stratégies des acteurs**.

Djolibois, par sa durée (une séance comporte deux parties d'une demi-journée, soit une journée) et par le nombre important d'acteurs (14 au minimum), est un jeu très riche d'enseignements dans deux grands domaines : les stratégies individuelles et collectives des acteurs, et le rôle de l'information dans le comportement des acteurs. La grille d'analyse rappelée dans le Tableau 30 est un exemple des traitements possibles a posteriori d'une partie.

En matière de comportements dans l'espace, le jeu permet d'analyser entre autre :

- les effets de la distance sur la fréquentation des commerçants et la mobilité des producteurs ;
- les effets de la segmentation par axe de l'espace sur les choix des commerçants et les comportements d'entraide des producteurs ;
- la concentration spatiale des prélèvements et son évolution au cours du temps;
- les phénomènes de compétition et les stratégies induites, notamment les processus de fidélisation ou de regroupement.

11.3.3 Enseignements du jeu en matière de stratégies commerciales et de comportement des acteurs

Trois séances de jeu, d'une journée entière chacune, ont été jouées. Chaque séance a regroupé 15 acteurs de la filière et 5 animateurs (chercheurs du CIRAD et partenaires maliens), soit près de 50 personnes sur les trois jours. Les acteurs ont été choisis selon leur degré de représentativité dans la filière. Le jeu s'est déroulé en français et en bambara, de manière à ne pas limiter nos choix aux seuls acteurs francophones. Chaque animateur francophone était assisté d'un « traducteur » malien formé au jeu. Des photos illustratives de ces parties sont données sur la Planche 11.

Ces parties ont permis de tirer les enseignements suivants en matière de stratégies commerciales :

-

Critères	Indicateurs
Répartition spatiale de la pression sur la ressource	
Diversité des sources d'approvisionnements	Nb moyen de sources visitées par les commerçants à chaque pas de temps
Concentration spatiale des prélèvements	Indice de Gini* sur la production finale par site
Répartition des revenus et performances économiques	
Gains	Somme des gains
Régularité des gains	Coefficient de variation des gains par pas de temps
Répartition au sein des producteurs	Indice de Gini sur les gains par acteurs
Répartition au sein des commerçants	Indice de Gini sur les gains par acteurs
Répartition entre les deux groupes d'acteurs	Rapport gains entre les 2 groupes
Comportements de groupe	
Les accords / entraides entre producteurs	Nb et types d'accords observés
Les accords / entraides entre commerçants	Nb et types d'accords observés
Les accords / entraides entre commerçants et producteurs	Nb et types d'accords observés
Stratégies spatiales des commerçants	
Le poids des habitudes	Nb de changements de sites entre pas de temps
Le poids des axes	Nb de changements d'axes entre pas de temps
Le poids de la distance	Courbe de production en fonction de la distance

* rappel du calcul de l'indice de Gini (G) :

$$G = 1 - \sum_{i=0}^{k-1} (Y_{i+1} + Y_i)(X_{i+1} - X_i)$$

avec : K = nb de sites ;
Y = Part cumulée de la production (revenus ou nb de sacs) ;
X = Part cumulée de la population (ici le nombre de sites).

Tableau 30. *Exemple de grille d'évaluation des résultats d'une partie de Djolibois*

11.3.3.1 La fidélisation des producteurs

C'est sans doute le comportement révélé[40] le plus important du jeu. Dans les conditions jouées et surtout dans une situation où les producteurs ne sont pas *a priori* organisés collectivement, une des conditions de réussite est la création de liens fidèles entre commerçants et

[40] On entendra ici par comportement révélé, une pratique non définie par les règles du jeu, qui émerge donc du jeu des acteurs. Dans le cas présent, la fidélisation avait été certes révélée sur le terrain par l'observation des transactions entre commerçants et producteurs, mais n'avait pas été expressément introduite dans le jeu.

producteurs. Ces liens peuvent même aller jusqu'à la mise en dépendance totale du producteur par le commerçant. Les stratégies de fidélisation observées dans le jeu comme sur le terrain sont variées. Elles peuvent aller des simples petits cadeaux en nature (le commerçant apporte des produits de la ville difficilement disponibles à la campagne), jusqu'à l'achat à l'avance d'une partie de la production (le commerçant avance alors une partie de la production future), en passant par des services rendus (hébergement d'un proche, transport, etc.). Pour le commerçant, la fidélisation répond à un objectif d'optimisation de son déplacement sur un faible nombre de sites où il est sûr de disposer de la quantité et de la qualité des produits dont il a besoin.

Mais ces stratégies ne fonctionnent pas toujours et il n'est pas rare de rencontrer dans la réalité, comme dans le jeu de rôles, des commerçants abandonnés par leurs fournisseurs car ces derniers ont trouvé plus offrant, ou car ils ont du faire face à des besoins urgents d'argent et n'ont pu ainsi attendre la venue du client « attitré ». L'augmentation de la concurrence entre les commerçants du fait de la démocratisation de la filière crée une fracture observée entre les commerçants expérimentés disposant d'un réseau de producteurs fidèles assurant un approvisionnement régulier, et les commerçants « novices » n'en disposant pas et victimes d'une plus grande irrégularité dans l'approvisionnement.

Outre les irrégularités d'approvisionnement, la fidélisation permet également de limiter les variations de prix d'achat en réduisant la concurrence. Elle permet notamment comme le montre le Tableau 31 de modérer les hausses en saison des pluies lorsque le nombre de producteurs se réduit et que la concurrence devient plus forte.

Fournisseur	Prix d'achat en saison sèche (FCFA/kg)	Prix d'achat en saison des pluies (FCFA/kg)
Producteur sur son lieu de production	21.2	29.8
Intermédiaire de vente en village	35.0	45.0
Producteur localisé sur une foire hebdomadaire	24.1	33.2

Tableau 31. *Prix d'achat du charbon en milieu rural selon le type de fournisseur*

11.3.3.2 Le regroupement des producteurs

La demande de regroupement a été observée sur le terrain et dans le jeu de rôle. Les producteurs sont conscients, notamment avec le développement des marchés ruraux, qu'en se regroupant ils peuvent mieux imposer leurs prix et leurs conditions aux commerçants urbains.

L'observation du déroulement d'une vente sur la foire de Markacoungo est en cela exemplaire : tant que les producteurs sont restés solidaires, le prix n'a pas baissé. Dans le jeu de rôle, lors de deux parties sur trois, les producteurs d'un axe se sont unis pour imposer aux commerçants un prix unique. Même si cet accord n'a pas toujours été respecté, le souci de création d'une communauté a bien été révélé.

Les marchés comme les foires offrent cette facilité. Les producteurs se renseignent sur les prix pratiqués par les voisins et peuvent ainsi plus facilement faire face aux pressions des commerçants. Comme cela a été observé, cette demande peut même aboutir à une organisation commune des ventes orchestrée par un responsable des ventes qui négocient avec les commerçants, au nom des producteurs.

11.3.3.3 La quête individuelle des commerçants

Au cours du jeu, les commerçants ont eu des comportements beaucoup plus individualistes que les producteurs. Aucune entraide, aucun accord, aucun groupement n'ont vu le jour. Même lorsque certains commerçants se sont trouvés dans l'impossibilité financière de louer seuls un camion, aucun d'entre eux n'a eu le réflexe de partager un moyen de transport avec un collègue et, inversement, aucun collègue ne s'est proposé pour les aider. Ces observations recoupent celles faites sur le terrain. Si une certaine forme d'entraide existe sur les marchés de vente à Bamako, la collecte reste un acte individuel. La location à plusieurs d'un moyen de transport n'est pas une stratégie volontaire mais une contrainte subie.

11.3.3.4 La visibilité des producteurs

Cette demande exprimée et identifiée dans les enquêtes (cf. *supra*) a également été validée lors du jeu de rôle. En effet, une variante du jeu a été jouée en offrant d'une part aux producteurs la possibilité de venir afficher leur prix de vente et l'état de leur forêt « en ville » , et d'autre part aux commerçants d'afficher les sites dans lesquels ils se rendaient le plus.

Dans cette partie, les producteurs ont régulièrement mis à disposition leur information sur les prix et la qualité de leur produit tandis qu'à l'inverse, les commerçants ont quant à eux rapidement pris le parti de ne pas renseigner la communauté sur les lieux qu'ils fréquentaient. Le résultat est que la possibilité offerte aux producteurs de promouvoir leur produit en affichant leur prix leur a ainsi ouvert la possibilité de toucher plus de commerçants et donc de sortir des liens de dépendance étroits qui s'étaient créés. Les négociations entre acheteurs et vendeurs ont alors été plus dures, mais les commerçants se sont adaptés aux nouvelles règles. Au final,

les commerçants ont financièrement plus gagné dans ce scénario de variante, et les producteurs également.

11.3.3.5 Le peu de prise en compte du coût du transport

Djolibois a mis en évidence le manque de prise en compte du coût du transport dans les stratégies spatiales. Bien que reflétant le plus fidèlement possible la part de ce coût dans leur chiffre d'affaires, ce critère n'a jamais été déterminant dans les choix d'approvisionnement des commerçants urbains. En revanche, le temps de déplacement et les errements de certains joueurs à chercher désespérément des produits a joué un rôle beaucoup plus important dans leurs quêtes de bois. Cet élément essentiel sera repris plus avant dans le chapitre consacré à la métrique de la distance.

A cette étape du processus de modélisation, en combinant préférences exprimées et préférences observées, nous avons pu dégager les faits stylisés expliquant le mieux les comportements des acteurs et la formation des flux. L'étape suivante a consisté à choisir les entités spatiales les plus pertinentes au regard de ces comportements, et à caractériser ces entités en termes d'émissivité et d'attractivité.



Un producteur en attente de commerçants

Des négociations animées entre commerçants et producteurs





Les commerçants vendent en ville



Un poste de contrôle débordé

La solitude de l'administration forestière

Planche 11. *Illustrations de deux parties de Djolibois jouées en décembre 2006 et avril 2007*

12. Construction du modèle et résultats

12.1. Les entités spatiales en interaction

Comme nous l'avons longuement souligné auparavant, l'exploitation à des fins commerciales se raisonne de plus en plus dans les limites du village. Les conflits territoriaux entre villages voisins générés par la coupe du bois en attestent. De la même façon, les étrangers au village ont de plus en plus de mal à obtenir des autorisations de couper. Les bûcherons ou charbonniers urbains ne trouvent pratiquement plus de lieux de coupe. Et lorsqu'ils y parviennent, leur production est incendiée par les villageois comme ce fut le cas dans les monts mandingues dans les années 2000. Les migrants occupent de moins en moins de place dans la production, qui est passée dorénavant aux mains des villageois autochtones. Cette volonté de s'approprier les ressources peut même aller jusqu'à créer des clivages au sein des villages, voire même jusqu'à l'exclusion de certains hameaux jugés non légitimes.

Au vu de cette appropriation croissante des ressources forestières au niveau villageois, le village apparaît comme un niveau d'agrégation pertinent pour exprimer les préférences des producteurs, comme celles des commerçants. Exprimer les flux à ce niveau permet également de tirer partie des enquêtes flux réalisées par la CCL en 1989, 1994 et 2000. **Les villages que nous modéliserons sont alors les villages de vente du bois-énergie**, c'est-à-dire les villages dans lesquels les producteurs apportent leurs produits pour les mettre sur le marché et où les commerçants urbaines viennent les collecter. **Ce ne sont donc pas nécessairement des villages de production**.

Cependant, le village n'est pas une entité administrative reconnue par l'Etat Malien et ses limites ne sont pas cartographiées. Les limites sont liées à l'extension des terres du village jusqu'aux bordures des terres des villages voisins. Comme nous l'avons vu précédemment, dans l'organisation classique d'un village africain, les zones les plus riches en bois (les brousses) sont situées à la périphérie du terroir. Elles matérialisent les limites floues inter-villageoises. Dans le modèle proposé, nous ne considèrerons pas le niveau infra-villageois. Nous assimilerons donc la « zone de production » à l'ensemble du territoire d'un village et nous supposerons que la ressource exploitable pour chaque village se limite aux formations arborées présentes dans ses propres limites.

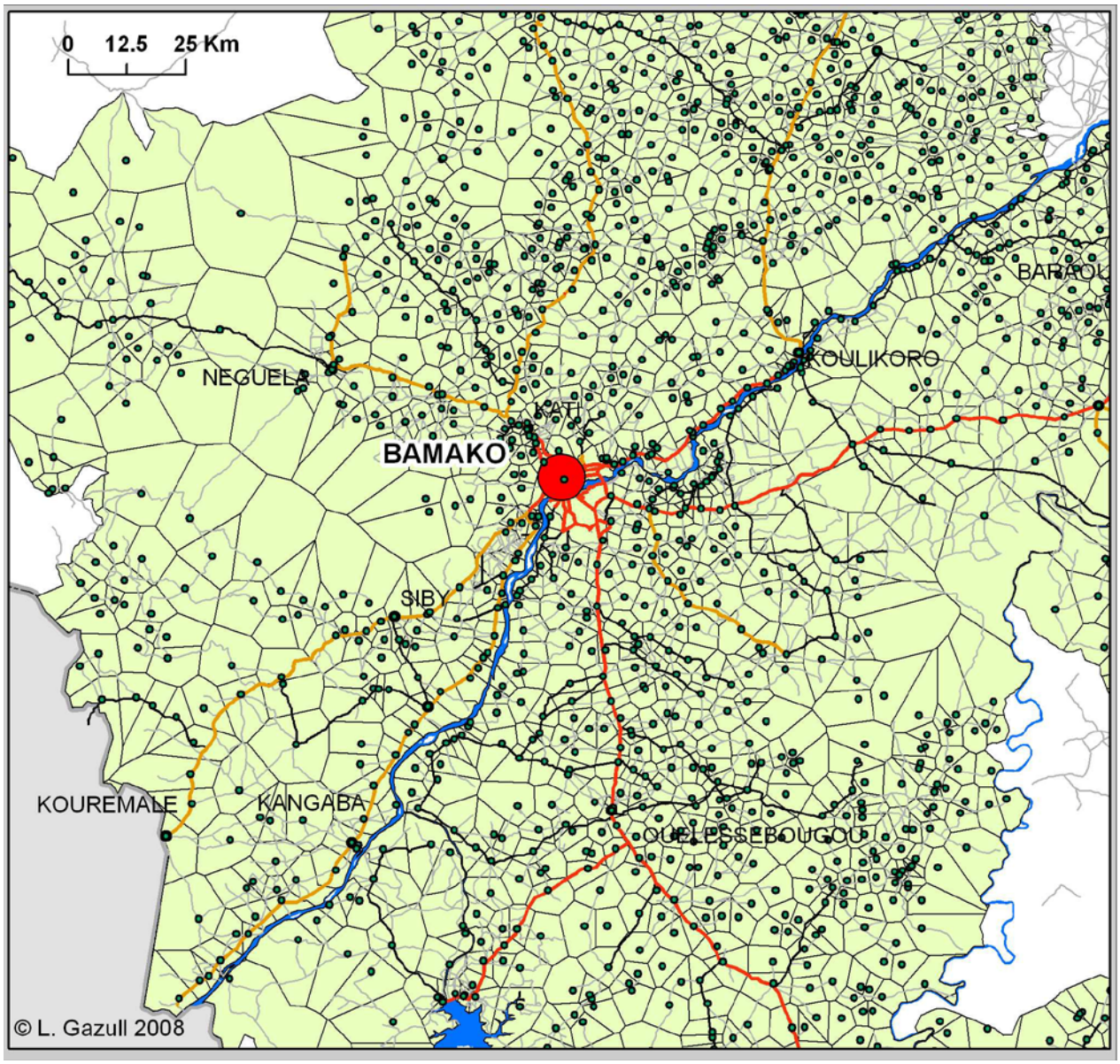
Afin d'affecter une surface aux villages et ainsi de pouvoir leur affecter une ressource forestière potentiellement exploitable, il a été nécessaire de créer artificiellement un maillage villageois du territoire en construisant les polygones de Voronoï associés aux centres des villages. La population n'a pas été considérée dans cette construction. Le diagramme obtenu est purement géométrique et suppose que la limite entre deux villages correspond à la médiatrice du segment reliant leurs centres. La Carte 18 illustre ce maillage autour de Bamako.

A l'autre bout de la chaîne d'interaction, s'est posé le problème de la représentation spatiale de la ville demandeuse. La ville est une composition de marchés urbains dont la position n'est sans doute pas sans impact sur les préférences spatiales des commerçants. On a vu notamment que le développement de la ville au Sud a entraîné une orientation des flux également vers le Sud. Cependant, dans un premier temps, nous avons choisi de ne pas considérer ces niveaux infra-urbains, en grande partie car les enquêtes flux renseignent sur le village d'origine et sur l'axe d'entrée à Bamako, mais pas sur le marché urbain de destination.

Dans le premier modèle proposé, **Bamako est donc considérée comme un marché unique** et la demande est considérée comme non différenciée en son sein. Dans un second modèle (cf. chapitre 12.6.2), nous considérerons les liens existants entre la position des destinations intra-urbaines supposées et les axes d'approvisionnements.

12.2. Les attributs des villages de vente

Dans un premier temps, la demande étant supposée émaner d'un marché unique, le modèle d'interaction est un modèle gravitaire à origine unique, de type contraint par la demande. **L'expression du modèle est avant tout une expression de l'attractivité des destinations à la fois pour les producteurs ruraux qui viennent y vendre, que pour les commerçants urbains qui viennent y acheter**. Cette attractivité dépend d'attributs non spatiaux (ressource, population, type de points de vente) et d'attributs spatiaux (organisation spatiale, taille).



Carte 18. *Les limites villageoises modélisées par la technique des polygones de Voronoï.*

–

12.2.1 Attributs non spatiaux

Le choix de ces attributs a été effectué essentiellement en tenant compte des préférences exprimées et observées des acteurs, mais également en fonction des données disponibles et quantifiables.

- **le stock** de bois sur pied. Ce facteur rend compte de la quantité potentielle qu'un village peut produire. Il est calculé pour chaque village comme la moyenne du NDVI (calculés sur les images LANDSAT - cf. Partie I), multiplié par la surface du village. Ce facteur n'a donc pas d'unité. Il est proportionnel à la biomasse présente du village mais, faute de mesures au sol, il ne peut être exprimé en Tonnes de bois.
- **la population** du village. Ce facteur rend compte à la fois de la force de travail disponible, donc de la quantité de production potentielle, et de la visibilité du lieu. En effet, plus un village est important, plus il a de chances d'être connu.
- **la présence d'un marché rural** de bois-énergie. Le marché rural est à la fois un lieu de vente organisé et un espace où les taxes sont moins élevées. Mais en contrepartie, ces espaces sont également plus contrôlés par l'administration. C'est donc à la fois un facteur d'attraction et de répulsion. Mais ce facteur d'attraction/répulsion devra être interprété avec précaution. En effet, les marchés ruraux ont été majoritairement mis en place dans des villages qui produisaient déjà énormément de bois. Ce critère d'abondance était un des critères prioritaires de sélection des marchés par la CCL (CCL, 1998). L'objectif était alors d'amener les producteurs de ces villages à mieux gérer leur forêt et à mieux s'organiser. Ils bénéficiaient déjà d'une situation et d'une visibilité historiques. Il sera donc difficile de faire la part de ce qui est du ressort d'une forme d'organisation, d'une baisse des taxes et de la visibilité historique.
- **le type de point de vente**. Comme nous l'avons vu, le type d'organisation du point de vente est un élément déterminant de sa fréquentation, aussi bien par les commerçants que par les producteurs. Les points de vente ont été classifiés en quatre catégories[41] : 0/ villages sans organisation particulière ; 1/ villages disposant d'un marché hebdomadaire local ; 2/ villages disposant d'une foire hebdomadaire

[41] Cette catégorisation est issue en majeure partie du travail de reconnaissance des foires hebdomadaires effectuée par Gwenaelle Raton pour sa thèse de géographie en cours à l'université Paris I Paris La sorbonne.

accueillant des marchands forains bamakois; 3/ villages périurbains disposant d'un marché quotidien.

12.2.2 Attributs spatiaux

Le choix de ces attributs a été effectué essentiellement en fonction des comportements spatiaux des commerçants et des producteurs.

- **le nombre d'opportunités alternatives** sur le trajet entre Bamako et le village de destination. Ce facteur est estimé par le nombre de villages rencontrés sur le trajet. Il rend compte des possibilités alternatives que le commerçant rencontre pendant son déplacement jusqu'au village de destination. Mais il rend compte également des possibilités qu'a le commerçant de trouver, pendant son trajet retour, de quoi compléter son chargement en cas d'insatisfaction. C'est donc à la fois potentiellement un facteur de répulsion et d'attraction.
- **le nombre de postes de contrôle forestier** sur le trajet entre Bamako et le village de destination. Il rend compte des tracasseries qu'aura à rencontrer le commerçant. C'est donc *a priori* un facteur de répulsion.
- **la distance à la route praticable la plus proche.** Plus les producteurs sont près d'une route praticable et fréquentée, plus ils sont visibles des commerçants, et moins la mise sur le marché est pénible.

12.3. La métrique de la distance

Dans la plupart des modèles existants, comme dans le modèle de von Thünen, l'éloignement entre la ville et les zones de production est mesuré par le coût du transport. Selon la Direction Nationale des Transports Terrestres du Mali, ce coût du transport est proportionnel à la distance.

Les tarifs officiels de références au départ de Bamako, pour une desserte régionale, s'élevaient en 2000 à 13.4 FCFA/voyageur-km pour le transport de voyageurs et 29.5 FCFA/T-km pour le transport de marchandises. Ces tarifs sont, en théorie, modulés à la hausse lorsque l'itinéraire emprunte des routes en terre ou des pistes saisonnières. Mais, en pratique, le coût du transport du bois se compose de trois éléments :

1. un coût forfaitaire journalier de location du camion et de son chauffeur ;
2. un coût proportionnel à la valeur monétaire du chargement. Le coût de transport du charbon de bois (vendu environ 100 FCFA/kg à Bamako) est ainsi 2,5 fois plus élevé que celui du bois (vendu environ 27 FCFA/kg à Bamako) ;

3. un coût proportionnel à la distance et à l'accessibilité du site.

Sur le terrain, il est très difficile de faire la part de ces trois facteurs. Le coût du transport est donné par les transporteurs pour un site donné et ce coût intègre l'ensemble de ces trois éléments. Les enquêtes auprès des commerçants collecteurs mettent en évidence que le coût pondéral du transport de charbon est pratiquement le même quelle que soit la distance parcourue entre 100 et 300 km (cf. Figure 45). Ce coût s'élève en moyenne à 15 FCFA/kg, ce qui pour une distance de 100 km revient à 150 FCFA/T-km soit 3 à 5 fois plus cher que les tarifs pratiqués pour les autres marchandises (source Observatoire des Transports 2000). Le coût forfaitaire journalier est donc très largement supérieur aux coûts proportionnels à la distance. Aussi, **l'hypothèse d'un coût de transport variant linéairement avec la distance n'a pas été retenue**.

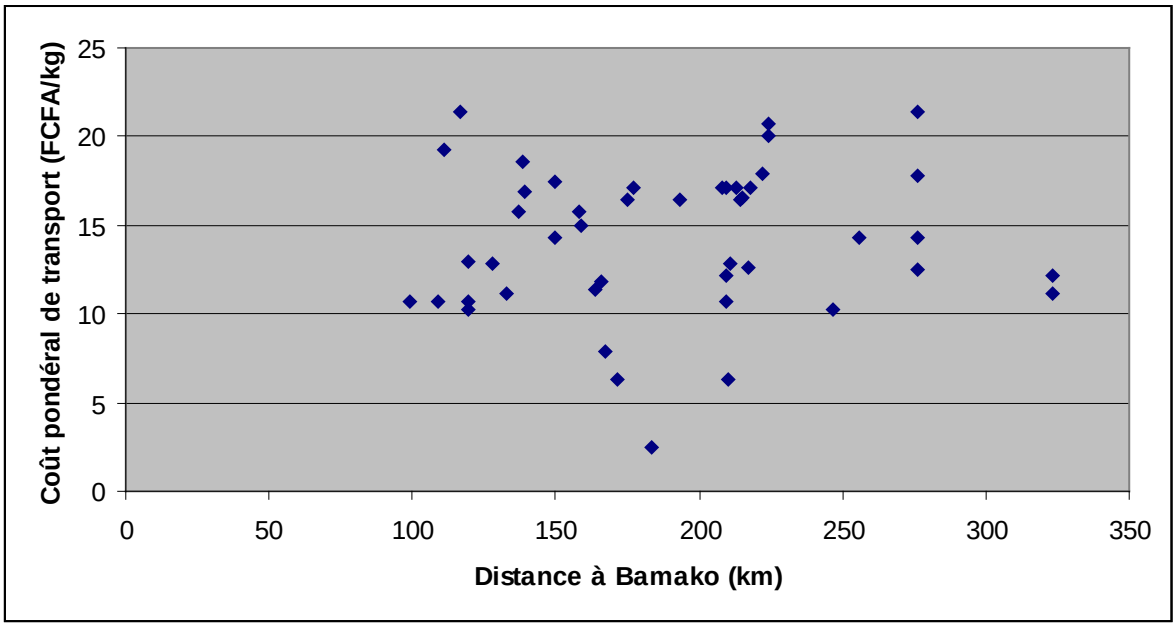


Figure 45. *Evolution du prix de transport du charbon en fonction de la distance de collecte (enquêtes 2005 auprès de 232 commerçants urbains)*

A la notion de distance-coût, nous avons donc préféré celle de distance-temps. En effet, ce facteur apparaît comme un élément beaucoup plus déterminant des choix des commerçants. Avec la démocratisation de la filière, la commercialisation s'est féminisée. Les commerçants sont en majorité des commerçantes qui, comme toutes les femmes d'Afrique de l'Ouest, doivent assumer également les charges domestiques. Il leur est très difficile, voire interdit, de passer une nuit en brousse pour collecter le bois. La tournée de collecte doit donc être la plus courte possible dans le temps et doit nécessairement être faite dans la journée.

Calcul de la distance-temps à Bamako

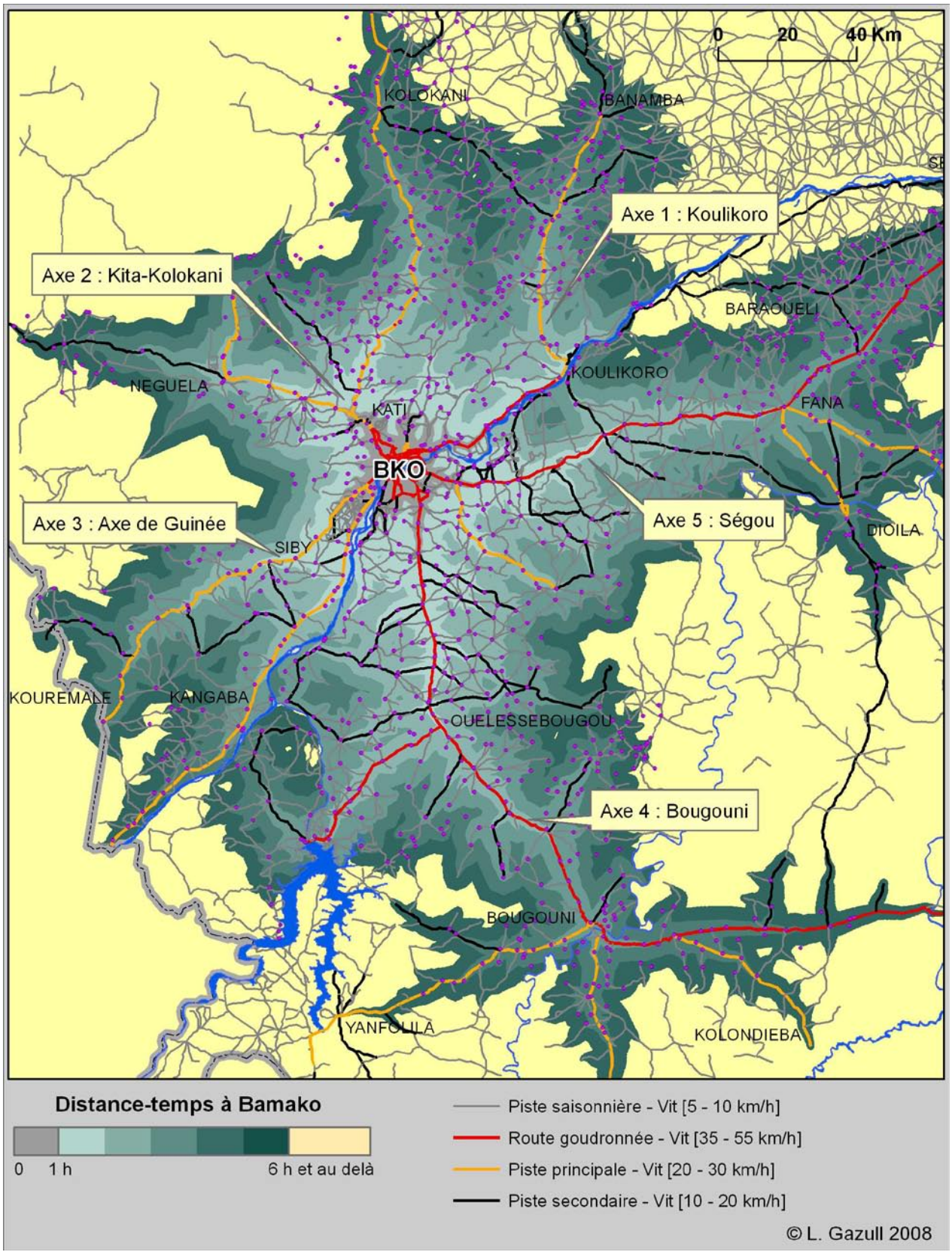
La distance-temps entre Bamako et tout point de l'espace a été calculée sous ArcMap 9.2 (© ESRI) selon la technique classique des cheminements de moindre coût (COSTPATH analysis). Cette technique nécessite la construction préalable d'une **surface de friction**. Cette dernière définit en tout point de l'espace le coût maximal de franchissement de l'espace.
Dans le cas présent le coût a été assimilé à un temps de franchissement. Ce dernier est estimé à partir des vitesses maximales de déplacement chronométrées par nos soins. Ces vitesses dépendent de la praticabilité de la surface.

Type de surface	Vit. max (km/h)
Route bitumée	35 – 55
Route en terre	20 – 30
Piste en terre accessible aux transports motorisés	10 – 20
Piste en terre accessible non accessible aux transports motorisés	5 - 10
Autre espace naturel ou cultivé	4
Fleuve	0

La surface de friction est obtenue par un maillage régulier de l'espace au pas de 100m. A chaque maille est affectée une vitesse maximale de déplacement, et donc un temps maximal de franchissement. Les mouvements latéraux ou verticaux produisent un temps égal à la valeur de la friction unitaire et ceux en diagonale sont 1.41 fois plus importants afin de prendre en compte le rapport des distances.

Le déplacement de moindre temps entre deux points correspond au cheminement dont la somme des frictions est minimale. **La distance-temps** entre deux points correspond à la somme des temps de franchissements selon le déplacement de moindre temps.

Encadré 10. *Méthode de calcul de la distance-temps entre Bamako et tout point l'espace*



Carte 19. *Distance-temps à Bamako*

Cette contrainte fixe les limites du voyage aller à environ 5,5 heures et détermine l'ensemble de choix des villages.

A partir de nos visites de terrain, et d'un chronométrage de nos trajets sur les différentes pistes et routes du bassin d'approvisionnement, nous avons attribué à chaque axe routier une vitesse moyenne de déplacement. Nous avons ensuite calculé pour chaque village le temps minimum pour rallier la capitale. Cette distance-temps présente également l'intérêt d'intégrer les difficultés d'accès aux villages. Les pistes saisonnières se voient affecter des vitesses de déplacement équivalentes à celle d'une charrette à âne (environ 4 km/h).

La méthodologie suivie est détaillée dans l'Encadré 10. La Carte 19 illustre ces distances et délimite les quelques 1300 villages situés à moins de 5.5 heures de Bamako.

12.4. Données et méthodes statistiques utilisées

Les données d'ajustement utilisées sont les résultats des enquêtes de trafic de 2000 agrégés au niveau des villages et synthétisés à l'échelle de l'année (les flux recensés sur une semaine sont extrapolés sur l'année). Cette manipulation est sans doute abusive mais elle n'introduit pas de biais statistique et permet d'obtenir des chiffres plus parlants qu'à l'échelle de la semaine.

Il convient également de rappeler que les quantités relevées dans ces enquêtes sont très incertaines. Elles ne proviennent pas d'une pesée systématique des véhicules. Elles ont été soit estimées au jugé par l'enquêteur, soit recalculées par nos soins en fonction du type de véhicule relevé et des contenances approximatives observées. Or, les camions ne sont pas toujours remplis de la même façon, les sacs de charbon et les fagots de bois ne sont pas des produits standardisés et ont des poids très variables, les contenus sont souvent cachés aux yeux des enquêteurs sous d'autres marchandises, enfin, le contenu des camions est souvent apprécié « à la volée » car les chauffeurs ne s'arrêtent pas toujours aux postes de comptage.

Les flux modélisés sont les flux agglomérés de bois et de charbon. Nous ne ferons pas la distinction entre ces deux produits et les flux de charbon seront ramenés en Tonnes eq. bois par an avec la correspondance : 1kg de charbon = 7 kg de bois. En effet, même si les filières diffèrent quelque peu, les préférences des acteurs seront considérées communes aux deux commerces.

Enfin, il convient de garder à l'esprit que ces données renseignent sur les sites de chargement des produits et non sur les sites de production. En l'état, **le modèle prédit donc des flux collectés et non des flux produits**. Le passage des sites de collecte aux sites de production nécessiterait l'application d'un modèle supplémentaire de diffusion à partir des lieux de collecte. Ce travail a été ébauché dans mon DEA (Gazull, 2003a) mais devant l'absence de données de calage, il ne sera pas repris.

Toutes ces précisions étant faites, nous considèrerons que les villages recensés en une semaine sont représentatifs de la population totale des villages exportant du bois-énergie et que les manques de localisation n'introduisent pas de biais statistique. Autrement dit, la distribution des manques est considérée identique à celle des villages renseignés.

Pour approcher les flux selon la formalisation retenue, nous avons utilisé le modèle de régression de Poisson introduit par Aitkin et Flowerdew (Aitkin et Flowerdew, 1982). Cette méthode est classiquement utilisée pour inférer des décomptes et a été largement éprouvée pour modéliser des flux de marchandises (Debrie et Guerrero, 2008 ; D'aubigny *et al.*, 2000). Les flux sont alors assimilés à des évènements discrets (des chargements roulants par exemple) qui se succèdent dans le temps. Parmi ses nombreux avantages, cette méthode permet notamment de prendre en considération les flux nuls dans l'ajustement du modèle ce qui est le cas de nombreux villages non producteurs.

Dans le cas de l'application du modèle de Poisson à un échantillon de n sites de production, on fait l'hypothèse que les flux observés sur un an sont une réalisation y = (y1, y2 , …, yn) d'une variable aléatoire de loi de Poisson Y, à n composantes indépendamment distribuées, de paramètre μ = (μ1,…, μn), conditionnée par les variables explicatives X1, X2, …, Xp. Quant à la forme sous laquelle interviennent les variables explicatives, on retiendra une combinaison multiplicative de ces variables.

Mais **le modèle de Poisson pose des problèmes lorsque les données ont une très forte dispersion et/ou comptent une forte proportion de zéros**. En théorie, le modèle de Poisson suppose que la variance est égale à l'espérance et que le coefficient de dispersion est égal à 1. En présence de dispersion trop importante, le modèle Poissonnien peut alors produire des estimations biaisées des écarts types des paramètres, et selon les cas des paramètres eux-mêmes (Allain et Brenac, 2001).

Il est alors nécessaire de faire appel à des modèles de type quasi-Poisson[42] qui introduisent un paramètre de sur-dispersion τ décrivant la distorsion entre la variance et la moyenne (Zeileis *et al.*, 2008 ; Allain et Brenac, 2001).

$$\begin{cases} \mathrm{E}(Y_i) = \mu_i \\ \mathrm{var}(Y_i) = \tau\mu_i \quad \tau \geq 1 \end{cases}$$

En pratique, le modèle quasi-Poisson aboutit à des estimateurs identiques à celui de Poisson, mais les écarts-types de ces estimateurs sont augmentés d'un facteur $t^{½}$ par rapport

[42] D'autres modèles appartenant à la famille des modèles linéaires généralisés (MLN) existent pour prendre en compte la sur-dispersion et l'excès de valeurs nulles : negative binomial model, hurdle model, zero-inflated model (Cameron et Trivedi, 1998), mais ces modèles ne seront pas testés dans le cadre de nos travaux.

aux écarts-types du modèle de Poisson. Il en résulte que des variables qui apparaissent abusivement significatives dans le modèle de Poisson, peuvent ne pas l'être dans le modèle plus juste de quasi-Poisson.

L'ajustement du modèle et sa validation ont été effectués avec le logiciel GNU R[43] et plus particulièrement avec la procédure GLM propre aux modèles linéaires généralisés. Les programmes de calcul sont donnés en annexe.

12.5. Validation d'un premier modèle canonique d'interaction

Dans un premier temps, nous avons souhaité éprouver un modèle d'interaction fidèle aux hypothèses communément admises dans la littérature. Nous avons, à cet effet, volontairement ignoré les attributs relatifs à l'organisation de la vente pour ne retenir que les attributs concernant l'éloignement, l'organisation spatiale, le stock et la force de travail. Le type de point de vente sera introduit dans un second temps pour mieux en mesurer les effets.

Le modèle canonique (N°1) que nous nous proposons de valider a ainsi la forme suivante :

$$F_j = k.Stock_j^{f}.Pop_j^{g}.\exp(h.Nb_Ctrl_j).Nb_Opport_j^{l}.D_Route_j^{m}.D_BKO_j^{n}$$

La variable à expliquer est Fj, flux de bois-énergie comptabilisé sur un an entre Bamako et un village j compris dans l'ensemble des villages situés à une distance-temps limite de 5.5 heures.

k, f, g, h, l, m, n sont les coefficients d'ajustement recherchés ;

$Stock_j$: Stock de bois de j ;

Pop_j : Population de j (au dernier recensement de 1998) ;

Nb_Ctrl_j : Nombre de postes de contrôle entre Bamako et j ;

Nb_Opport_j : Nombre de villages alternatifs entre Bamako et j ;

D_Route_j : Distance entre le village j et la route praticable la plus proche ;

D_BKO_j : Distance-temps entre Bamako et j.

[43] **GNU R** est un logiciel libre de statistique. R est avant tout un langage et un environnement pour le calcul statistique et la représentation graphique. Il est une variante du langage S. http://www.r-project.org/

La procédure détaillée de validation du modèle est donnée en annexe. Nous rappelons seulement ici les étapes clés de cette validation.

12.5.1 Ajustements individuels au modèle – Villages aberrants et points leviers

Les villages de plus de 10 000 habitants ont été enlevés car ces petites villes au nombre de 11 dans le bassin d'approvisionnement répondent à des logiques totalement différentes. Elles ont leur propre aire d'approvisionnement et participent très peu à celui de la capitale malienne (2.5 % des flux).

Les problèmes d'ajustements individuels dus à des valeurs aberrantes ont été minimes. Trois villages ont néanmoins été écartés :

- le village de Keleya (2367334), car ses flux de 2000 sont visiblement sur-estimés par rapport à ceux observés en 1989 et 1994. Des erreurs dans les enquêtes sont sans doute à incriminer.
- le village de Ouellessebougou (2553705), car comme Keleya, ses flux sont anormalement forts. Ceci est d'autant plus surprenant que Ouelessebougou est une ville de 9000 habitants sans grande ressource forestière. La production y est faible et le bois-énergie commercialisé devrait, comme dans les autres villes, être capté par la population.
- le village de Dianikoro (2549229), car ses flux de 2000 sont étrangement forts par rapport à ceux observés en 1989. Les données brutes ne semblent pas concorder et il est possible que des erreurs d'homonymie se soient introduites.

L'analyse des points leviers et des distances de Cook permet de mettre en évidence qu'un village : Kassela (2501249) joue le rôle de point levier principal. Son poids est supérieur à 0.5 (cf. Figure 46). Néanmoins, il n'est pas jugé comme valeur aberrante et a donc été gardé.

12.5.2 Sélection des variables significatives

Les résultats de l'ajustement du modèle de Poisson sont consignés dans le Tableau 32. Pour notre échantillon de données, le coefficient de dispersion est égal à 3708. Nous sommes donc très nettement dans un cas de sur-dispersion et dans le cas d'une structure poissonnienne avec beaucoup de sites à moyenne faible (voir nulle). Il a donc été nécessaire d'ajuster également un modèle Quasi Poisson afin de mieux estimer la significativité des variables. L'ajustement du modèle s'est fait selon une méthode de recherche exhaustive. Ainsi toutes les combinaisons possibles de variables ont été testées.

L'analyse détaillée des résultats montre :

1. le fort poids des variables canoniques de « masse » qui caractérisent l'attractivité du village : le STOCK, et la POPulation. A elles deux, ces variables expliquent 48% de la variance (Pseudo R2 = 0 .48). Le flux est directement proportionnel au Stock et à la population (coefficients proches de 1) ;
2. le fort poids de la distance. Selon le modèle, les flux sont inversement proportionnels au carré de la distance temps à Bamako (coefficient très proche de -2). Le choix de la distance-temps comme paramètre d'éloignement semble pertinent ;
3. la quasi absence d'influence des attributs spatiaux exprimant les opportunités alternatives et le nombre de postes de contrôle : NB_CTRL et OPPORT. Leurs coefficients sont presque nuls et non significatifs ;
4. le peu de poids de la distance à la route. Le coefficient est faible et la significativité statistique également.

En ne retenant que les trois attributs les plus significatifs, le modèle devient alors

$$F_j = 1.13.Stock_j^{0.99}.Pop_j^{1.06}.Dist_BKO_j^{-1.80}$$

Pseudo R2 = 0.54

Modèle 1. *Modèle canonique (N°1) d'interaction non segmenté*

Mais ce modèle n'explique que 54% de la déviance des flux (Pseudo R2 = 0.54), ce qui laisse penser que d'autres paramètres jouent de manière significative dans l'explication des flux. Une analyse cartographique des résidus permet alors de mieux les appréhender.

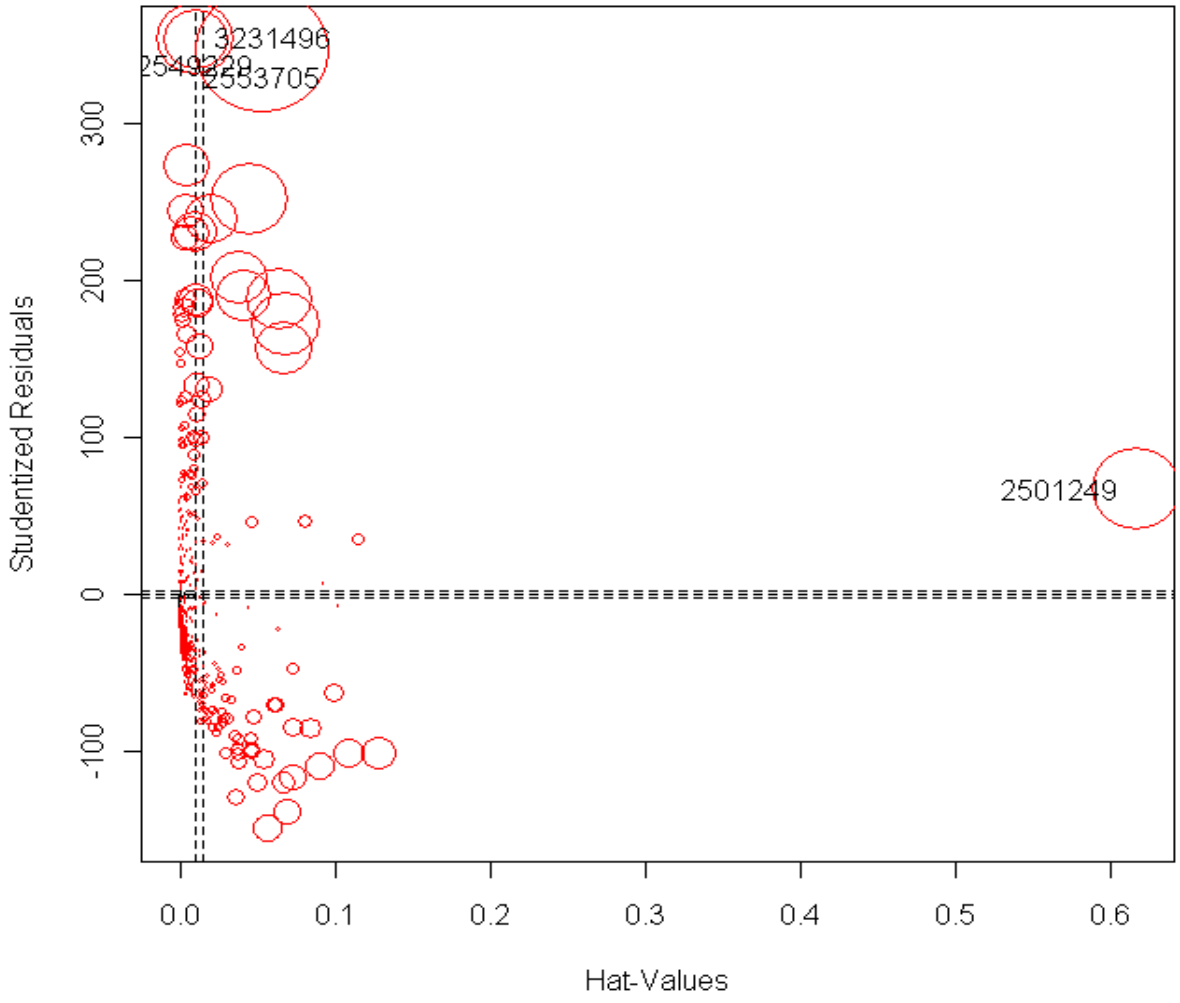


Figure 46. *Poids des observations au regard des résidus studentisés (x100). Kassela (village 2501249) apparaît comme point levier principal (la taille des cercles est proportionnelle à la distance de Cook)*

Variable		coefficient	Ecart type	z value	Pr(>|z|)	Signif
Modèle de Poisson						
(Intercept)	k	2.78	0.02	169.32	<2e-16	***
LNSTOCK	f	0.97	0.00	933.12	<2e-16	***
LNPOP	g	0.99	0.00	735.71	<2e-16	***
NB_CTRL	h	0.04	0.00	48.64	<2e-16	***
LNNB_OPPORT	l	0.30	0.00	68.64	<2e-16	***
LNDIST_ROUTE	m	-0.11	0.00	-149.50	<2e-16	***
LNDIST_BKO	o	-1.97	0.00	-425.86	<2e-16	***
Modèle Quasi Poisson						
(Intercept)	k	2.78	1.00	2.78	0.01	**
LNSTOCK	f	0.97	0.06	15.33	< 2e-16	***
LNPOP	g	0.99	0.08	12.09	< 2e-16	***
NB_CTRL	h	0.04	0.05	0.80	0.42	
LNNB_OPPORT	l	0.30	0.26	1.13	0.26	
LNDIST_ROUTE	m	-0.11	0.04	-2.46	0.01	*
LNDIST_BKO	o	-1.97	0.28	-7.00	0.00	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tableau 32. *Résultats de l'ajustement par un modèle de Poisson et un modèle Quasi Poisson.*

*(*Pseudo R2 = 1 − deviance/null.deviance = 0.54)

12.5.3 Analyse cartographique des résidus

La Carte 20 illustre la structure spatiale des résidus le splus significatifs du modèle quasi-poissonnien précédent, en fonction de la distance-temps à Bamako, et du type de point de vente.

Dans le détail, l'analyse des résidus met en évidence :

- une absence de biais systématique des résidus en fonction de la distance ;
- un effet des axes important. Cet effet est particulièrement visible sur les axes de Kita et de Kouremale où le modèle surestime systématiquement les flux ;

- une sous-estimation des flux provenant de la périphérie Nord de Bamako (Zone de Safo). Peut-être avons-nous sous-estimé les vitesses de circulation sur ces axes pourtant en mauvais état, ce qui a eu pour effet d'éloigner les villages ;
- une tendance à la sous-estimation des quantités émises par les foires hebdomadaires ;
- une surestimation systématique des villages en périphérie immédiate de Bamako. Ces villages sont maintenant intégrés à Bamako et présentent des caractéristiques de quartiers urbains, dont notamment la présence d'un marché quotidien. Même s'ils disposent encore d'un couvert forestier, ce dernier n'a plus un statut de ressource forestière exploitable pour le bois-énergie.

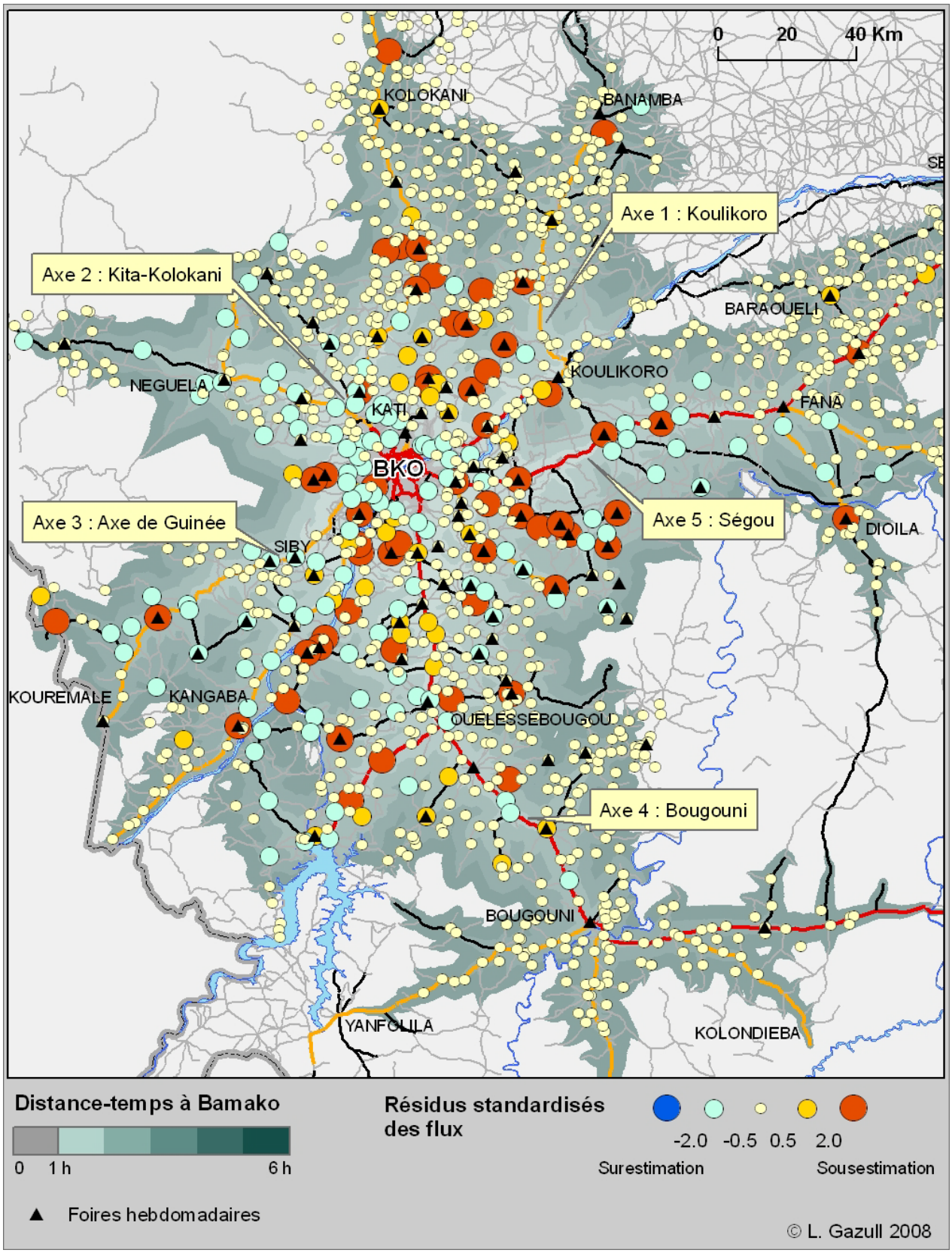
Compte tenu de l'importance de l'effet des foires et des axes, nous avons alors cherché à différencier le modèle selon ces deux caractéristiques afin d'affiner l'ajustement.

12.6. La segmentation du modèle par types de points de vente et par axes

12.6.1 La prise en compte de l'organisation de la vente

La segmentation du modèle par type de point de vente peut se faire en introduisant une variable qualitative FACT_VENTE (0,1,2,3) dans le modèle précédent ou en différenciant chaque variable selon les modalités de la vente. Cette dernière solution est intéressante lorsque les variables peuvent jouer des rôles différents selon les types de points de vente. La distance, par exemple, pourrait être un facteur attractif pour certains et répulsif pour d'autres. Après quelques tests rapides, il apparait que, quel que soit le type de point de vente, toutes les variables ont le même type d'effet avec des intensités différentes. La première solution consistant juste à introduire un facteur qualitatif est alors plus aisé et surtout plus facilement interprétable.

A ce facteur nous avons également ajouté le facteur Marché Rural (MARCH_RUR ou MR) qui renvoie à la fois au type d'organisation de la vente et à un faible niveau de taxation.



Carte 20. *Résidus standardisés des flux 2000 selon le modèle canonique 1*

12.6.2 La segmentation par axe

Outre l'introduction dans le modèle d'un facteur FACT_AXE rappelant l'appartenance du village à un sous bassin d'approvisionnement (cf Partie I), la segmentation par axe nécessite également de prendre en compte le lien étroit qui existe entre la localisation urbaine des commerçants et les axes d'approvisionnement.

Les enquêtes effectuées auprès des collecteurs sur les 50 marchés urbains permettent de mettre en évidence ce lien rappelé dans la Figure 47 et le Tableau 33. D'une manière générale, chaque axe alimente préférentiellement, voire exclusivement, la commune situé géographiquement à son exutoire. Ainsi, l'axe de koulikoro (Axe 1) alimente la commune 1 ; l'axe du Nord de Kita-Kolokani (axe 2) alimente la commune III ; l'axe de la Guinée (axe 3), la commune IV ; l'axe du sud (axe 4) les communes V et VI situés au sud ; et seule exception à la règle, l'axe de Ségou (axe 5), historiquement le plus important alimente non seulement le sud de Bamako, mais surtout le centre commercial et historique de la ville (commune II) .

Pour prendre en compte cette segmentation spatiale, nous avons partagé Bamako en cinq destinations correspondant aux destinations privilégiées des cinq axes. Bamako n'est donc plus considérée comme une destination unique. A chaque village, selon l'axe auquel il se rattache, a été associée une des cinq destinations urbaines, considèrant ainsi le déterminisme observé axe/marché de destination. Enfin, les distances-temps de chaque village à la ville ont été recalculées en tenant compte des nouvelles destinations.

	Commune - I	Commune - II	Commune - III	Commune - IV	Commune - V	Commune - VI
AXE - 1	(+) ***	(-) NS	(-) NS	(-) ***	(-) *	(-) NS
AXE - 2	(-) NS	(+) NS	(+) ***	(+) NS	(-) **	(-) *
AXE - 3	(-) **	(-) NS	(-) NS	(+) ***	(-) NS	(-) NS
AXE - 4	(-) ***	(-) NS	(-) NS	(-) NS	(+) ***	(+) *
AXE - 5	(-) NS	(+) **	(-) **	(-) NS	(+) NS	(+) NS

(+) : effectif observé supérieur à l'effectif théorique
(-) : effectif observé inférieur à l'effectif théorique
Khi² par case, codes : '***' 0.01 '**' 0.05 '*' 0.1 ' NS' 1

Tableau 33. *Tableau de contingence entre la localisation des collecteurs urbains (commune d'appartenance) et les axes d'approvisionnement.*

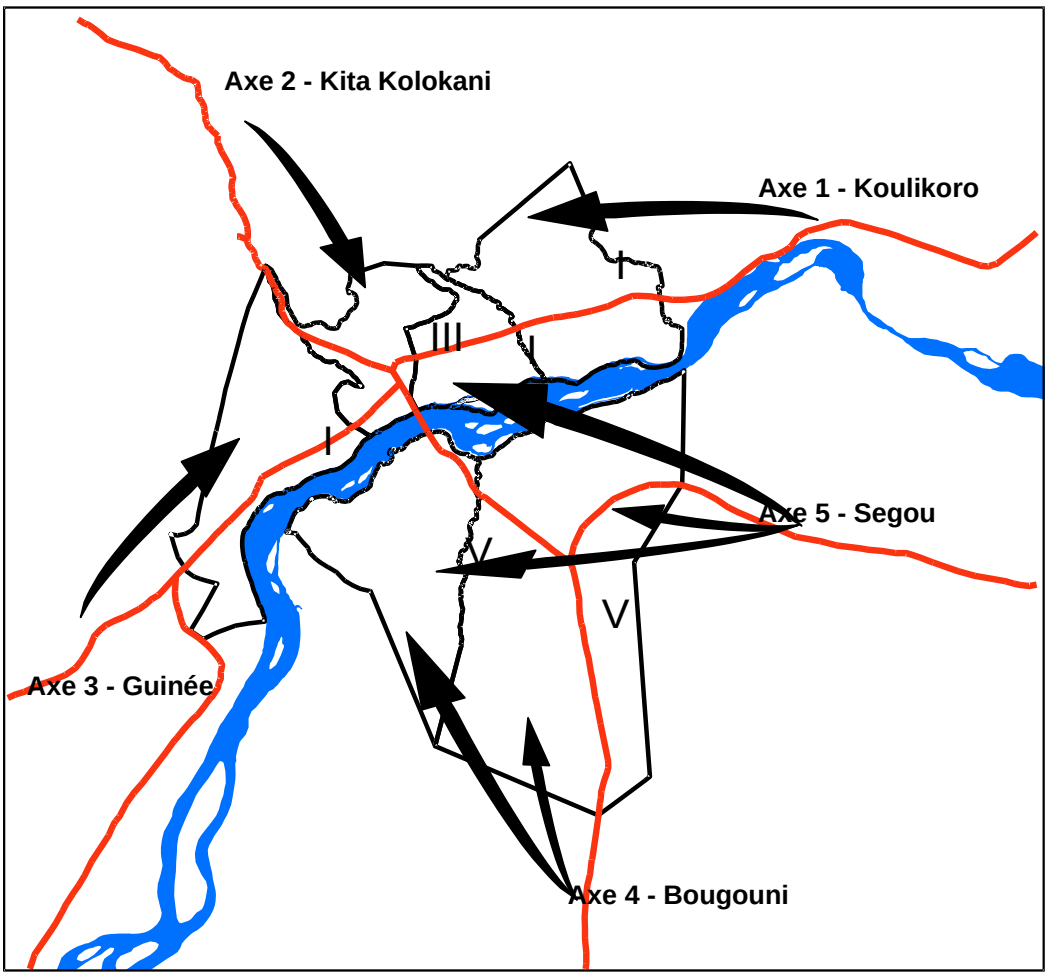


Figure 47. *Les communes de Bamako (en chiffres romains) et leurs axes d'approvisionnement privilégiés (flèches noires)*

12.6.3 Résultats

L'introduction de ces nouveaux facteurs, améliore grandement le modèle qui explique alors 74% de la déviance des flux. Cela peut paraître encore faible mais, au vu des imprécisions sur les données, notamment sur les quantités et sur la localisation exacte, c'est très satisfaisant.

Les nouveaux coefficients sont donnés dans le *Tableau 34* ci-dessous :

Variable	Coefficient	Effet	Ecart type	z value	Pr(>|z|)	Signif
(Intercept)	4.58		0.63	7.26	0.00	***
LNSTOCK	0.52		0.05	10.51	< 2e-16	***
LNPOP	0.55		0.07	8.32	< 2e-16	***
MARCH_RUR[T.0]	0.00	Ref (x1)				***
MARCH_RUR[T.1]	0.72	(x2)	0.12	5.77	0.00	***
FACT_VENTE[T.0]	0.00	Ref (x1)				***
FACT_VENTE[T.1]	1.44	(x4)	0.23	6.25	0.00	***
FACT_VENTE[T.2]	2.43	(x11)	0.15	16.02	< 2e-16	***
FACT_VENTE[T.3]	-0.38	(x0.7)	0.38	-1.00	0.32	
FACT_AXE[T.1]	0.00	Ref (x1)				***
FACT_AXE[T.2]	-0.96	(x0.4)	0.26	-3.68	0.00	***
FACT_AXE[T.3]	-0.40	(x0.7)	0.20	-2.00	0.05	*
FACT_AXE[T.4]	-0.37	(x0.7)	0.18	-2.05	0.04	*
FACT_AXE[T.5]	-0.04	(x1)	0.19	-0.21	0.83	
LNDIST_BKO	-1.25		0.10	-13.10	< 2e-16	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tableau 34. *Résultats de l'ajustement des données de flux 2000 par un modèle Quasi Poisson segmenté selon les axes et les types de points de vente.*

Le nouveau modèle segmenté par axe et type de points de vente devient alors :

$$F_j = 4.6.Stock_j^{0.5}.Pop_j^{0.55}.Aj^{Fact_Vente}.\ Bj^{Fact_Axe}.2^{MR.}Dist_BKO_j^{-1.2}$$

(Pseudo R2 = 0.74)

Modèle 2. *Modèle 2 d'interaction segmenté par type de point de vente et par axe*

Le coefficient du facteur Marché Rural est de 2 ce qui signifie que *toutes choses étant égales par ailleurs*, le fait d'être un Marché rural multiplie le flux par 2. Comme nous le soulignions auparavant, ce facteur « Marché Rural » est difficile à interpréter, car ont souvent été agréés « Marchés Ruraux » des villages dont l'activité était déjà très forte par rapport aux autres. Le facteur Marché Rural est donc également un facteur « d'antériorité de l'exploitation ». Il est cependant à noter que loin de diminuer la production, la création d'un marché rural l'a au contraire confortée voire augmentée par rapport aux autres villages.

Les coefficients afférents au facteur FACT_VENTE (type de points de vente) sont respectivement de 1 pour les villages sans marchés (référence), et sont multipliés par 4.2 pour les marchés locaux (Type = 1), par 11.3 pour les foires hebdomadaires, et par 0.7 pour les villages périurbains disposant d'un marché quotidien. L'effet des foires est notable puisque *toutes choses étant égales par ailleurs*, le fait pour un village d'héberger une foire hebdomadaire multiplie le flux par plus de 10.

Les coefficients afférents au facteur AXE montrent que les axes 1 et 5 fonctionnent sensiblement de la même façon (coefficients égaux à 1). Les axes 3 et 4, quant à eux, comptent des coefficients environ 0.7 fois moins forts (exp(-0.37)), ce qui signifie que *toutes choses étant égales par ailleurs*, un village situé sur l'axe 3 ou 4 produira 0.7 fois moins de bois que s'il était situé sur l'axe 1 ou 5. L'axe 2, de Kita-Kolokani, quant à lui, présente un coefficient de exp(-0.96), soit une diminution des flux d'un facteur de 2.6 par rapport aux axes 1 ou 5.

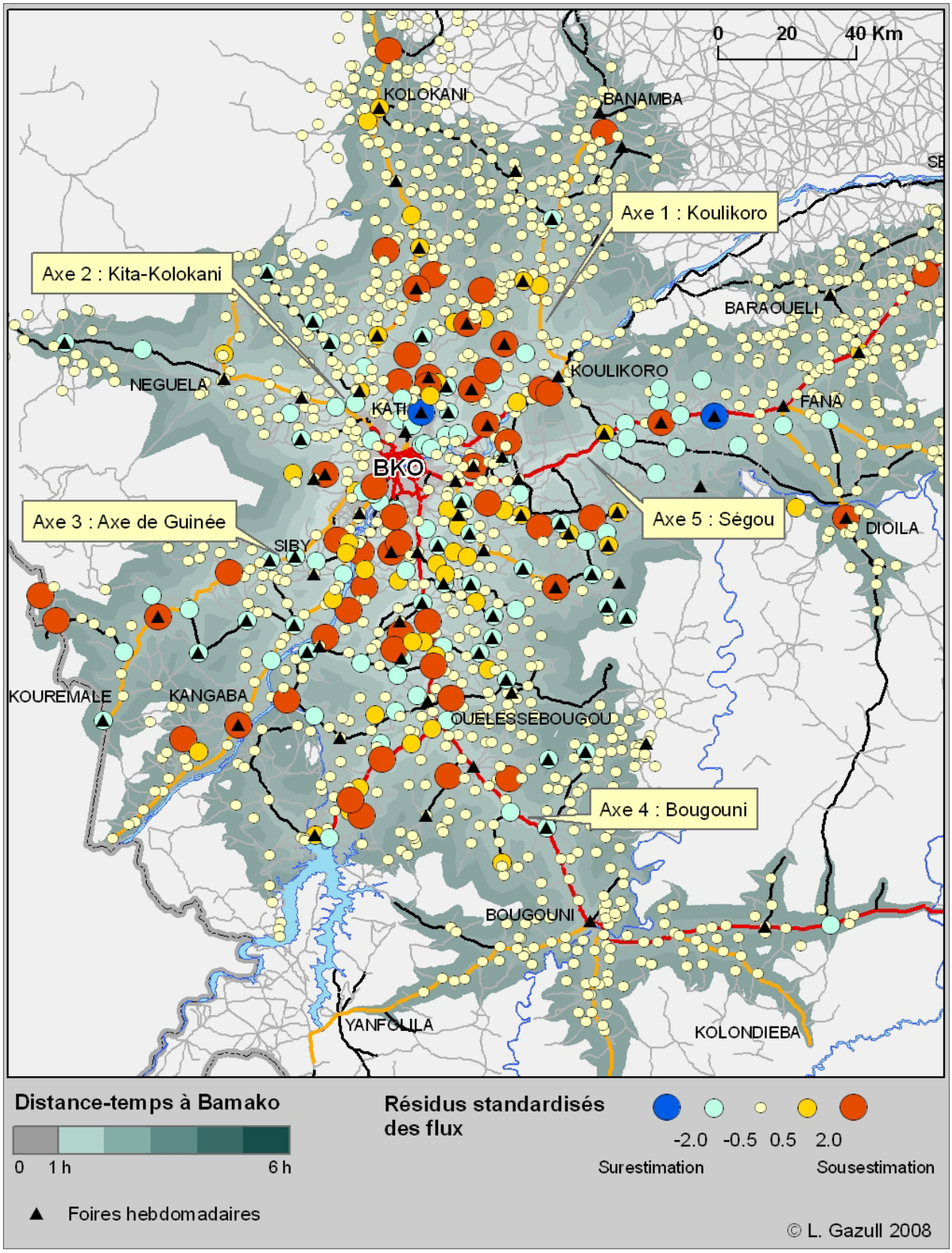
Enfin, la distance-temps exerce une friction plus faible sur les interactions que dans le modèle précédent. Le coefficient assigné à la distance-temps passe de -1.8 à -1.25, ce qui nous ramène à une décroissance des flux quasi proportionnelle à la distance.

12.6.4 Analyse cartographique des résidus

La Carte 21 présente les résidus les plus significatifs de ce nouveau modèle.

Dans le détail, l'analyse des résidus met en évidence que :

- le modèle améliore les prévisions sur tous les axes, sauf sur l'axe 4. Sur ce dernier axe, les villages en bordure du fleuve Niger sont toujours victimes d'une sous-estimation quasi-systématique de leur production par le modèle ;
- la surestimation systématique des flux provenant des villages en périphérie immédiate de Bamako observée dans le premier modèle non segmentée a maintenant disparu. L'introduction d'une classe de point de vente « périurbain », caractérisée par la présence de marchés journaliers a permis de corriger ce biais.



Carte 21. *Résidus standardisés des flux 2000 selon le modèle 2 segmenté par axe*

13. Utilisation du modèle pour l'aide à la décision

Le modèle une fois ajusté permet de prédire et d'analyser les configurations spatiales du bassin. Trois grands types d'utilisation à des fins d'action peuvent en être faits :

1. **un modèle pour comprendre les évolutions**. Le modèle nous renseigne sur les paramètres significatifs des choix des acteurs et sur les poids respectifs de ces paramètres. L'utilisation du modèle à deux dates, permet d'apprécier l'évolution des coefficients d'ajustement des différentes variables, et ainsi d'apprécier l'évolution des préférences des acteurs et des règles d'échange. Afin d'éprouver ce type d'utilisation, nous analyserons ci-après l'évolution du bassin entre 1989 et 2000.
2. **un modèle pour prédire l'avenir**. En supposant que les préférences des acteurs n'évoluent pas, donc que les coefficients d'ajustement restent les mêmes ou suivent uen tendance prévisible, le modèle permet de simuler une situation future dans laquelle les paramètres physiques du bassin (stock, population, état des routes) auraient évolué. Afin d'illustrer ce type d'utilisation, nous simulerons ci-après la configuration du bassin en 2008.
3. **un modèle pour identifier des potentialités de développement**. Le modèle peut être considéré comme un outil de mesure du potentiel théorique de production dans les conditions actuelles d'accès au marché. Les écarts au modèle permettent d'évaluer les potentialités de développement de l'activité : un résidu positif signifie que le village produit plus que ce qu'il devrait selon sa situation dans le bassin et, à l'inverse, un résidu négatif signifie que le village vend moins que ne le prédit sa situation. Le modèle permet donc d'identifier des zones où le développement de l'exploitation serait vraisemblablement possible dans les conditions actuelles de la filière et à l'inverse de définir des zones où des mesures de réduction de l'exploitation pourraient être prises sans remettre en cause l'approvisionnement du bassin. Mais, comme nous le détaillerons plus loin, cette entrée par les résidus permet surtout de rendre les actions spatialement plus équitables.

13.1. Utilisation rétrospective sur les données de flux de 1989

Une des grandes difficultés dans l'utilisation rétrospective, comme prospective, du modèle, est l'estimation du stock de bois sur pied (la biomasse disponible). Nous n'avons malheureusement pas eu le temps de réaliser le travail sur l'estimation du stock de 1989. Ce travail fera l'objet d'une étude ultérieure à cette thèse, courant 2009. On supposera donc que la répartition du stock de 1989 est identique à celle de 1999-2000.

La mise à jour de l'état des routes est chose plus aisée. En 1989, les routes étaient pratiquement dans le même état qu'en 2000. On supposera donc que les distances-temps à Bamako sont identiques à celles de 2000.

Un recensement de la population a eu lieu en 1987. Ces données ont été utilisées pour estimer la population des villages en 1989.

L'ajustement du modèle sur les données de flux relevées aux entrées de Bamako en 1989, aboutit aux coefficients synthétisés dans le tableau ci-dessous

Variable	coefficient	Ecart type	Z value	Pr(>|z|)	Signif
(Intercept)	2.50	1.35	1.85	0.06	.
LNSTOCK	0.61	0.10	5.93	0.00	***
LNPOP	0.64	0.12	5.37	0.00	***
MARCH_RUR[T.0]	0.00				
MARCH_RUR[T.1]	0.30	0.27	1.12	0.26	
FACT_VENTE[T.0]	0.00				
FACT_VENTE[T.1]	1.19	0.42	2.82	0.00	**
FACT_VENTE[T.2]	2.05	0.25	8.26	0.00	***
FACT_VENTE[T.3]	0.36	0.60	0.60	0.55	
FACT_AXE[T.1]	0.00				
FACT_AXE[T.2]	-0.38	0.37	-1.02	0.31	
FACT_AXE[T.3]	-1.50	0.47	-3.18	0.00	**
FACT_AXE[T.4]	-1.10	0.36	-3.03	0.00	**
FACT_AXE[T.5]	0.18	0.33	0.56	0.58	
LNDIST_DEST	-1.10	0.20	-5.58	0.00	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tableau 35. *Résultats de l'ajustement des données de flux 1989 par un modèle Quasi Poisson segmenté selon les axes et les types de points de vente*

Le coefficient d'ajustement de ce modèle est de 54%, ce qui est nettement plus faible que celui obtenu pour la situation 2000. Ceci est sans doute du à notre première l'hypothèse de stabilité des stocks de bois qui s'avèrerait fausse.

Néanmoins, l'analyse des coefficients d'ajustement et de leur évolution entre 1989 et 2000 est intéressante. Elle met en évidence que :

- les coefficients décrivant l'influence du stock de biomasse et de la population sont restés pratiquement identiques. Leur poids dans le choix des acteurs et en particulier des commerçants serait donc resté le même.
- L'influence dissuasive de la distance-temps à Bamako est également restée la même depuis 20 ans. Le coefficient d'ajustement est passé de -1.15 en 1989 à -1.25 en 2000 ce qui n'est pas significatif. Ce facteur confirme en grande partie la stabilité de la portée du bassin que nous avions observé dans la partie I. Si le bassin s'était aggrandi, on aurait dû observer une réduction significative du paramètre de friction.
- l'impact du facteur Marché Rural, bien que positif, n'est pas significatif en 1989, ce qui n'est pas une surprise puisqu'à cette date, ce type d'organisation n'avait pas été mis en place. Cette absence de significativité peut également vouloir dire que l'effet « antériorité de l'exploitation » était peu marqué en 1989. Les études de 1983 faites par le cabinet d'étude TransEnerg semblent confirmer ce fait (TransEnerg, 1985). Avant 1989, aucun « foyer de concentration » de la production ne semble émerger autour de Bamako, mais surtout la consommation de charbon de bois est encore anecdotique. Les villages ayant bénéficié de l'installation d'un marché rural dans les années 1996-2000 , au titre de gros producteurs de charbon, n'avaient donc en 1989 aucune antériorité en la matière.
- des différences notables apparaissent dans les coefficients associés aux types de points de vente. L'évolution la plus marquante est celle des foires. *Toutes choses étant égales par ailleurs*, une foire en 2000 participe 1.45 fois plus à l'approvisionnement de la ville qu'en 1989. On retrouve les observations déjà faites dans la partie I.
- on retrouve les fonctionnements identiques sur les axes 1 et 5 d'une part, et 3 et 4 d'autre part, ainsi que le caractère isolé de l'axe 2. En revanche, l'équilibre entre les axes était autre. Les axes 3 et 4 participaient alors 3 fois moins qu'en 2000.

Cette analyse illustre avant tout l'intérêt de la démarche de modélisation dans la caractérisation de régularités dans le temps. Elle met en lumière que, malgré les profonds bouleversements qu'a subis la filière, les forces et les règles en jeu dans la structuration spatiale du bassin d'approvisionnement sont restées, à peu de choses près, les mêmes.

13.2. Utilisation prospective du modèle en 2008

Afin de compléter la démarche rétrospective, nous avons souhaité utiliser le modèle pour simuler l'état du bassin en 2008, en tenant compte des aménagements routiers effectués et de la poursuite de l'installation des marchés ruraux.

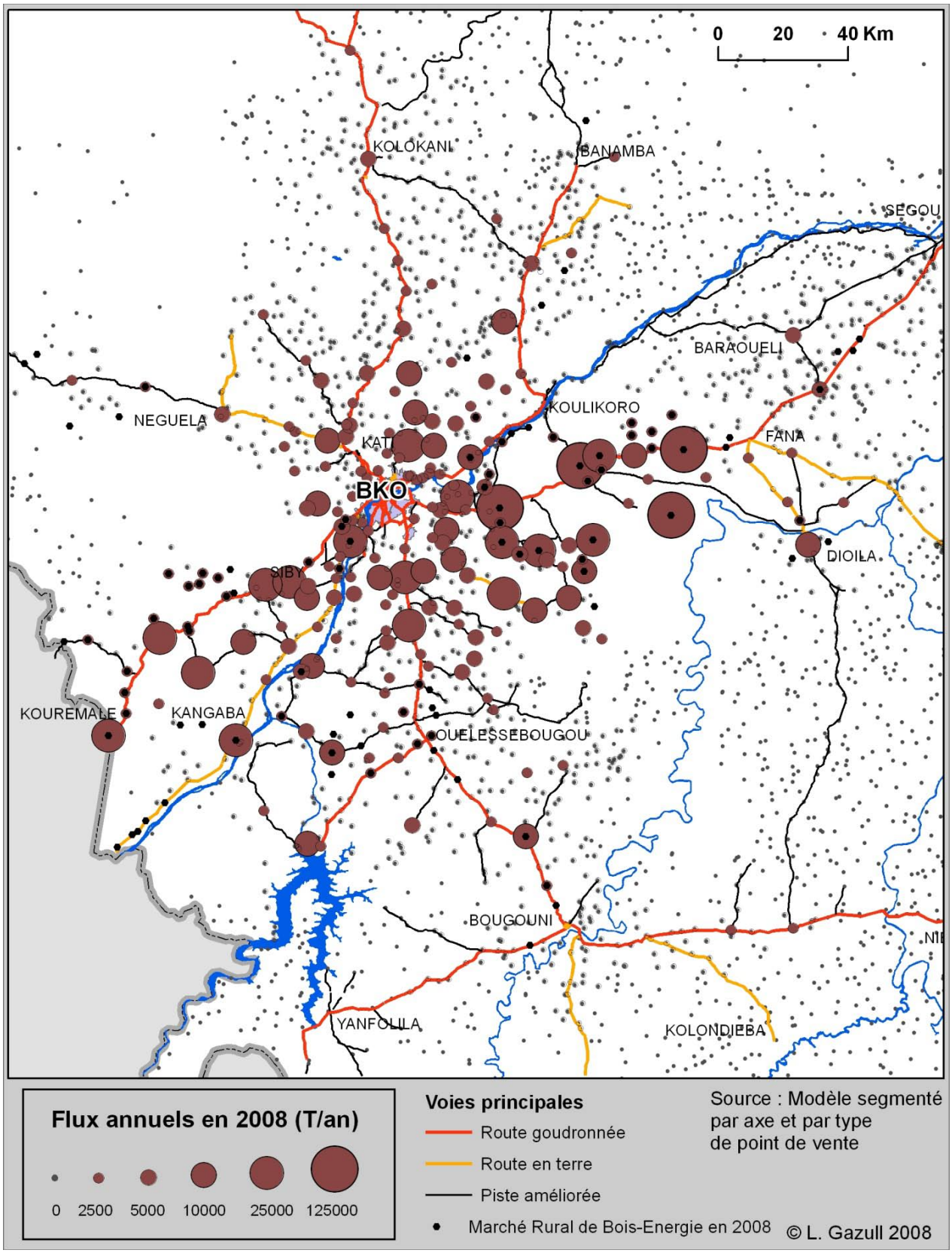
Entre 2000 et 2008, pratiquement tous les grands accès routiers autour de Bamako ont été bitumés : la voie Bamako-Kouremale (2001-2007), la voie Bamako-Kolokani (2001-2004) et la voie Koulikoro-Banamba (2004-2007). La route de Ségou a également fait l'objet d'une amélioration de son revêtement. Les vitesses de progression et les distances-temps ont été revues en conséquence. Dans le même temps, une dizaine de marchés ruraux ont également vu le jour et ont été intégrés dans le modèle. En revanche, les évolutions du stock ligneux n'ont pu être évaluées faute de temps et surtout de données récentes. La simulation reprend le stock estimé en 2000.

La simulation des flux dans ces nouvelles conditions est illustrée par la Carte 22. Elle met en évidence que :

- la réfection des axes au Nord de Bamako, n'aurait pratiquement aucun effet. Dans cette zone, le stock disponible est un facteur limitant ;
- le revêtement de l'axe de la Guinée en revanche, augmenterait le potentiel de production de nombreux villages autour du bourg de Siby.

Mais l'effet le plus remarquable est sans doute la concentration des flux autour des axes routiers. En l'absence de pistes de rabattement des villages sur les axes routiers, la réfection des routes n'est pas, à elle seule, un facteur de dispersion des flux.

Pour parfaire cet exercice, il conviendrait également de vérifier le statut des points de vente et notamment si des foires hebdomadaires se sont ouvertes récemment ou au contraire si certaines ont périclité au profit d'autres.



Carte 22. *Simulation des flux dans les conditions du bassin en 2008*

13.3. Utilisation du modèle pour la réorientation des flux en vue d'une plus grande équité spatiale

13.3.1 Retour sur le Schéma Directeur d'Approvisionnement en Bois-énergie de Bamako

L'analyse de la filière en 2005 et la modélisation des flux de 2000 (soit 4 ans après la mise en place des premiers marchés ruraux) ont montré que les deux hypothèses sous-tendant le SDAB étaient en grande partie fausses : d'une part, le système de taxation ne joue pratiquement aucun rôle sur le comportement des acteurs (il n'est ni un facteur d'attraction ni un facteur de répulsion des commerçants, mieux encore, 80% des commerçants ne savaient pas en 2005 qu'une taxation différentielle existait) ; d'autre part, le système de quotas auxquels sont en théorie soumis les marchés ruraux n'a pas fonctionné. Au contraire, le modèle met en évidence que, *toutes choses étant égales par ailleurs*, les marchés ruraux produisent en 2000 deux fois plus de bois-énergie que les autres villages.

La création des marchés ruraux a surtout bénéficié aux villages déjà gros pourvoyeurs de bois qui se situaient selon le SDAB dans les zones déficitaires. La création de marchés dans des zones excédentaires n'a pas eu l'effet coup de pouce escompté, comme l'atteste le Tableau 36.

	Part des villages devenus marchés ruraux entre 1996 à 1998		
Zonage du SDAB	**1989**	**1994**	**2000**
Zones où l'exploitation devait être réduite (zones déficitaires)	21%	21%	28%
Zones où l'exploitation devait être développée (zones excédentaires)	2%	4%	3%

Tableau 36. *Evolution de la part dans l'approvisionnement de Bamako, des villages devenus marchés ruraux entre 1996 et 1998.*

Au final, le SDAB de Bamako, en érigeant certains villages déjà gros pourvoyeurs de bois-énergie au rang de marchés ruraux, leur a offert une meilleure visibilité et sans doute une meilleure organisation des ventes (facteur d'attraction important pour les commerçants), renforçant ainsi leur poids dans l'approvisionnement.

13.3.2 Un modèle pour une meilleure redistribution spatiale des prélèvements

La SED au travers du SDAB notamment, avait l'ambition d'une politique d'aménagement du territoire. On y retrouve pratiquement tous les éléments d'un telle politique, tels que R. Brunet les énumère (Brunet, 1997) :

- *amélioration de la performance* de la filière, notamment en termes de recettes fiscales pour l'Etat, de techniques de coupe et de carbonisation ou de sécurisation de l'approvisionnement urbain ;
- *amélioration du bien-être* des bûcherons au travers d'une revalorisation de leur activité et une augmentation de leurs revenus ;
- *amélioration de la durabilité* de l'exploitation au travers de règles de gestion assurant le renouvellement (théorique) de la ressource forestière ;
- et enfin, *équité sociale*, au travers d'un rééquilibrage de la rente forestière au profit des producteurs ruraux.

Comme la plupart des politiques d'aménagement du territoire, la SED a dans une certaine mesure permis de réduire l'asymétrie des pouvoirs entre un centre urbain consommateur et sa périphérie pourvoyeuse de bois. Pour reprendre un vocabulaire emprunté à A. Reynaud (1981), **elle a permis de mieux intégrer la périphérie au centre**, c'est à dire de passer d'une périphérie passive dominée par les commerçants urbains, à un périphérie active valorisant son capital forestier. Nous avons certes démontré que les marges étaient globalement mieux réparties entre les commerçants urbains et les producteurs ruraux, mais de grandes inégalités persistent au sein du bassin. Depuis au moins 15 ans, la production est concentrée dans un petit nombre de zones et la politique d'implantation des marchés ruraux , telle que définie dans le SDAB, a accru les inégalités spatiales en offrant, sans doute involontairement, une attractivité supplémentaire aux villages déjà les mieux lotis.

Face à cette concentration croissante de la production, un des enjeux majeurs en termes d'aménagement du bassin d'approvisionnement, reste la redistribution spatiale des prélèvements sur un plus grand nombre de zones de production. Cette redistribution pourrait en partie être réalisée par la création de marchés ruraux ou de foires spécifiques, destinés à regrouper les producteurs et à attirer les commerçants urbains. Mais le seul diagnostic offre/demande ne suffit pas pour décider de l'implantation de ces nouvelles structures : **ce n'est pas parce qu'un village est largement doté en ressources et que l'administration l'érige en marché rural qu'il participera plus à l'approvisionnement**. Pour devenir attractives, les nouvelles implantations doivent être dotées d'un potentiel réel de développement qui est donné par leur position par rapport aux préférences du marché. Le modèle permet de mesurer ce potentiel. En effet, il mesure non seulement un flux, mais également un potentiel de production théorique des villages, compte tenu des règles de fonctionnement de la filière et des contraintes

du milieu (ressource, état des routes). **Les écarts au modèle peuvent alors être interprétés comme des écarts à ce potentiel théorique de production et pourraient ainsi servir à mesurer la marge possible de développement (ou de réduction) de l'activité**. Cette vision intègre le fonctionnement de la filière et mesure un potentiel de développement vraisemblable qui complète le diagnostic du bilan offre/prélèvement.

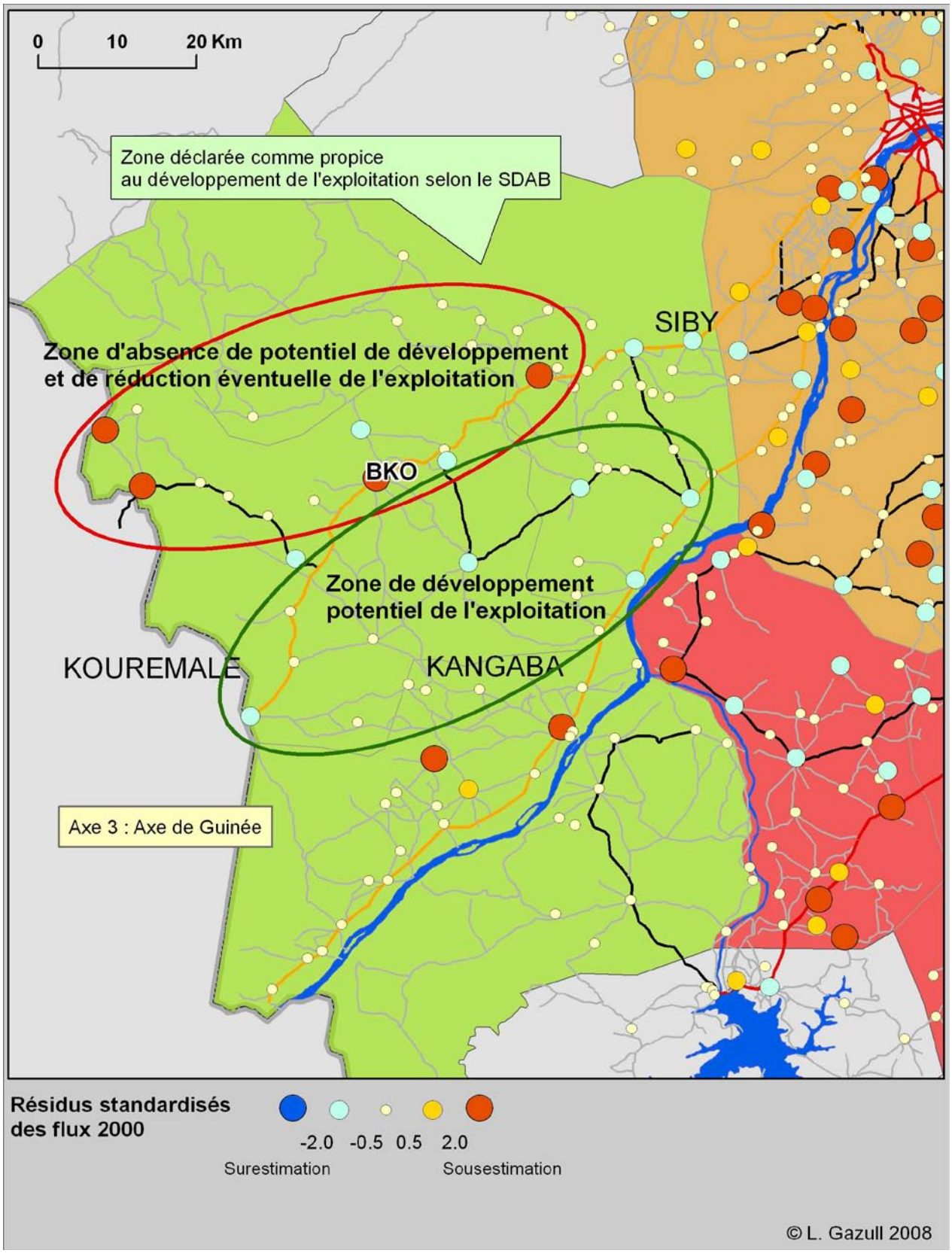
Les écarts au modèle, en mesurant l'écart entre ce qui devrait être « *toutes choses égales par ailleurs* », et ce qui est réellement, mesurent également l'inégalité spatiale (Brunet, 1997). **L'équité spatiale,** dans le cas présent, ne signifie pas que tous les villages autour de Bamako devraient produire la même quantité de bois : la ressource n'est pas distribuée de manière homogène, le réseau routier ne couvre pas l'ensemble du territoire et a peu de chance d'évoluer à moyen terme, le marché a ses règles économiques et sociales qu'il est difficile de remettre en cause. En revanche, **le principe d'équité sous-entend que « *toutes choses étant égales par ailleurs* », tous les villages devraient participer à peu près également à l'approvisionnement de Bamako**. Cet élément est essentiel pour définir de nouvelles politiques d'aménagement. Il répond à la fois à un besoin de justice spatiale, condition qui nous semble nécessaire à l'acceptation sociale de toute nouvelle règle et dont l'Etat devrait être le garant[44], mais également au besoin de mieux répartir la pression croissante sur les ressources.

L'analyse des résidus permet donc, non seulement de définir des zones où le développement de l'exploitation est possible dans les conditions actuelles de la filière (ou à l'inverse de définir des zones où l'exploitation devrait être réduite), mais également de s'assurer de l'équité spatiale des mesures prises et de leur adéquation aux logiques socio-économiques de la filière.

Une telle vision est complémentaire de la vision canonique fondée sur le bilan entre offre de production et exploitation réelle (d'autant que le calcul du bilan est très complexe et surtout très incertain (Picard, 2003)).

La Carte 23 illustre cette nouvelle vision de planification à l'échelle de l'axe de la Guinée.

[44] Voir le débat sur le rôle régalien de l'Etat dans la compensation, des injustices socio-spatiales ; in (Reynaud, 1981)



Carte 23. *Mise en évidence de zones potentielles de développement de l'exploitation selon la logique des écarts aux modèles*

Le modèle d'interaction spatiale développé prédit les flux entre Bamako et un ensemble de 1300 villages situés à moins de six heures de route de la capitale malienne. Les résultats de la modélisation sont satisfaisants et le modèle explique 74% de la variabilité spatiale des flux. Les facteurs explicatifs statistiquement pertinents sont : *la distance-temps à la ville, l'abondance de la ressource, la population du village, la présence d'un marché rural, la présence d'une foire hebdomadaire et l'axe routier sur lequel le village est localisé*. La distance et la ressource sont les deux facteurs explicatifs « canoniques » que l'on retrouve dans pratiquement tous les modèles de prévision des flux recensés dans la littérature. Mais, contrairement aux analyses existantes, nous avons pu montrer que la distance-temps était plus pertinente que le coût du transport au regard des comportements des commerçants. La distance-temps et la ressource expliquent à eux seuls 40% de la variance.

L'originalité du modèle développé, réside essentiellement dans sa prise en compte de l'effet du type d'organisation des ventes : individuelle ou coordonnée. La présence d'une foire hebdomadaire ou d'un marché rural notamment est un facteur majeur d'attractivité, aussi bien pour les commerçants que pour les producteurs. Ils peuvent expliquer à eux seuls 60 % de la variance des flux. Ce facteur essentiel des interactions spatiales entre la ville demandeuse et les villages offrants, traduit le jeu des interactions sociales s'exerçant entre commerçants collecteurs et producteurs (jeux de pouvoir, fidélisation), mais également au sein du groupe des commerçants (concurrence), ou au sein des producteurs (coordination). Cette caractéristique de l'échange est négligée dans pratiquement tous les modèles de localisation et, en particulier, dans celui de von Thünen. Ce dernier suppose en effet, d'une part que les producteurs vendent directement leur production à la ville, et d'autre part qu'ils adoptent des démarches individuelles de maximisation de leur profit. Or, que ce soit pour les produits agricoles ou pour les produits de collecte (le bois, mais également les autres produits forestiers non ligneux), les chaînes d'approvisionnement sont constituées d'un grand nombre d'acteurs aux fonctions et aux intérêts divers. Entre producteurs et consommateurs se succèdent une série d'intermédiaires assurant les fonctions de collecte, de transport, de stockage et distribution. **Au sein de ces chaînes se développent des forces sociales qui modifient les rapports entre les lieux et qu'il convient donc de considérer dans les modèles d'interaction spatiale.**

Conclusions et discussion

Comme nous venons de le démontrer, le commerce du bois-énergie autour de Bamako est un commerce bien vivant. Malgré les efforts faits pour inciter les populations à réduire leur consommation en combustible ligneux, par l'emploi d'énergies issues du pétrole (gaz et pétrole lampant) et par l'utilisation de foyers améliorés, **la consommation individuelle des habitants de Bamako ne cesse d'augmenter depuis 15 ans**. Les politiques de réduction des consommations, qui se sont succédé depuis le début des années 1990, n'ont donc pas porté leurs fruits. La conséquence logique de cet échec est une augmentation de la demande de la ville en relation directe avec l'urbanisation générale du pays.

Le plan adopté dans cette thèse a permis de revenir longuement, parfois avec quelques répétitions, sur les raisons et sur les conséquences de cette augmentation. Il a également permis de mettre en lumière le dynamisme de la filière bois-énergie qui a su évoluer et assurer un approvisionnement efficace de la capitale malienne. Je ne chercherai donc pas, en conclusion, à en résumer les grands traits mais à souligner les points clés de cette recherche et les perspectives qu'elle ouvre. La démarche suivie permet en particulier de dégager des avancées sur :

- la modélisation des interactions spatiales ;
- la gestion durable de la ressource autour de la ville ;
- la prise en compte de l'équité socio-spatiale dans les politiques de régulation de l'exploitation.

Sur la modélisation des interactions spatiales, je retiendrai deux points significatifs à mes yeux. Le premier concerne la démarche de construction du modèle gravitaire, et le second concerne la prise en compte des logiques de chaîne dans la prédiction des flux.

Il est souvent reproché aux modèles d'interaction spatiale, et aux modèles gravitaires en particulier, de ne pouvoir rendre compte des comportements individuels et de perdre ainsi en pouvoir explicatif (Pini, 1995). A ce type de critique, on peut aisément rétorquer que la seule prise en compte des logiques individuelles ne permet pas toujours de rendre compte des effets émergents d'un système, ce qui représente actuellement une des principales critiques des SMA. Un des enjeux actuels de la modélisation des interactions est, dans un sens, d'intégrer les règles de fonctionnement à des niveaux supérieurs dans les modèles de microsimulation et

dans l'autre sens, de prendre en compte la diversité des décisions individuelles dans les modèles d'interaction spatiale.

La démarche de modélisation que j'ai retenue vise à replacer l'individu dans son rôle économique, et donc dans une logique de groupe social aux fonctions déterminées dans une chaîne d'approvisionnement, ainsi que dans un ensemble de formes spatiales (lieux et réseaux) qui définissent sa position et sa mobilité. Cette démarche part de l'hypothèse que les relations économiques entre des individus spatialisés ne peuvent s'appréhender qu'en considérant les organisations sociales (et dans notre cas la filière) et spatiales auxquels ils appartiennent. En construisant une analyse de l'objet économique et géographique qu'est le bassin d'approvisionnement, selon trois niveaux d'observation : spatial, socio-économique et individuel, j'ai pu ainsi faire émerger :

- les lieux pertinents d'échange ;
- les acteurs dominants de ces échanges ;
- leurs préférences individuelles ;
- les logiques de groupe (concurrence, collaboration) qui contraignent leurs comportements.

Enfin, une quatrième dimension a été ajoutée à l'analyse : celle du temps. Chaque observation est replacée dans un contexte historique. J'ai pu ainsi dégager ce qui était de l'ordre du factuel - de la tendance ponctuelle - de ce qui correspondaient à des stratégies persistentes héritées du passé.

Cette démarche multiniveaux, de l'individu au groupe social, du lieu au réseau de lieux, permet de contrôler totalement le processus d'agrégation devant mener à la définition des entités spatiales en interaction et de leurs attributs modélisés. Le modèle d'interaction spatiale ainsi construit n'est plus une boite noire dans laquelle on fait jouer des paramètres de masse statistiquement significatifs, mais correspond au reflet des comportements concrets des acteurs de la filière.

Outre la significativité des attributs retenus par rapport au fonctionnement de la filière, l'originalité du modèle développé, réside également dans la prise en compte de l'effet du type d'organisation des ventes : individuelle ou coordonnée. La présence d'une foire hebdomadaire ou d'un marché rural est notamment un facteur majeur d'attractivité, aussi bien pour les commerçants que pour les producteurs. Il peut expliquer à lui seul 60 % de la variance des flux. Ce facteur essentiel des interactions spatiales entre la ville demandeuse et les villages offrants, traduit le jeu des interactions sociales s'exerçant entre commerçants collecteurs et producteurs (jeux de pouvoir, fidélisation), mais également au sein du groupe des commerçants (concurrence), ou au sein des producteurs (coordination). Cette caractéristique de l'échange est négligée dans la plupart des modèles de localisation et en particulier dans celui de von Thünen. Ce dernier suppose en effet d'une part que les producteurs vendent

directement leur production à la ville, et d'autre part qu'ils adoptent des démarches individuelles de maximisation de leur profit. Or, que ce soit pour les produits agricoles ou pour les produits de collecte (le bois, mais également les autres produits forestiers non ligneux), les chaînes d'approvisionnement sont constituées d'un grand nombre d'acteurs aux fonctions et aux intérêts divers. Entre producteurs et consommateurs, se succède une série d'intermédiaires assurant les fonctions de collecte, de transport, de stockage et distribution. **Au sein de ces chaînes, se développent des forces sociales qui modifient les rapports entre les lieux et qu'il convient donc de considérer dans les modèles d'interaction spatiale.**

Sur la gestion durable de la ressource, je retiendrai deux points essentiels. Le premier concerne la remise en question des connaissances sur la productivité des savanes et le second concerne l'aspect discontinu et hétérogène du bassin d'approvisionnement.

La stabilité de la portée médiane du bassin d'approvisionnement, au regard de la disparition des ressources arborées prédite dans les années 1980-1990, et sa faible valeur (moins de 60 km), posent directement la question de la validité des méthodes d'évaluation de la productivité ligneuse des savanes. Nicolas Picard, dans une analyse de sensibilité des formules de productivité, concluait déjà en 2003 que l'imprécision sur les valeurs était de nature à remettre en cause l'équilibre entre production et consommation dans les bassins d'approvisionnement des grandes villes du Mali (Picard, 2003). Nos observations faites à une échelle régionale confirment apparemment ces imprécisions. Il faut rappeler que la plupart des mesures de productivité en zone sahélienne ont été faites dans les années 1980-1990 alors que toute la zone faisait face à un très important épisode de sécheresse. Il est maintenant jugé probable par les chercheurs en foresterie que les mesures faites à cette époque sous-estiment la capacité de production et de régénération de la ressource. De nombreuses études récentes montrent que, depuis la fin des années 1980, le Sahel reverdit (Eklundh et Olsson, 2003 ; Herrmann *et al.*, 2005). Mais elles montrent également que l'accroissement de la pluviométrie observée depuis le début des années 1990 ne suffit pas à expliquer ce reverdissement. Des changements dans l'affectation des terres, dans les pratiques agricoles et dans la gestion des ressources naturelles sont également responsables de l'augmentation du couvert forestier (Olsson *et al.*, 2005). Je n'ai malheureusement pas eu le temps d'analyser finement l'évolution du couvert forestier dans le bassin d'approvisionnement de Bamako durant les 30 dernières années. Une telle analyse constituerait un travail de thèse à part entière. Mais au vu de mes résultats, il semble nécessaire de relancer de nouveaux programmes de recherche à la fois sur les modes de gestion des ressources naturelles par les populations locales qui ne paraissent pas aussi catastrophiques que cela, sur la productivité des savanes, et sur les méthodes de suivi de la végétation en zone soudano-sahélienne.

Si le rayon du bassin d'approvisionnement a peu varié, **la production s'est néanmoins concentrée** autour de 250 villages environ. **L'augmentation de la demande urbaine ne s'est pas accompagnée d'une multiplication des lieux de vente de bois en milieu rural, mais a donné lieu à une intensification de la vente dans un petit nombre de villages**. Dans ces zones, la pression sur les ressources a donc considérablement augmenté. Cette concentration s'est également accompagnée d'une organisation collective des ventes de bois-énergie. La vente de bois, et encore plus de charbon, directement auprès du producteur sur son site de production est une pratique en déclin. Actuellement, la majorité du bois et du charbon provient d'aires de vente situées sur des foires hebdomadaires.

Aucune étude à ce jour n'a pu chiffrer l'évolution du stock de bois autour de la capitale malienne et, jusqu'alors, aucun signe de pénurie n'est apparu dans l'approvisionnement de Bamako. Néanmoins, les incertitudes sur la capacité de production des savanes sont encore fortes et face à la concentration croissante de la production, un des enjeux majeurs en terme d'aménagement du bassin d'approvisionnement reste la redistribution spatiale des prélèvements sur un plus grand nombre de zones de production afin de faire diminuer les pressions locales sur les ressources. **Mais le bassin n'est pas un espace continu homogène**. **C'est un ensemble de lieux choisis par les acteurs de la filière**. La gestion de la ressource ne peut donc se penser, comme c'est actuellement le cas, dans la globalité d'anneaux ou de cercles concentriques autour de la ville. L'accessibilité des lieux, mais surtout le mode d'organisation des ventes et d'une certaine manière l'antériorité de l'exploitation sont autant de paramètres à prendre en compte. La redistribution pourrait en partie être réalisée par la création d'aires de vente spécifiques, destinées à regrouper les producteurs et à attirer les commerçants urbains. Cependant, le seul diagnostic offre/demande ne suffit pas pour décider de l'implantation de ces nouvelles structures : ce n'est pas parce qu'une zone est largement dotée en ressources et que l'administration y crée une structure (marché rual par exemple) qu'il participera plus à l'approvisionnement. De la même façon, l'ouverture de nouvelles routes ne suffit pas à ouvrir de nouveaux fronts d'exploitation. Pour devenir attractives, les nouvelles implantations doivent être dotées d'un réel **potentiel de développement** qui est donné par leurs avantages de localisation en fonction des préférences du marché. Le défi à relever en matière d'aménagement est donc de planifier l'exploitation autour d'un nombre réduit de points de vente qui correspondent aux aspirations des acteurs économiques.

Enfin, sur la définition de nouvelles politiques de régulation de la filière, je retiendrai également la nécessité d'introduire le concept d'**équité spatiale**.

L'aménagement du territoire vise à « *mieux distribuer les activités et le spopulations sur le territoire, réduire les inégalités, améliorer la performance globale* ». Cette définition reprise de R. Brunet *et al* (1993) s'applique pratiquement mot pour mot à la Stratégie Energie Domestique

mise en place au Mali depuis 1994. A cet égard, cette politique, en majeure partie grâce aux transferts de gestion des ressources forestières aux populations locales, a réduit les inégalités entre la ville et la campagne : les marges des producteurs ruraux ont augmenté au détriment de celles des commerçants urbains et le marché s'est considérablement démocratisé. Mais dans l'espace, les inégalités ont augmenté, ou tout du moins sont restées stables. Les Schémas Directeurs d' Approvisionnement (SDAB), en optant pour une politique ciblée de transfert de gestion (au travers de la création d'un petit nombre de Marchés Ruraux) ont accru les disparités entre villages. La rente forestière, globalement de plus en plus forte avec l'augmentation croissante de la demande urbaine, est actuellement captée par un petit nombre de villages. Et même si dans ces villages le nombre de producteurs a augmenté, il n'en reste pas moins que cette concentration pose le problème de l'équité spatiale de ce type de politique.

Il est bien sûr illusoire de penser que l'on puisse redistribuer également la pression d'exploitation sur l'ensemble du bassin d'approvisionnement : la ressource n'est pas distribuée de manière homogène, le réseau routier peut difficilement être étendu, et surtout, le marché a des règles économiques et sociales qui tendent inéxorablement à différencier les lieux de production et de vente. Il est légitime que les lieux les mieux « placés » cherchent à faire fructifier leur capital de localisation, d'autant que j'ai montré que ce n'est pas au détriment de l'efficacité globale de l'approvisionnement (Bamako n'a à ce jour souffert d'aucun pénurie).

Mais, les incertitudes pesant sur la durabilité d'un système concentré et l'injustice qu'une telle concentration entretenue par l'Etat génère devrait amener les autorités maliennes et les experts internationaux à revoir les principes des SDAB. C'est à cette fin que je propose d'introduire **le concept d'équité spatiale,** qui ne signifie pas que tous les villages autour de Bamako doivent produire la même quantité de bois, mais qui **sous-entend que, « toutes choses étant égales par ailleurs », tous les villages devraient participer à peu près également à l'approvisionnement de Bamako**. Cette idée, ainsi exprimée, rejoint le principe de l'égalité des capacités à développer l'exploitation, qui suppose une égalité des moyens mis à disposition. Elle ouvre ainsi le débat sur la notion des *capabilités* introduite par Amartya Sen (Sen, 1985) dans le champ économique et moral de l'accès aux ressources.

L'introduction d'un tel concept doit amener à imaginer des actions volontaristes de développement de l'activité d'exploitation dans des zones où le potentiel réel de production, mesuré par les écarts entre la production actuelle et les résultats du modèle d'interaction (et non pas seulement par l'abondance de la ressource), est fort.

Glossaire

Les définitions suivantes, utiles à la compréhension du texte, sont issues du Bureau de Statistique des Nations Unies (1987), du Trésor de la Langue Française informatisé (TLFI, http://www.cnrtl.fr), et de mon propre travail.

Biomasse	Quantité de matière vivante existant dans un écosystème.
Biomasse ligneuse	Biomasse sur pied de l'ensemble de la végétation ligneuse des forêts, des plantations et des terrains boisés.
Bois de feu	Bois à l'état brut utilisé comme combustible. Au Mali, il se présente généralement sous la forme de brins ou de bûches.
Bois-énergie	Appellation regroupant le bois à l'état brut et le charbon de bois, utilisés comme combustibles.
Bois vert	Le bois vert, par opposition au bois mort, désigne le bois issu d'un arbre ou d'un arbuste vivant.
Bowal (plur. Bowé)	Zone de sol nu en langue Peul.
Brin	Morceau de bois bien droit provenant de petites branches ou du débitage de bûches, et utilisé pour la cuisson.
Bûche	Morceau de bois débité en rondin ou en quartier. Les bûches sont issues de grosses branches ou de troncs.
Carbonisation	Transformation du bois en charbon, par combustion incomplète du bois en conditions anaérobies (à l'abri de l'air).
Calorie (cal)	Unité de mesure de l'énergie calorifique. Elle est égale à la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré Celsius la température d'un gramme d'eau à 14,5°C.
Charbon (de bois)	Résidu solide principalement composé de carbone, obtenu par la combustion incomplète du bois en conditions anaérobies (à l'abri de l'air). Au Mali, le charbon de bois se fabrique dans des meules en plein air. Le charbon de bois a un pouvoir calorifique double de celui du bois. Il faut au Mali environ 7kg de bois pour fabriquer 1 kg de charbon.
Fagot (de bois)	Ensemble de brins liés en faisceau.

Foyer	Appareil de cuisson où brûle le combustible (bois ou charbon). Au Mali, le foyer traditionnel à bois est appelé « foyer trois pierres » car il est composé de trois grosses pierres posées à même le sol, sur lesquelles on pose peut poser un grand récipient.
Foyer amélioré	Appareil de cuisson à forte efficacité énergétique, c'est-à-dire limitant les pertes d'énergie durant la cuisson. Ce type d'appareil permet ainsi d'économiser du bois ou du charbon.
Jachère	Terre arable qu'on laisse reposer temporairement en ne lui faisant pas porter de récolte. Actuellement au Mali, les périodes de jachère sont de l'ordre de 5 à 10 ans.
Joule (J)	Unité de mesure de l'énergie et du travail. 1 joule = 0.239 Calorie.
Kilowattheure (kwh)	Unité de mesure de la chaleur et du travail. 1 kwh = 3.6.106 joules
Meule (de charbon)	Tas de bois recouvert de terre que l'on carbonise en plein air pour obtenir du charbon.
Pouvoir calorifique	Quantité de chaleur produite par la combustion. Il se mesure en Joule/kg ou en Calorie/kg. Le pouvoir calorifique du bois de feu est d'environ 14 MJ/kg et celui du charbon de bois de 30 MJ/kg.
Productivité (ligneuse)	Biomasse ligneuse produite par l'écosystème pendant une durée donnée. Selon les principes de la gestion durable des forêts, la productivité annuelle fixe la quantité de bois exploitable pendant un an
Refente	Action de débitage de bûches pour en faire des morceaux plus petits.
Stock (ligneux)	Biomasse ligneuse sur pied disponible à une date donnée.
Tonne équivalent bois (T.eq. bois)	Unité de mesure de masse, utilisée pour évaluer la quantité de bois nécessaire à la fabrication d'un produit dérivé (charbon de bois, papier, carton, etc.). 1 Tonne de charbon correspond à 7 Tonnes équivalent bois.
Stère	(n.m.) Unité métrique de volume correspondant à un mètre cube apparent de bois de feu empilé. Au Mali, on estime que compte tenu du type de bois, un stère de bois de feu correspond à 0.4 m3 de bois, soit 330 kg de bois.

Liste des Figures

Figure 1. Le trou de l'énergie mesuré à Bamako en 1985 ..... *x*
Figure 2. Structure de la thèse ..... *xvi*
Figure 3. Profils de savanes arbustives, arborées et boisées selon la classification de Yangambi (Trochain, 1957) reprise par Nasi et Sabatier (1991) *12*
Figure 4. La relation Taux de couvert / NDVI sur le bassin de Bamako, en fonction de la taille de la fenêtre d'analyse - source : (Glemas et Gazull, 2007) *23*
Figure 5. Organisation spatiale d'un village sahélien. L'exemple de Sanankoro au Mali - Source : image LANDSAT 7 Nov 1999. Composition colorée canaux 5,4,3 + panchromatique *32*
Figure 6. Des buissons impénétrables, épineux et sarmenteux (Photos L. Gazull) *35*
Figure 7. Organisation spatiale des coupes et de la carbonisation à Fiena (100 km à l'est de Bamako) – source : enquêtes personnelles 2007 ..... *36*
Figure 8 : Cumuls de flux en fonction de la distance à Bamako, entre 1989 et 2000. ..... *39*
Figure 9. Le schéma directeur d'approvisionnement en bois-énergie de Bamako défini en 1998 par la CCL (d'après document (CCL, 1998)). *47*
Figure 10. Evolution comparée de la population et de la surface de Bamako (échelles des ordonnées logarithmiques) *59*
Figure 11. L'habitat de cour des bamakois – Quartier Hamdallaye (photographie aérienne 2005 ©Google Maps) *63*
Figure 12. Le climat de Bamako (Source : Direction nationale de la météorologie du Mali) *65*
Figure 13. L'évolution des flux de bois entrant à Bamako entre 1990 et 1999 ..... *70*
Figure 14. Evolution des consommations individuelles des habitants de Bamako entre 1989 et 2004 Sources : méthode b) en 1989, 1994 et 1999 ; méthode c) sur le quartier d'Hamdallaye pour 2004 ..... *71*
Figure 15. Niveau de consommation en Bois, Charbon et Gaz selon la taille du ménage. *74*
Figure 16. Typologie des ménages - d'après (Vuarin, 1991) *75*
Figure 17. Tendances de consommation de bois et de charbon par quartier (estimation en fonction de la taille moyenne des ménages) *77*
Figure 18. Localisation des vendeurs de rues dans le quartier d'Hamdallaye (source : enquêtes 2005 de L. Gazull et D. Coulibaly) *79*
Figure 19. Répartition des flux aux entrées de Bamako selon le type de voies empruntées (source : enquêtes CCL flux 2000) *88*
Figure 20. Evolution des quantités transportées par moyen de transport (source : CCL 2000) *95*
Figure 21. Exemple de fiche technique d'un foyer amélioré pour charbon de bois promu par la SED (Source PREDAS, http://www.cilss.bf/predas/) *108*
Figure 22. Plan factoriel F1/F2 de l'ACM sur les caractéristiques socio-économiques des ménages (en rouge). Les niveaux de consommation de Charbon (C), Bois (B) et Gaz (G) sont rapportées en variables supplémentaires (en violet) *114*
Figure 23. Evolution des niveaux moyens de consommation en Bois, Charbon et Gaz en fonction du niveau de richesse des ménages (sources : enquêtes CED 1997) *115*
Figure 24. Evolution du prix d'achat des différents combustibles disponibles à Bamako sources : DNEF (1989), SED/CCL (1994 et 1999), enquêtes personnelles (2004). *118*
Figure 25. Coupons de transport et permis de coupe délivrés par les antennes locales de la DNCN *138*
Figure 26. Le circuit officiel de paiement des taxes et de contrôle des flux. *139*

Figure 27. Les chaînes d'approvisionnement en charbon de Bamako et leurs parts respectives dans le flux total *165*
Figure 28. La chaîne dominante d'approvisionnement en charbon. *166*
Figure 29. Les chaînes d'approvisionnement en bois de feu de Bamako et leurs parts respectives dans le flux total *173*
Figure 30. La chaîne dominante d'approvisionnement en bois de feu *174*
Figure 31. a) et b) Evolution des sources d'approvisionnement des vendeurs de bois et charbon - Sources : 1989, sondage DNEF auprès de 61 vendeurs; 1994, sondage CCL auprès de 94 vendeurs ; 2004, sondage de l'auteur auprès de 232 vendeurs. *177*
Figure 32. Evolution entre 1989 et 2004 du nombre total de vendeurs de bois et charbon sur 18 marchés Bamakois : une augmentation remarquable dans les quartiers périphériques en plein développement *179*
Figure 33. Evolution des prix au détail du bois (vente au fagot) et du charbon (vente au kg) relevés par la DNSI. *183*
Figure 34. Evolution des prix au détail du bois (vente au fagot) et du charbon (vente au sac) relevés sur les marchés par les services forestiers et par nos soins. *183*
Figure 35. (a et b) Evolution comparée des prix au détail des combustibles ligneux et de la taxe d'exploitation *185*
Figure 36 (a et b). Evolution de la structure des prix des combustibles ligneux (source : enquêtes 2005 G. Raton, M. Kouyaté, L. Gazull auprès de 252 commerçants) *187*
Figure 37. Approches et modèles d'analyse des aires de marché - d'après (Chasco et Vicens, 1998) amendé par l'auteur. *199*
Figure 38. Organisation spatiale de la production agricole selon le modèle de von Thünen (schéma de l'auteur) *203*
Figure 39. Sous-ensembles possibles de choix pour le calcul du facteur de destinations en compétition ou du facteur d'opportunités interposées - Source (Guldmann, 1999)) *208*
Figure 40. Schéma d'approvisionnement dominant de Bamako *221*
Figure 41. Histogramme du nombre de villages visités par an par chaque collecteur urbain en 2005. Source : enquêtes auprès de 232 commerçants *220*
Figure 42. Distribution du prix de vente d'un sac de charbon en 2005. (d'après nos enquêtes dans 160 villages de vente autour de Bamako) *225*
Figure 43. Effets de la distance parcourue pour la collecte de bois sur la consommation moyenne des ruraux et sur le temps de corvée dans 15 villages maliens. Source : CCL 1998 ..... *226*
Figure 44. Organisation de la salle de jeu de Djolibois *234*
Figure 45. Evolution du prix de transport du charbon en fonction de la distance de collecte (enquêtes 2005 auprès de 232 commerçants urbains) *250*
Figure 46. Poids des observations au regard des résidus studentisés (x100). Kassela (village 2501249) apparaît comme point levier principal (la taille des cercles est proportionnelle à la distance de Cook) *258*
Figure 47. Les communes de Bamako (en chiffres romains) et leurs axes d'approvisionnement privilégiés (flèches noires) *263*

Liste des cartes

Carte 1. Situation du bassin d'approvisionnement de Bamako..... xvii
Carte 2. La division du domaine forestier autour de Bamako 9
Carte 3. La cartographie de la végétation selon le PIRL (exemple de la planche au 1/200000 - Bamako-Est).....19
Carte 4. Occupation des sols issue de la classification supervisée des images LANDSAT 7 d'Oct. 1999 26
Carte 5. NDVI calculé sur les zones potentiellement productives en bois-énergie (Oct. 1999).....27
Carte 6. Flux villageois enregistrés en janvier 2000, extrapolés à l'année. 40
Carte 7. Flux villageois enregistrés en décembre 1989, extrapolés à l'année.....41
Carte 8. Localisation des foires hebdomadaires et exemples d'hinterlands associés 50
Carte 9. La morphologie spatiale de Bamako en 2002 - sources : cartes IGN, enquêtes personnelles et image satellitale LANDSAT 7 2002.....55
Carte 10. Répartition de la population à Bamako (recensement 1998) 56
Carte 11. L'expansion spatiale de Bamako entre 1936 et 2002 60
Carte 12. Typologie des quartiers de Bamako en 2004 - d'après celle de (Morin et al., 1996) amendée par l'auteur 64
Carte 13. Localisation des marchés de vente du bois-énergie 81
Carte 14. Taille des marchés selon les quantités de bois-énergie vendues 84
Carte 15. Répartition des ventes en gros et au détail sur les marchés bamakois 85
Carte 16. Le réseau de routes, de voies navigables et de voies ferrées autour de Bamako, en 2000 91
Carte 17. Evolution des flux par axe entre 1989 et 2000 93
Carte 18. Les limites villageoises modélisées par la technique des polygones de Voronoï. 247
Carte 19. Distance-temps à Bamako.....252
Carte 20. Résidus standardisés des flux 2000 selon le modèle canonique 1.....261
Carte 21. Résidus standardisés des flux 2000 selon le modèle 2 segmenté par axe 266
Carte 22. Simulation des flux dans les conditions du bassin en 2008 271
Carte 23. Mise en évidence de zones potentielles de développement de l'exploitation selon la logique des écarts aux modèles 275

Liste des tableaux

Tableau 1. Situation du domaine forestier national - sources : DNEF et (Nasi et Sabatier, 1991) *5*
Tableau 2. Les surfaces naturelles et plantées des forêts classées autour de Bamako. (source : Ministère de l'Equipement, de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de l'Urbanisme, 2000 : Etude prospective du Secteur forestier en Afrique, Document National du Mali) *15*
Tableau 3. Classification de l'occupation des sols du bassin issue de la classification supervisée d'images LANDSAT 7 ..... *24*
Tableau 4. Flux non localisés dans les enquêtes de 1989, 1994 et 2000. ..... *38*
Tableau 5. Evolution du nombre de villages approvisionnant Bamako entre 1989 et 1999 ..... *42*
Tableau 6. La part des foires hebdomadaires dans l'approvisionnement de Bamako *48*
Tableau 7. Répartition des ménages selon leur taille et leur niveau de dépense annuelle. *72*
Tableau 8. Relation entre l'âge et la taille des ménages (test du Khi² effectué sur l'échantillon de 945 ménages interrogés en 1997). *73*
Tableau 9. Evolution de l'état du revêtement des routes et pistes au Mali entre 1995 et 2003 (source : Observatoire National des Transports) *89*
Tableau 10. Evolution de la flotte de véhicules du Mali entre 1995 et 2003 ..... *94*
Tableau 11. Capacités moyennes de charge des différents modes de transport du bois-énergie *98*
Tableau 12. Evolution de nombre de Sotrama et de Durunis entre 1989 et 2003 ..... *98*
Tableau 13. La part des combustibles disponibles dans la consommation des ménages de Bamako : le charbon détrône le bois depuis 10 ans. *111*
Tableau 14. Profils de consommation en bois-énergie des ménages en 1997 (d'après ACM, puis CAH sur un échantillon de 927 ménages) *111*
Tableau 15. Classification des variables socio-économiques des ménages (classification personnelle d'après les enquêtes de consommation de 1997) *113*
Tableau 16. Dépenses énergétiques théoriques d'un ménage pauvre (premier quartile) et d'un ménage médian (second quartile). *119*
Tableau 17. Evolution des taxes officielles d'exploitation (sources : décrets officiels de la République Malienne) *147*
Tableau 18. Comparaison entre taxes officielles et taxes réellement perçues (sources décrets officiels et enquêtes Gazull & Kouyaté 2005 auprès des commerçants) *148*
Tableau 19. Productivité des charbonniers indépendants. (Source : Enquêtes CCL 2001 sur 145 charbonniers dans 45 villages). *159*
Tableau 20. Productivité des distributeurs de charbon Source enquêtes L. Gazull et G. Raton 2005 ..... *162*
Tableau 21. Comparatif des tarifs pratiqués par les propriétaires de Sotrama *164*
Tableau 22. Productivité moyenne des bûcherons indépendants - source (CCL, 1998) *170*
Tableau 23. Productivité du travail des distributeurs de charbon Source enquêtes L. Gazull, G. Raton et sources bibliographiques diverses *172*
Tableau 24. Evolution comparée du nombre de vendeurs de charbon et de bois sur 18 marchés bamakois entre 1994 et 2004. ..... *179*
Tableau 25. Evolution des quantités vendues par vendeurs entre 1997 et 2005 ..... *179*
Tableau 26. Evolution du profil socioprofessionnel des vendeurs de bois-énergie *181*
Tableau 27. Revenus moyens des acteurs de la vente du charbon *188*

Tableau 28. Revenus moyens des acteurs de la vente du bois.....188
Tableau 29. Comparaison des revenus de la vente du bois-énergie et de la vente des produits alimentaires.....190
Tableau 30. Exemple de grille d'évaluation des résultats d'une partie de Djolibois 239
Tableau 31. Prix d'achat du charbon en milieu rural selon le type de fournisseur.....240
Tableau 32. Résultats de l'ajustement par un modèle de Poisson et un modèle Quasi Poisson.....259
Tableau 33. Tableau de contingence entre la localisation des collecteurs urbains (commune d'appartenance) et les axes d'approvisionnement. 263
Tableau 34. Résultats de l'ajustement des données de flux 2000 par un modèle Quasi Poisson segmenté selon les axes et les types de points de vente.....264
Tableau 35. Résultats de l'ajustement des données de flux 1989 par un modèle Quasi Poisson segmenté selon les axes et les types de points de vente.....268
Tableau 36. Evolution de la part dans l'approvisionnement de Bamako, des villages devenus marchés ruraux entre 1996 et 1998.....272

Liste des encadrés

Encadré 1. Le village et les pouvoirs traditionnels au Mali sources : (Cuny et Buttoud, 2003 ; Kassibo, 2006) *7*
Encadré 2. Chronique d'un conflit inter-villageois généré par la coupe commerciale du bois - d'après (Hautdidier, 2007) *30*
Encadré 3. Jour de foire à Markacoungo (source : observations personelles) *51*
Encadré 4. Trois méthodes d'estimation de la consommation urbaine *67*
Encadré 5. La difficile percée du gaz au Mali (extrait de presse - Afribone.com - 08 Février 2006) *105*
Encadré 6. Les difficultés du gaz au Mali (extraits de presse). *109*
Encadré 7. La Stratégie Energie Domestique du Mali - source (ESMAP, 1992) *133*
Encadré 8. Le découpage territorial actuel du Mali - Sources : (Lima, 2007 ; Kassibo, 2007) *134*
Encadré 9. Recueil des perceptions du jeu par les acteurs *237*
Encadré 10. Méthode de calcul de la distance-temps entre Bamako et tout point l'espace *251*

Liste des planches photographiques

Planche 1. Végétation et ressource forestière du bassin de Bamako (Photos L. Gazull) *17*
Planche 2. Illustration d'un jour de foire à Markacoungo. *52*
Planche 3. Le conditionnement du bois et du charbon *69*
Planche 4. La situation marginale des places de vente de bois et de charbon (Photos L. Gazull et G. Raton) *82*
Planche 5. Les moyens de transport du bois et du charbon en 2005 (photos : L. Gazull et G. Raton) *96*
Planche 6. Les équipements de cuisson promus par l'AMADER : foyers à charbon améliorés (bandeau du haut et étage bas de l'étagère), réchauds à gaz (étage haut de l'étagère) et réchauds à pétrole (étage intermédiaire de l'étagère) (photos AMADER et L. Gazull) *107*
Planche 7. Le malaise des agents forestiers rapporté dans une note interne officielle de la DNCN (mai 2007) *144*
Planche 8. Bûcherons et charbonniers (photos A. Bonnerat et L. Gazull) *167*
Planche 9. Grossistes et détaillants urbains (Photos G. Raton et L. Gazull) *168*
Planche 10. Les préférences déclarées des acteurs (photos L. Gazull et A. Bonnerat) *230*
Planche 11. Illustrations de deux parties de Djolibois jouées en décembre 2006 et avril 2007 ..... *243*

Liste des abréviations

Acronyme	Nom complet
ACM	Analyse des Correspondances Multiples
AFD	Agence Française de Développement
AOF	Afrique Occidentale Française
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
Beagges	Bureau d'Experts en Auto-Gouvernance et en Gestion de l'Environnement au Sahel
BIT	Bureau International du Travail
CAH	Classification Ascendante Hiérarchique
CCL	Cellule « Combustibles Ligneux » du projet SED
CED	Cellule « Energie Domestique » du projet SED
Cifor	Center for International Forestry Research
CILSS	Comité Permanent Inter Etats de lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
Cirad	Centre de coopération Internationale en Agronomie pour le Développement
CMDT	Compagnie Malienne Des Textiles
CSLP	Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté
DIF	Domaine d'Intervention en Forêt
DFID	UK Department for International Development
DNAER	Direction Nationale de l'Aménagement et ed l'Equipement Rural
DNCN	Direction Nationale de la Conservation de la Nature
DNEF	Direction Nationale des Eaux et des Forêts
ESMAP	Energy Sector Management Assistance Program (The World Bank)
ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus
FAO	United Nation Food and Agriculture Organisation
GLC	Global Land Cover
GLM	General Linear Model
GPS	Global Positioning System
GTZ	Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit
IEA	International Energy Agency
IER	Institut d'Economie Rurale du Mali
LANDSAT	
MDRE	Ministère du Développement rural et de l'Equiupement du Mali
Modis	Moderate Resolution Imaging Spectrometer
MSS	Multi-Spectral Scanner
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PIRL	Projet d'Inventaire des Ressources Ligneuses du Mali
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
SDA(BE)	Schéma Directeur d'Approvisionnement en Bois-Energie
SIEP	Système d'Information et d'Evaluation Permanent
SED	Stratégie Energie Domestique
Sotrama	Société de Transport du Mali
SPOT	Système Probatoire d'Observation de la Terre
SRG(B)	Structure Rurale de Gestion (du Bois-Energie)
UGF	Unité de Gestion Forestière
VCF	Vegetation Continuous Field
WEC	World Energy Council

Bibliographie

Achard, F., Eva, H., Glinni, A., Mayaux, P., Richards, T. et Stibig, H. J. (Eds.) (1998). *Identification of deforestation hot spot areas in the humid tropics.* Bruxelles: Joint Research Center - European Commission.

Aitkin, M. et Flowerdew, R. (1982). A Method of fitting the gravity model based on the Poisson distribution. *Journal of Regional Science,* 22 (2), 191-202.

Alexandre, F., Génin, A. et Lecomte, M. (2008). Seuils biologique, révolutions floristiques et limites climatiques. In *Continu et discontinu dans l'espace géographique* (Eds, Alexandre, F. and Génin, A.). Tours, France: Presses universitaires François-Rabelais.

Allain, E. et Brenac, T. (2001). Modèles linéaires généralisés appliqués à l'étude des nombres d'accidents sur des sites routiers : le modèle de Poisson et ses extensions. *Recherche Transports Sécurité,* 72.

Allison, G. T. et Zelikowv, P. D. (2002). L'essence de la décision. Le modèle de l'acteur rationnel. *Cultures et conflits,* 36.

Amous, S. (1999). The role of wood energy in Africa. In *Wood Energy Today for Tomorrow.* Rome: FAO, 50.

Angelsen, A. (2006). The Von Thünen model as a framework for understanding deforestation. In *Land-Use and Land-Cover Change. Local Processes and Global Impacs*(Eds, Lambin, E. F. and Geist, H. J.). Springer.

Antona, M. (2001). Régulation d'une filière d'exploitation d'une ressource renouvelable: le bois énergie au Niger. Une approche par systèmes multi-agents et simulations. In *Sciences économiques.* Montpellier: Université Montpellier I.

Anyamba, A. et Tucker, C. J. (2005). Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981-2003. *Journal of Arid Environments,* 63 (3), 596-614.

Bailis, R., Ezzati, M. et Kammen, D. M. (2005). Mortality and Greenhouse Gas Impacts of Biomass and Petroleum Energy Futures in Africa. *Science,* 308 (5718), 98-103.

Bannari, A., Huete, A. R., Morin, D. et Zagolski, F. (1996). Effects of soil colour and brightness on vegetation index. *International journal of remote sensing,* 17 (10), 1885-1906.

Baret, F. et Guyot, G. (1991). Potential and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing and the Environment,* 35, 161-173.

Barreteau, O. et Bousquet, F. (1999). Jeux de rôles et validation de systèmes multi-agents. In *Ingénierie des systèmes multi agents JFIADSMA"99*(Eds, Gleizes, M. P. and Marcenac, P.). Saint-Gilles, Ile de La Réunion: Hermès, Paris.

Barreteau, O., Bousquet, F. et Attonaty, J.-M. (2001). Role-Playing games for opening the black box of MAS: method and teachings of its application to Senegal River Valley irrigated systems. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation,* 4 (2).

Baumont, C. et Huriot, J. M. (1996). *De Von Thünen à Fujita: continuité ou rupture ?* Document de travail du LATEC. Dijon: Université de Bourgogne - Faculté de science économique et de gestion.

Bazile, D. (1998). La gestion des espèces ligneuses dans l'approvisionnement en énergie des populations. Cas de la zone soudanienne du Mali. In *UFR de géographie.* Toulouse: Université de Toulouse-Le-Mirail.

Beagges (2005). *Evaluation des marchés ruraux de bois mis en place par la SED phase I.* Bamako: Agence Malienne pour le Développement de l'Energie Domestique et de l'Electrification Rurale.

Becker, L. C. (2001). Seeing green in Mali's woods: colonial legacy, forest use, and local control. *Annals of the association of american geographers,* 91 (3), p. 504-526.

Benjaminsen, T. A. (1993). Fuelwood and desertification: Sahel orthodoxies discussed on the basis of field data from the Gourma region in Mali. *geoforum,* 24 (4), 397-409.

Benjaminsen, T. A. (1997). Natural resource management, paradigm shifts, and the decentralization reform in Mali. *Human Ecology,* 25 (1), p. 121-143.

Bertrand, M. (1999). *Transition malienne, décentralisation, gestion communale bamakoise.* Paris: Grafigéo.

Bertrand, M. (2000). Bamako. In *Métropoles en mouvement, Une comparaison internationale*(Eds, Dureau, F., Dupont, V., Lelievre, E., Levy, J. P. and Lulle, T.). Paris: Economica.

Bousquet, F. et Gautier, D. (1999). Comparaison de deux approches de modélisation des dynamiques spatiales par simulation multi-agents: les approches "spatiales" et "acteurs". Cybergeo.

Boutinot, L. (2005). De la complexité de la décentralisation. Exemple de la gestion des ressources forestières au Sénégal. *Le bulletin de l'APAD,* 22, http://apad.revues.org/document52.html.

Breman, H. et Kessler, J. J. (1995). *Le rôle des ligneux dans les agro-écosystèmes des régions semi-arides (avec un accent particulier sur les pays sahéliens).* Wageningen: CABO.

Broadhead, J., Bahdon, J. et Whiteman, A. (2003). *Past trends and future prospects for the utilisation of wood for energy.* Global Forest Products Outlook Study Working Paper. Rome FAO.

Brunet, R. (1997). *L'aménagement du territoire en France.* La documentation Française.

Brunet, R. (2001a). *Le déchiffrement du monde. Théorie et pratique de la géographie.* Paris: Belin.

Brunet, R. (2001b). Models in geography ? A sense to research. *Cybergeo,* 12th European Colloquium on Quantitative and Theoretical Geography.St-Valery-en-Caux, France, September 7-11, 2001. St-Valery-en-Caux, France URL:http://www.cybergeo.eu/index4288.html

Brunet, R., Ferras, R. et Thery, H. (1993). *Les mots de la géographie. Dictionnaire critique.* Paris: Reclus - La documentation française.

Bureau de Statistique des Nations Unies (1987). *Statistiques de l'énergie: définitions, unités de mesure et facteurs de conversion.* Etudes méthodologiques. New York: Nations Unies.

Buttoud, G. (2001). *Gérer les forêts du sud.* Paris: L'harmattan.

Cameron, A. C. et Trivedi, P. K. (1998). *Regression Analysis of Count Data. .* Cambridge: Cambridge University Press.

Castillo, I. (1994). *The Traditional Energy Sector And the Economy : The case of Mali, Burkina Faso, The Gambia, NIger and Senegal.* RPTES discussion papers series. Washington DC: The World Bank.

Cattan, N. et Grasland, C. (1994). Migrations et effets de barrière en Tchécoslovaquie. In *La Tchécoslovaquie en 1992 : transition, fragmentation, recomposition*(Ed, Rey, V.). Presses de l'ENS Fontenay-Saint-Cloud.

CCL (1998). *Schéma directeur d'approvisionnement en bois-énergie de Bamako.* Bamako: Cellule Combustible Ligneux. Ministère du développement rural et de l'eau du Mali.

CED (1999). *Panel de Bamako. La consommation d'énergie domestique de Bamako.* Bamako: Cellule Energie Domestique. Ministère de l'Energie et des Mines du Mali.

Chamard, C. et Courel, M.-F. (1999). La forêt sahélienne menacée. *Sécheresse,* N° 10 (1), 11-18.

Chambwera, M. (2004). Economic Analysis of Urban Fuelwood Demand : The Case of Harare in Zimbabwe. Wageningen: Wageningen University.

Chasco, C. et Vicens, J. (1998). Spatial interaction models applied to the design of retail trade areas. In *38th Congress of the European Regional Science.* Vienne (Autriche).

Chomitz, K. M. et Griffiths, C. (1997). *An economic analysis of woodfuel management in the Sahel: the case of Chad.* New York: World Bank.

Cline-Cole, R. A. et al, e. (1987). *Wood fuel in Kano. Final report of the rural energy project.* Kano: Bayero University.

Cline-Cole, R. A., Main, H. A. et Nichol, J. E. (1990). On fuelwood Consumption, population dynamics and deforestation in africa. *World Development,* 18-avr, p. 513-527.

Couteron, P. (1997). Contractions du couvert végétal et sécheresse. Exemples au nord-ouest du Burkina Faso. In *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens.*(Eds, d'Herbès, J.-M., Ambouta, J. M. K. and Peltier, R.). Paris: John Libbey Eurotext.

Creightney, C. D. (1993). *Transport and Economic Performance. A Survey of Developing Countries.* Washington DC: The World Bank.

Crozier, M. et Friedberg, E. (1992). *L'acteur et le système : les contraintes de l'action collective.* Paris: Seuil.

Cuny, P. et Buttoud, G. (2003). Pistes pour un gestion décentralisée des ressources forestières au Mali. *Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen,* 154 (2), 31-41.

D'aubigny, G., Calzada, C., Grasland, C., Robert, D., Viho, G. et Vincent, J.-M. (2000). Approche poissonnienne des modèles d'interaction spatiale. *Cybergeo,Systèmes, Modélisation, Géostatistiques,* URL: http://www.cybergeo.eu/index4357.html

Daniel, K. (2001). Localisation des productions agricoles et concentration géographique de la demande. *Cahiers d'économie et sociologie rurales,* 58-59.

Daré, W. (2005). Comportements des acteurs dans le jeu et dans la réalité: indépendance ou correspondance ? Analyse sociologique de l'utilisation de jeux de rôles en aide à la concertation pour la gestion de l'eau (vallée du fleuve Sénégal). PARIS: ENGREF.

Debrie, J. et Guerrero, D. (2008). (Re)spatialiser la question portuaire : pour une lecture géographique des arrière-pays européens. *L'espace géographique,* 1 (37).

Defourny, P. (1988). Mapping woody vegetation in the sudano-sahelian region (Mali, Burkina Faso). In *Twenty-second International Symposium on Remote sensing of Environment.* Abidjan, Côte d'Ivoire, October 20-26.

Defourny, P. (1990). Méthode d'évaluation quantitative de la végétation ligneuse en région soudano-sahélienne à partir d'images LANDSAT TM (Burkina Faso). In *Télédétection et sécheresse.* Paris: John Libbey Eurotext.

Defourny, P. (1992). Contribution aux méthodes d'évaluation et de suivi par télédétection satellitaire de la végétation ligneuses en région soudano-sahélienne. In *Faculté des sciences Agronomiques.* Louvain, Belgique: Université Catholique de Louvain, 252p.

DFID (2002). *Energy for the poor: Underpinning the Millenium Development Goals.* London: Departement For International Development.

Dicko, A. B. (2004). Expériences de mobilisation des ressources financières des communes rurales au Mali. In *Financer la décentralisation rurale: taxes et impôts à l'échelle locale*

auBénin, Burkina Faso et Mali(Eds, Hilhorst, T. and Baltissen, G.). Amsterdam: KIT, 70-94.

DNSI (2003). *Enquête Malienne sur l'évaluation de la pauvreté (EMEP) 2001 - Résultats Définitifs.* Washington DC: Direction Nationale de la Statistique du Mali / The World Bank.

Dray, A., Perez, P., Jones, N., Le Page, C., d'Aquino, P., White, I. et Auatabu, T. (2006). The AtollGame Experience: from Knowledge Engineering to a Computer-Assisted Role Playing Game. . *Journal of Artificial Societies and Social Simulation,* 9 (1).

Dumestre, G. (1996). De l'alimentation au Mali. *Cahiers d'études africaines,* 36 (144).

Durand-Dastès, F. (1995). Les modèles en géographie. In *Encyclopédie de géographie* (Eds, Bailly, A., Ferras, R. and Pumain, D.). Paris: Economica.

Duruflé, G., Fabre, P. et Yung, J. M. (1988). *Les effets sociaux et économiques des projets de développement rural.* Paris: La documentation Française.

Eckholm, E. (1975). *The Other Energy Crisis: Firewood.* Worldwatch Paper 1. Washington: Worldwatch Institute.

Eklundh, L. et Olsson, L. (2003). Vegetation index trends for the African Sahel 1982–1999. *Geophysical Research Letters 30, 1430,* 30.

Elvidge, C. D. et Lyon, R. J. P. (1985). Influence of rock-soil spectral variation on the assessment of green biomass. *Remote Sensing of Environment,* 17 (3), 265-279.

ESMAP (1988). *Niger - Household energy conservation and substitution.* New York: World Bank.

ESMAP (1992). *Mali - Household energy strategy.* New York: World Bank.

ESMAP (1993). *Elements de strategie pour l ' energie domestique urbaine : le cas de N ' Djamena.* New York: Wprld Bank.

ESMAP (2001). *Sustainable woodfuel supplies from the dry tropical woodlands.* ESMAP Technical Paper. New York: Energy Sector Management Assistance Programme - Joint UNDP/World Bank.

Estache, A. et Goicoechea, A. (2005). *A "research" database on infrastructure economic performance.* Policy Research Working Paper; no. WPS 3643. Washington DC: The World Bank.

Etienne, M., Le Page, C. et Cohen, M. (2003). A Step-by-step approach to building land management scenarios based on multiple viewpoints on multi-agent system simulations. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation,* 6 (2).

FAO (2005). *Les Forêts et les Bioénergies.* Comité des Forêts 17eme session. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations.

Faucheux, S. et Noël, J. F. (1995). *Economie des ressources naturelles et de l'environnement.* Paris: Armand Colin.

Feeley, K. J., Gillespie, T. W. et Terborgh, J. W. (2005). The Utility of Spectral Indices from Landsat ETM+ for Measuring the Structure and Composition of Tropical Dry Forests. *Biotropica,* 37 (4), 508-519.

Ferbert, J. (1995). *Les systèmes multi-agents. Vers une intelligence collective.* Paris: Intereditions.

Foley, G., Kerkhof, P. et Djibrilla, M. (2002). *A review of the rural firewood market strategy in west africa.* African region working paper series. Washington, DC: The World Bank.

Fotheringham, A. S. (1983). A new set of spatial-interaction models: the theory of competing destinations. *Environment and planning A,* 15, p 15-36.

Fotheringham, A. S. (1988). Consumer store choice and choice set definition. *Marketing Science,* 7 (3), 299-306.

Friedberg, E. (1993). *Le Pouvoir et la Règle: Dynamiques de l'action Organisée.* Paris: Seuil.

FRM (1998). *Revue du dispositif institutionnel relatif à l'exploitation et à la gestion des forêts classées au Mali.* Bamako: Ministère de l'Environnement et du Développement Rural - République du Mali.

Fujita, M. et Thisse, J. F. (1997). Economie géographique, problèmes anciens et nouvelles perspectives. *Annales d'économie et de statistique,* 45.

Gautier, D. et Compaoré, A. (2006). *Les populations locales face aux normes d'aménagement forestier en Afrique de l'Ouest.* Ouagadougou: CIFOR, bureau régional Afrique de l'Ouest.

Gautier, D., Hautdidier, B., Aya, I. et Gazull, L. (2006). Le marché rural de bois au Mali à l'épreuve du temps. Une innovation en friche. In *Colloque international GECOREV.* Saint Quentin en Yvelines.

Gautier, D., Hautdidier, B. et Gazull, L. ((in press)). Woodcutting and territorial claims in Mali. *geoforum*.

Gazull, L. (2003a). Organisation spatiale d'une filière d'approvisionnement d'un grand centre urbain sahélien. Une approche par un modèle d'attraction arborescent. In *Département de géographie.* Montpellier: Université Montpellier III - Paul Valery, 124.

Gazull, L. (2003b). *Suivi écologique des ressources ligneuses disponibles dans les bassins d'approvisionnement en bois-énergie des villes sahéliennes.* Rapport d'expertise. CILSS - PREDAS.

Gazull, L., Birnbaum, P., Brognoli, C., Ouattara, S. et Fauvet, N. (2008). Bois-énergie et déforestation au Mali - Mesure de l'impact de l'exploitation forestière dans le bassin d'approvisionnement de Bamako. *Sécheresse,* (soumis).

Gazull, L., Gautier, D. et Becu, N. (2010). Usage d'un jeu de rôle pour l'analyse préalable d'un SIG participatif. *Revue Internationale de Géomatique,* (à paraître).

Géneau de Lamarlière, I. et Staszak, J. F. (2000). *Principes de géographique économique.* Paris: Bréal.

Gintzburger, G., Saïdi, S. et Soti, V. (2005). *Rangelands of the Ravnina Region in the Karakum Desert (Turkmenistan): current conition and utilisation.* INCO COPERNICUS / RTD Project. DARKA (Aberdeen, UK) and CIRAD (Montpellier, France).

Girard, M. C., Mougenot, B. et Ranaivoson, A. (1991). Présentation d'un modèle d'organisation et d'analyse de la structure des informations spatialisés: OASIS. In *Caractérisation et suivi des milieux terrestres en régions arides et tropicales*(Ed, Pouget, J.). Paris: ORSTOM.

Glemas, P. et Gazull, L. (2007). *Pertinence des données MODIS VCF au Mali - Mise en place d'une validation des taux de couvert forestier.* Bamako: Institut d'Economie Rurale du Mali.

Godard, X. (2003). Urban transport and mobility in African cities. Crisis and inventive disorder. In *TRB Annual Meeting January 12-16, 2003.* Washington, DC.

Gouzenne , B. et Robert , C. (2005). Les transports collectifs urbains à Bamako : un système fondé sur la gestion de l'immédiat. In *Master ISUR,"Ingénierie des Services Urbains en Réseaux dans les pays en voie de développement".* Rennes: Université de Rennes 1, Institut d'Etudes Politiques, Institut des sciences et des techniques de l'équipement et de l'environnement pour le développement (ISTED)

Grasland, C. (2004). Interaction spatiale. *Hypergéo,* URL:http://www.hypergeo.eu/article.php3?id_article=2

Guldmann, J.-M. (1999). Competing destinations and intervening opportunities interaction models of inter-city telecommunication flows. *Papers in Regional Science,* 78, 179–194.

Haaser, F. (1997). *Système de contrôle Forestier - Diagnostic et propositions.* Rapports de missions SED. Bamako: Projet Stratégie Energie Domestique.

Hansen, M., DeFries, R., Townshend, J. R., Carroll, M., Dimiceli, C. et Sohlberg, R. (2003). Vegetation Continuous Fields MOD44B, 2001 Percent Tree Cover, Collection 3. Maryland: University of Maryland.

Hautdidier, B. (2001). Les marchés ruraux de bois au Mali, un modèle de gestion forestière communautaire en question. In *Département de géographie-aménagement.* Orléans: Université d'Orléans.

Hautdidier, B. (2007). Bûcherons et dynamiques institutionnelles locales au Mali. La gouvernance incertaine des ressources ligneuses des environs de Bamako, à travers l'étude des marchés ruraux de bois de la commune de Zan Coulibaly. In *Gestion Environnementale des Écosystèmes et Forêts Tropicales.* Paris: AgroparisTech, 419 p.

Hautdidier, B., Boutinot, L. et Gautier, D. (2004). La mise en place de marchés ruraux de bois au Mali :un événement social et territorial *L'Espace Géographique,* 4, 289-305.

Hautdidier, B. et Gautier, D. (2005). What Local benefits with the Implementation of Rural Wood Markets in Mali? In *Linking global conservation objectives and local livelihood needs: lessons from Africa*(Eds, ROS-THONEN, M. A. F., ZAAL, A. F. M. and DIETZ, A. J.). Lewinston, New York: Edwin mellen Press.

Hautdidier, B., Gautier, D. et Boutinot, L. (2002). La mise en place de marchés ruraux de bois au Mali: un événement spatial et territorial. *L'espace géographique*.

Herrmann, S. M., Anyamba, A. et Tucker, C. J. (2005). Recent trends in vegetation dynamics in the African Sahel and their relationship to climate. *Global Environmental Change Part A,* 15 (4), 394-404.

Holm, E. et Sanders, L. (2001). *Modèles spatiaux de microsimulation.* Hermès.

Huete, A. R., Jackson, R. D. et Post, D. F. (1985). Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds. *Remote Sensing of Environment,* 17 (1), 37-53.

Huff, D. L. (1963). A Probabilistic Analysis of Consumer Spatial Behaviour. In *Emerging Concepts in Marketing*(Ed, Decker, W. S.). Chicago: American Marketing Association, p. 443-461.

Huriot, J. M. (1994). *von Thünen. Economie et Espace.* Paris: Economica.

IEA (2002). *World Energy Outlook 2002.* Paris: International Energy Agency.

Jaglin, S. (2004). Vingt ans de réformes dans les services d'eau urbains d'Afrique subsaharienne : une géographie de la diversité. *Cybergeo,* (Séminaire de recherche du GDR Rés-Eau-Ville (CNRS 2524) "L'eau à la rencontre des territoires", Montpellier, France, 27-28 et 29 mai 2004) URL:http://www.cybergeo.eu/index1419.html

Kaimowitz, D. et Angelsen, A. (1998). *Economic Models of Tropical Deforestation - A Review.* Bogor, Indonesia: CIFOR.

Kassibo, B. (2006). Décentralisation Démocratique, Pluralisme Institutionnel et Responsabilité dans la Gestion des Ressources Forestières : Le cas de la Commune Rurale de Siby au Mali. In *SURVIVAL OF THE COMMONS Mounting Challenges and New Realities - June 19-23, 2006* Bali, Indonesia: International Association for the Study of Common Property.

Kassibo, B. (2007). La Décentralisation au Mali : État des Lieux. *Le bulletin de l'APAD,* 14.

Kerkhof, P., Tamboura, M. et Beridogo, B. (2002). *Evaluation finale Stratégie Energie Domestique.* Bamako: Ministère des Mines de l'Energie et de l'Eau du Mali, Ministère de l'Environnement du Mali.

Ki-Zerbo, J. (1981). Les femmes et la crise de l'énergie au Sahel. *Unasylva,* 133 (Le bois source d'énergie - Édition spéciale 2).

Konate, G. (1999). *Implication des femmes charbonnières et bûcheronnes dans les marchés ruraux.* Bamako (Mali): Cellule combustible ligneux.

Konate, G. (2001). *L'Etude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA) : République du Mali.* Forestry Sector Outlook Studies. Rome: FAO.

Kone, B. (2001). Integration de la problematique de la biodiversite dans le secteur forestier. In *L'intégration de la biodiversité dans les programmes de nationaux de planification forestière.* Bogor, Indonésie du 13 au 16 Août 2001: CIFOR/UNEP/GEF.

Lardon, S., *Baron, C.*, *Bommel, P.*, *Bousquet, F.*, *Le Page, C.*, *Lifran, R.*, *Mondestiez, P.* et *Reitz, P.* (1998). Modéliser les configurations et les stratégies spatiales dans un système multi-agents pour la maitrise de dynamiques d'embrousaillement. In *Colloque SMAGET - Modèles et systèmes Multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires.* Clermond Ferrand: CEMAGREF.

Leach, G. (1987). Energy and the Urban Poor. *IDS Bulletin,* 18 (1), 31-38.

Lebeau, R. (1979). *Les grands types de structures agraires dans le monde.* Paris: Masson.

Lim, K., Deadman, P., Moran, E., Brondizio, E. et McCracken, E. (2002). Agent-based simulations of household decision making and land use change near Altamira, Brazil. In *Integrating Geographic Information Systems and Agent-Based Modeling Techniques for Understanding Social and Ecological Processes*(Ed, Gimblett, H. R.). Oxford University Press, 277-310.

Lima, S. (2007). Quand la frontière devient interface. Le cas des frontières communales au Mali. In *Regards géopolitiques sur les frontières*(Eds, Bouquet, C. and Velasco-Graciet, H.). Paris: L'Harmattan.

Luce, R. D. (1959). *Individual Choice Behavior: A Theoretical Analysis.* New York: Wiley.

MacDonald, D., Adamowicz, W. et Luckert, M. (2001). Fuelwood Collection in Northeastern Zimbabwe: Valuation and Caloric Expenditures. *Journal of Forest Economics,* 7 (1).

Madon, G. (1998). *Comparaison des coûts des combustibles domestiques.* Projet SED - Note méthodologique. Bamako: Cellule Combustible Ligneux. Ministère du développement rural et de l'eau du Mali.

Maiga, A. (1999). *Ressources forestières naturelles et plantations au Mali.* Collecte et analyse de données pour l'aménagement durable des forêts - joindre les efforts nationaux et internationaux. Rome: FAO-Commission Européenne.

Maiga, A. B. (2001). *Régime Fiscal Forestier et Dépenses de l'Etat en Faveur du Secteur Forestier au Mali.* Forest Finance Reports. Rome: Food and Agriculture Organizationof the United Nations (FAO).

Martins, J. (2005). The Impact of the Use of Energy Sources on the Quality of Life of Poor Communities. *Social Indicators Research,* 72 (3), 373-402.

Matly, M. (2000). La mort annoncée du bois-énergie à usage domestique. *Bois et forêts des tropiques,* 266 (4), 43-54.

Mbodj, F. B. (2006). Gestion décentralisée des ressources forestières : enjeux économiques et socio-spatiaux. L'exemple de la commune rurale de Siby. In *UFR de Géographie.* Paris: Université Paris I, 120p.

Mc Fadden, D. (1977). Econometric Models of Probabilistic Choice. In *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*(Eds, Manski, C. F. and McFadden, D.). Cambridge, Mass.: MIT Press.

Meikle, S. et Bannister, A. (2003). *Energy, Poverty and Sustainable Urban Livelihoods.* Working Paper N° 126. London: DFID.

Meillassoux, C. (1965). The Social Structure of Modern Bamako. *Africa,* 35, 125.

Mermet, L. (1992). *Stratégies pour la gestion de l'environnement.* Paris, France: L'Harmattan.

Millington, A. C., Crichtley, R. W., Douglas, T. D. et Ryan, P. (1994). *Evaluation de la biomasse ligneuse en Afrique Subsaharienne.* Washington, D.C.: Banque Mondiale.

Montagne, P., Nouvellet, Y. et Bertrand, A. (2006). Nouvelles politiques forestières, interventions multiples des nouveaux acteurs privés et renouvellement des fonctions des agents des administrations forestières. In *L'Etat et la gestion durable des forêts en Afrique francophone et à Madagascar*(Eds, Bertrand, A., Montagne, P. and Karsenty, A.). Paris: L'Harmattan.

Morin, R., Marcoux, R., Gingras, L. et Ouedraogo, D. (1996). Habiter à Bamako: conditions de logement et réponses des ménages dans une ville sahélienne. *Cahiers de Géographie du Québec,* 40 (109), 5-28.

Mougenot, B. et Hamani, S. (1997). Les possibilités de classification des formations contractées à partir de la télédétection aérienne et satellitaire. Exemple dans l'ouest nigérien. In *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens.*(Eds, d'Herbès, J.-M., Ambouta, J. M. K. and Peltier, R.). Paris: John Libbey Eurotext.

Moustier, P. et Leplaideur, A. (1999). *Cadre d'analyse des acteurs du commerce vivrier africain.* Série Urbanisation, alimentation et filières vivrières. Montpellier: CIRAD.

Nasi, R. et Sabatier, M. (1991). *Projet Inventaire des ressources ligneuses au Mali. Rapport de synthèse, première phase. Les formations végétales.* Bamako: Ministère chargé des Ressources Naturelles et de l'Elevage. Direction Nationale des Eaux et Forêts. BDPA/SCET-AGRI, CTFT (Département CIRAD).

Nasi, R. et Sabatier, M. (1998). *Projet Inventaire des ressources ligneuses au Mali. Rapport de synthèse, première phase. Les formations végétales.* Bamako: Ministère chargé des Ressources Naturelles et de l'Elevage. Direction Nationale des Eaux et Forêts. BDPA/SCET-AGRI, CTFT (Département CIRAD).

Nouvellet, Y. (2002a). *Manuel d'aménagement forestier.* Bamako: République du Mali - Stratégie Energie Domestique.

Nouvellet, Y. (2002b). *Manuel de procédure de mise en place et de suivi des Marchés Ruraux de Bois-Energie.* Bamako: Stratégie Energie Domestique - Cellule Combustibles Ligneux - République du Mali.

Nouvellet, Y., Sylla, M. L. et Kassambara, A. (2003). La production de bois d'énergie dans les jachères au Mali. *Bois et Forêts des Tropiques,* 276 (2), 5-15.

Nyström, M. (2006). Better kitchens make for better energy use and healthier homes. *Habitat Debate,* 12 (1).

OEF (2002). *Activité, emploi et chomage à Bamako.* Enquête Permanente Auprès des Ménages (EPAM). Bamako: Observatoire de l'Emploi et de la Formation.

OEF (2003). *Bilan de l'emploi 2002 - Etudes sur la structure des emplois dans la fonction publique.* Bamako: Observatoire de l'Emploi et de la Formation.

Olsson, K. (1984). Estimating canopy cover in drylands with Landsat MSS data. *Advances in Space Research,* 4 (11), 161-164.

Olsson, L., Eklundh, L. et Ardö, J. (2005). A recent greening of the Sahel—trends, patterns and potential causes. *Journal of Arid Environments,* 63, 556–566.

Oppong, J. R. (1996). Accomodating the rainy season in the third world location-allocation applications. *Socio-Econ. Plann. Sci.,* 30 (2), pp 121-137.

Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: the Evolution of Institutions for Collective Action.* New York: Cambridge University Press.

Ostrom, E. (1992). *Crafting Institutions for self-governing irrigation systems.* San Francisco: Institute for Contemporary Studies.

Otter, H. S., van der Veen, A. et de Vriend, H. J. (2001). ABLOoM: Location behaviour, spatial patterns, and agent-based modelling. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation,* 4 (4).

Ozer, O. (2004). Bois de feu et déboisement au Sahel: mise au point. *Sécheresse,* 15 (3), 243-51.

Pachauri, S. et Spreng, D. (2003). *Energy Use and Energy Access in Relation to Poverty.* CEPE Working Paper N° 25. Zürich: Centre for Energy Policy and Economics.

Parker, D. C., Manson, S. M., Janssen, M. A., Hoffmann, M. J. et Deadman, P. (2004). Multi-Agent Systems for the Simulation of Land-Use and Land-Cover Change: A Review. *Annals of the Association of American Geographers,* 93 (2), 314 - 337.

Peyron, J.-L. (2006). Acteurs, Polityiques et Aménagement des forêts. In *La forêt - Ressource et patrimoine*(Ed, Galochet, M.). Paris: Ellipses.

Picard, N. (2003). *Mise au point d'une méthode fiable d'estimation de la productivité des formations arborées et arbustives au Mali.* Note technique. CIRAD.

Picard, N., Ballo, M., Dembélé, F. et Gautier, D. (2006). Evaluation de la productivité et de la biomasse des savanes sèches africaines : l'apport du collectif Savafor. *Bois et forêts des tropiques,* 288, 75-80.

Pini, G. (1995). L'interaction spatiale. In *Encyclopédie de géographie* (Eds, Bailly, A., Ferras, R. and Pumain, D.). Paris: Economica.

Pourtier, R. (1999). *Villes Africaines.* Paris: La Documentation française.

Pumain, D. et Saint-Julien, T. (1997). *L'analyse spatiale - Localisations dans l'espace.* Paris: Armand Colin.

Pumain, D. et Saint-Julien, T. (2001). *Les interactions spatiales - Flux et changements dans l'espace géographique.* Paris: Armand Colin.

Railsback, S., Lytinen, S. et Jackson, S. (2006). Agent-based simulation platforms: review and development recommendations. *Simulation,* 82 (9), 609-623.

Raton, G. (2004). Acteurs, lieux et liens. Etude de la filière bois-énergie à travers les perceptions, les connaissances et les pratiques des acteurs dans le bassin d'approvisionnemnt de Bamako. In *DEA « Mondes Tropicaux » Aménagement, Territoires, Environnement.* Paris: Université PARIS IV - CIRAD Forêt.

Reilly, W. J. (1931). *The Law of Retail Gravitation.* New York: W.J. Reilly, Inc.

Reynaud, A. (1981). *Société, espace et justice.* Paris: Presses Universitaires de France.

Ribot, J. (2001). *Historique de la gestion forestière en Afrique de l'Ouest. Ou: Comment la « science » exclut les paysans.* Drylands Issue Paper F104. London: IIED.

Ribot, J. C. (1990). Markets, States and environmental policy: The political economy of charcoal in Senegal. University of California.

Ribot, J. C. (1995a). *Le contrôle local des forêts au Mali: Analyse des politiques participatives du point de vue institutionnel. RPTES, Etude régionale (Afrique).* World Bank.

Ribot, J. C. (1995c). *Local Forest Control in Burkina Faso, Mali, Niger and Senegal : A review and Critique of New Participatory Policies.* Forest Sector Policy Report. Washington DC: Africa Technical Division of The World Bank.

Ribot, J. C. (1998). Theorizing access: forest profits along senegal's charcoal commodity chain. *Development and Change,* 29, p 307-341.

Rindfuss, R. R., Walsh, S. J., Turner, B. L., Fox, J. et Mishra, V. (2004). Developing a science of land change: Challenges and methodological issues. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA,* 101 (39).

Rondeau, C. (2000). *L'appropriation foncière informelle à Bamako : une stratégie d'insertion urbaine pour les uns et d'accumulation foncière pour les autres.* Cahier du GIM. Montréal: INRS-Urbanisation.

Rousset, P. et Girard, P. (2001). *Audit du secteur charbonnier.* Bamako: Stratégie Energie Domestique - République du Mali.

Samake, A., Bélières, J.-F., Bosc, P.-M. et Sanogo, O. (2007). *Les implications structurelles de la libéralisation sur l'agriculture et le développement rural - Première phase - Synthèse nationale.* Programme RuralStruct. Bamako: République du Mali - Banque Mondiale - Coopération Française.

Sanchez-Azofeifa, G. A., Quesada, M., Rodriguez, J. P., Nassar, J. M., Stoner, K. E., Castillo, A., Garvin, T., Zent, E. L., Calvo-Alvarado, J. C., Kalacska, M. E. R.*, et al.* (2005). Research Priorities for Neotropical Dry Forests. *Biotropica,* 37 (4), 477–485.

Sanders, L. (1999). Modelling within a self-organising or a microsimulation framework: opposite or complementary approaches ? : Cybergeo.

Sasaki, Y. et Box, P. (2003). Agent-Based Verification of von Thünen's Location Theory. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation,* 6 (2).

Sauter, G. et Pelissier, P. (1964). Pour un atlas des terroirs africains, structure type d'une étude de terroir. *L'Homme,* 4 (1), 56-72.

SEED et CIRAD (1991). *Schéma Directeur d'Approvisionnementen bois-énergie de Niamey.* Projet Energie II - Ministère des mines et de l'énergie du Niger.

Sen, A. K. (1985). *Commodities and Capabilities.* Amsterdam: North Holland.

Sidikou, H. A. (1997). Droits d'usage traditionnels locaux et demande externe des populations urbaines au Niger. In *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens*(Eds, d'Herbès, J. M., Ambouta, J. M. K. and Peltier, R.). John Libbey Eurotext.

SITRASS (2000). *Étude régionale sur l'organisation, le financement et la rentabilité des micro-entreprises de transport urbain en Afrique subsaharienne. Tome II : Le cas de Bamako.* Document de travail Subsaharian Africa Transport Program N° 49. Washington DC: The World Bank.

Sow, M. et Anderson, J. (1996). La forêt vue par les villageois Malinké des alentours de Bamako, Mali. *Unasylva,* 47 (186).

Stouffer, S. A. (1960). Intervening opportunities and competing migrants. *Journal of Regional Science,* 2, 1-26.

Suchman, L. (1987). *Plans and situated actions : the problem of human-machine communication.* Cambridge University Press. .

Sylla, M. (1997). *Evaluation rapide de la productivité et de la production des formations végétales: bassins de Bamako et Ségou.* Bamako: République du Mali - Stratégie Energie Domestique.

Tallec, F. et Bockel, L. (2005a). *Analysis of the Suburban Market Horticulture Sub-Chain of Bamako (Mali).* EasyPol - Case study on Commodity Chain Analysis. Rome: FAO.

Tallec, F. et Bockel, L. (2005b). *L'approche filière: analyse fonctionnelle et identification des flux.* EasyPol - Case study on Commodity Chain Analysis. Rome: FAO.

The World Bank (2005). *Mali - The urban development and decentralization project. Implementation completion report.* Washington DC: The world Bank.

Thill, J. et Timmermans, H. (1992). Analyse des décisions spatiales et du processus de choix des consommateurs: théorie, méthodes et exemples d'application. *L'espace géographique,* 21 (2).

Thioub, I. (1994). Le Sénégal et le Mali. In *Le Sénégal et ses voisins. Dakar: Sociétés-Espaces-Temps*(Ed, Diop, M.-C.).

Thurstone, L. L. (1927). A law of comparative judgement. *Psychological Review,* 34, 278-286.

Timmermans, H. et Golledge, R. G. (1990). Applications of behavioural research on spatial problems II: preference and choice. *Progress in human geography,* 14, p.311-354.

Tracey-White, J. D. (1997). *Manuel de Planification des Marchés de Vente au Détail.* Aliments dans les villes - DT/16-97. Rome: FAO.

TransEnerg (1985). *Planification de l'énergie. Annexe III : bois et charbon de bois.* République du Mali, Ministère d'Etat chargé de l'équipement, Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie.

Trochain, J.-L. (1957). Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique Tropicale. *Bulletin de l'Institut d'Etudes Centrafricaines - Brazzaville,* 13-14, 55-93.

Turton, I. (2003). Modelling Landuse Development Using Multi-Agent Systems. In *7th International Conference on GeoComputation, 2003.* Southampton, United Kingdom: University of Southampton.

Ullman, E. L. (1956). The Role of Transportation and the Bases for Interaction. In *Man's Role in Changing the Face of the Earth*(Ed, Thomas Jr, W. L.). University of Chicago Press, 862-880.

UNDP (2004). *World Energy Assessment Overview 2004 Update.* New York: United Nations Development Programme. Bureau for Development Policy.

Van de Vyvere, Y. (1995). Les modèles de choix discret en géographie: une introduction. *L'espace géographique,* 1-1995, 1-10.

van der Plas, R. et Abdel-Hamid, M. A. (2005). Can the wwodfuel supply in sub-Saharan Africa be sustainable? The case of N'Djaména, Chad. *Energy Policy,* 33, 297-306.

Vandresse, M. (2003). *Discrete Choice Models and Stated Preferences.* Louvain la neuve, Belgium: Institut de Statistique. Université catholique de Louvain.

Vermot-Desroches, B. (1994). Interactions spatiales. In *Encyclopédie d'économie spatiale*(Eds, J.P., A. and (eds), a.). Paris: Economica.

Volle, P. (1999). *Promotion et choix du point de vente.* Vuibert - FNEGE.

Vuarin, R. (1991). Solidarité, Parenté et Urbanisation à Bamako. Choix des Unités d'Enquêtes. *Etudes maliennes,* 45.

WEC et FAO (1999). *The Challenge of Rural Energy Poverty in Developing Countries.* London: World Energy Council (WEC) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

White, M. A., Shaw, J. D. et Ramsey, R. D. (2005). Accuracy assesment of the vegetation continuous field tree cover product using 3954 ground plots in the south-western USA. *International Journal of Remote Sensing,* 26 (12), 2699-2704.

Wilhelm, L. (1997). *Les circuits d'approvisionnement alimentaire des villes et le fonctionnement des marchés en Afrique et à Madagascar.* Collection "Aliments dans les villes". Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO).

Winder, N. (2000). Modelling within a thermodynamic framework: a footnote to Sanders (1999). *Cybergeo*.

Zeileis, A., Kleiber, C. et Jackman, S. (2008). Regression Models for Count Data in R. *Journal of Statistical Software,* 27 (8).

Zunga, Q., Vagnini, A., Le Page, C., Toure, I. O., Lieurain, E. et Bousquet, F. (1998). Coupler Systèmes d'Information Géographique et SystèmesMulti-Agents pour modéliser les dynamiques de transformation des paysages. In *Colloque SMAGET - Modèles et systèmes Multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires.* Clermond Ferrand: CEMAGREF.

Université Paris Diderot Paris 7
U.F.R. G.H.S.S.
2008

Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paris Diderot Paris 7
en Géographie

Présentée et soutenue le 24 Février 2009, par

Laurent GAZULL

Le bassin d'approvisionnement en bois-énergie de Bamako
Une approche par un modèle d'interaction spatiale

Annexes

Sous la direction de **Claude Grasland**, Professeur, Université Paris Diderot Paris 7

Devant le jury :

G. Beltrando, Professeur, Université Paris Diderot Paris 7	Président
L. Chapelon, Professeur, Université Montpellier 3	Rapporteur
S. Jaglin, Professeur, ENPC Marne la Vallée	Rapporteur
C. Grasland, Professeur, Université Paris Diderot Paris 7	Examinateur
P. Caron, Directeur scientifique, CIRAD Montpellier	Examinateur
D. Tiveau, Chercheur, CIFOR Ouagadougou	Examinateur

Table des matières

Annexe A

Bois-énergie et déforestation au Mali_____ 307

Annexe B

Classification supervisée des images LANDSAT 7 _____ 325

Annexe C

Liste des enquêtes menées et des données collectées dans le cadre de la thèse _____ 329

Annexes D

Enquêtes menées auprès des acteurs de la filière bois. _____ 331

Annexe E

Usage d'un jeu de rôles pour l'analyse préalable d'un SIG_____ 359

Annexe F

Traitements statistiques et validation du modèle d'interaction _____ 391

Annexe A

Bois-énergie et déforestation au Mali.
Mesure de l'impact de la coupe du bois de feu dans le bassin d'approvisionnement de Bamako.

Laurent Gazull*, Philippe Birnbaum**, Christine Brognoli*, Saïdou Ouattara***, Nicolas Fauvet*.

* CIRAD - UR 36, Campus international de Baillarguet, TA C-36/D, 34398 Montpellier Cedex 5, France.

tel : (33) 4 67 59 37 25, Fax (33) 4 67 59 37 33.

email : laurent.gazull@cirad.fr

** CIRAD- UMR AMAP, TA-A51/PS2, Boulevard de la Lironde. 34398 Montpellier cedex 5, France.

*** IER, Institut d'Economie Rurale BP 258 - Rue Mohamed V - Bamako, Mali

Introduction

Le bois recouvre plus de 90 % de la satisfaction des besoins énergétiques des populations du Sahel. Le poids des habitudes culinaires, le déséquilibre de la balance commerciale de ces pays, la disponibilité encore importante en ressources ligneuses et plus récemment la hausse des prix des hydrocarbures devraient retarder la substitution au profit d'énergies jugées plus modernes pendant plusieurs décennies [1]. Cette ressource

énergétique provient majoritairement de l'exploitation des formations forestières naturelles par des bûcherons ruraux.

L'utilisation du bois de feu est considérée comme une cause majeure de la déforestation en Afrique Sahélienne et particulièrement en périphérie des villes [2]. Cependant, les études chiffrées et les données fiables relatives à cette relation sont peu nombreuses [3; 4], tandis que les principales études quantitatives établissent que la déforestation serait principalement due à la défriche agricole et aux stratégies de spéculation et d'appropriation foncière [5].

Au Mali, selon la Fao et l'administration forestière, entre 100 000 ha et 600 000 ha de zones boisées disparaîtraient chaque année du fait de la seule exploitation forestière [6]. Cependant, ces chiffres ne correspondent pas à des mesures directes du phénomène mais proviennent d'estimations établies en considérant la consommation des villes et le stock moyen sur pied.

Ce type de conversion ne tient pas compte des pratiques de coupe menées par les bûcherons. Au Mali, comme dans la plupart des pays Sahéliens, la coupe est sélective [7; 8]. Les bûcherons sélectionnent les arbres en fonction de leurs caractéristiques physiques, de leur essence, de leur usage futur et de leur accessibilité. A l'inverse des défriches agricoles, ce mode d'exploitation n'aboutit pas à une disparition brutale du couvert végétal et à la mise à nu du sol, mais provoque un éclaircissement progressif des massifs forestiers.

Cet article a pour objectif principal de présenter une méthode d'estimation de l'évolution du couvert forestier dans les zones exploitées pour la production de bois-énergie. Il vise à caractériser et à comparer au moyen d'images satellitales, l'évolution de deux massifs situés sur les collines et les plateaux cuirassés du bassin d'approvisionnement en bois-énergie de la ville de Bamako.

Matériel et méthodes

Les sites étudiés

Les secteurs étudiés se situent dans la commune de Zan Coulibaly à environ 100 km au Nord-Est de Bamako et plus précisément sur les plateaux gérés par les villages de Fiéna et de Korokoro. Cette zone localisée approximativement à 7°25' Ouest et 12°50' Nord, est exploitée pour produire du charbon de bois à destination de la capitale malienne [9].

Les formations forestières correspondent à des savanes arborées caractérisées, sans doute du fait de l'activité humaine, par une mosaïque de sols nus (*bowé* en langue peul) et

de fourrés ligneux[45] (cf. Figure 1) [11]. Les fourrés sont principalement constitués de *Combretum micranthum* G.Don qui représente la matrice floristique de ces savanes. Cette structure est complétée en périphérie par un dais d'*Acacia ataxacantha* DC. Les fourrés représentent des îlots de boisement denses caractérisés par un pourcentage élevé d'espèces sarmenteuses et épineuses qui les rendent difficilement pénétrables. En marge de ces îlots, à l'interface avec les *bowé*, on rencontre principalement le *Combretum adenogonium* Steud. ex A.Rich qui semble être la seule espèce capable de recoloniser ces espaces de sols nus. Enfin, les *bowé* nus en saison sèche (de novembre à mai) se recouvrent en saison des pluies (de juin à octobre) d'une strate d'herbacées annuelles.

Deux massifs forestiers situés à 5 km de distance, soumis aux mêmes conditions climatiques mais à des règles différentes de gestion forestière ont été retenus pour supporter cette analyse (Figure 2)

• Le premier massif de 172 ha (Fiena 1) correspond au périmètre officiel du Marché Rural de Bois de Fiena mis en place en 2002. C'est donc, en théorie, une zone réservée exclusivement à l'exploitation commerciale du bois et à la production de charbon. L'exploitation y est contrainte par des règles de gestion qui imposent une rotation des coupes dans l'espace et dans le temps et qui fixent des quotas annuels de production[46].

• Le second massif de 779 ha (Fiena 2) correspond à une zone non aménagée, exploitée au nord par les bûcherons de Fiena et au sud par des bûcherons du village voisin (Korokoro) [8]. A Korokoro, l'exploitation commerciale du bois a débuté au début des années 1980. A partir de 2000, la dégradation des ressources forestières et un ensemble de spéculations foncières ont poussé les bûcherons de Korokoro à sortir de leur territoire vers les brousses voisines des villages de Fiena et de Kodiani. Malgré une situation très conflictuelle et l'intervention des pouvoirs publics, le massif de Fiena 2 a été intensément exploité de 2000 à 2004 et continue de l'être en dehors de toute règle d'aménagement.

Méthode d'analyse

Dans ce paysage constitué d'une mosaïque de *bowé* et de fourrés impénétrables, les bûcherons prélèvent préférentiellement le bois en périphérie des zones boisées, c'est-à-dire au niveau de la zone d'interface. Les moyens traditionnels dont ils disposent (haches et charrettes à âne) ne leur permettent pas d'exploiter les arbres situés à l'intérieur des fourrés.

[45] Ces formations représentent plus de 60% des formations boisées de la région de Bamako [10].

[46] Au Mali, la création d'un Marché Rural de Bois, dans son acception spatiale d'un massif forestier inventorié et délimité, est conditionnée par l'élaboration d'un plan d'aménagement forestier qui comprend la création de parcelles avec rotation équilibrée des coupes, l'édiction de règles de coupe, ainsi que l'obligation de quotas annuels de production.

La méthode d'analyse retenue devra donc être en mesure de discriminer et d'analyser les évolutions de trois classes d'occupation des sols : les *bowé*, les fourrés et les zones d'interface entre ces deux milieux distincts.

A l'instar de ce qui a été fait au Burkina Faso et au Niger [12; 13], nous avons dans un premier temps effectué une analyse diachronique de ces classes par comparaison d'images panchromatiques à très haute résolution. Nous avons comparé des photographies aériennes panchromatiques au 1/50000^{e} de 1991, scannées à la résolution spatiale de 4m, à une image panchromatique SPOT 5 de février 2004 (© CNES) dont la résolution spatiale de 5m est très similaire.

Après plusieurs essais, il est apparu impossible de discriminer de manière significative, les *bowé* et les fourrés en utilisant le seuillage des niveaux de gris. En effet, ces plateaux se caractérisent par une très forte hétérogénéité des sols qui se traduit par une variation de la couleur, du blanc au noir (sols brûlés) en passant par différentes teintes de rouge. Ainsi, sur les images panchromatiques les sols nus peuvent se confondre, à de nombreuses reprises, avec la végétation.

Nous avons alors opté pour une méthode de caractérisation du couvert forestier à partir d'indices de végétation calculés sur des images satellitales multi-spectrales.

Les indices de végétation

Actuellement un grand nombre d'indices de végétation sont susceptibles de fournir de l'information sur la structure et la composition des forêts sèches [14]. Le plus utilisé est sans doute le NDVI (*Normalised Difference Vegetation Index*) introduit par *Rouse et al* [15]. Le NDVI est un ratio entre le RPIR, la réflectance dans le proche infrarouge, et RR la réflectance dans le rouge. Il se base sur un rapport radiométrique entre l'absorption de la végétation dans le rouge et leur réflectance dans le moyen infrarouge en raison de la structure des feuilles et de leur fonction chlorophyllienne.

$$\textbf{NDVI} = (RPIR - RR) / (RPIR + RR)$$

En Afrique sub-saharienne, le NDVI a été utilisé pour estimer la biomasse ligneuse [16], l'âge et la composition des peuplements [17], ainsi que la densité du couvert forestier à différentes échelles [18-20].

Cependant, le NDVI est sensible à la couleur du sol et de la litière [21]. Lorsque le taux de couvert est trop bas, le spectre radiatif observé par les satellites est dominé par le sol. *Huete et al* [22], et *Elvidge et Lyon* [23] ont montré que les sols clairs produisent des

indices de végétation plus faibles que les sols sombres. Il n'est alors pas conseillé d'utiliser le NDVI pour des taux de couverts inférieur à 30% ce qui est malheureusement le cas pour la majorité des formations végétales du bassin d'approvisionnement de la ville de Bamako.

Pour corriger les effets de sols, d'autres indices ont été proposés. Ils reposent tous sur le concept de droite des sols. Cette dernière correspond à la droite de régression entre la réflectance des sols dans le proche infrarouge (RPIR) et celle dans le Rouge (RR). Ces indices mesurent la distance des pixels par rapport à la droite des sols : les pixels proches sont supposés être du sol nu et les plus éloignés de la végétation. Plusieurs auteurs [21; 24; 25] ont montré que ces indices discriminaient mieux la végétation du sol nu que le NDVI notamment dans les zones arides.

Dans cette étude nous avons comparé les résultats de trois indices de végétation : le NDVI tel que défini ci-avant ; le PVI (*Perpendicular Vegetation Index*) développé par *Perry et Lautenschlager* [26] et le TSAVI (*Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index*) développé par *Baret et al* spécifiquement pour les zones semi-arides [27].

Ces indices sont définis comme suit :

PVI = (b*RPIR -RR +a)/ sqrt(b^2 + 1)

Où a et b sont respectivement la pente et la constante de la droite des sols (RR = a * RPIR + b)

TSAVI = a*(RPIR - a*RR -b)/(RR +a*RPIR-ab+0.08(1+a^2)

Les images disponibles

Le choix des images a été dicté par trois éléments principaux :

1. Le coût d'acquisition qui conditionne la mise en œuvre de la méthode sur de grandes zones et sa reproductibilité dans le temps.
2. La résolution spatiale qui détermine la taille du plus petit élément détecté par le capteur.
3. La date de prise de vue qui détermine l'état de la végétation et sa réponse radiométrique.

Les mesures sur le terrain ont mis en évidence un diamètre minimum des fourrés et des *bowé* supérieur à 10m. Nous avons donc considéré que les images à très haute résolution spatiale encore très coûteuses (taille du pixel inférieur au mètre) ne représentaient pas une avancée significative pour nos travaux par rapport aux images disponibles à haute résolution spatiale (entre 5m et 30m).

Au final, nous avons donc opté pour des images haute résolution prises au début de la saison sèche de manière à ce que les arbres soient encore feuillus mais que les herbacées n'aient plus d'activité chlorophyllienne dans les *bowé*.

Compte tenu de ces critères nous avons retenu :

- Une image SPOT 4 multispectrale (20 m) de décembre 1998 (© CNES) ;
- Une image SPOT 5 multispectrale (10m) de décembre 2004 (© CNES) ;

L'analyse diachronique a porté sur la période 1998-2004, soit 6 ans d'exploitation.

Seuillage des indices

Les trois classes d'occupation des sols (fourrés, *bowé*, interface) ont été discriminées par seuillage des indices de végétation. Cette démarche s'est confrontée à deux difficultés majeures :

1. La première provient de la nécessité d'établir des règles identiques pour le seuillage quelque soit la date. En effet, les réponses radiométriques diffèrent d'une image à l'autre du fait des différences de capteur, d'atmosphère, d'ensoleillement, d'angle de visée, et bien sûr de phénologie. Malgré toutes les corrections radiométriques possibles la définition de seuils en valeurs absolues est très délicate. Nous avons donc privilégié des règles de seuillage en valeurs relatives spécifiques à chaque zone.
2. La deuxième difficulté vient de l'absence de définition objective de la classe « Interface ». Dans un continuum de végétation il est toujours délicat de vouloir fixer une limite franche entre un sol totalement nu et un sol parsemé de quelques arbres.. Cependant, les expériences menées au Niger et au Burkina Faso [12; 13], montrent que les zones densément boisées et les zones de sols totalement nu, c'est-à-dire respectivement les centres des fourrés et des *bowé*, sont correctement détectées à l'œil nu sur des images panchromatiques à très haute résolution. Nous nous sommes appuyés sur ces travaux pour classifier les images.

La classification s'appuie ainsi sur la définition de zones de sol nu et de fourrés denses invariantes entre 1998 et 2004. Elle suit les quatre étapes suivantes :

1. Délimitation de zones invariantes facilement détectables à l'œil et servant de référence pour la définition des classes *bowé* et fourré. Ce travail a été effectué sur les photographies aériennes au 1/50 000^{e} de 1991 et sur l'image SPOT 5 panchromatique datée de février 2004.
2. Analyse statistique des valeurs des indices de végétation pour chacune de ces zones et définition des valeurs seuil. Chaque classe est caractérisée par une plage de valeurs comprises entre $Q_{0.05}$ et $Q_{0.95}$: valeurs de l'indice correspondant

aux 5e et 95e centiles. Ces seuils ont été choisis de manière à éviter les valeurs extrêmes non significatives.

3. La classe interface est alors une classe obtenue par défaut qui se situe en dehors des seuils définis pour les deux autres classes.
4. Reclassification des images et comparaisons diachroniques.

Caractérisation de la structure spatiale des massifs

Pour préciser l'analyse diachronique de l'évolution du couvert forestier, nous avons également suivi l'évolution de la structure spatiale de ces massifs. Cette dernière est caractérisée par la distribution statistique du nombre et de la surface des fourrés.

Résultats

Pertinence des indices de végétation

Le profil statistique des trois indices testés pour chacune des zones invariantes est synthétisé dans la Figure 3.

L'analyse exploratoire met en évidence que les trois indices sont pertinents pour discriminer les deux classes *bowé*/fourré (les tests T de Student de comparaison des moyennes sont tous significatifs au seuil alpha de 0.001).

Néanmoins le TSAVI offre une dispersion des valeurs beaucoup plus grande que le PVI ou le NDVI. Les plages $[Q_{0.05}, Q_{0.95}]$ du TSAVI pour les deux classes d'occupation des sols présentent des chevauchements qui rendent impossible la discrimination radiométrique de la classe interface.

Entre le NDVI et le PVI nous avons choisi de retenir le PVI. Tous deux discriminent parfaitement les deux classes et offrent des dissemblances équivalentes mais le PVI possède l'avantage d'être plus stable dans le temps et dans l'espace (cf. Tableau 1) ce qui facilite les comparaisons entre les sites et à différentes dates.

Evolution des surfaces occupées entre 1998 et 2004

L'application *sensu stricto* des seuils déterminés par l'analyse statistique aboutit aux résultats synthétisés dans les Tableaux 2 et 3.

Le Tableau 2 représente l'évolution brute de la classification entre les deux dates 1998 et 2004, tandis que le Tableau 3 représente l'évolution relative du nombre de pixels transformés d'une classe à l'autre.

Sur Fiena 1 :

En 1998, le massif est dominé par un paysage contrasté composé de grandes taches de fourrés alternant avec de grandes plages de *bowé*. Les fourrés représentaient 24% de la surface et les zones d'interface étaient majoritaires.

De 1998 à 2004 on enregistre une conversion de 30% des zones de *bowé* en zones d'interfaces (colonisation forestière), une conversion de 24% de fourrés en zones d'interface (éclaircissement forestier) et une transformation de 20% des zones d'interface en fourrés (14% de densification forestière) et en *bowé* (6% de déforestation).

Au final, le massif forestier de Fiena s'est principalement revégétalisé puisque la surface occupée par les *bowé* a diminué de 7.6% Ce phénomène de densification forestière est surtout remarquable au nord du massif, tandis que dans le sud, plus exploité, on observe une tendance à la disparition des fourrés (cf. Figure 4). En 2004, les fourrés sont beaucoup plus morcelées qu'en 1998 ; le nombre de fourrés a augmenté de près de 30% tandis que leur surface moyenne a diminué de plus de 20%.

Sur Fiena 2 :

En 1998, le massif se caractérise par un très grand nombre de petits fourrés denses. Ce morcellement est plus important au sud qu'au nord du massif. Les fourrés représentaient environ 22% de la surface et comme sur Fiena 1, les zones d'interface étaient majoritaires.

De 1998 à 2004 on enregistre une conversion de 24% de la superficie occupée par les *bowé* principalement en zones d'interfaces (colonisation forestière), une conversion de 45 % des fourrés principalement en zones d'interface (éclaircissement forestier) et une conversion de 44% des zones d'interfaces en *bowé* (env. 29%, déforestation) et en fourrés (15%, densification forestière).

La tendance générale de l'évolution entre 1998 et 2004 sur le massif de Fiena2 fait apparaître une déforestation puisque que l'on enregistre une augmentation de plus de 9% de la surface des *bowé*. Ce phénomène est surtout visible à l'extrême nord et à l'extrême sud du massif. Dans la partie centrale, les zones d'interface recolonisent une partie des *bowé* et se densifient en fourrés (cf. Figure 4). Comme sur le site précédent, le morcellement du massif s'est accentué avec une augmentation de 14% du nombre de fourrés et parallèlement une diminution de 17% de leur surface moyenne.

Ces résultats montrent que les évolutions du couvert forestier se concentrent essentiellement dans les zones d'interface. Quel que soit le type d'évolution, elles centralisent les plus forts taux de conversion.

Lorsque l'exploitation est intense et le massif morcelé (ex : Fiena 2), l'éclaircissement surpasse la végétalisation et aboutit globalement à la conversion des zones d'interface en *bowé* et à la conversion des fourrés en zones d'interface,. En revanche, lorsque l'exploitation

est moindre et le massif peu morcelé (ex : Fiena 1), la végétalisation surpasse l'éclaircissement et aboutit globalement à la conversion des *bowé* en zones d'interface et à la conversion des zones d'interfaces en fourrés au détriment des *bowé*.

Discussion

Sur les deux massifs étudiés, les résultats confirment notre hypothèse de départ et nos observations de terrain : l'exploitation forestière actuelle n'aboutit pas à la mise en place de fronts de déforestation. Elle se concentre en périphérie des fourrés au niveau des zones d'interface, qui représentent les secteurs boisés les plus accessibles aux bûcherons.

Deux processus antagonistes sont mis en évidence : d'une part, une tendance naturelle à la reforestation des *bowé* par les ligneux et à la densification forestière des zones d'interface ; et d'autre part une pression anthropique qui se concentre à la périphérie des fourrés et entraîne progressivement leur éclaircissement et leur conversion en zones d'interfaces.

La dynamique des massifs résulte alors du rapport entre ces deux processus. Lorsque l'exploitation est forte et le massif morcelé, l'exploitation dépasse la végétalisation forestière. En se concentrant sur les zones d'interface, elle rogne progressivement les fourrés, parfois jusqu'à leur disparition, et accentue le morcellement de la végétation. Lorsque l'exploitation est moins forte et le massif moins morcelé, la végétalisation surpasse la coupe. Les arbustes colonisent progressivement les *bowé*, les zones interfaces s'étendent et se densifient.

A la différence des nombreuses études menées en zone tropicale humide, la déforestation due à l'exploitation forestière en zone soudano-sahélienne ne peut s'appréhender selon une approche binaire : Forêt / Non Forêt (cf. *[28]*). L'évolution des couverts forestiers se traduit par une densification ou un éclaircissement de la végétation ligneuse au niveau des zones boisées accessibles aux bûcherons : les zones d'interface. La mesure de la déforestation est alors liée à celle de la densité du couvert forestier.

La méthode d'analyse proposée permet de quantifier les évolutions de la végétation sur les formations contractées du Mali au travers de l'utilisation d'un indice de végétation pertinent : le PVI. Cependant si la relation entre indices de végétation et densité du couvert forestier a été mise en évidence sur de nombreux sites, elle reste néanmoins délicate à établir et elle reste spécifique de chaque zone, notamment car elle est très sensible aux paramètres du sol. D'autre part, la signification en termes floristique et écologique des zones

d'interface reste à établir de manière plus approfondie. Des étalonnages supplémentaires, sur d'autres zones exploitées seraient nécessaires pour valider la démarche et pour envisager son extension.

Néanmoins, cette étude montre que la méthode est facilement reproductible pour un coût raisonnable et que l'intervalle de 5-6 ans est pertinent pour dégager les grandes tendances des évolutions du couvert forestier. Une telle méthode appliquée sur un ensemble représentatif de sites d'exploitation permettrait aisément de suivre l'impact de l'exploitation forestière à l'échelle du bassin d'approvisionnement de Bamako.

Références

1. J-P Minvielle. La question de l'énergie au Sahel: un futur préoccupant. *Sciences et changements planétaires / Sécheresse* 2001; 12.

2. C Chamard et M-F Courel. La forêt sahélienne menacée. *Sécheresse* 1999; 10: 11-18.

3. O Ozer. Bois de feu et déboisement au Sahel: mise au point. *Sécheresse* 2004; 15: 243-51.

4. T Benjaminsen. Bois-énergie, déboisement et sécheresse au Sahel: le cas du Gourma malien. *Sécheresse* 1996; 7: 179-185.

5. ESMAP. *Sustainable woodfuel supplies from the dry tropical woodlands.* ESMAP Technical Paper. New York: Energy Sector Management Assistance Programme - Joint UNDP/World Bank, 2001.

6. I O Toure. *Revue des données du bois-énergie au Mali.* Programme de partenariat CE-FAO (1998 - 2002). Commision Européeene - FAO, 2001.

7. D Bazile. *La gestion des espèces ligneuses dans l'approvisionnement en énergie des populations. Cas de la zone soudanienne du Mali.* UFR de géographie. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur en Géographie. Toulouse: Université de Toulouse-Le-Mirail, 1998.

8. D Gautier, B Hautdidier, I Aya et L Gazull. Le marché rural de bois au Mali à l'épreuve du temps. Une innovation en friche. *Colloque international GECOREV* 2006.

9. CCL. *Schéma directeur d'approvisionnement en bois-énergie de Bamako.* Bamako: Cellule Combustible Ligneux. Ministère du développement rural et de l'eau du Mali., 1998.

10. R Nasi et M Sabatier. *Projet Inventaire des ressources ligneuses au Mali. Rapport de synthèse, première phase. Les formations végétales.* Bamako: Ministère chargé des Ressources Naturelles et de l'Elevage. Direction Nationale des Eaux et Forêts. BDPA/SCET-AGRI, CTFT (Département CIRAD), 1998.

11. R Nasi. *La végétation du centre régional d'endémisme soudanien au Mali. Etude de la forêt des monts Mandingues et essai de synthèse.* Thèse de doctorat. Paris: Paris Sud, 1994.

12. P Couteron. Contractions du couvert végétal et sécheresse. Exemples au nord-ouest du Burkina Faso. In (Eds, J-M d'Herbès, J M K Ambouta and R Peltier). *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens.* Paris: John Libbey Eurotext, 1997.

13. B Mougenot et S Hamani. Les possibilités de classification des formations contractées à partir de la télédétection aérienne et satellitaire. Exemple dans l'ouest nigérien. In (Eds, J-M d'Herbès, J M K Ambouta and R Peltier). *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens.* Paris: John Libbey Eurotext, 1997.

14. K J Feeley, T W Gillespie et J W Terborgh. The Utility of Spectral Indices from Landsat ETM+ for Measuring the Structure and Composition of Tropical Dry Forests. *Biotropica* 2005; 37: 508-519.

15. J W Rouse, R Haas, D W Deering, J A Schell et J C Harlan. *Monitoring the vernal advancement and retrogration (green wave effect) of natural vegetation.* NASA/GSFC type III final report. Greenbelt: NASA, 1974.

16. A C Millington, R W Crichtley, T D Douglas et P Ryan. *Evaluation de la biomasse ligneuse en Afrique Subsaharienne.* Washington, D.C.: Banque Mondiale, 1994.

17. G A Sanchez-Azofeifa, M Quesada, J P Rodriguez, J M Nassar, K E Stoner, A Castillo, T Garvin, E L Zent, J C Calvo-Alvarado, M E R Kalacska, L Fajardo, J A Gamon et P Cuevas-Reyes. Research Priorities for Neotropical Dry Forests. *Biotropica* 2005; 37: 477–485.

18. P Defourny. *Contribution aux méthodes d'évaluation et de suivi par télédétection satellitaire de la végétation ligneuses en région soudano-sahélienne.* Faculté des sciences Agronomiques. Ph. D. Louvain, Belgique: Université Catholique de Louvain, 1992.

19. K Olsson. Estimating canopy cover in drylands with Landsat MSS data. *Advances in Space Research* 1984; 4: 161-164.

20. A Anyamba et C J Tucker. Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981-2003. *Journal of Arid Environments* 2005; 63: 596-614.

21. A Bannari, A R Huete, D Morin et F Zagolski. Effects of soil colour and brightness on vegetation index. *International journal of remote sensing* 1996; 17: 1885-1906.

22. A R Huete, R D Jackson et D F Post. Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds. *Remote Sensing of Environment* 1985; 17: 37-53.

23. C D Elvidge et R J P Lyon. Influence of rock-soil spectral variation on the assessment of green biomass. *Remote Sensing of Environment* 1985; 17: 265-279.

24. P Defourny. Mapping woody vegetation in the sudano-sahelian region (Mali, Burkina Faso). *Twenty-second International Symposium on Remote sensing of Environment* 1988.

25. G Gintzburger, S Saïdi et V Soti. *Rangelands of the Ravnina Region in the Karakum Desert (Turkmenistan): current conition and utilisation.* INCO COPERNICUS / RTD Project. DARKA (Aberdeen, UK) and CIRAD (Montpellier, France), 2005.

26. C Perry et L F Lautenschlager. Functional equivalence of spectral vegetation indices. *Remote Sensing and the Environment* 1984; 14: 169-182.

27. F Baret et G Guyot. Potential and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing and the Environment* 1991; 35: 161-173.

28. F Achard, H Eva, A Glinni, P Mayaux, T Richards et H J Stibig (Eds.). *Identification of deforestation hot spot areas in the humid tropics.* Bruxelles: Joint research center - European commission, 1998.

indice	1998				2004			
	bowé	fourrés	T	Diss.	*bowé*	fourrés	T	Diss.
PVI	-0.001	0.025	***	25.8	0.000	0.025	***	26.3
NDVI	0.134	0.280	***	25.9	0.126	0.252	***	26.6
TSAVI	0.375	0.398	***	21.1	0.210	0.227	***	18.0

Diss. : Dissemblance mesurée par la distance euclidienne entre les deux classes d'occupation des sols
T : *** significativité du test T de student au seuil de alpha = 0.001

Tableau 37 : Valeurs moyennes et dissemblance des indices de végétation pour les deux classes sol nu / fourrés.

Massif de Fiena 1			
	1998	2004	Delta (px)
Classe 1 : *bowé*	1420 (33.1%)	1096 (25.4%)	-324 (-7.6%)
Classe 2 : Interface	1839 (42.9%)	2142 (50.0%)	+303 (+7.1%)
Classe 3 : Fourrés	1029 (24.0%)	1050 (24.5%)	+21 (+0.5%)
Nb de fourrés	76	98	+22 (+28.9%)
Surf. moy des fourrés (ha)	0.55	0.43	-0.12 (-22%)

Massif de Fiena 2			
	1998	2004	Delta (px)
Classe 1 : *bowé*	4970 (27.3%)	6650 (36.5%)	+1680 (+9.2%)
Classe 2 : Interface	9295 (51.1%)	7897 (43.4%)	-1398 (-7.7%)
Classe 3 : Fourrés	3932 (21.6%)	3650 (20.1%)	-282 (-1.5%)
Nb de fourrés	437	497	+60 (+13.7%)
Surf. moy des fourrés (ha)	0.36	0.30	-0.06 (-16.7%)

Tableau 38 (a et b) : Evolution brute du nombre de pixels par classe d'occupation des sols entre 1998 et 2004.

Fiena1	1998			
2004		*bowé*	Interface	Fourrés	Total (px)
	bowé	988 -30.4 %	108 +5.8%	0 +0%	1096
	Interface	430 +30.3%	1466 -20.2%	246 +23.9%	2142
	Fourrés	2 +0.1%	265 +14.4%	783 -23.9%	1050
Total (px)		1420	1839	1029	4288

Fiena2	1998			
2004		*bowé*	Interface	Fourrés	Total (px)
	bowé	3782 -23.9 %	2691 +28.9%	177 +4.5%	6650
	Interface	1120 +22.5%	5198 -44%	1579 +40.1%	7897
	Fourrés	68 +1.4%	1406 +15.1%	2176 -44.6%	3650
Total (px)		4970	9295	3932	18197

Tableau 39 (a et b) : Matrice de conversion des classes d'occupation des sols entre 1998 et 2004. *Chaque cellule comprend le nombre de pixels convertis et le taux de conversion.*



Figure 48 : La mosaïque bowe / fourrés du massif de Fiena 2 (photo L. Gazull 2007)

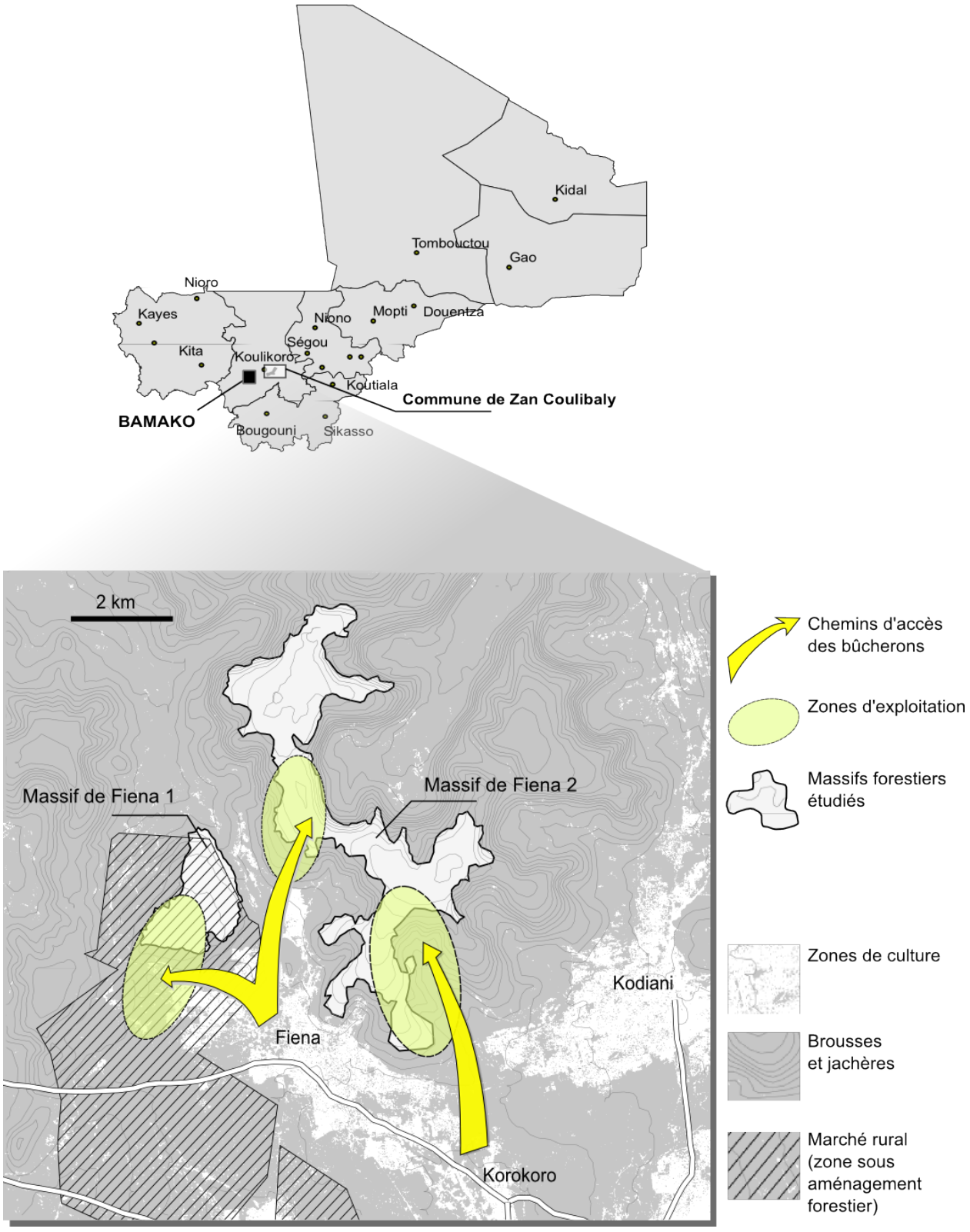


Figure 49 : Localisation des sites étudiés sur la commune de Zan Coulibaly (Mali)

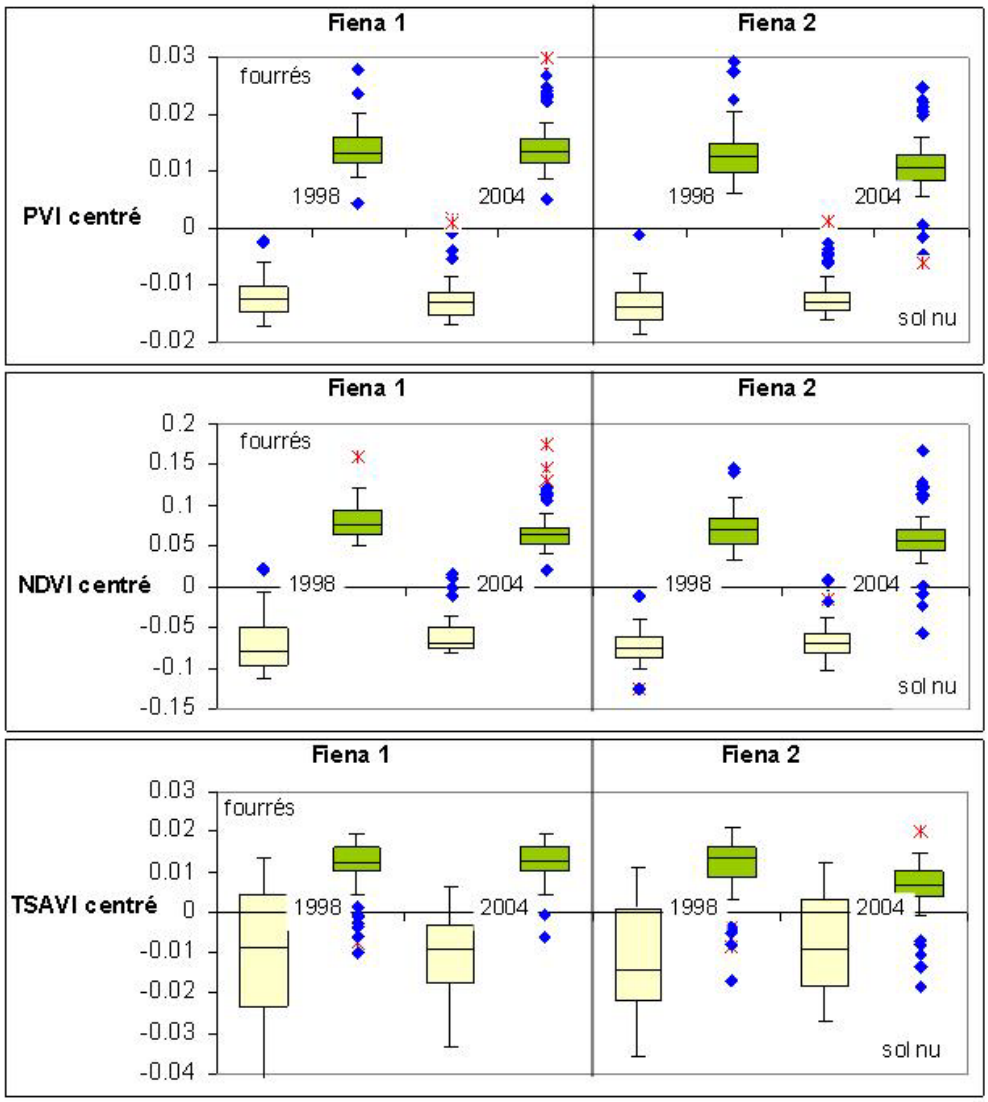


Figure 50 : Profils statistiques des indices de végétation (PVI, NDVI et TSAVI) sur les zones invariantes (sol nu et centre des fourrés).

1) Les valeurs extrêmes des boxplot correspondent à l'intervalle [$Q_{0.05}$, $Q_{0.95}$]
2) Les indices représentés ont été centrés pour être mieux comparables

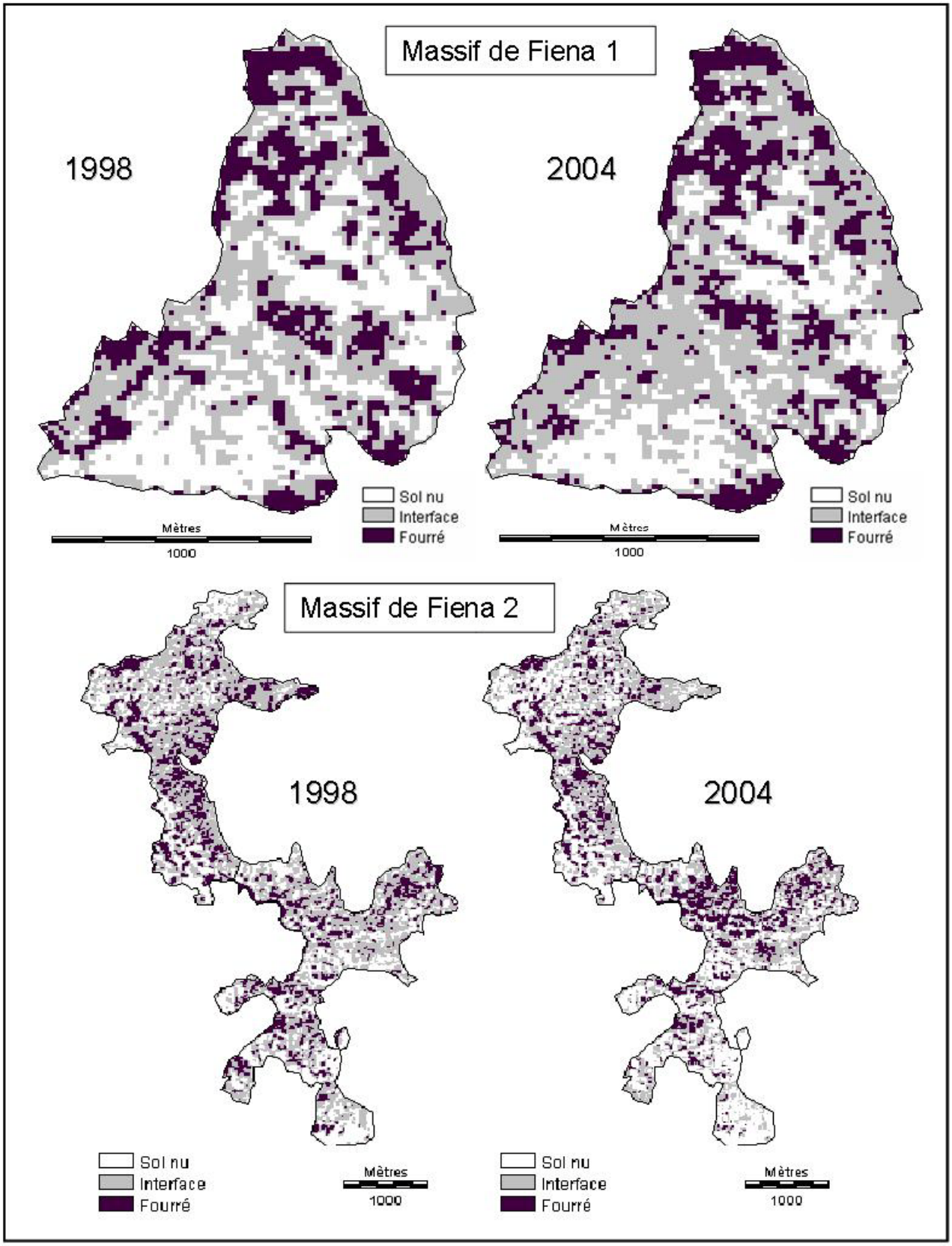


Figure 51 : Evolution spatiale des classes d'occupation du sol entre 1998 et 2004 sur les deux massifs de Fiena 1 et Fiena 2.

Annexe B

Classification supervisée des images LANDSAT 7

Les données :

Les images couvrant l'ensemble du bassin et utilisées pour l'estimation de la biomasse ligneuse disponible sont :

Satellite / capteur	Path	Row	date
LANDSAT 7 / ETM+	198	051	18.10.1999
LANDSAT 7 / ETM+	198	052	18.10.1999
LANDSAT 7 / ETM+	199	051	25.10.1999
LANDSAT 7 / ETM+	199	052	25.10.1999
LANDSAT 5 / ETM+	200	051	05.11.1999

Méthodologie de classification supervisée:

1. Passage en réflectance des données brutes de manière à harmoniser les valeurs sur l'ensemble de la zone couverte par les cinq images.
Le passage en réflectance s'est fait selon le modèle suivant :

Calcul des luminances

Le calcul est basé sur le gain et le biais contenu dans les métadonnées.
Formule : $L_\lambda = (gain \times CN) + biais$
Avec L_λ luminance apparente dans une bande donnée
CN Conte numérique ou valeur du pixel de l'image calibrée (image fournie)
Le gain et le biais sont des coefficients issus du calibrage des instruments de mesure.
b) Calcul des réflectances
Ce calcul fait appel à des paramètres liés aux conditions de prise de vue.

$$\rho = \frac{\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2}{Esun \cdot \cos\theta_S}$$

avec ρ réflectance apparente dans une bande donnée
L_λ luminance apparente dans une bande donnée
d^2 distance terre-soleil en unité astronomique

$Esun$	éclairement solaire moyen au niveau du satellite par bande
θ_s	angle zénithal solaire

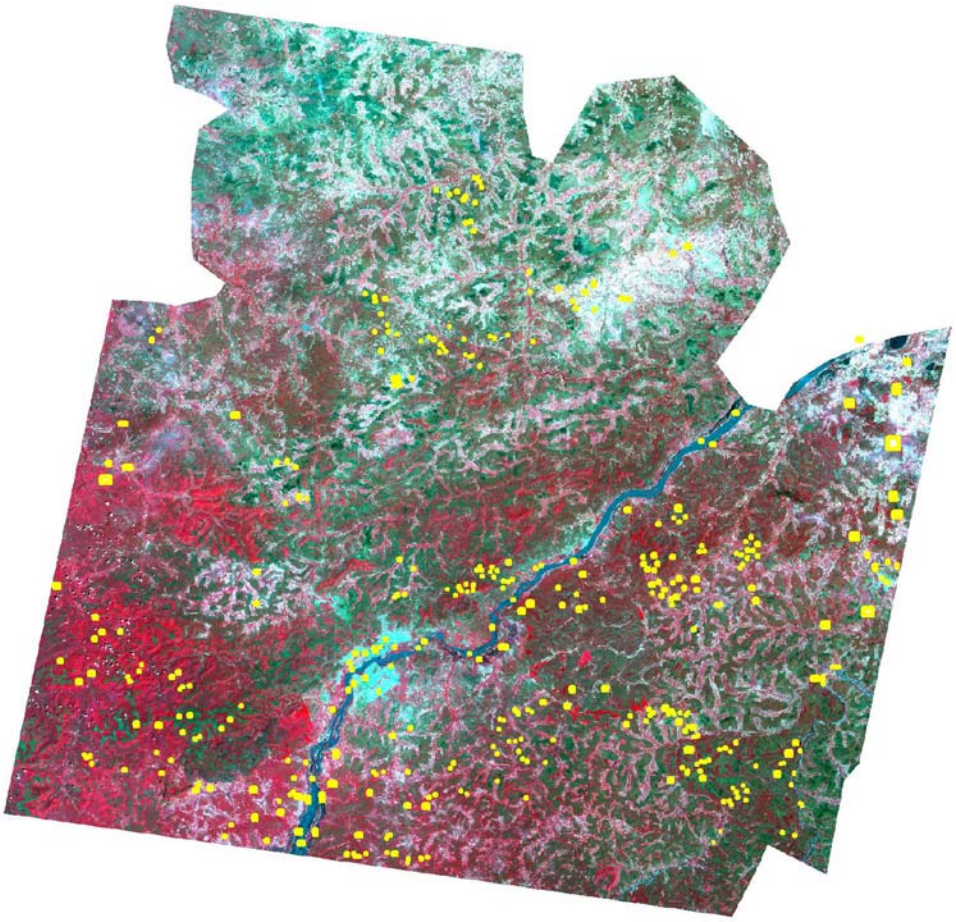
Remarque : les valeurs de luminance ou de réflectance peuvent être négatives.

2. Dégradation de la résolution spatiale. Cette dégradation est rendue nécessaire pour trois raisons majeures. Dans un premier temps, le couvert forestier n'a de sens que sur une grande surface. Sur des mailles de la taille d'un houppier, la cartographie du couvert aboutit à une image binaire : 0% / 100%. Dans le type de paysage sahélien, la plupart des auteurs conseillent des mailles de 100m à 250m de coté (Mougenot and Hamani, 1997; Defourny, 1992; Girard et al., 1991). Dans un second temps, la classification du PIRL qui nous sert de carte de référence repose sur de grands paysages végétaux qui sont eux-mêmes des compositions de différentes formations végétales. Une taille de maille trop petite ne permettrait pas de restituer ces compositions. Enfin, après plusieurs tests, il apparaît que la corrélation NDVI / Couvert est optimale à des tailles de mailles comprises entre 100m et 200m. Au-delà, l'influence du sol devient trop grande et le NDVI sature. C'est sans doute ce phénomène qui rend le produit MODIS VCF inutilisable. Nous avons donc choisi de dégrader les images par moyenne simple des valeurs d'origine en assemblant les pixels initiaux 16 par 16 de manière à obtenir une image de résolution spatiale de 114m x 114m.

3. Stratification de l'image de manière à isoler les zones potentiellement productives. Une classification supervisée utilisant la cartographie des paysages végétaux du PIRL a été utilisée. Des 20 classes recensées sur le PIRL, la classification finale ne permet de discriminer de manière statistiquement pertinente que sept grandes classes d'occupation des sols : les zones urbaines, les cultures, les savanes verger / savanes boisées, les savanes arbustives / bowé, les prairies inondables, les formations de bord de rivière (rizières, dunes sableuses, arbuste), et les rivières. Le Tableau 40 synthétise cette classification. Les images satellitales ne permettent donc de distinguer que deux grandes classes de savanes : les savanes densément boisées (savanes verger et savanes boisées) et les savanes moins densément boisées.(savanes arbustives et bowé arborés). En revanche, elles permettent parfaitement de distinguer les prairies hygrophiles, les zones de cultures et les zones de sol nu qui sont improductives pour le bois de feu.

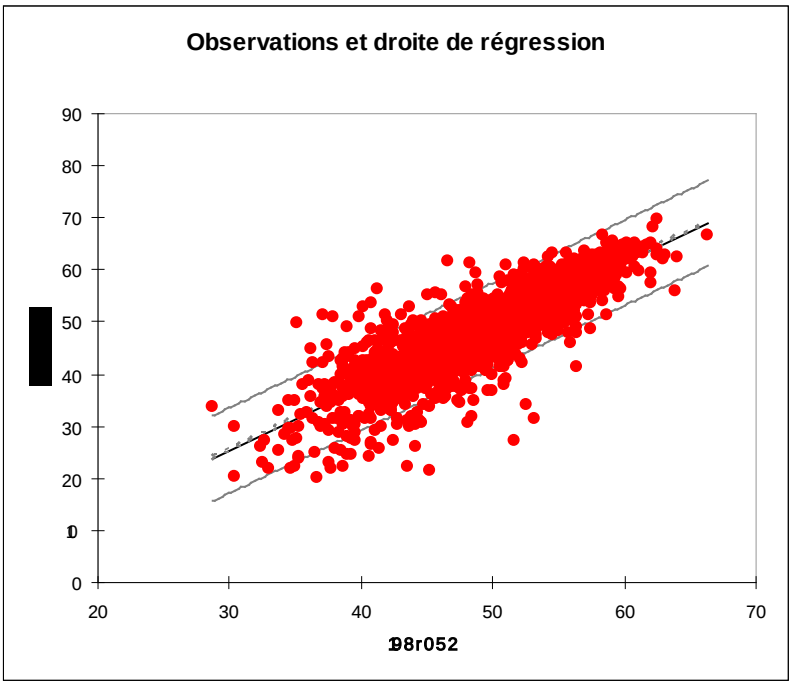
Classe	Occupation des sols	Couvert estimé dans le PIRL	Stock estimé par le PIRL (m3/ha)
1	Zone urbaine, route ou piste,	0%	0
2	Zone de culture, Champ récolté	5% - 10%	< 7
3	Savane arbustive ou arborée, bowé	10% - 50%	10 - 25
4	Savane verger, Savane boisée, forêt claire, forêt galerie	20% -70%	20 - 40
5	Prairies hygrophiles	?	?
6	Zones inondées, rizières	?	?
7	Rivières et mares	0%	0

Tableau 40 : *Classification de l'occupation des sols du bassin issue de la classification supervisée d'images LANDSAT 7*



Exemples de zones d'entraînement (carrés blancs) repérées sur l'image l199r051

4. calcul du NDVI sur les zones potentiellement productives hors cultures, hors prairies hygrophiles et hors zones urbaines. Les valeurs de NDVI ont été alors harmonisées entre les images par corrélation linéaire sur les parties d'images communes.



Exemple de droite de régression calculée entre les valeurs du NDVI de l'image l199r051 et l'image l198r052 (R2 = 0.86)

Annexe C

Liste des enquêtes menées et des données collectées dans le cadre de la thèse

Type d'enquête	Date	Auteurs	Type de données collectées	Taille des enquêtes
Recensement urbain des vendeurs	déc. 1989	Direction Nationale des Eaux et Forêts	Localisation Produits vendus Mode d'approvisionnement	19 marchés 7 quartiers 146 vendeurs recensés
	déc. 1994	Direction Nationale des Eaux et Forêts	Localisation Produits vendus Mode d'approvisionnement	19 marchés 8 quartiers 286 vendeurs recensés
	aout-1997	Cellule Combustible Ligneux (CCL)	Identification Localisation Produits vendus Mode d'approvisionnement	25 quartiers 142 vendeurs recensés
	déc-2004	L. Gazull M. Kouyate G. Raton	Localisation Produits vendus Mode d'approvisionnement	50 marchés 1 quartier 790 vendeurs recensés
Sondage vendeurs urbains	déc-1989	Direction Nationale des Eaux et Forêts	Localisation Produits vendus Prix de vente Mode d'approvisionnement	70 commerçants interrogés
	déc-1994	Direction Nationale des Eaux et Forêts	Localisation Produits vendus Prix de vente Mode d'approvisionnement	54 commerçants interrogés
	avr-2004	L. Gazull G. Raton M. Kouyate	Identification Localisation Produits vendus Prix de vente Mode d'approvisionnement	Minimum 2 vendeurs enquêtés par marché 230 commerçants interrogés
Sondage villages de production	avr-2005	L. Gazull G. Raton M. Kouyate	Identification Localisation Produits vendus Prix de vente Mode d'approvisionnement	160 villages de vente enquêtés, plus de 300 villages de production identifiés
Sondage producteurs de charbon	2001	Cellule Combustible Ligneux (CCL)	Identification Pratiques de production Quantités produites	45 villages visités 145 charbonniers enquêtés

Type d'enquête	Date	Auteurs	Type de données collectées	Taille des enquêtes
Sondage consom-mateur	1997	Cellule Combustible Ligneux (CCL)	Produits et quantités achetés Logement Pratiques de consommation Modes de cuisson Budgets	1000 ménages
	2005	L. Gazull D. Coulibaly	Produits et quantités achetés Logement Pratiques de consommation Modes de cuisson Budgets	50 ménages
Flux de bois-énergie entrant à Bamako	déc-1989	Direction Nationale des Eaux et Forêts	Axe d'entrée Produits et quantités Origines des produits Mode de transport	Recensement pendant 7 jours consécutifs (24/24) sur les 9 axes principaux
	déc-1994	Direction Nationale des Eaux et Forêts	Axe d'entrée Produits et quantités Origines des produits Mode de transport	Recensement pendant 7 jours consécutifs (24/24) sur les 9 axes principaux
	déc-1999	Cellule Combustible Ligneux (CCL)	Axe d'entrée Produits et quantités Origines des produits Mode de transport	Recensement pendant 7 jours consécutifs (24/24) sur 17 axes
Synthèses techniques sur l'économie de la filière	1985	TRANSENERG	Tableaux synthétiques des chiffres clés de l'économie de la filière : Chiffres d'affaires, emplois, structure des prix	
	1996 1997 1998	Cellule Combustible Ligneux (CCL)	Tableaux synthétiques du Système d'Information et d'Evaluation Permanent de la Stratégie Energie Domestique	

Annexes D

Enquêtes menées auprès des acteurs de la filière bois.

Le déroulement des enquêtes a suivi le calendrier suivant :

1/ Une enquête générale a été menée sur les points de vente urbains afin d'identifier les principaux acteurs urbains et les principaux types de circuits commerciaux.

Il a été décidé de débuter « la chaîne d'enquêtes » par les détaillants urbains. Nous avons fait l'hypothèse que le consommateur final ne jouait pas un rôle déterminant dans la structuration des circuits d'approvisionnement. Cette hypothèse a par ailleurs été vérifiée dans les enquêtes auprès des détaillants.

Le bois et le charbon est vendu dans deux types de lieux : des emplacements spécifiques au sein de marchés généralistes (50 marchés au total dans Bamako) et des points de vente de « rue » répartis dans les différents quartiers de la ville.

L'échantillon retenu a été de 2 détaillants pris au hasard par marché et de 10 détaillants de « rue » par commune (6 communes composent la ville de Bamako). Au total, 153 détaillants ont été interrogés. Le questionnaire correspondant est donné en annexe **D1.**

A partir des renseignements fournis par ces revendeurs, une deuxième série d'enquêtes a été effectuée auprès de leurs fournisseurs. Ces fournisseurs dont la caractéristique principale est d'aller collecter les produits en zone rurale ont été abordés indifféremment sur les marchés, dans les quartiers et aux entrées de la ville (au droit des postes de contrôle forestier). Au total 66 fournisseurs ont été interrogés. La fiche d'enquête est donnée en annexe **D2**

2/ L'étape suivante a consisté à quantifier les acteurs urbains et à évaluer leur répartition dans chacun des circuits identifiés. Cette quantification a été menée selon deux protocoles conjoints :

- Un recensement systématique des acteurs sur tous les marchés de la ville. Les 50 marchés ont visités et les acteurs ont été comptabilisés selon leur appartenance à un type de réseau d'approvisionnement. La fiche de comptage est donnée en annexe **D3**
- Un « inventaire » statistique des acteurs hors marché. Cet inventaire a été réalisé sur deux quartiers : Niarela et Hamadallaye dans lesquels un comptage systématique des acteurs du commerce du bois a été effectué. La fiche de comptage est identique à celle par marché.

Ces données permettent d'apprécier la part relative de chaque circuit en terme de nombre d'acteurs.

3/ Pendant le comptage des acteurs urbains, un sondage sur les flux d'approvisionnement et sur les lieux d'achat des produits a été mené. Il a reposé sur un échantillonnage stratifié de la population des collecteurs urbains selon leur appartenance à un type de circuit.

Sur chaque marché, et sur chaque bloc d'inventaire, au moins 3 collecteurs ont été interrogés sur les modalités de leur approvisionnement : coûts, quantités, fréquence, localisation et variations dans l'année. La fiche d'enquête est donnée en annexe **D4**.

Ces données permettent d'évaluer la part respective de chaque circuit dans l'approvisionnement de la ville et de commencer à dessiner la structure spatiale de chacun de ces circuits. Elles ont notamment permis d'identifier et les grands axes et les grandes zones de collecte du bois.

4/ Une fois identifiés les principaux axes et zones de collecte, un recensement exhaustif des acteurs sur un échantillon de 150 aires rurales d'achat a été réalisé. L'évolution des filières fait émerger des sites de vente en milieu rural ou périurbain où s'effectue une grande part des transactions entre la ville et les lieux de production ruraux. Ces « marchés » du bois-énergie sont des lieux où émergent de nouveaux acteurs facilitant les échanges entre collecteurs urbains et producteurs. L'enquête a porté sur l'identification de ces acteurs, sur leur recensement, sur l'analyse de leur rôle dans la filière ainsi que sur leurs sources d'approvisionnement (hinterland).

La fiche d'enquête de chaque site est donnée en annexe **D5**

5/ Enfin, des entretiens libres dans les villages « producteurs » ont été menés. Elles seront menées sur un échantillon représentatif de villages et, au sein de ces villages, de ménages ruraux. Les villages seront choisis en fonction de en fonction du type de circuit commercial qu'ils alimentent (présence de courtiers intermédiaires, commercialisation directe, approvisionnement d'un marché intermédiaire …), de leur accessibilité par rapport au marché urbain (distance à la route, distance/coût à la ville) et en fonction des produits commercialisés (bois et/ou charbon). A priori, une vingtaine de villages seront visités. Ces enquêtes villageoises ont pour objectif de mesurer l'importance de l'activité en terme d'emplois, de temps, de revenus et de capital social. Nous tenterons également de réaliser une typologie des ménages « producteurs ».

ANNEXE D1 : QUESTIONNAIRE DETAILLANTS

Objet : Enquêter les détaillants de Bamako, pour analyser leurs modes d'approvisionnement et leurs logiques commerciales.

Analyser le profil des commerçants et notamment ceux en contact direct avec les producteurs.

L'objectif est avant tout de comprendre leurs choix d'approvisionnement. Les questions sur la clientèle sont donc de moindre importance.

Date.....	Nom de l'enquêté.....
Enquête n°.....	Lieu de l'enquête……..
Age approximatif de l'enquêté.....	
Homme (H) ou Femme (F).....	
Adresse de l'enquêté (quartier).....	
Région d'origine	

PROFIL DU COMMERCANT

1. Etes-vous :

   Grossiste " semi grossiste" détaillant

   Vous pratiquez le commerce :

   du bois du charbon

2. Quelle est l'importance de la vente de bois ou de charbon dans votre activité professionnelle?

3. Depuis combien de temps pratiquez-vous le commerce du bois ou du charbon?

4. Qu'est-ce qui vous a amené a pratiquer cette activité?

LA DEMANDE

1. A qui vendez-vous? (question ouverte, pas de proposition, mais cochage fonction réponse)

□ aux artisants, nb de clients :

□ aux industriels, nb de clients :

□ aux Détaillants, nb de clients :

□ aux ménagères / des particuliers, nb de points de vente :

Vos clients formulent-ils des exigences particulières à votre niveau?

Oui non

2. Si oui, dans quel domaine?

Question en deux temps : on laisse l'enqueté designé le/lesdomaines dans lesquels ses clients ont des demandes specifiques, puis on appronfondit la question

□ sur le **Prix**, Précisez

□ sur la **Quantité**, Précisez

□ sur la **Qualité**, Précisez

□ sur le **Conditionnement**, Precisez

□ sur la Rapidité de l'approvisionnement, Precisez

Ces demandes varient-elles au cours de l'année?

Oui non

Precisez

3. Classez par ordre d'importance, les domaines dans lesquels les exigences des clients sont les plus fortes ? (reprendre les points ci-dessus et leur attribuer un ordre)

4. Quel est selon vous, votre point fort ? celui qui permet de repondre aux exigences de votre clientele, de la fideliser, voir de l'augmenter?

5. Comment vous adaptez-vous aux demandes de vos clients ?

MOYENS D'APROVISIONNEMENT

1. De quelle façon assurez vous la collecte et le transport du bois :

□ utilisation de mon propre moyen de transport et maitrise totale des achats : déplacement du commerçant sur les lieux de vente et achat réalisé par le commerçant

□ Location à un tiers d'un moyen de transport mais maitrise totale des achats : déplacement du commerçant sur les lieux de vente et achat réalisé par le commerçant.

□ Location ou accords passés avec transporteurs privés mais maitrsie partielle des achats : l'achat est réalisé par le prestataire selon les directives du commerçant (lie de vente, qualité, quantité …)

□ Approvisionnement auprès de grossistes ou de transporteurs privés réguliers sans maitrise des achats

En ce qui concerne le moyen de transport,

2. Quel moyen de transport utilisez-vous?

Camion : capacité moyenne en nb de sacs de charbon ou tonne

Mini bus (type mercedes)

Camionnette bachée

Charrette

Voie ferrée

autre : .....

3. Justifiez ce choix :

Dans le cas d'une location :

Louez-vous le véhicule seul(e) ou à plusieurs ? Indiquez le nombre de locataires :

Louez-vous toujours au même loueur ou faites vous jouer la concurrence ?

4. Combien coûte un déplacement (location ou véhicule personnel)?

frais fixes : .....

frais de route: .....

COMMENT LE COMMERCANT HONORE LA DEMANDE / S'APPROVISIONNE EN BOIS

Cette partie 5 a 2 volets :

CAS 1 : le commerçant va chercher le bois lui meme, il maîtrise son approvisionnement (utilise son propre vehicule, ou en loue un)

CAS 2 : le commerçant s'approvisionne chez un grossiste ou un transporteur plus ou moins regulier (le commerçant ne connaît pas ou peu le lieu d'approvisionnement, le producteur…)

CAS 1 : le commerçant est maitre de son approvisionnement

En ce qui concerne le lieu d'approvisionnement,

5. Dans quelles zones géographiques allez-vous chercher le bois/le charbon?
   (Citez les axes et les villages le long de ces axes…)

6. Pour quelles raisons allez-vous dans ces zones ? question ouverte

7. Classez parmi les propositions suivantes, les éléments les plus importants dans le choix d'une zone d'approvisionnement (question à choix multiples qui complète et précise la précédente)

Distance *qualité du bois* *quantité de bois* *prix d'achat*
prix du transport *accessibilité du village* *nombre de producteurs potentiels*
liens familiaux avec producteurs ou vendeurs *liens sociaux autres* .
Faible nombre de commerçants concurrents *autre :*

1. Quel est le type de point de vente que vous privilégiez ? (question ouverte, les réponses étant probablement à reclasser dans : Lieu de production, petit point de vente en bord de route, marché villageois spécialisé (uniquement vente de bois), marché villageois généraliste (vente produits divers + vente de bois)

En ce qui concerne l'organisation spatiale des lieux d'approvisionnement

2. Dans le cas où vous fréquentez plusieurs zones d'approvisionnement comment répartissez vous vos achats entre ces différents lieux ?

3. Y-a-t-il des périodes où vous privilégiez certaines zones ou certains villages ?

Quelle est la fréquence de vos achats ?

Qu'est-ce qui pourrait réellement vous motiver de changer de zone d'approvisionnement, voire d'axe routier ?

4. Y-a-t-il une distance limite au-delà de laquelle vous ne vous déplaceriez pas ?
   Pourquoi ?(trop de temps passé au déplacement ou coût trop important)

5. La concentration des points de vente (présence de nombreux vendeurs dans un faible périmètre) est-elle pour vous un élément de l'attractivité des zones fréquentées ?

6. Cherchez-vous à diversifier vos zones d'achat. ?
Si Oui, diversifiez-vous sur les mêmes axes ou explorez-vous d'autres axes ?

En ce qui concerne le producteur /vendeur,

7. A qui achetez-vous le bois ou le charbon ?

   Producteurs/Vendeurs / Nb :

   Vendeurs professionnels / Nb :

   Structure coopérative (SRG, coop, groupement de prod) / Nb :

8. Comment avez-vous procedé pour choisir ce(s) producteur(s) plutôt qu'un autre(s)?
   (question ouverte à reclasser parmi : liens familiaux, recommandations d'un autre commerçant, qualité du charbon et quantité, régularité de l'approvisionnement, prix les plus bas, facilités de négociation.)

9. Qu'est-ce qui justifierait le changement de producteur ?

10. Classez parmi les propositions suivantes, les éléments les plus importants dans le choix d'un producteur (question à choix multiples qui complète la précédente, dans le cas, ou l'enquêté n'a pas conscience de tous les facteurs en jeu)

Distance *qualité du bois* *quantité de bois* *prix d'achat*
prix du transport *accessibilité du village* *nombre de producteurs potentiels*
liens familiaux avec producteurs ou vendeurs *liens sociaux autres* .
Faible nombre de commerçants concurrents *autre :*

11. Tentez-vous de fidéliser vos producteurs et de quelle manière ?

12. Avez-vous déjà été démarché par des producteurs ? Si oui, à quelle frequence?

CAS 2 : le commerçant achète à un grossiste plus ou moins regulier qui, en fonction de la demande collecte le bois (le commerçant ne connaît pas ou peu le lieu d'approvisionnement, le producteur…)

13. Pour quelle raison n'assurez vous pas la collecte et le transport de la ma rchandise ?

14. Souhaiteriez-vous assurer le transport et/ou la collecte de bois et si oui, pourquoi ?

En ce qui concerne le lieu d'approvisionnement,

15. Savez vous dans quelles zones géographiques s'approvisionnent vos fournisseurs ?
(Citez les axes et les villages le long de ces axes…)

16. Connaissez-vous les éléments que prennent en compte vos fournisseurs pour choisir leurs lieux d'approvisionnement ? oui non
précisez

En discutez-vous avec eux ?

En ce qui concerne le producteur /vendeur,

17. Savez-vous à qui ils achètent le bois/charbon ?

Producteurs/Vendeurs / Nb :

Vendeurs professionnels / Nb :

Structure coopérative (SRG, coop, groupement de prod) / Nb :

. LA CIRCULATION DE L'INFORMATION DANS LA FILIERE / SUR LE MARCHE DE BOIS

18. De façon générale comment vous tenez-vous informé de l'évolution du marché?
Question à choix multiples, sorte de recapitulatif de la manière de procéder.

□ Fréquentation régulière des marchés

□ Communications orales entre acheteurs sur Bamako

□ Réseau de connaissances se déplaçant régulièrement sur Bamako

□ Envoi d'émissaires sur les zones de vente

□ Autre :

19. Pensez-vous qu'une meilleure information sur les marchés et leur evolution vous serait utile ?

□ Oui □ non

Si oui,

20. quel type d'information privilégieriez-vous : (à hiérarchiser)
□ infos sur la structure du marché : nombre de producteurs, nombre de SRG, fréquence de vente…
□ infos sur les conditions du marché : prix pratiqués, offre exceptionnelle, destination du bois
□ infos sur des événements inhabituels : arrivée de nouveaux commerçants, création d'un point de vente permanent, rareté de la ressource en un point donné…

21. En quoi cette information vous serait utile ?

.....

22. Quelle serait la périodicité idéale pour une telle information ?

□ Tous les ….. mois □ à chaque nouvelle saison □ tous les ans □ autre :

23. Afin que l'information vous arrive le mieux possible, quel support serait le plus adapté?

□ message radio □ bulletin papier □ Voie d'affichage □ autre :

L'IMPACT DES MARCHES RURAUX DE BOIS ENERGIE SUR LE RESTE DE LA FILIERE

24. Ces dernieres années, avez-vous noté des évolutions notables du marché du bois energie?

□ Oui □ non

Si oui,

25. Quelles sont ces évolutions?

26. Pensez-vous que les marchés ruraux ont joué un rôle dans cette évolution ?

27. A partir de quels éléments vous êtes-vous fait cette opinion? Visite, achat, entretien avec commerçants…

.....

28. Trouvez-vous la présence d'un marché rural attractif, dites pourquoi ? :

Question ouverte (on laisse l'enqueté donner ses reponses)

□ OUI / □ NON

PERSPECTIVES (facultatif selon le temps et la lassitude de l'enquété)

Selon vous quelles sont les contraintes liées à votre activité ?

1. Difficultés par rapport aux clients :
2. Difficultés par rapport à l'approvisionnement :
3. Difficultés par rapport aux contrôles des forestiers :

(la question est ouverte, pas de proposition)

□ difficultés d'approvisionnement en quantités suffisantes

□ qualité des produits

□ difficultés d'écoulement □ difficultés d'acces à la ressource

□ manque de clients solvables

□ manque de moyens de transport

□ manque de capital

□ taxes trop lourdes

□ autres :

Quelles sont pour vous les perspectives d'avenir?

□ développer l'activité

□ vous orienter vers d'autres produits

□ autres :

Observations de l'enqueteur :

.....

.....

.....

ANNEXE D2 : QUESTIONNAIRE GROSSISTES/COLLECTEURS

Questionnaire 1: le commerçant maîtrise son approvisionnement

Date…… Nom de l'enquêté…… …….

Enquête n°…… Lieu de l'enquête……

Age approximatif de l'enquêté……Homme (H) ou Femme (F) ……

Adresse de l'enquêté (quartier) ……Région d'origine……

Ethnie……

1. PROFIL DU COMMERCANT

Vous pratiquez le commerce : □ du bois □ du charbon

2. Est-ce votre seule activité? □ Oui □ non

3. Si non, quelles autres activités pratiquez-vous ?

4. Depuis combien de temps pratiquez-vous le commerce du bois ou du charbon?

5. Pourquoi avoir choisi cette activité en particulier ?

2. LA DEMANDE

6. A qui vendez-vous? (question ouverte, pas de proposition, mais cochage fonction réponse)

□ aux artisants, nb de clients :

□ aux industriels, nb de clients :

□ aux détaillants, nb de clients :

□ aux ménagères / des particuliers, nb de points de vente :

7. Dans quels domaines vos clients formulent-ils des exigences/des préférences particulières?

Question en deux temps : on laisse l'enqueté designé le/lesdomaines dans lesquels ses clients ont

des demandes specifiques, puis on appronfondit la question. Proposition : une fois cette étape franchie, je propose les autres modalités de réponse afin d'etre sur que les clients n'ont pas de demandes spécifiques ds d'autres domaines..

- sur le **Prix**, Précisez
- sur la **Quantité**, Précisez
- sur la **Qualité**, Précisez
- sur le **Conditionnement**, Precisez *
- sur la **Rapidité de l'approvisionnement**, Precisez

* En ce qui concerne le conditionnement des sacs de charbon, vous les fournissez vous même ? Expliquez cette pratique :

8. Comment vous adaptez-vous aux demandes de vos clients ?

9. Quel est selon vous, votre point fort ? celui qui permet de repondre aux exigences de votre clientele, de la fideliser, voir de l'augmenter?

1. MOYENS DE COLLECTE

10. De quelle façon assurez vous la collecte et le transport du bois :

- Maitrise totale des achats : déplacement du commerçant sur les lieux de vente et collecte réalisé par lui (utilise son propre vehicule, ou en loue un)
- Maîtrise partielle des achats : l'achat est réalisé par le prestataire selon les directives du commerçant (lieu de vente, qualité, quantité …)

……

……

……

En ce qui concerne le moyen de transport,

11. Quel moyen de transport utilisez-vous habituellement ? indiquez la capacité moyenne en nb de sacs de charbon ou en tonne.

- **Camion 10 T / remorque** :

□ **Camionnette bachée :**

□ **Sotrama 207 :**

□ **Charrette** :

□ **Voie ferrée :**

□ **autre** : .....

12. Justifiez ce choix :

……

……

13. Dans le cas d'une location :

Louez-vous le véhicule seul(e) ou à plusieurs ? Indiquez le nombre de locataires :

Louez-vous toujours au même loueur ou faites vous jouer la concurrence ?

14. Votre transporteur est-il spécialisé dans le transport du bois/charbon ? Précisez

15. Combien coûte un déplacement (location ou véhicule personnel) ?

frais fixes : .....

frais de route: .....

4. COMMENT LE COMMERCANT HONORE LA DEMANDE / S'APPROVISIONNE EN BOIS ENERGIE ?

En ce qui concerne le lieu d'approvisionnement,

16. Dans quelles zones géographiques allez-vous chercher le bois/le charbon?

(Citez les axes et les villages le long de ces axes…)

17. Pour quelles raisons allez-vous dans ces zones ?

18. Classez parmi les propositions suivantes, les éléments les plus importants dans le choix d'une zone d'approvisionnement (question à choix multiples qui complète et précise la précédente)

□ Distance □ qualité du bois/charbon □ quantité de bois □ prix d'achat

□ prix du transport □ accessibilité du village □ nombre de producteurs potentiels □ liens familiaux avec producteurs ou vendeurs □ liens sociaux autres .

□ Faible nombre de commerçants concurrents □ autre :

19. Sur quel type de point de vente achetez-vous vos produits ? (question ouverte, les réponses étant probablement à reclasser dans :

□ Lieu de production □ petit point de vente en bord de route

□ marché villageois spécialisé (uniquement vente de bois)

□ marché villageois généraliste (vente produits divers + vente de bois) □ Autres :

En ce qui concerne l'organisation spatiale des lieux d'approvisionnement

Dans le cas où vous fréquentez plusieurs zones d'approvisionnement :

20. Comment répartissez vous vos achats entre ces différents lieux ?

21. Y-a-t-il des périodes où vous privilégiez certaines zones ou certains villages ?

22. Quelle est la fréquence de vos achats ?

23. Qu'est-ce qui pourrait réellement vous motiver de changer de zone d'approvisionnement, voire d'axe routier ?

24. La concentration des points de vente (présence de nombreux vendeurs dans un faible périmètre) est-elle pour vous un élément de l'attractivité des zones fréquentées ?

En ce qui concerne le producteur /vendeur,

25. A qui achetez-vous le bois ou le charbon ?

□ Producteurs/Vendeurs / Nb :

□ Vendeurs professionnels / Nb :

□ Structure coopérative (SRG, coop, groupement de prod) / Nb :

26. Comment avez-vous procedé pour choisir ce(s) producteur(s) plutôt qu'un autre(s)?

question ouverte à reclasser parmi :

□ liens familiaux
□ recommandations d'un autre commerçant
□ qualité du charbon
□ facilités de négociation
□ régularité de l'approvisionnement
□ prix les plus bas

27. Avez-vous déjà été démarché par des producteurs ?

28. Si oui, à quelle fréquence?

5. LA CIRCULATION DE L'INFORMATION DANS LA FILIERE BOIS ENERGIE

29. De façon générale comment vous tenez-vous informé de l'évolution du marché?

Question ouverte, mais il est possible d'orienter l'enquêté en lui proposant un choix de réponse.

□ Fréquentation régulière des marchés
□ Discussions entre acheteurs sur Bamako
□ Réseau de connaissances se déplaçant régulièrement sur Bamako
□ Envoi d'émissaires sur les zones de vente
□ Autre :

30. Pensez-vous qu'une meilleure information sur les marchés et leur évolution vous serait utile ?

□ Oui □ non

Si oui,

31. quel type d'information privilégieriez-vous : (à hiérarchiser)

□ infos sur la structure du marché : nombre de producteurs, nombre de SRG, fréquence de vente…
□ infos sur les conditions du marché : prix pratiqués, offre exceptionnelle, destination du bois

□ infos sur des événements inhabituels : arrivée de nouveaux commerçants, création d'un point de vente permanent, rareté de la ressource en un point donné…

32. Afin que l'information vous arrive le mieux possible, quel support serait le plus adapté?

□ message radio □ bulletin papier □ Voie d'affichage □ autre :

6. L'IMPACT DES MARCHES RURAUX DE BOIS ENERGIE SUR LE RESTE DE LA FILIERE

33. Ces dernieres années, avez-vous noté des évolutions notables du marché du bois energie?

□ Oui □ non

Si oui,

34. Quelles sont ces évolutions?

35. Pensez-vous que les marchés ruraux ont joué un rôle dans cette évolution ?

36. A partir de quels éléments vous êtes-vous fait cette opinion? Visite, achat, entretien avec commerçants…

……

37. Trouvez-vous la présence d'un marché rural attractif, dites pourquoi ?

□ Oui □ non

……

…….

7. BILAN ET PERSPECTIVES

38. Selon vous quelles sont les contraintes liées à votre activité ?

4. Difficultés par rapport aux clients :

……

…….

5. Difficultés par rapport à l'approvisionnement :

……

…….

6. Difficultés par rapport au transport :

……

…….

7. Difficultés par rapport aux contrôles des forestiers :

……

…….

Si l'enquêté n'a pas encore abordé cette question :

39. Y-a-t-il concurrence entre grossistes et sur quels éléments jouez-vous pour conserver votre clientèle ?

……

…….

40. Quelles sont pour vous les perspectives d'avenir?

- □ développer l'activité
- □ vous orienter vers d'autres produits
- □ autres :

Observations de l'enqueteur :

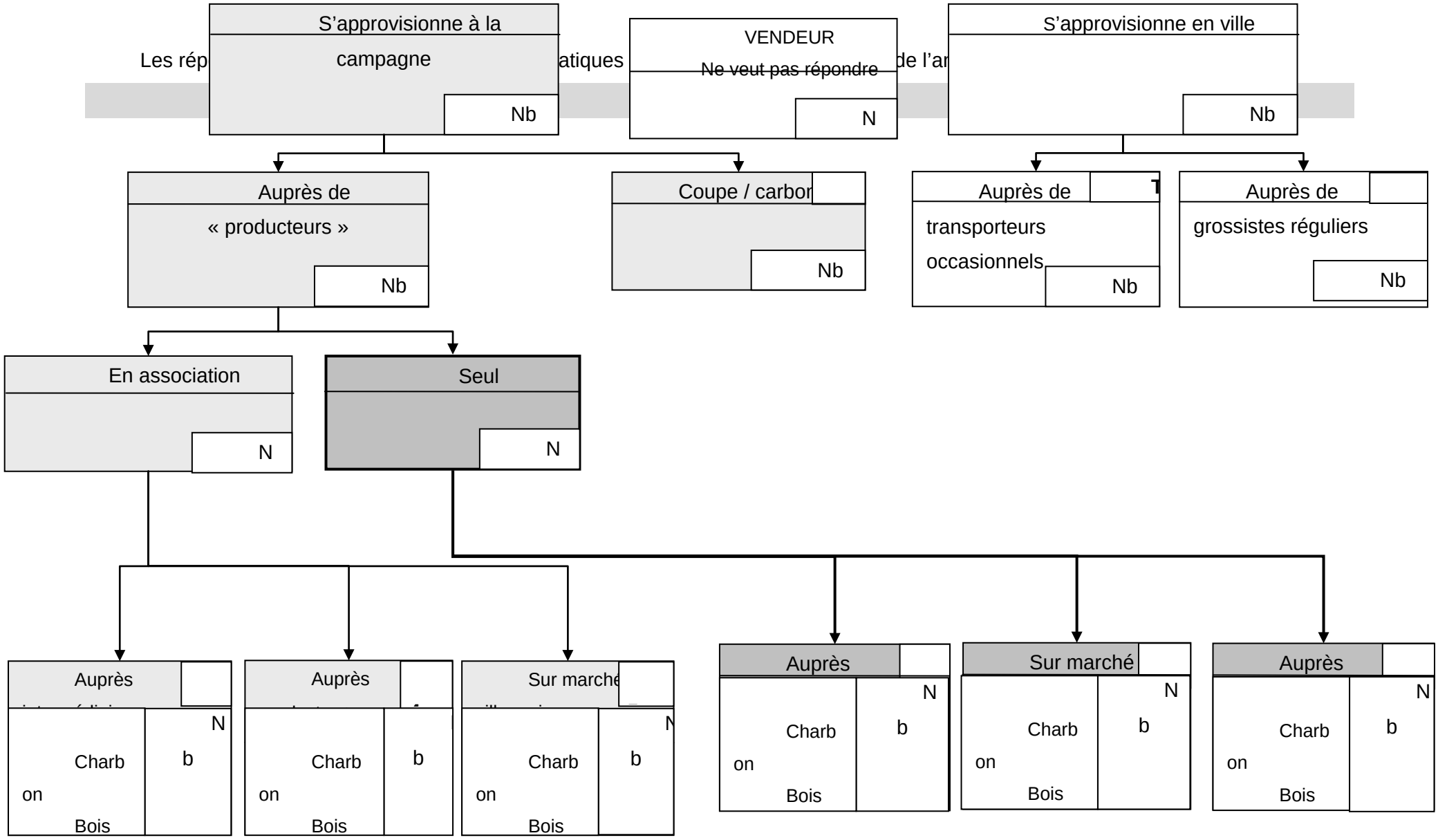
……

……

……

ANNEXE D3 : QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE : RECENSEMENT DES MARCHES URBAINS

COMMUNE :	MARCHE ou QUARTIER :	DATE ENQUETE :



ANNEXE D4 : QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE - MODALITES D'APPROVISIONNEMENT

FICHE COLLECTEUR	COMMUNE :	MARCHE ou QUARTIER :	DATE ENQUETE :

ype	Saison	Fréq. Achat	Type* transp	Coût transp.	Taxes en route	Coûts Chargt/Déchar	Villages et nb de fournisseurs visités		Qtités achetées / voyage et prix d'achat / unité			Prix de revente						Coûts divers (refente, sacs, taxe marché)
		Nb / mois					Liste villages	b fourni	acs 50 kg	acs 100 kg	agot 5kg	ac 50 kg	ac 100 kg	achets	g de char	agot 5 kg	brins (kg)	
	Séche																	
	Hiver																	
	Séche																	
	Hiver																	
	Séche																	
	Hiver																	

ANNEXE D5 : QUESTIONNAIRE VILLAGE RURAL DE VENTE

Date..... Axe : .... Village :..... ..... Marché rural? □ Oui depuis (année)

Enquête n°..... Coord X (UTM)……Coord Y (UTM) …… □ Non

2. ACTEURS QUI INTERVIENNENT DANS LA FILIERE BOIS AU NIVEAU DU VILLAGE « POINT DE VENTE »

Acteurs	**Produits**	**Nbr**	**Périodicité présence sur pt de vente (2)**	**Localisations (3)**	**Types d'acteurs de la vente**	**Lieux d'origine des produits**
Vendeur au nom d'un collectif SRGB						
Vendeur au nom d'un collectif non SRGB						
Coxer pour des commerçants de la ville						
Bûcherons qui vendent à titre individuel au point de vente						
Bûcherons qui vendent à titre individuel en brousse						
Bûcherons qui vendent collectivement en brousse						

(2) PERM = permanent, HEBDO = hebdomadaire, OCCAS = occasionnel, sinon nb de j/mois

(3) BDR = bord de route, BDP = bord de piste, PDM = Place du marché, QUA = Quartier, BRO = en Brousse …

Les acteurs institutionnels présents sur l'aire de vente :

Comment et qui gère les autorisations de vente ? Taxe pour accès au lieu de vente ?

Comment et qui gère les localisations de vente au sein du lieu de vente ?

1. Les services forestiers :

- Y a t il un poste forestier sur l'aire de vente ?
- Quelle est la fonction des forestiers sur l'aire de vente ? Quelle est la fréquence des contrôles ?
- Précisez la fréquence de la présence des forestiers sur l'aire de vente :

2. Citez les autres acteurs « institutionnels présents sur le marché :
(SRG, tons….)

Quel est le rôle de ces acteurs ?

Précisez brièvement, l'historique de leurs interventions sur le village en matière de commerce de bois

3. APPROVISIONNEMENT DU POINT DE VENTE

Village d'origine des produits mis en vente sur le lieu de vente	Dist (km)	Date d'apparition dans le lieu de vente		Fréquence de mise en vente	Moyen de transport	Type de produit	Nb de points de vente /Produits	Modalité de vente	Stockage sur place ?
			S						
			S						
			S						
			S						
			S						
			S						
			S						
			S						
			S						
			S						
			S						
			S						

			S						
			S						

3. LES PRIX

Y-a-t-il un prix unique sur le lieu de vente ?

Si oui, qui le fixe et qui le contrôle ?

Si non, d'où provient cette différence de prix ?

(Différences de prix entre les vendeurs ? Différence de prix suivant l'origine du produit ? Sa qualité ? Son conditionnement ? ….)

Indiquer les fourchettes de prix pratiquées selon les produits

	Charbon ménagères		**Charbon artisans**	**Bois**		**Autre conditionnement**
Prix	**Sac 50 kg**	**Sac 100 kg**	**au kg/100 kg**	**stère**	**Fagot (5-6kg)**	
Saison Sèche						
Hivernage						

3. Décomposition des taxes incluses dans les produits vendus / noter à qui va la taxe

	Charbon	**Bois**	**Autre**

					conditionnement
	Sac 50 kg	**Sac 100 kg**	**stère**	**Fagot (5-6kg)**	
Taxes					

4. Décomposition des taxes non incluses dans les produits vendus (à payer en plus par le commerçant) / noter à qui va la taxe

	Charbon		**Bois**		**Autre taxe**
	Sac 50 kg	**Sac 100 kg**	**stère**	**Fagot (5-6kg)**	
Taxes					

5. PERCEPTION DE L'ATTRACTIVITE DES VILLAGES PAR AXE

5. Selon vous qu'est ce qui fait l'attractivité de votre village pour le commerce du bois/Charbon?

6. Autour de vous, quels sont les villages qui accueillent une aire de vente de bois/charbon ? Quels sont leurs atouts et leurs faiblesses ?

Village	Dist (km)	Atouts	Points faibles

BREF HISTORIQUE DE L'AIRE DE VENTE :

- Date de création de l'aire de vente :

- Fréquence d'activité de l'aire de vente : ……..
  Variations saisonnières notables sur l'aire de vente ?

- Quelles évolutions notables avez-vous remarqué sur l'aire de vente depuis ces dernières années ?
  (Intégration de nouveaux villages ? ….)

- Décrivez les différentes phases d'évolution de l'aire de vente :

Evolution des prix sur l'aire de vente :

A partir des dates marquantes pour le fonctionnement de l'aire de vente, citez les prix pratiqués ces dernières années :

(Laisser l'enquêter citer les dates qui l'ont marqué, pour comprendre l'évolution des prix)

Prix sac Charbon 100 kg	**2004**	…				
Saison Sèche						
Hivernage						
Prix Stère						
Saison Sèche						
Hivernage						

Facteurs de modification des prix ?

Y a-t-il eu une évolution du contrôle des prix sur l'aire de vente ces dernières années ?

- Pour vous, quelle est l'influence des politiques publiques sur la conception ou le fonctionnement de cette aire de vente ?

Annexe E

Usage d'un jeu de rôles pour l'analyse préalable d'un SIG

(Article publié dans la Revue Internationale de Géomatique – Janvier 2010)

Usage d'un jeu de rôles pour l'analyse préalable d'un SIG

DJOLIBOIS, un jeu spatialisé pour l'approvisionnement en bois-énergie de la ville de Bamako (Mali)

Laurent Gazull* — Denis Gautier* — Nicolas Becu**

* CIRAD - Département Environnement et Sociétés

Campus international de Baillarguet. TA C-36/D - 34989 Montpellier Cedex 5

Laurent.gazull@cirad.fr

** CNRS – UMR8586, PRODIG

2 rue Valette, 75005 Paris

Nicolas.becu@univ-paris1.fr

RÉSUMÉ.

La régulation des filières d'approvisionnement en bois-énergie des grandes villes africaines représente des enjeux nationaux majeurs en termes économiques et écologiques. Cet article présente une démarche originale d'analyse des besoins d'un SIG dans l'environnement multi-acteurs que représente une telle filière. S'appuyant sur la description de scénarios et sur l'utilisation d'un jeu de rôle, l'approche vise d'une part à construire collectivement le système et d'autre part à en tester les effets sur le fonctionnement de la filière. L'expérience menée à Bamako (Mali) montre que le jeu est un outil pertinent pour l'explicitation des besoins et pour la construction d'une vision partagée du système d'information. Elle ouvre de nouvelles perspectives pour la conception de SI dans des organisations peu structurées.

ABSTRACT.

Regulating the fuelwood supply chains of African cities is at the moment a major economical and ecological issue. This paper presents an original approach to design a GIS in the particular multi-stakeholders environment of a fuelwood commodity network. This approach is based on a scenario method and uses a role-playing game to build

the system. The experience carried out in Bamako(Mali) showed that the game is a relevant tool to make future users express their requirements and to make them share a common vision on the constructed system. It offers new prospects for the design of Information Systems in poorly structured organizations.

MOTS-CLÉS : *SIG participatif, ingénierie des besoins, jeu de rôles, filière, bois-énergie.*

KEYWORDS: *Participatory GIS, requirements engineering, role-playing game, supply chain, fuelwood*

Introduction

Le bois rentre pour plus de 90 % dans la satisfaction des besoins énergétiques des populations du Mali. Autour des grands centres urbains se sont développés des aires de chalandise dans lesquelles les ressources forestières sont extraites des campagnes avoisinantes. Cette chaîne de production, de transformation, de distribution et de commercialisation destinée aux marchés des villes est devenue une activité économique monétarisée de premier ordre en terme de montants financiers et d'emplois (Matly, 2000).

Actuellement, un des défis majeurs pour l'Etat malien est d'assurer une coordination efficace de l'ensemble des acteurs des filières d'approvisionnement de manière à gérer rationnellement la ressource et à faire en sorte que cette activité soit porteuse d'un développement économique pour tous (ESMAP, 1992).

Les Systèmes d'Information Géographiques (SIG), notamment par leur pouvoir analytique et par leur capacité à représenter différents points de vue sur l'espace, sont depuis longtemps reconnus comme des objets intermédiaires privilégiés pour faciliter la décision collective dans la gestion des ressources naturelles (Graillot *et al.*, 1998).

Mais leur implémentation dans des organisations très peu structurées et dans le cadre de très larges communautés d'acteurs, comme c'est le cas dans une filière bois-énergie, pose encore de nombreuses questions et doit faire l'objet de nouvelles recherches (Mark, 2000, Sieber, 2000). Dans un tel cadre, se pose notamment la question de la participation des acteurs de base au processus d'élaboration d'un SIG (Duncan *et al.*, 2006, Joliveau, 2001).

Dans ce nouveau champ d'investigation, nous avons entrepris avec l'administration forestière malienne, une recherche d'accompagnement visant à construire un SIG commun à tous les acteurs de la filière. Cette recherche repose sur l'hypothèse que le SIG, compris comme un objet intermédiaire permettant de construire collectivement une vision partagée du bassin d'approvisionnement de Bamako, peut faciliter la coordination des acteurs.

Ce papier fait état de la première étape de construction d'un tel SIG. Il présente une démarche originale d'analyse participative des besoins et met en débat la pertinence de l'usage d'un jeu de rôles dans la phase d'analyse préalable d'un système d'information. Cette pertinence est éprouvée d'une part au regard de la capacité du jeu à expliciter les besoins de manière participative et d'autre part au regard de sa capacité à simuler les effets possibles de plusieurs scénarios de SIG sur le fonctionnement de la filière.

Problématique et objectifs de la recherche

En réponse à la pression croissante sur les forêts, et à une volonté de décentralisation, le Mali s'est engagé depuis 1994 dans une réforme en profondeur des modes de gestion des

ressources forestières en essayant d'associer davantage les populations rurales et périurbaines. Cette nouvelle politique forestière, appelée « Stratégie pour l'Énergie Domestique » (SED), vise à assurer un approvisionnement régulier des villes en redistribuant spatialement la production (afin de diminuer localement la pression sur la ressource et ainsi améliorer son renouvellement) et en offrant aux producteurs ruraux un meilleur accès au marché.

Dans le cadre de la SED, un système d'information et de suivi appelé SIEP (Système d'Information et d'Évaluation Permanente) a été mis en place en 1995. L'objectif du SIEP était de fournir de façon régulière et modulaire aux institutions, collectivités locales, partenaires économiques et projets, l'ensemble des informations et données dont ils ont besoin pour poursuivre, orienter et évaluer leurs activités.

Ce système, comme d'ailleurs la plupart de ses homologues dans les différents pays du Sahel, s'est avéré inefficace et s'est arrêté en 1999. Les raisons de cet échec ont pu être analysées dans une mission d'expertise menée par les auteurs (Gazull, 2003): absence de phase de conception de la base de données ; dispositif de collecte de l'information trop lourd ; réalisation de l'administration forestière sans participation des différents acteurs de la filière (ceux-ci étaient perçus comme des objets du suivi et non pas comme des partenaires ou des utilisateurs potentiels).

Mais parmi ces raisons, la principale est sans doute à chercher dans l'absence d'une analyse des besoins réels de la filière et de ses acteurs. Le SIEP a été défini comme un système de collecte d'informations segmentaires, sans réflexion sur leur utilité et leur pertinence par rapport à une question donnée.

Actuellement tous les pays sahéliens cherchent encore à définir les outils adaptés à la collecte de données fiables sur le bois-énergie, à leur analyse et à leur dissémination (FAO, 2001).

C'est dans ce contexte que le CIRAD[47] en partenariat avec l'administration forestière malienne (plus particulièrement la DNCN : Direction Nationale de Conservation de la Nature) a entrepris en 2005 une action de recherche d'accompagnement visant à définir les besoins de la filière en matière de Système d'Information (SI).

Les objectifs de cette action de recherche sont :

- d'analyser les outils et méthodes existants permettant d'expliciter les besoins en termes de partage de l'information et de valider collectivement ces besoins, en veillant à ce que tous les métiers de la filière soient représentés ;
- de proposer et de tester des méthodes permettant à tous les acteurs de participer au processus d'analyse des besoins ;

[47] Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

- de proposer des scénarios de Système d'Information, renvoyant à différents niveaux de partage de l'information entre les acteurs de la filière bois-énergie.

État de l'art

SI et ingénierie des besoins

Les méthodes de conception de SI[48] existantes supposent que :

- il existe un organe de pilotage qui définit les besoins et fonctionnalités du système ;
- les besoins relatifs au système sont clairement identifiés ;
- le schéma conceptuel du système est stable dans le temps ;
- le schéma conceptuel est le support privilégié pour communiquer, négocier et aboutir au consensus nécessaire entre les différentes parties impliquées.

La plupart de ces méthodes ont été développées dans, et pour, des contextes d'entreprise, ou du moins d'organisations structurées et hiérarchisées. Le système d'information est alors considéré comme un système intermédiaire entre un système de pilotage (qui définit les objectifs du système et transmet ses instructions au système opérant) et un système opérant (qui exécute les tâches) (Gayte *et al.*, 1997). Ce type de représentation est à l'origine de la plupart des méthodes de conception actuelles.

Or dans de nombreux cas, l'organisation et l'environnement de développement sont suffisamment complexes pour que ces conditions ne soient pas réunies. Pour faire face à ces environnements complexes, s'est développée dans le domaine du Génie des Systèmes Industriels, une branche qui cherche à minimiser le risque d'inadéquation du produit ou service aux attentes de ses destinataires directs ou indirects. L'ingénierie des besoins[49] est l'une des activités de cette branche qui se situe en amont du processus de conception.

De nombreuses techniques ont été développées pour expliciter les besoins. Une analyse critique en est proposée par (Christel *et al.*, 1992). Selon (Rolland*, et al.*, 2001), le domaine est aujourd'hui dominé par deux grands types d'approches :

- Les approches « Top-down » qui supposent que le système doit avant tout répondre à des objectifs de haut niveau clairement définis au départ. Le processus d'élucidation passe alors par une décomposition hiérarchique des besoins primaires en besoins secondaires que peuvent s'approprier les différents utilisateurs. Les approches par les objectifs et par la modélisation du domaine se rapportent à ce courant.

- Les approches « Bottom-up » qui supposent que le système est le résultat de l'expression de besoins élémentaires pouvant facilement être explicités par les acteurs. Les

[48] Dans cet article, le concept de SI est pris au sens large comme un ensemble de moyens humains, de procédures et d'équipements consacrés à l'information. Il ne se limite donc pas au système informatique.

[49] « L'ingénierie des besoins est l'activité qui transforme une idée floue en une spécification précise de besoins, souhaits, exigences exprimés par une communauté d'usagers et donc définit la relation existante entre un système et son environnement » (Rolland *et al.*, 2001).

approches par les scénarios ou par les dépendances entre agents se rapportent à ce courant.

La plupart de ces méthodes ont en commun une approche par points de vue[50] multiples. Les points de vue des différents acteurs (client, utilisateur, concepteur) sont recueillis individuellement (de manière top-down ou bottom-up) et le concepteur du système cherche à les représenter, à les confronter, à les composer (ou les recomposer) pour spécifier le système global.

Tous les auteurs et concepteurs de méthodes s'accordent à dire que le processus d'élucidation des besoins est un processus de décision collaboratif entre les clients et les concepteurs et qu'il n'existe pas de méthode miracle. La plupart des cas nécessite l'usage de plusieurs méthodes.

Les SIG participatifs

Face aux nombreuses critiques faites à l'encontre des SIG accusés d'être des outils inaccessibles aux citoyens et essentiellement au service du pouvoir politique, s'est développée depuis une quinzaine d'années une recherche visant à concevoir des SIG participatifs à même de rassembler différents partenaires (et en particulier des communautés de base) autour d'une décision de nature spatiale (Jankowski *et al.*, 2001).

McKinnon indique que les SIG participatifs établissent une transparence et une articulation des enjeux et des problèmes permettant leurs partages sous une forme qui satisfait autant les décideurs (les SIG étant des outils aujourd'hui bien acceptés par ces derniers) que les populations rurales (McKinnon, 2005). Cette transposition des savoirs locaux dans l'arène publique est alors à la fois un processus de consultation ascendant et un support à la décision collective (Fox, 1998). Plusieurs cas de SIG participatifs ont également été mis en œuvre pour renforcer les communautés de base face aux pouvoirs en place (Kyem, 2001).

Mais ce concept est encore flou et les méthodes de conception de tels systèmes ne sont pas formalisées (Aysegul *et al.*, 2007, Ciobanu *et al.*, 2006). Ces dernières sont toutes par essence de type bottom-up (Craig *et al.*, 1998). On privilégie en effet l'apprentissage collectif au sein d'un groupe d'acteurs regroupés autour d'un enjeu donné en utilisant les capacités intégratives, analytiques et génératrices de cartes .(Gonzalez, 2000, Jankowski*, et al.*, 2001). Si l'usage des SIG offre des possibilités analytiques plus développées que les cartes ou les croquis, le principe des SIG participatifs est celui de l'explicitation des points de vue des différentes communautés et leur utilisation est dédiée à la médiation et à la décision collective et non pas à la prescription d'un modèle comme le souligne (Cocks *et al.*, 1996). L'accent est

[50] Un point de vue peut être défini comme l'opinion motivée d'un acteur sur un sujet donné, et est fonction de la représentation qu'il a du sujet, de ses objectifs, et de ses motivations pour atteindre un but

alors mis sur l'hétérogénéité des représentations d'acteurs et ce sont ces différences, retranscrites dans le SIG, qui alimentent le processus de médiation et enrichissent la discussion collective.

Démarches patrimoniales, jeux de rôles et SIG participatifs

Parmi les méthodes pratiquées pour l'accompagnement de la médiation, les démarches patrimoniales ont la spécificité de commencer par la constitution d'une représentation commune à toutes les parties prenantes du système enjeu de la négociation et la définition d'un objectif commun à très long terme (Ollagnon, 1989). Cet objectif commun étant défini, la négociation porte alors sur les chemins à suivre et les moyens à mettre en œuvre pour aboutir à l'objectif. Pour nourrir ces démarches, la pratique de jeux de simulation s'est révélée être une méthode performante dans de nombreux cas (Mermet, 1992).

Les jeux de rôles pour l'appui à la gestion locale des ressources naturelles constituent ainsi un outil de type bottom-up pour expliciter les stratégies (individuelles et collectives) et les représentations qu'ont différents acteurs d'un même territoire (Barreteau *et al.*, 2001, Mermet, 1992). Ils constituent des outils privilégiés pour l'analyse des systèmes de coordinations et d'échanges dotés d'un environnement complexe et imprévisible et pour lesquels on souhaite mieux comprendre les comportements et stratégies d'acteurs. Depuis les années 90, de nombreuses expériences d'utilisation de cette forme de jeux de rôle ont été réalisées (Barreteau *et al.*, 1999, Dray *et al.*, 2006, Etienne *et al.*, 2003).

En revanche, les expériences d'utilisation de jeux de rôles dans la conception de SIG sont rares. Dans la plupart des cas existants, le jeu de rôle a été est utilisé, soit pour concevoir les objets géographiques inhérents à la représentation spatiale que les acteurs avaient d'un problème donné et de leur territoire (Castella *et al.*, 2005, d'Aquino *et al.*, 2002, Lardon *et al.*, 2006), soit pour procurer aux acteurs un outil analytique à une échelle spatiale plus large, créant ainsi une prise de conscience auprès des acteurs des enjeux environnants (Campo, 2005, Promburom *et al.*, 2005).

Actuellement, le couplage Jeu de rôles / SIG est donc essentiellement destiné à accroître les capacités d'analyse cartographique des acteurs et surtout à les conduire à réaliser eux-mêmes des supports cartographiques leur permettant de mieux appréhender les enjeux de gestion d'un territoire.

Démarche d'analyse des besoins et place du jeu de rôle

Dans le contexte d'une filière bois-énergie peu structurée, il apparaît clairement que les approches classiques d'analyse des besoins et de conception de SI présentent de nombreuses limites.

L'activité d'exploitation du bois-énergie relève de plusieurs ministères (environnement et énergie) et de plusieurs structures sans grands liens entre elles. À l'autre bout de la chaîne, les exploitants et commerçants représentent plusieurs dizaines de milliers d'acteurs[51], très peu organisés. Il est de ce fait difficile d'identifier de véritables organes de décision, de pilotage ou d'exécution avec qui construire le SI. Les besoins de l'administration sont différents de ceux des commerçants qui sont différents de ceux des exploitants. Et il n'existe pas actuellement d'arènes permanentes de rencontres.

La filière est en perpétuelle évolution depuis le lancement du processus de transfert de responsabilité de gestion. Les règles d'exploitation et leur application de terrain changent très rapidement au gré des politiques publiques et des projets qui sont censés les mettre en place et les accompagner.

De plus, il existe une grande suspicion entre les acteurs, et « l'intérêt commun » n'est en rien une donnée initiale du système, si ce n'est dans les discours.

Enfin, la grande majorité des acteurs est analphabète.,ce qui ne constitue pas un handicap en soit pour l'apprentissage et la conception d'un SI comme l'ont montré de nombreux travaux (d'Aquino*, et al.*, 2002), mais participe d'une hétérogénéité des points de vue.

Cette filière représente donc une communauté d'acteurs très hétérogènes où la recherche d'objectifs communs est une tâche difficile voire conflictuelle, pouvant bloquer le processus de conception.

Face à cette réalité, parmi les différentes approches possibles de l'ingénierie des besoins, nous avons favorisé une approche « bottom-up ». Cette approche vise à faire décrire aux acteurs leur point de vue sur le système exprimant ainsi leurs besoins, leurs buts et le chemin pour l'atteindre. Ces descriptions, appelées également **scénarios** peuvent s'exprimer sous la forme d'exemples d'utilisation[52], de récits d'activité, de schémas, de prototypes. Ils sont captés au niveau individuel (ou de petits groupes) et c'est la combinaison des scénarios qui décrit le comportement du futur SI (Rolland*, et al.*, 2001).

Une analyse des méthodes existantes dans les sociétés de service en informatique met néanmoins en évidence que les démarches adoptées pour générer les scénarios sont très variées mais qu'elles reposent généralement sur des processus d'élucidation juxtaposés (Ben Achour *et al.*, 1997). Des groupes de « scénaristes » sont au préalable désignés, par une hiérarchie ou par les concepteurs, pour travailler sur un aspect particulier du système ; puis chaque groupe propose un scénario ; et enfin le système se réduit la plupart du temps à la somme de ces scénarios. L'approche n'est donc participative *stricto sensu* qu'au sein de chaque groupe de scénaristes. Une telle approche n'est envisageable que dans un contexte organisationnel où il existe un consensus sur les informations utilisées et sur le but global du système ou dans une organisation suffisamment hiérarchisée pour que ce but soit imposé d'en haut.

---

[51] La filière bois fournit, selon nos estimations, plus de 20000 emplois à Bamako et dans ses environs.
[52] Dans ce cas particulier, les scénarios s'apparentent aux « Use Cases » de l'UML2 (Cockburn, 2001)

Dans le contexte de la filière bois-énergie, ces conditions ne sont pas réunies et il est nécessaire que la démarche d'élucidation des besoins intègre des phases de mutualisation, de confrontation des besoins et de concertation entre les acteurs impliqués dans la gestion. Afin que le système soit pleinement accepté par les acteurs, les arbitrages doivent être faits par les acteurs eux-mêmes et non pas par une hiérarchie (inexistante dans le cas présent) ou par le concepteur lui-même (comme c'est le cas dans de nombreux projets de développement).

Nous nous sommes alors placés dans une démarche de facilitation et d'explicitation permettant de traduire les vues de chacun sur le système d'échange d'information dans lequel il évolue, et permettant, par suite, d'élaborer des hypothèses de SI qui soient comprises par tous et qui puissent être partagées (Guillaume-Hoffnung, 2005). La démarche retenue suit une logique basée sur les étapes clés de l'analyse des besoins décrites par (Rzepka, 1989) et sur une approche patrimoniale adaptée à l'exercice d'analyse des besoins d'un système d'information.

Elle se déroule en quatre temps :

1. Le relevé des faits
2. La collecte des besoins et rationalisation ;
3. Intégration et pertinence globale ;
4. Validation.

Dans ce cadre méthodologique, le jeu de rôle a été utilisé pour faciliter la construction d'une vision partagée du bassin d'approvisionnement de Bamako, pour expliciter les besoins en information des acteurs et pour analyser différents scénarios de systèmes d'information.

Résultats

Relevés des faits

Cette phase repose essentiellement sur une analyse de la filière, utilisée alors comme une méthode d'analyse des acteurs, des échanges, des stratégies et des jeux de pouvoirs (Moustier *et al.*, 1999). Elle fut menée de manière classique par des enquêtes auprès de l'ensemble des acteurs de la chaîne d'approvisionnement en bois-énergies.

La filière :

La filière bois énergie présente deux originalités majeures.

- D'une part, elle relie la campagne à la ville, au travers d'un grand nombre d'acteurs indépendants qui, depuis le bûcheron qui coupe le bois en savane jusqu'à la ménagère urbaine qui utilise ce bois, tentent de gagner leur vie avec ce commerce : charbonniers, intermédiaires, transporteurs, grossistes, détaillants.

- D'autre part, elle met en jeu l'utilisation d'une ressource commune - le bois- qui est propriété de l'État et dont l'exploitation doit faire l'objet d'un agrément entre l'État et des individus ou des associations villageoises. L'État et ses services forestiers sont donc les principaux « pilotes » de l'approvisionnement en bois de la filière et ont une légitimité politique pour son contrôle et pour l'aménagement forestier.

Les acteurs de la filière :

La filière est constituée d'un très grand nombre d'acteurs aux rôles différents, aux intérêts parfois divergents et aux positions vis à vis du partage de l'information différentes.

D'un côté, il y a les acteurs qui ont en charge le contrôle de l'exploitation de la ressource : les services forestiers de l'État, les coopératives de bûcherons en charge de gérer un massif forestier, très indirectement les pouvoirs coutumiers, et les collectivités territoriales ; de l'autre, il y a les acteurs qui vont chercher à contourner ce contrôle afin de maximiser leur profit : bûcherons et charbonniers, transporteurs, grossistes. Pour les uns, un SI peut être perçu comme un outil de contrôle ; pour les autres il peut être perçu comme un outil supplémentaire de répression et d'entrave à leur activité.

Un autre type de distinction peut également être fait entre les acteurs : d'un côté, il y a ceux qui sont des permanents de la filière et ont des chances de le rester ; de l'autre, il y a ceux qui ne sont que temporairement impliqués dans la filière bois et y tiennent une place précaire. Cette distinction entre les permanents et les temporaires implique des niveaux d'implications très différents dans le processus de construction d'un SI.

Il existe enfin une dernière distinction possible entre les acteurs de la filière bois, qui concerne leur assise économique et politique. Quelle que soit l'ancienneté dans la profession et la qualité « technique » de la prestation, un acteur de la filière bois reste fragile s'il n'est pas socialement « légitime » ou s'il n'a pas l'assise financière suffisante pour supporter les aléas du marché au-delà d'une année. Cette notion de « fragilité » économique et sociale des acteurs est particulièrement importante dans un objectif de coordination des acteurs de la filière : si la construction d'un SI n'implique que des acteurs qui ont une assise sociale ou financière reconnue, il est à craindre que cette construction conduise par contrecoup à l'exclusion des acteurs les plus pauvres pour lesquels la filière bois représente une activité vitale.

Les outils et vecteurs de l'information actuelle

Pour répondre à ses besoins en information, **l'administration** dispose actuellement ou a disposé de quatre outils principaux :

- le SIEP a fonctionné de 1995 à 1999. Malgré une volonté réelle de création d'une véritable infrastructure de données, cette dernière n'a jamais abouti. Les informations récoltées n'ont pas été structurées et la plupart se sont perdues depuis. Néanmoins, durant trois ans, six bulletins d'information (sous forme papier) ont vu le jour et ont circulé dans Bamako. Ces bulletins à usage de la profession et de l'administration forestière n'ont pas fait l'objet d'une distribution en dehors de la ville, et même en ville, ils n'ont touché qu'un public restreint.

- Les droits de coupe qui se présentent sous la forme d'un « passeport » que le bûcheron achète à l'État et que le transporteur tient ensuite avec lui pour démontrer qu'il

s'est bien acquitté de ses taxes. La faiblesse de cette information est que peu d'acteurs de la filière ont intérêt à ce qu'elle soit strictement relevée : les bûcherons ont un intérêt immédiat à exploiter au-delà des quotas délivrés ; les grossistes ont intérêt à payer le moins de taxe possible sur la marchandise transportée de la campagne à la ville ; et les agents forestiers gagnent plus en fermant les yeux et en tendant la main, qu'en faisant appliquer les taxes officielles. L'analyse des recettes forestières effectuées en 1997 par F. Haaser, expert indépendant, mettait en évidence que le taux de recouvrement des ces droits était inférieur à 10%. En l'état cette information est donc plus que partielle et ne reflète en rien la réalité des coupes (Haaser, 1997).

- Une troisième source d'information intéressante est constituée par **le retour de la taxe forestière aux communes**. Cette ristourne est en principe étroitement liée à la perception des droits de coupe dans la commune. Il s'agit donc d'une information indirecte, en principe publique, sur la pression de prélèvement, à l'échelle des communes. Cette source d'information doit toutefois être utilisée avec précaution car l'application du principe de ristourne forestière est très controversée (Dicko, 2004).

- Les contrôles et amendes au passage des postes forestiers en bord de route. Comme les droits de coupe, ces informations sont plus que partielles. Le rapport de F. Haaser soulignait que pour la ville de Bamako en 1996, le contrôle à l'entrée de la ville ne recensait que 27% du flux total entrant (Haaser, 1997)

Pour répondre à leurs besoins en information, **les professionnels** disposent de très peu d'information et le peu dont ils disposent est issu de collectes individuelles.

- Les producteurs sont très peu mobiles. Ils vont rarement à Bamako et ne sont donc pas informés du prix de vente final de leur production. De la même façon, ils sont très peu informés des conditions de vente dans les villages voisins.

- Les détaillants ne connaissent pratiquement jamais l'origine du produit qu'ils achètent au grossiste et encore moins son prix d'achat au producteur. Les grossistes par ailleurs ne tiennent pas à les informer sur ces points.

- Les grossistes en tant qu'intermédiaires entre la ville et la campagne sont sans doute les mieux informés. Cependant, leur mobilité est également assez réduite. Ils ne disposent que très rarement de leur propre moyen de locomotion et se déplacent en général que lorsqu'ils sont à peu prêt assurés de trouver des produits à enlever. Leur connaissance des prix, quantités, pratiques des autres acteurs est très limitée dans l'espace. Ils connaissent en général les pratiques de leurs voisins proches sur les marchés Bamakois et les conditions locales de vente dans un petit périmètre autour de quelques points d'approvisionnement à la campagne. Les stratégies d'exploration du bassin, de recherche de nouvelles opportunités sont très rares. Le principal vecteur de l'information est donc le réseau commercial.

Collecte des besoins et rationalisation

Quelles sont les demandes et pourquoi s'expriment-elles ? La démarche retenue pour cette phase fut de faire exprimer aux acteurs leurs perceptions de la situation actuelle pour mieux les amener à imaginer une évolution dans la production et le partage de nouvelles informations. Deux techniques d'animations furent utilisées : un atelier collectif d'expression des besoins et des séances individuelles de mise en situation. La méthode utilisée pour ces séances individuelles de mise en situation se base sur les « Playables stories » une méthode d'élucidation utilisant la mise en situation présentée dans (Becu *et al.*, 2005). Deux principes sous-tendent cette méthode et sont réutilisés ici : l'action située[53] et l'élucidation de

[53] L'action située considère que la représentation est dépendante du contexte spatial et temporel dans lequel se trouve la personne qui l'exprime et que de ce fait l'action qui en découle est également située, spatialement et temporellement - (Gigerenzer *et al.*, 1999)

connaissances tacites[54]. Plus précisément l'idée pour ces séances individuelles est de mettre en situation les personnes par l'intermédiaire d'un plateau de jeu et d'un récit narré à la personne, et ce afin d'accéder à un niveau de connaissance tacite permettant de faire ressortir des informations situées dans un plan d'action donné, qui n'auraient pas pu être accessibles autrement. Ces séances de récits interactifs s'assimilent aux scénarios de l'ingénierie des besoins. Ce type de scénarisation a l'avantage de s'exprimer à deux niveaux d'abstraction : le niveau Instance - l'animateur et l'interviewé construisent un récit personnel - et au niveau Classe- le plateau de jeu est là pour replacer l'interviewé dans son rôle vis-à-vis à des autres classes d'acteurs.

Des besoins en information de quatre types …

L'atelier d'expression des besoins et les jeux individuels ont mis en évidence que les informations demandées par les acteurs de la filière bois énergie au Mali sont de quatre types :

- les informations sur la ressource. Demandées surtout par l'administration, elles visent à localiser la ressource, à apprécier son évolution et à mesurer l'impact de l'exploitation pour mieux la contrôler (ou l'orienter).
- les informations réglementaires sur le fonctionnement du marché. Demandées surtout par les producteurs, grossistes et transporteurs, elles visent essentiellement à sécuriser et renforcer la profession dans ses propres droits face aux agents de l'administration.
- les informations contextuelles sur le marché et son évolution demandées par tous pour optimiser leurs activités et leurs profits : prix, quantités, transports.
- et enfin, celles qui permettent aux acteurs de mieux se connaître, de créer du lien entre eux. Demandées surtout par les grossistes et l'administration, elles visent à faire émerger une communauté professionnelle interlocutrice de l'administration.

Ces quatre types d'information sont en principe complémentaires : celles sur le marché permettent de connaître indirectement l'état de la ressource et son évolution ; tandis que la connaissance de la disponibilité de la ressource permet d'optimiser les stratégies économiques. Les connaissances des pratiques des autres acteurs permettent d'améliorer et d'adapter les stratégies économiques ou d'adapter ses propres pratiques aux caractéristiques de la ressource.

Le tableau 1 résume les demandes en information pour chacun des types d'acteurs

…Pour deux grands types de buts

En matière de buts on peut distinguer deux groupes d'acteurs aux intérêts distincts : l'administration représentée par la DNCN (Direction Nationale de Conservation de la Nature du Mali) et la profession, allant des commerçants aux producteurs.

- La DNCN a pour objectifs d'organiser l'exploitation dans l'espace et dans le temps en la transférant et en la contrôlant dans de bonnes conditions afin d'empêcher la surexploitation de la ressource et de favoriser son exploitation durable.

- La profession quant à elle poursuit un but économique de maximisation de son profit (ou tout du moins de diminution de ses charges), mais cherche également à pérenniser son activité et donc indirectement la ressource forestière.

[54] Le champ de l'élicitation des connaissances, qui cherche à extraire et à acquérir les connaissances d'une personne , montre que pour « extraire » ces connaissances tacites de simples interviews ne suffisent pas et qu'il est nécessaire de passer par des techniques d'analyse de tâches ou de suivi de processus pour lesquelles la personne est mise en situation - (McGraw *et al.*, 1989)

Des besoins exprimés il ressort clairement que dans le cas de la filière bois, la construction d'un SI est également considérée par tous les acteurs comme une opportunité pour construire une organisation, c'est-à-dire pour formaliser des règles communes, ou tout du moins créer des communautés d'intérêts, de pratiques et d'actions (Zacklad, 2000).

Les buts projetés du SI sont à la fois orientés vers :

- l'action et la décision que ce soit pour les intérêts individuels et l'intérêt commun: le SI doit aider à agir et à décider afin de gérer durablement la ressource (Administration), et pérenniser l'activité (Commerçants et Producteurs)
- la compréhension et l'intégration pour une identité commune : le SI doit aider à la construction d'une identité commune au travers de règles de fonctionnement mieux connues, mieux comprises et si possible plus équitable.

Acteurs Infos	**Administration**	**Commerçants urbains**	**Producteurs ruraux**
État de la ressource	Localisation de la ressource	Localisation des stocks disponibles	
Règles de fonctionnement		Structuration des taxes	Droits d'exploitation au niveau des villageois et des communes
Marché	Localisation des exploitants Évolution des stocks et des prix Capacités de charge des transporteurs Prix en ville, disponibilité des énergies de substitution et consommation	Coûts de transport Transporteurs disponibles	Prix de vente dans les villages Prix de vente en ville Pouvoir informer les grossistes de la disponibilité d'une coupe.
Connaissance mutuelle	Infos sur les grossistes, les exploitants, les transporteurs	Plateforme de concertation	

Tableau 41. *Synthèse des informations demandées par les acteurs de la filière.*

Le partage de l'information : désirs, défis et stratégies

Dans le contexte d'une filière peu organisée où les intérêts individuels priment encore sur les intérêts collectifs, un des grands défis dans la mise en place d'un SI est le partage de l'information.

Derrière les demandes en information exprimées en atelier (disponibilité de la ressource et des marchandises, prix, réglementation), il existe des groupes d'acteurs qui ne souhaitent pas forcément échanger l'information qu'ils détiennent avec les autres acteurs de la filière : ceux qui ont en charge le pilotage de l'exploitation et son contrôle à l'échelle régionale hésiteront à partager les informations qu'ils détiennent sur la ressource, informations qui doivent leur permettre de répartir les pressions d'exploitation et de permettre à la ressource de se régénérer, mais qui, dans le cas où elle serait échangée, pourrait au contraire accroître les pressions en certains lieux ; ceux qui font commerce du bois seront réticents quant à eux à donner des informations qui peuvent se retourner contre eux en terme de contrôle et éventuellement de répression, mais aussi de concurrence de la part des autres commerçants.

La démocratisation de l'accès à la ressource et l'augmentation très forte de la demande urbaine ont entraîné un développement massif du nombre d'acteurs (Gautier *et al.*, 2006). Même si la compétition n'est pas jugée très rude par ces mêmes acteurs (surtout du fait de l'assurance d'un écoulement quasi immédiat des produits), elle existe néanmoins. Une conséquence visible de cette dernière est certainement l'homogénéité spatiale des prix dans Bamako et leur stabilité au cours du temps. En terme de stratégie d'approvisionnement, les commerçants jouent sur leurs capacités à trouver des produits de bonne qualité au meilleur coût de transport, mais également sur les liens sociaux, et notamment la fidélisation. Cet aspect apparaît comme prépondérant dans leurs relations avec les bûcherons d'une part et les détaillants d'autre part. Cette importance des liens sociaux existant dans la filière fait qu'il ne semble pas y avoir un désir collectif de coordination, chacun gérant son commerce au niveau de son réseau de connaissances et d'alliances. Par ailleurs, ce manque de coordination bénéficie éventuellement aux pauvres qui continuent de pouvoir vivre de la filière bois.

En ajoutant à cela la suspicion réciproque qui règne encore entre l'administration forestière et les acteurs de la filière bois, on comprend bien qu'il n'y a pas véritablement de désir partagé de coordination des acteurs de la filière bois et d'échange d'informations pour se faire.

En ajoutant à cela la suspicion réciproque qui règne encore entre l'administration forestière et les acteurs de la filière bois, on comprend bien qu'il n'y a pas véritablement de désir partagé de coordination des acteurs de la filière bois et d'échange d'informations pour ce faire.

Cependant, avec la multiplication du nombre d'acteurs et de lieux d'exploitation, l'administration est moins présente sur le terrain. Elle a tendance à se concentrer sur les points d'entrée des villes où elle peut plus facilement assurer ce contrôle. Si elle peut toujours potentiellement gérer des informations sur les flux entrant à Bamako, en revanche son information est moins précise sur les lieux de coupe et sur la diversité des pratiques. Au mieux connaît-elle la commune d'origine du bois puisque c'est à ce niveau de déconcentration que des permis peuvent être achetés. L'administration montre ainsi de l'intérêt à tisser des liens plus étroits avec les collectivités décentralisées et avec les acteurs majeurs de la filière bois pour mieux assurer le contrôle de l'exploitation.

En retour, certains acteurs de la filière parmi les plus visionnaires et motivés, souhaitent saisir l'opportunité de l'établissement de nouvelles relations avec l'administration pour être mieux identifiés et reconnus. Derrière cette motivation, il y a certainement l'idée qu'une meilleure connaissance mutuelle et reconnaissance de la profession permettra d'être davantage épargnés par les tracasseries administratives, d'acquérir plus de légitimité auprès des populations rurales et de façon générale de sécuriser et de fluidifier l'activité. Ce désir de reconnaissance peut se traduire, dans certains cas, par la volonté de jouer un rôle actif et reconnu dans la coordination des acteurs de la filière. On voit ainsi se fissurer le « bloc » des acteurs de la filière qui avait jusqu'alors en commun le fait d'esquiver les contrôles de l'administration plutôt que de coopérer.

Intégration et pertinence globale

Les demandes sont elles compatibles entre elles ? Qu'apportent-elles dans le fonctionnement de la filière ? Cette phase a été abordée de manière collective et participative au travers d'un jeu de rôle associant l'administration forestière, les commerçants bamakois et les exploitants ruraux. Cette forme d'expression a été choisie pour répondre aux objectifs d'une approche par scénarios : i) elle permet de transcrire les représentations des différents acteurs dans un même objet intermédiaire, ici le jeu de rôles, pour qu'elles puissent être partagées par le groupe (Bousquet *et al.*, 1999). ii) elle permet de situer les personnes dans un cadre d'action proche de leur quotidien et ainsi d'éviter des niveaux d'abstraction trop importants. iii) elle permet de décrire et comprendre un système à l'aide du langage naturel : les acteurs s'échangent matériellement des informations avec les objets et langages de leurs choix. iv) elle permet de scénariser progressivement le futur en partant d'une situation présente familière aux acteurs. La comparaison avec la situation présente et l'estimation de l'intérêt du système d'information est alors facilitée.

Les objectifs spécifiques de ce jeu de rôle, appelé DJOLIBOIS, sont de :

- faire ressentir aux acteurs les conséquences prévisibles (notamment sur la ressource, sur l'équité des gains) et les difficultés d'action liées au manque d'information ;
- simuler la circulation de nouvelles informations et estimer leurs impacts en termes de gains, d'équité, de coordination et de gestion de la ressource ;
- évaluer l'adéquation entre les besoins en informations exprimés et les buts recherchés et éprouver la compatibilité des buts entre eux (qu'ils soient d'action ou d'intégration) ;

- pousser les acteurs à réfléchir sur leurs pratiques et leurs stratégies, à en expliciter les logiques et à échanger leurs points de vue avec les autres acteurs ;
- construire une vision partagée du bassin d'approvisionnement de Bamako et de sa filière bois-énergie.

Trois séances de jeu, d'une journée entière chacune, ont été menées, dont une de test avec des partenaires de la recherche et du développement maliens. Chaque séance a regroupé 15 acteurs de la filière et 6 animateurs (chercheurs du CIRAD essentiellement), soit en tout près de 50 personnes sur les trois jours. Les acteurs ont été choisis de sorte à ce que toutes les catégories d'acteurs soient représentées, ce qui ne signifie pas pour autant qu'ils aient été représentatifs de leur profession ou de leur statut : la filière est peu structurée et il est de ce fait difficile de connaître le niveau de représentativité des acteurs les plus marginaux ; nous avons choisi certains de ceux que nous avions repérés durant les phases d'enquêtes et de jeu de « playable stories ».

Le jeu s'est déroulé en Français et en Bambara de manière à ne pas limiter nos choix aux seuls acteurs francophones. Chaque animateur francophone était assisté par un « traducteur » malien formé au jeu.

Composantes générales du jeu

La filière simulée

Djolibois simule le fonctionnement du bassin d'approvisionnement d'une ville unique (supposée ici être Bamako). La filière est découpée en six segments interagissant entre eux :

Le segment de la production : Il constitué d'un ensemble de sites d'exploitation de bois associant un point de vente et un massif forestier. Chaque massif dispose d'un potentiel de production de charbon dépendant de la quantité de la ressource initiale et de la pression de coupe s'y exerçant. En chaque lieu d'exploitation, la production est assurée par des joueurs « Producteurs » qui planifient leur production en fonction de la demande urbaine, de leurs disponibilités financières (pour le paiement des taxes) et des possibilités de leur massif. Un modèle simple de reconstitution de la ressource est utilisé pour simuler l'évolution de l'état des massifs forestiers tour après tour en fonction de l'exploitation auxquels ils sont soumis. L'état des massifs, qui est calculé sur ordinateur, conditionne la quantité produite et la qualité du charbon produit. L'exploitant est informé de cet état, à chaque tour, au moment où il vient payer le coût de la vie.

Le segment de la collecte. Il est assuré par des joueurs « Commerçants» dont le rôle est de louer un camion, puis de se rendre sur les sites de production, d'acheter le charbon aux producteurs et d'aller le revendre aux consommateurs urbains. Les joueurs-commerçants doivent planifier leurs achats en fonction de leurs disponibilités financières, du coût du transport, des prix et quantités négociées avec les producteurs, de la demande des consommateurs et de la pression exercée par le contrôle.

Le segment du transport est simulé par une offre urbaine de transport non limitée faite aux commerçants, comme aux producteurs. Tout joueur peut venir louer un moyen de transport en ville. Le coût de location dépend de la distance qu'il compte parcourir et du moyen de transport choisi (petit ou gros camion). Chaque moyen de transport à une capacité de charge limitée.

Le segment de la gestion centralisé du bassin d'approvisionnement est assuré par un ou deux joueurs « Administration » qui ont à leur disposition un ensemble d'outils de régulation prédéfinis : création de marchés ruraux, attribution de quota annuel de coupe pour les marchés ruraux, ajustement des taxes, contrôle de circulation des marchandises, interdiction locale d'exploitation. Néanmoins, l'Administration est libre de définir et d'imposer de nouvelles règles en cours de jeu, sans pour autant être un animateur du jeu, même si, du fait de la liberté qui lui ait faite d'aller chercher toute information qu'elle juge utile à ses décisions, elle a un lien particulier avec les animateurs de jeu.

Le segment du contrôle des flux. Tout commerçant transportant du bois est susceptible de se faire contrôler par les autorités pour vérifier la conformité du chargement avec les dispositions légales (taxes acquittées). En cas d'infraction, des amendes sont appliquées par un « Contrôleur » qui est un joueur un peu particulier puisqu'il fait également partie de l'équipe d'animation de jeu. La fréquence du contrôle dépend d'un facteur « chance » simulé par un tirage aléatoire aux dés et par le résultat des négociations individuelles entre le contrôleur et les contrôlés. Ce facteur « chance » peut être modulé par le système de gestion centralisé, le joueur « administration » pouvant renforcer le contrôle en diminuant la part de l'aléatoire.

Le segment de la demande urbaine. La demande urbaine est supposée constante mais un modèle simple de variation des prix en fonction de l'approvisionnement assuré par les joueurs-commerçants à chaque tour est appliqué. La demande est simulée par un des animateurs de jeu dont le rôle est de négocier l'achat de la collecte auprès des commerçants et d'informer ces mêmes acteurs du niveau de satisfaction des consommateurs (sur la qualité du charbon et sur les quantités rapportées).

Les acteurs :

6 grands types d'acteurs jouent en même temps :

- 2 agents de l'administration centrale (joueurs), localisés à Bamako
- 2 agents du contrôle des flux localisés à l'entrée de la ville (animateurs de jeu).
- 6 exploitants producteurs de charbon (joueurs), localisés dans le bassin d'approvisionnement le long de deux axes routiers. Les 3 joueurs d'un axe doivent obligatoirement passer par le site de Bamako où se trouvent les commerçants et l'administration, pour pouvoir échanger de l'information avec les 3 exploitants de l'autre axe.
- 2 agents de l'administration forestière déconcentrée, localisés près des exploitants. Ces animateurs de jeu sont assistés d'un programme informatique simulant l'état de la forêt, sa possibilité forestière, la qualité du charbon produit et le niveau de vie des joueurs exploitants. Ils enregistrent toute comptabilité la comptabilité des exploitants, leur production ainsi que l'évolution de l'état de la forêt au cours du temps.
- 6 commerçants grossistes localisés à Bamako (joueurs).
- 2 agents représentant, selon la phase de jeu, les acheteurs urbains et les loueurs de camion. Ces animateurs sont assistés d'un programme informatique simulant la satisfaction des besoins des consommateurs. Ils enregistrent les dépenses et les gains des commerçants ainsi que leurs déplacements.

Le « plateau » de jeu :

Fidèles aux principes de l'action située qui considère que la connaissance est fortement dépendante du contexte dans lequel se déroule l'action {Suchman, 1987 #14}, et conscients de l'importance que revêt la localisation de la ressource par rapport à Bamako dans les choix des acteurs, nous avons souhaité replacer les acteurs dans des situations où la rugosité de l'espace (difficulté des déplacements, cloisonnement spatial de l'information) est un facteur à part entière du jeu. Nous avons donc créé un jeu « de salle » (par opposition à « jeu de plateau ») où les acteurs ont à se déplacer physiquement dans un espace structuré dont l'organisation spatiale reprend les grandes composantes du bassin d'approvisionnement de Bamako : un centre demandeur unique (Bamako), des zones de production isolées, un accès par des axes routiers, un cloisonnement entre axes, des coûts du déplacement variant avec la distance. Le jeu se déroule dans une grande salle organisée selon la figure 1.

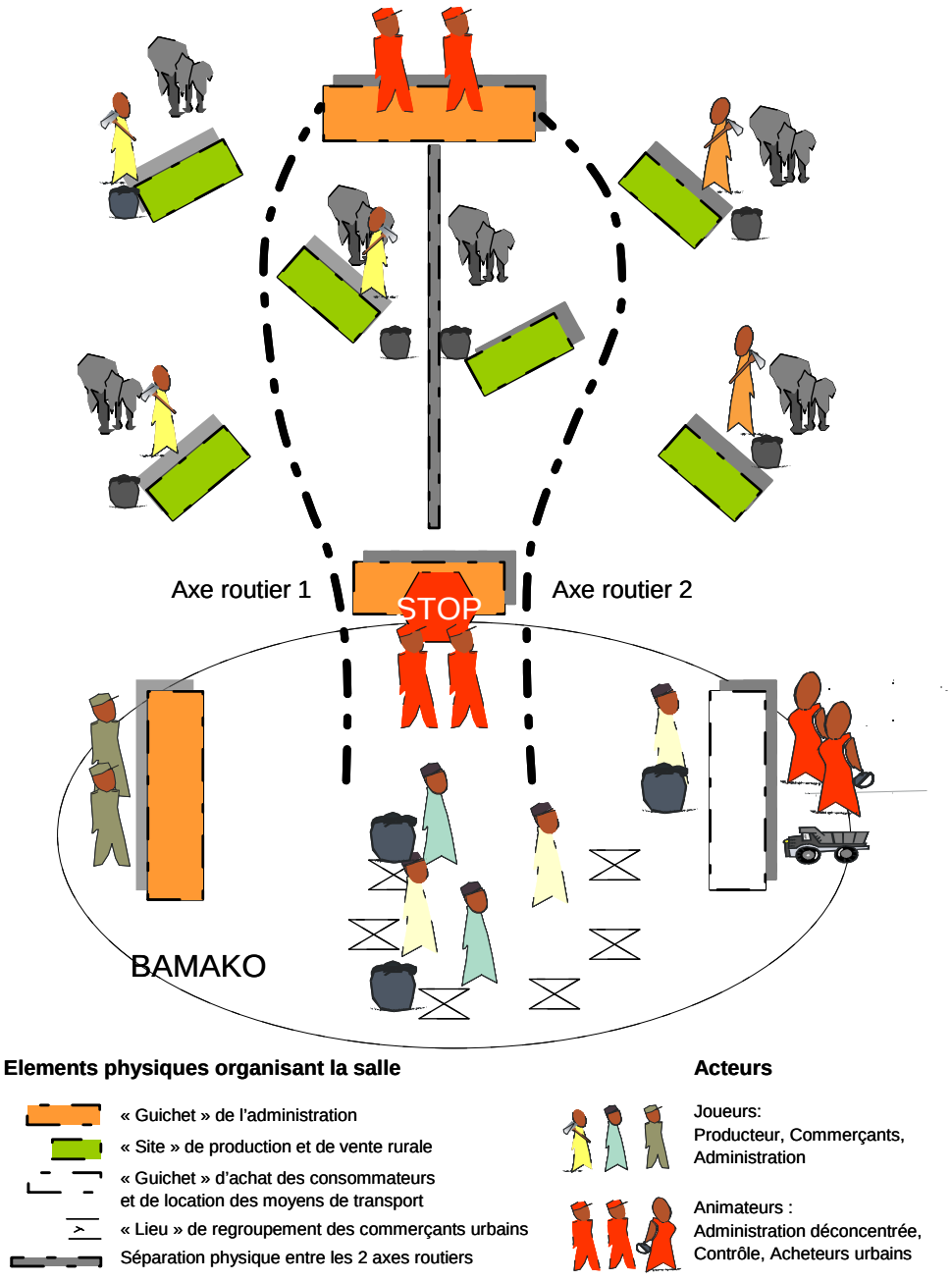


Figure 52 : Organisation de la salle de jeu de DJOLIBOIS.

Les Scénarios de SI simulés

Deux scénarios de circulation de l'information sont joués dans une journée, soit deux parties au cours d'une séance. Le premier correspond à la situation actuelle, le second à une situation future dans laquelle les besoins en information exprimés par les acteurs seraient partiellement satisfaits.

Dans le premier scénario, aucun système de partage de l'information n'est mis en place. Les joueurs agissent de manière individuelle et sont libres d'échanger leurs informations avec qui ils le souhaitent.

Le deuxième scénario en revanche met en scène un partage public d'informations dont l'importance a été débattue dans le débriefing du premier scénario et qui ont été retenues pour tester la pertinence de leur partage. Les informations majeures du système sont rendues publiques et sont affichées par les joueurs qui les détiennent sur des supports visibles de tous (tableaux blancs, écrans d'ordinateur et projection sur un mur).

Ce deuxième scénario de SI introduit ainsi trois nouvelles informations portées par les acteurs eux-mêmes : le prix de vente dans les villages ; la fréquentation des sites d'approvisionnement par les commerçants urbains et l'état de la ressource.

Excepté l'état de la ressource qui est systématiquement rendu publique par l'administration déconcentrée (sous forme de carte projetée sur un mur, et mise à jour à chaque tour par les animateurs), chaque acteur est libre de rendre publique l'information qu'il détient (le prix pour le producteur, les lieux fréquentés pour le commerçant).

Ces trois types d'informations correspondent à des demandes et des buts clairement exprimés par les acteurs :

- Pour l'administration forestière : mieux gérer la ressource en connaissant son état et la pression exercée sur elle (fréquentation des grossistes) ;
- Pour les producteurs : mieux gérer la ressource en connaissant son état et promouvoir les produits exploités en informant la ville des prix pratiqués ;
- Pour les grossistes : adapter leurs stratégies d'approvisionnement en connaissant mieux la ressource disponible sur le terrain et les prix pratiqués par les producteurs.

Tours de jeu :

Chaque tour de jeu est découpé en trois phases :

- une phase (1) pour l'échange d'information entre les joueurs ;
- une phase (2) d'action où les joueurs vont exercer leurs activités réciproques ;
- et une phase (3) de résultat ou chacun fait le bilan de son activité.

Chaque phase est limitée dans le temps et les joueurs doivent respecter les périodes imposées (5 mn pour la phase 1 ; 15mn pour la phase 2 ; et 5 mn pour la phase 3, ces durées n'étant pas lié à la réalité, mais à la volonté des animateurs de cadencer le jeu afin que d'une

part il reste ludique, et que d'autre part les acteurs aient à prendre des décisions rapidement dans un contexte de compétition reflétant la réalité de terrain. Cinq tours sont joués pour chacun des deux scénarii lors d'une séance d'un jour.

1. Phase d'échange d'information. Durant cette phase les joueurs exploitants et grossistes peuvent s'échanger en se déplaçant, de l'information sur les prix et les stocks de marchandises. Dans le deuxième scénario, cette phase est inchangée mais un tableau blanc visible de tous est mis à disposition des exploitants pour qu'ils viennent s'ils le souhaitent y inscrire leur prix de vente du charbon ainsi que la qualité de leur produit. L'administration centrale peut quant à elle aller chercher de l'information auprès des autres joueurs pour se faire une idée de l'état de la situation. Elle peut commencer dès cette phase à mettre en place des mesures de régulation.
2. Phase d'action**.** Dans un second temps, les joueurs exploitants s'acquittent (ou non) de leurs permis de coupe auprès de l'administration forestière déconcentrée et produisent des sacs de charbon. Ils peuvent également venir chercher un moyen de transport en ville pour apporter directement leur production aux consommateurs urbains. Les joueurs grossistes déterminent les sites d'exploitations qu'ils vont visiter, louent un moyen de transport puis se rendent sur les sites d'exploitations. Ils négocient, achètent puis retournent sur Bamako et se font éventuellement contrôler leur chargement sur le chemin du retour. Dans le deuxième scénario, cette phase est également inchangée mais les joueurs commerçants sont sommés par les animateurs de rendre publics les sites sur lesquels ils viennent d'acheter du charbon en les inscrivant sur un tableau blanc visible de tous.
3. Phase résultat**.** Les joueurs grossistes revendent leur marchandise aux consommateurs urbains et calculent le profit réalisé durant le tour. Les joueurs exploitants calculent également leur profit et prennent connaissance de l'état de la ressource dans le massif forestier qu'ils exploitent. Dans le premier scénario cette information est donnée par l'animateur « administration déconcentrée » à l'oral et de manière individuelle à chaque exploitant. Dans le deuxième scénario, cette information est donnée à voir à tous les acteurs sous la forme d'une cartographie informatisée. Enfin, l'administration centrale reçoit les fiches de contrôle de circulation de marchandise et de délivrance de permis de coupe réalisés durant le tour, ce qui lui permettra d'ajuster ses actions pour le tour suivant.

Débriefing en fin de partie :

En fin de partie soit deux fois dans la journée - une pour chaque scénario - une discussion est engagée entre l'ensemble des participants pour évaluer la pertinence de la simulation qui vient d'être jouée vis-à-vis des objectifs individuels et de l'objectif commun de la filière. Pour cela trois indicateurs liés à la pérennité de la filière sont « dévoilés » aux participants :

- le niveau d'approvisionnement de Bamako sur les cinq tours joués ;
- l'état de la ressource sur les différents sites d'exploitations en début de séance et en fin de séance ;
- les gains des différents joueurs en fin de séance.

Résultats et enseignements du jeu en matière d'analyse des besoins

DJOLIBOIS, de par sa durée (une séance comporte deux parties d'une demi-journée, soit une journée) et de par le nombre important d'acteurs, est un jeu très riche d'enseignements dans de nombreux domaines. Le tableau 2 synthétise les résultats de deux séances jouées entièrement avec des acteurs de la filière. Ils reprennent la grille d'analyse standard du jeu.

Grille d'analyse du jeu :

Les informations collectées en cours de partie par les animateurs de jeu, côté ville et côté campagne, sont stockées sur ordinateur au fur et à mesure de leur acquisition (demandes de productions, ventes en ville, prix pratiqués,…) et peuvent être analysées finement *a posteriori* pour évaluer les effets du jeu sur le fonctionnement de la filière et les stratégies des acteurs.

La grille d'analyse rappelée dans le tableau 2 répond aux questions qui sont à l'origine de cette action de recherche:

1/ Une meilleure circulation de l'information permet-elle une meilleure répartition spatiale de la pression sur les ressources ? Une meilleure gestion de la ressource ? Une meilleure répartition des revenus du bois au sein de la filière (entre segments et au sein de chaque segment) ?

2/ Le processus d'analyse des besoins en SI et le SI en lui-même, vu comme un objet intermédiaire, permettent-ils la création de communautés d'intérêt et d'actions ? Le partage de l'information s'accompagne-t-il d'un partage des connaissances et de stratégies collaboratives ?

Sur le ressenti vis-à-vis de l'information

DJOLIBOIS a montré une forte capacité à faire ressentir aux joueurs le manque, le besoin et l'intérêt du partage d'informations dans leurs activités. Suite aux séances de jeu, les participants ont tous exprimé, chacun à leur manière, leur ressenti par rapport au manque d'information. Certains participants ont été plus précis et ont clairement énoncé le type d'informations manquantes, à savoir les stocks disponibles pour les grossistes, le niveau de la demande pour les producteurs et le volume du flux de marchandise pour l'administration.

Le deuxième scénario mettant en scène un SI potentiel a généré des discussions sur le partage d'informations et les effets d'un SI. Les producteurs ont exprimé le sentiment d'avoir une meilleure vision de l'ensemble de la chaîne, de voir des deux cotés de la chaîne (à la fois le leur mais aussi, à l'autre bout, la demande à Bamako) et surtout de ne pas exploiter en aveugle (c'est-à-dire sans connaissance de la demande et du fonctionnement général de la filière). Ils pensent qu'un meilleur partage de l'information facilite leur travail, y compris pour ce qui est de la gestion durable de la forêt.

Les commerçants s'accordent à reconnaître que la mise à disposition de nouvelles informations (notamment le prix sur les lieux de production) a rendu plus difficile leurs négociations avec les producteurs et a exacerbé la concurrence entre eux. Ils ont eu l'impression de moins gagner (même s'il s'avère objectivement que leurs revenus sont supérieurs dans le scénario avec SI que dans celui sans SI). Notons cependant que l'organisation d'une séance en deux parties où deux scénarios sont joués successivement entraîne un effet d'apprentissage du jeu par les joueurs qui biaise la comparaison directe entre les résultats des deux scénarios.

Le ressenti de l'administration est moins facile à ressortir. Lors des débriefings, l'argument utilisé pour justifier les échecs dans la gestion est le manque d'information, mais l'introduction des nouvelles informations n'est pas ressentie comme une amélioration réelle (ce qui peut être expliqué par le fait que le pouvoir repose en grande partie sur l'information, et que par conséquent, partager son information peut être ressenti par l'administration comme une concession de pouvoir).

Ainsi, durant les discussions finales les participants se sont autant appuyés sur les résultats de la partie que sur leur expérience réelle pour étayer leur point de vue et donner leur avis quant à la mise en place d'un futur SI. Ce rapprochement qu'effectuent les participants entre le jeu et le monde réel favorise la confrontation des idées tout en restant dans un simulacre de la réalité permettant une certaine liberté d'expression (Daré, 2005)[55]. Cela démontre de l'intérêt du jeu DJOLIBOIS comme moyen de faire ressentir les difficultés liées au manque d'information et comme support de réflexions et décisions collectives liées aux SI.

Sur les motivations de partage et de mise à disposition de l'information

Ce critère d'analyse a été évalué qualitativement à partir des échanges d'informations entre joueurs qui ont été observés durant les séances et des informations rendues publiques dans le cadre du deuxième scénario.

Les producteurs ont régulièrement mis à disposition leur information sur les prix et la qualité de leur produit. Certains ont pris l'initiative d'échanger des informations sur leurs pratiques, leurs stratégies de gestion de la forêt avec d'autres producteurs. Lors d'une partie réalisée, cette stratégie de groupe a pris la forme d'accords « locaux » sur les prix pratiqués de manière à faire face à la pression des grossistes.

Les commerçants quant à eux ont rapidement pris le parti de ne pas renseigner la communauté sur les lieux qu'ils fréquentent. Aucune stratégie de groupe n'a été observée.

L'information sur l'état des ressources étant mise à disposition de manière systématique à chaque tour (de façon individuelle aux exploitants lors du scénario 1, et publiquement lors du scénario 2), nous n'avons pu tester les motivations de l'administration à les partager.

Sur l'adéquation entre l'information fournie et les objectifs des acteurs

Les producteurs sont certainement ceux qui ont le plus utilisé et bénéficié des informations échangées. Ils ont été très attentifs à la cartographie de l'état de leur massif et des massifs voisins. La symbolique utilisée (dégradés de vert) était compréhensible et le message de la carte (dégradation de la ressource) a eu un impact fort sur leur conduite. Alors que dans le scénario 1, cette information était donnée de manière orale et individuelle par l'animateur de jeu côté production - « attention ton massif se dégrade, tu coupes trop ! » - la cartographie a permis aux producteurs de « se comparer aux autres, de réfléchir à leur situation et de mieux agir pour la préservation de leurs ressources » (réflexions recueillies auprès des participants). La possibilité pour eux d'afficher leur prix de vente et la qualité de leur produit leur a permis de faire la promotion de leur site de production et d'en jouer pour attirer les commerçants urbains. Au final, la forêt a été mieux préservée dans le scénario 2 avec le SI : l'état final de la forêt est meilleur, la répartition spatiale des prélèvements est

[55] Dans sa thèse, Daré (2005) montre que les jeux de rôles du type de DJOLIBOIS possèdent un pouvoir réflexif faisant entrer l'habitus des acteurs dans le jeu et permettant de révéler les relations sociales entre les individus au travers du jeu ; le débriefing occupant un rôle central dans ce processus de révélation.

plus homogène ; et globalement les producteurs ont plus gagné et mieux gagné (gains plus importants et répartition plus homogène des revenus des joueurs - cf. tableau 2).

Les commerçants ont quant à eux surtout été sensibles à l'affichage public des prix de vente en milieu rural du scénario 2. Cet affichage les a perturbés dans un premier temps car toute leur stratégie de collecte était essentiellement basée sur une fidélisation des producteurs, voire une mise en dépendance de ces derniers (au travers d'avances et de promesses d'achat). La possibilité offerte aux producteurs de promouvoir leur produit en affichant leur prix leur a ainsi ouvert la possibilité de toucher plus de commerçants et donc de sortir des liens de dépendance étroits qui s'étaient créés dans le scénario 1. Les négociations entre acheteurs et vendeurs ont donc été plus dures dans le scénario 2, mais les commerçants se sont adaptés aux nouvelles règles. Selon les résultats de fin de partie, ils ont financièrement plus gagné dans le scénario 2 et, de même que pour les producteurs, les écarts de revenus se sont réduits.

L'administration centrale a sans doute été celle qui a le moins utilisé l'information disponible et le fait de pouvoir la partager. L'information sur les déplacements des grossistes, pourtant demandée par les joueurs « administration » afin d'évaluer la pression locale sur la ressource n'a pas du tout été utilisée. L'information sur l'état des forêts n'a pratiquement joué aucun rôle sur leurs décisions. L'administration s'est cantonnée à utiliser, quel que soit le scénario, l'information dont elle dispose dans la vie réelle actuellement, à savoir : les permis de coupe et les relevés du contrôle même si ces derniers ne reflètent qu'une toute petite partie de l'activité. Il en a résulté des décisions totalement en inadéquation avec la situation des forêts mais surtout il est apparu un nouvel objectif sous-jacent de l'administration : augmenter les recettes de l'État (ou tout du moins de la direction des forêts) au travers d'un contrôle accru, sans que l'utilisation de cette augmentation des recettes soit explicité.

Sur la compatibilité des objectifs et des informations échangées.

Il apparaît clairement, au travers du jeu, que l'échange d'informations sur l'état des forêts, les stocks disponibles, les prix pratiqués, est consensuel et que les acteurs réunis à l'occasion des séances de jeu sont prêts à faire des efforts pour rendre cette information accessible à tous.

La mise à disposition de l'information sur les déplacements des grossistes semble plus problématique mais devrait néanmoins être possible. Toutes ces informations visent conjointement à rendre les transactions plus transparentes, à rééquilibrer les rapports commerçants/producteurs/administration, à équilibrer la pression sur les ressources et au final à pérenniser les activités de chacun des acteurs.

Ces buts « d'action » semblent être compatibles entre eux, aux yeux des acteurs. Néanmoins il serait nécessaire de multiplier les parties avec des acteurs différents pour s'en assurer. En effet, à la lueur des premiers résultats, il apparaît que l'introduction du SI (tel que défini dans le scénario 2) exacerbe la compétition au sein et entre les groupes d'acteurs. Au final, les résultats de chaque groupe sont meilleurs (en revenus et en équité) et la forêt semble mieux gérée (cf. tableau 2). Cependant, la réduction des inégalités de revenus entre producteurs et commerçants tout comme l'amélioration de l'approvisionnement de la ville n'ont pas été mis en évidence lors du jeu de rôle, sachant qu'on pouvait attendre de l'administration qu'elle défende au moins le deuxième.

Concernant les buts d'intégration (création d'identités communes), le SI a eu pour effet d'augmenter fortement les échanges entre les producteurs, au point que certains se sont groupés et ont passé des accords verbaux pour opposer aux commerçants un prix de vente unique, ainsi que cela peut d'ailleurs s'observer en saison des pluies, quand la ressource est rare. L'affichage de ce prix a renforcé ces accords et a permis l'émergence d'une communauté de producteurs.

Cette intégration au travers du jeu ne s'est pas aussi clairement manifestée chez les grossistes aux comportements beaucoup plus individuels. Néanmoins, cette volonté existe et fut rappelée dans les phases de « débriefing » et d'échanges collectifs.

Enfin, tous les acteurs ont salué l'exercice comme une étape essentielle de connaissance et de reconnaissance mutuelles.

La question du contrôle reste plus problématique dans le jeu comme dans la réalité. L'objectif de l'administration d'un accroissement du contrôle, afin d'augmenter les recettes de perception de l'État apparaît comme un objectif non partagé par les autres acteurs. Le jeu en l'état actuel ne permet pas un travail collectif sur ce sujet particulier. Un nouveau scénario pourrait être créé et intégré à DJOLIBOIS à cet effet afin de faciliter les échanges d'opinions entre les acteurs sur ce sujet particulièrement sensible.

		Séance 1		Séance 2	
Critères	Indicateurs	Sans SI	Avec SI	Sans SI	Avec SI
Répartition spatiale de la pression					
Diversité des sources d'approvisionnements	Nb moyen de sites visités par tour	3.8	3.6	3.8	5.4
Répartition spatiale des prélèvements	G*(Prod finale) par site	0.14	0.12	0.09	0.04
Gestion de la ressource					
État de la ressource	État final (de 0 à 3)	1.73	2	1.6	1.7
Régularité des prélèvements	CV**(Prod) par pas de temps	0.32	0.23	0.32	0.22
Gestion de l'approvisionnement					
Satisfaction de l'approvisionnement	Offre totale/Demande totale	0.67	0.76	0.92	0.79
Régularité de l'approvisionnement	CV**(Appro) par pas de temps	0.31	0.24	n.d.	n.d.
Performances économiques					
Gains des producteurs	Somme des gains (1000 FCFA)	1 514	1 565	1 780	3 164
Répartition au sein des producteurs	G*(gains) par joueurs	0.51	0.42	0.46	0.3
Gains des commerçants	Somme des gains (1000 FCFA)	2 254	4 728	4 435	5 015
Répartition au sein des commerçants	G*(gains) par joueurs	0.39	0.27	0.37	0.30
Répartition entre les deux groupes d'acteurs	Gains(Com)/Gains (Prod)	1.49	3.02	3.30	2.06
Stratégies spatiales					
Le poids des habitudes	Nb de changements de sites	18	25	9	12
Le poids des axes	Nb de changements d'axes	9	15	7	7

* : G = Indice de Gini
** : CV = coefficient de Variation

Tableau 42 : Résultats synthétiques de deux parties de DJOLIBOIS menées en décembre 2006 et avril 2007.

Validation et faisabilité de la mise en place d'un SI pour coordonner la filière

> Cette dernière phase fut associée au jeu de rôle, même si le jeu de rôle en lui-même ne constitue pas une validation, mais plutôt une première étape de cette validation. Après chaque séance de jeu, une discussion est amorcée collectivement sur l'intérêt du système, pour l'ensemble de la filière tout aussi bien que pour chaque type d'acteurs, ainsi que sur la faisabilité du système : quels avantages le SI discuté présente-t-il par rapport aux expériences passées (SIEP) ? L'outil informatique doit-il être le support de ce SI ? Qui doit gérer le SI ? A ces questions, s'ajoute en principe également celle de la viabilité du projet, mais qui n'a pas été discuté car le processus n'en est pas encore arrivé à ce stade.

Comme décrit préalablement le jeu de rôle met clairement en évidence l'intérêt du partage de l'information et de la coordination entre acteurs pour améliorer la répartition spatiale des coupes et rééquilibrer les rapports commerçants/producteurs/administration et ainsi assurer une gestion durable. Si l'ensemble des acteurs est d'accord pour dire qu'un SI fonctionnel et collaboratif serait bénéfique pour la filière et semble prêt à partager l'information, la question de la mise en place d'un tel SI semble plus problématique (qui porterait le projet ? quelles seraient les responsabilités de chacun ? qui financerait ? comment la participation et la représentativité de tous les acteurs de la filière seraient assurées ?).

Lors de nos séances de travail (ateliers, entretiens individuels avec « playable stories », puis jeux de rôles), l'administration s'est positionnée en propriétaire d'un SI futur sans prendre en considération les enseignements du jeu (utilité du partage de l'information tant environnemental qu'économique, collecte et diffusion par les acteurs), mais en proposant à la filière un « cadre de concertation » sous son autorité.

Les grossistes ont adopté des positions attentistes et ne se sont que peu exprimés sur le sujet. Cette réserve peut être expliquée par le fait qu'ils travaillent actuellement de façon très isolée, en lien avec un petit territoire rural donné, mais sans grand lien entre eux. Une participation au SI changerait de ce fait leurs pratiques actuelles, mais ils n'y sont pas opposés dans la mesure où ils sentent bien que leur système actuel de collecte à des limites. La méfiance vis-à-vis de l'administration et de ces multiples taxes peut expliquer leur réserve.

Les exploitants forestiers voient quant à eux tout l'intérêt qu'ils auraient à participer à un SI : créer des liens à l'administration plus transparents, et des relations avec les grossistes moins serviles. Cependant, pour l'essentiel pauvres et analphabètes, ils ne se posent pas en leaders, ce qui souligne tout le travail d'organisation de leurs professions qui reste à accomplir, ainsi que celui de désignation de représentants légitimes.

Il ressort ainsi de ces discussions et ateliers que, si le rôle de concepteur/médiateur d'un SI est reconnu comme nécessaire, personne à l'heure actuelle hormis les chercheurs du

CIRAD, ne souhaite prendre en charge le processus d'élaboration d'un SI partagé par tous les acteurs de la filière.

Il ressort également que pour être approuvé et approprié, tout scénario de SI doit être testé de nombreuses fois, par toutes les catégories d'acteurs, afin de valider les impacts observés. Cette phase de diffusion et de répétition du jeu est une étape reconnue d'ailleurs comme nécessaire par l'ensemble des personnes avec qui nous avons travaillé, même s'ils souhaitent pour ce faire un médiateur, qui ne soit pas l'administration.

Cette action de recherche a donc permis aux acteurs de la filière de discuter et de valider l'intérêt de la mise en place d'un SI, dont les termes exacts devront continuer à être définis via l'utilisation du jeu DJOLIBOIS. Par contre, la faisabilité et l'identification des porteurs de ce projet reste à définir, ce qui nécessitera une implication plus importante des acteurs (avec des questions de représentativité à prendre sérieusement en compte), ainsi qu'une plus grande volonté politique.

Discussion

Cette action de recherche a permis de porter un éclairage nouveau sur la manière de mener une analyse des besoins en SI au sein d'organisations complexes et peu structurées comme peut l'être la filière bois-énergie au Mali.

Dans ce contexte, il ressort que la construction d'un SI va de pair avec la construction d'une organisation, c'est-à-dire à la formalisation de règles communes aussi bien pour le fonctionnement interne de l'organisation que pour ses actions vis à vis de l'extérieur. Le SI peut alors être considéré comme un objet intermédiaire autour duquel peuvent se créer plusieurs communautés liées par des intérêts ou des pratiques communes.

Les objectifs visés par un SI dans ce contexte sont alors doubles : des objectifs d'action, le SI doit aider à agir et à décider ; et des objectifs d'intégration, le SI doit aider à la construction d'une identité commune.

Face à la multiplicité des acteurs et de leurs intérêts parfois conflictuels, et face aux échecs passés de SI, il paraît incontournable de débuter le processus d'élaboration d'un SI par une phase approfondie d'analyse et de partage des besoins afin de comprendre et d'expliciter pourquoi le SI doit être mis en place et développé et quel impact il peut avoir sur le fonctionnement de la filière.

L'ingénierie des besoins nous fournit des outils pour aborder cette élucidation. Cependant, les méthodes existantes nécessitent d'être adaptées à ce type de contexte. Ces « ajustements » doivent notamment prendre en compte les éventuels conflits d'intérêt au sein de la communauté et les asymétries en termes de niveau d'abstraction. De plus, dans la

mesure où le SI apparaît comme un point de départ dans la construction d'une organisation, la démarche doit favoriser la concertation entre tous les acteurs.

La démarche que nous avons retenue utilise un jeu de rôles et s'apparente à une approche des besoins par les scénarios. Elle vise à faire décrire aux acteurs leur point de vue sur le système exprimant ainsi leurs besoins, leurs buts et le chemin pour l'atteindre. L'expérience met en évidence la richesse du jeu de rôle dans l'explicitation des points de vue, l'analyse des besoins et des stratégies de partage de l'information. Ce dernier a ainsi permis aux acteurs de mieux appréhender les difficultés et les conséquences liées au manque d'informations et de les partager collectivement. Il a fait émerger des besoins non exprimés publiquement lors des ateliers précédents (par exemple : le contrôle comme outil de recettes pour l'administration). Il a également permis de tester, en situation et dans la limite des hypothèses retenues dans le jeu, des scénarios de collecte et de diffusion de l'information dans un environnement multi-acteurs.

Mais surtout, le jeu permet aux différents acteurs d'être les protagonistes à part entière du système d'information simulé. Ils sont mis en situation à la fois comme utilisateurs, vecteurs et producteurs de l'information et leur participation ne se limite pas à la seule production de représentations spatiales partagées comme c'est souvent le cas dans les expériences actuelles {Mills, 2001 #41; Njau Anau, 2004 #40; Duncan, 2006 #31}. Le jeu de rôle, de par sa cadence et les impératifs de résultats qu'il impose, force les acteurs à réfléchir non pas sur la forme ou la véracité de l'information mais sur son utilité pour leur propre action et pour l'action des autres acteurs de la filière.

Cette expérience ouvre de nouvelles perspectives pour l'analyse des besoins en systèmes d'information dans un contexte de filière. Elle ne représente certes qu'une première étape dans l'ingénierie des besoins. Un travail plus en aval est ensuite nécessaire pour transposer les résultats de la démarche dans des formalismes permettant d'une part de garder trace des décisions et processus de choix qui ont abouti aux scénarios et d'autre part de spécifier plus précisément l'application future. La principale difficulté de ce travail de formalisation tient à ce qu'elle doit être faite en étroite collaboration avec les acteurs de la filière, afin qu'ils puissent suivre toutes les étapes de conception du SI et y participer.

Bibliographie

Aysegul T. et Roche S., "Vers une typologie des PPGIS", Colloque International de Géomatique et d'Analyse Spatiale - SAGEO 2007, Clermond-Ferrand, 2007.

Barreteau O. et Bousquet F., "Jeux de rôles et validation de systèmes multi-agents", Ingénierie des systèmes multi agents JFIADSMA''99, Gleizes M.P. et Marcenac P., Saint-Gilles, Ile de La Réunion, 1999.

Barreteau O., Bousquet F. et Attonaty J.-M., “Role-Playing games for opening the black box of MAS: method and teachings of its application to Senegal River Valley irrigated systems”, Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 4(2), 2001.

Becu N., Barreteau O., Perez P., Saising J. et Sungted S., "A methodology for identifying and formalising farmers' representations of watershed management: a case study from Northern Thailand", Companion Modeling and Multi-Agent Systems for Integrated Natural Resource Management in Asia, in Bousquet F., Trébuil G. et Hardy B. (eds), Los Baños (Philippines), IRRI Press, 2005.

Ben Achour C. et Rolland C., Scenario Use in European Software Organizations - Results from Site Visits and Questionnaires, ESPRIT project CREWS N°21.903, Paris, 1997.

Bousquet F., Barreteau O., Le Page C., Mullon C. et Weber J., "An environmental modelling approach. The use of multi-agent simulations", Advances in environmental and ecological modelling, in Blasco F. et Weill A. (eds), Elsevier, 1999.

Campo P.C., "Integrating multi-agent systems and geographic information systems modeling with remote-sensing data for participatory natural resource management in coastal Bohol", Companion modelling and multi-agent system for integrated natural resource management in Asia, in Bousquet F. Trébuil G. and Hardy B. (eds), Los Banos, Philippines, IRRI Publications, 2005.

Castella J.-C., Trung T. et Boissau S., “Participatory Simulation of Land-Use Changes in the Northern Mountains of Vietnam: the Combined Use of an Agent-Based Model, a Role-Playing Game, and a Geographic Information System”, Ecology and Society, 10(1), 2005.

Christel M.G. et Kang K.C., Issues in Requirements Elicitation, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania, 1992.

Ciobanu D.-L., Roche S., Joerin F. et Edwards G., “Vers une intégration des SIG participatifs aux processus de design urbain délibératifs”, Revue Internationale de Géomatique, 16(1), 2006, p.249-267.

Cockburn A., Writing Effective Use Cases, Boston, Addison-Wesley, 2001.

Cocks D. et Ive J., “Mediation support for forest land allocation: the SIRO-MED system”, Environmental management, 20(1), 1996, p.41-52.

Craig W., Harris T. et Weiner D., "Empowerment, Marginalization and Public Participation GIS", Varenius Workshop, October 1998, Santa Barbara, California, 1998.

d'Aquino P., Le Page C., Bousquet F. et Bah A., “A novel mediating participatory modelling: the "self-design" process to accompany collective decision making”, International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology, 12(1), 2002.

Daré W., Comportements des acteurs dans le jeu et dans la réalité: indépendance ou correspondance ? Analyse sociologique de l'utilisation de jeux de rôles en aide à la concertation pour la gestion de l'eau (vallée du fleuve Sénégal), ENGREF, PARIS, 2005.

Dicko A.B., "Expériences de mobilisation des ressources financières des communes rurales au Mali", Financer la décentralisation rurale: taxes et impôts à l’échelle locale auBénin, Burkina Faso et Mali, in Hilhorst T. et Baltissen G. (eds), Amsterdam, KIT, 2004.

Dray A., Perez P., Jones N., Le Page C., d'Aquino P., White I. et Auatabu T., “The AtollGame Experience: from Knowledge Engineering to a Computer-Assisted Role Playing Game. ” Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 9(1), 2006.

Duncan S.L. et Lach D.H., “Privileged Knowledge and Social Change: Effects on Different Participants of Using Geographic Information Systems Technology in Natural Resource Management”, Environmental Management, 38(2), 2006, p.267-285.

ESMAP, Mali - Household energy strategy, World Bank, ESM147, New York, 1992.

Etienne M., Le Page C. et Cohen M., “A Step-by-step approach to building land management scenarios based on multiple viewpoints on multi-agent system simulations”, Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 6(2), 2003.

FAO, "Recommandations générales", Deuxième atelier régional sur l'Information en Bois-énergie en Afrique, Lomé, Togo, 2001.

Fox J., "Mapping the commons: the social context of spatial information technologies", The Common Property Resource Digest, 45, 1998, p.1-4.

Gautier D., Hautdidier B., Aya I. et Gazull L., "Le marché rural de bois au Mali à l'épreuve du temps. Une innovation en friche." Colloque international GECOREV, Université de Saint Quentin en Yvelines, 2006.

Gayte O., Libourel T., Cheylan J.-P. et Lardon S., Conception des systèmes d'information sur l'environnement, Paris, Hermes, 1997.

Gazull L., Suivi écologique des ressources ligneuses disponibles dans les bassins d'approvisionnement en bois-énergie des villes sahéliennes, CILSS - PREDAS, 2003.

Gigerenzer G. et Todd P.T., Simple Heuristics That Make Us Smart, Oxford University, 1999.

Gonzalez R., Platforms and terraces : bridging participation and GIS in joint-learning for watershed management with the Ifugaos of the Philippines, Wageningen University, 2000.

Graillot D., Laurini R., Dumolard P. et Joliveau T., "Systèmes d'information environnementaux et d'aide à la décision", Revue internationale de Géomatique, 8, 1998.

Guillaume-Hoffnung M., La médiation, Paris, P.U.F., 2005.

Haaser F., Système de contrôle Forestier - Diagnostic et propositions, Projet Stratégie Energie Domestique., Bamako, 1997.

Jankowski P. et Nyerges T.L., Geographic information systems for group decision making : towards a participatory, geographic information science, London, New York, Taylor & Francis, 2001.

Joliveau T., "La participation à la décision territoriale : dimension socio-géographique et enjeux informationnels d'une question politique", Géocarrefour, 76(3), 2001, p.273-279.

Kyem P.A.K., " Power, Participation, and Inflexible Institutions: An Examination of the Challenges to Community Empowerment in Participatory GIS Applications", Cartographica, 38(3-4), 2001, p.5-17.

Lardon S., Le Ber F., Brassac C., Caron P., Mainguenuad M. et Préau J.-M., "Conception collaborative d'objets géographiques: Application aux de jeux territoire", Revue Internationale de Géomatique, 16(2), 2006, p.269-284.

Mark D.M., "Geographic Information Science: Critical Issues in an Emerging Cross-Disciplinary Research Domain", URISA Journal, 12(1), 2000, p.45-54.

Matly M., "La mort annoncée du bois-énergie à usage domestique", Bois et forêts des tropiques, 266(4), 2000, p.43-54.

McGraw K. et Harbison-Grigg K., Knowledge acquisition principles and guidelines, New York, Prentice-Hall, 1989.

McKinnon J., "Mobile interactive GIS: bringing indigenous knowledge and scientific information together. A narrative account." Participatory approaches for Sustainable Land Use in Southeast Asia, in Neef A. (eds), Bangkok, White Lotus Publishers, 2005.

Mermet L., Stratégies pour la gestion de l'environnement, Paris, France, L'Harmattan, 1992.

Mills T.J. et Clark R.N., "Roles of research scientists in natural resource decision making", Forest Ecology and Management 153, 2001, p.189–198.

Moustier P. et Leplaideur A., Cadre d'analyse des acteurs du commerce vivrier africain, CIRAD, Montpellier, 1999.

Njau Anau J.C., Ramses Iwan, Miriam van Heist,Godwin Limberg, Made Sudana, Eva Wollenberg, Do communities need to be good mapmakers ?, Center for International Forestry Research, Jakarta, 2004.

Ollagnon H., "Une approche patrimoniale de la qualité du milieu naturel", Du rural à l'environnement, la question de la nature aujourd'hui, in ARF (eds), Paris, l'Harmattan, 1989.

Promburom P., Ekasingh M., Ekasingh B. et Saengchyoswat C., "Multi-agent systems for collective management of a northern Thailand watershed: model abstraction and design", Companion modelling and multi-agent system for integrated natural resource management in Asia, in Bousquet F. Trébuil G. and Hardy B. (eds), IRRI Publications, 2005.

Rolland C. et Grosz G., "De la modélisation conceptuelle à l'ingénierie des besoins", Ingénieries des systèmes d'information, in Cauvet Corine et Rosenthal-Sabroux Camille (eds), Paris, Hermès, 2001.

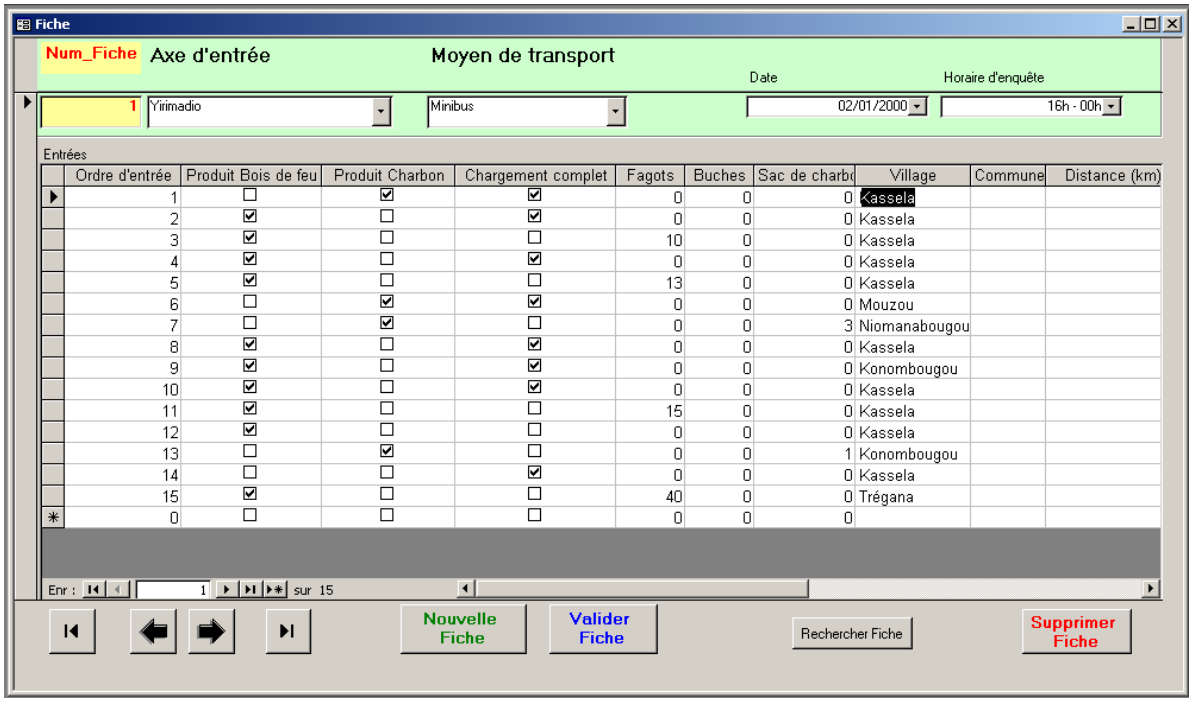
Rzepka W.E., "A Requirements Engineering Testbed: Concept, Status, and First Results", Proceedings of the Twenty-Second Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Shriver Bruce D., 1989.

Sieber R.E., "GIS Implementation in the Grassroots", URISA Journal, 12, 2000, p.15-29.

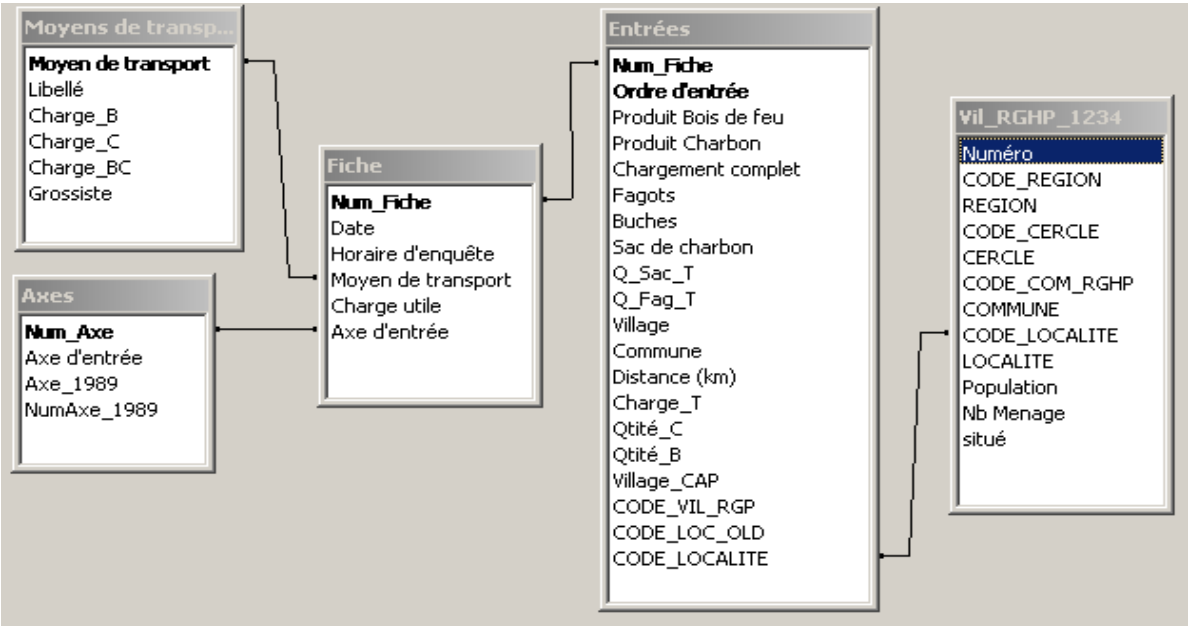
Zacklad M., "Transactions communicationnelles symboliques et communauté d'action : réflexions préliminaires", Connaissance, Organisation, Activité, Teulier et Lorina, Cerisy, 2000.

Annexe F
Traitements statistiques et validation du modèle d'interaction

Les données des enquêtes flux (1989, 1994, 2000)



Exemple de fiche de saisie des enquêtes flux 2000 (conception et réalisation L. Gazull)



Structure relationnelle de la base de données des flux (une base par enquête)

Les villages de vente

Cette table géographique, support de la modélisation, a été obtenue par diverses opérations d'analyse spatiale sous ArcView 9 en combinant différentes sources d'information.

Sa structure et son dictionnaire des données sont les suivants :

Table vil_bas_BKO_330

	Nom : vil_bas_BKO_330
Code :	vil_bas_BKO_330
Libellé :	
Nombre :	1373
Contrainte de clé primaire :	
Source :	

Liste des colonnes

Nom	Code	Type	P	O	
OBJECTID	OBJECTID	Counter	Oui	Oui	
Shape	Shape	OLE	Non	Non	
CODE_LOCAL	CODE_LOCAL	LongInteger	Non	Non	

Nom	Code	Type	P	O	
NOM_VIL	NOM_VIL	Text(40)	Non	Non	
CODE_COM_D	CODE_COM_D	LongInteger	Non	Non	
SOTRAMA	SOTRAMA	Integer	Non	Non	
FREQ_SOTRAM	FREQ_SOTRAM	Integer	Non	Non	
TYPE_PTVENTE	TYPE_PTVENTE	Integer	Non	Non	
POP_98	POP_98	LongInteger	Non	Non	
POP_87	POP_87	LongInteger	Non	Non	
TAUX_POP	TAUX_POP	Single	Non	Non	
MR_2008	MR_2008	Integer	Non	Non	
MR_2000	MR_2000	Integer	Non	Non	
NB_OPPORT	NB_OPPORT	LongInteger	Non	Non	
NB_CONTROL	NB_CONTROL	Integer	Non	Non	
Surf_ha_tot	Surf_ha_tot	Single	Non	Non	
Surf_ha_sav	Surf_ha_sav	Single	Non	Non	
Stock	Stock	Single	Non	Non	
Stock_11km	Stock_11km	Single	Non	Non	
TPS_BKO_MN	TPS_BKO_MN	Double	Non	Non	
TPS_DEST_MN	TPS_DEST_MN	Single	Non	Non	
QTE_B_TAN_2000	QTE_B_TAN_2000	LongInteger	Non	Non	
QTE_C_TAN_200	QTE_C_TAN_2000	LongInteger	N	N	

	Nom	Code	Type	P	O	
0				on	on	
	QTE_BC_TAN_20	QTE_BC_TAN_2000	LongInteger	N	N	
00				on	on	
	QTE_B_TAN_199	QTE_B_TAN_1994	LongInteger	N	N	
4				on	on	
	QTE_C_TAN_199	QTE_C_TAN_1994	LongInteger	N	N	
4				on	on	
	QTE_BC_TAN_19	QTE_BC_TAN_1994	LongInteger	N	N	
94				on	on	
	QTE_B_TAN_198	QTE_B_TAN_1989	LongInteger	N	N	
9				on	on	
	QTE_C_TAN_198	QTE_C_TAN_1989	LongInteger	N	N	
9				on	on	
	QTE_BC_TAN_19	QTE_BC_TAN_1989	LongInteger	N	N	
89				on	on	
	AXE	AXE	Integer	N	N	
				on	on	
	SOUSAXE	SOUSAXE	Integer	N	N	
				on	on	
	DIST_FOIRE	DIST_FOIRE	Double	N	N	
				on	on	
	TYPE_ROUTE	TYPE_ROUTE	Integer	N	N	
				on	on	
	DIST_ROUTE_M	DIST_ROUTE_M	Single	N	N	
				on	on	
	DIST_BKO_M	DIST_BKO_M	Single	N	N	
				on	on	
	TPS_BKO_2008	TPS_BKO_2008	Double	N	N	
				on	on	
	Action_SDAB	Action_SDAB	Integer	N	N	
				on	on	

Colonne OBJECTID

Description

Identifiant interne unique du village
Origine :
Arcview

Colonne Shape

Description

Géométrie de l'objet - Position du point
Origine:
Mission de Décentralisation du Mali corrigé d'après les cartes IGN 1/200 000 et images satellitales LANDSAT 1999

Colonne CODE_LOCAL

Description

Code DNSI du village (identique au code de recensement)
Origine:
Saisie L. Gazull

Colonne NOM_VIL

Description

Nom du village
Origine:
Mission de Décentralisation du Mali

Colonne CODE_COM_D

Description

Code DNSI de la commune d'appartenance géographique
Origine:
Rapprochement géographique (critère inclusion) entre la couche géographie des communes et celle des villages

Colonne SOTRAMA

Description

Passage d'une ligne de SOTRAMA dans le village
0 : non
1 : oui
Origine:
Enquêtes G. Raton 2007

Colonne FREQ_SOTRAM

Description

Fréquence de passage des Sotrama dans le village
0 : hors ligne;
1 : passage une fois par semaine;
7 : passage quotidien
Origine:
Enquêtes G. Raton 2007

Colonne TYPE_PTVENTE

Description

Type de point de vente
0 = pas de marché;
1 = marché hebdomadaire local;
2 = foire hebdomadaire ;
3 = marché quotidien; 4 = marché quotidien + foire hebdomadaire
Origine:
Mission de Décentralisation du Mali,
Enquêtes G. Raton et L. Gazull

Colonne POP_98

Description

Population en 1998
Origine : RGHP, DNSI

Colonne POP_87

Description

Population en 1987
Origine : RGHP 1987, saisi par L. Gazull

Colonne TAUX_POP

Description

Taux d'accroissement annuel de la population entre 1987 et 1998

Colonne MR_2008

Description

Présence d'un marché rural de Bois-énergie en 2008
0 : non
1 : oui
Origine : AMADER

Colonne MR_2000

Description

Présence d'un marché rural de Bois-énergie en 2000
0 : non
1 : oui
Origine : CCL

Colonne NB_OPPORT

Description

Nombre d'opportunités alternatives entre Bamako et le village
= Nombre de villages concurrents sur le trajet le plus rapide
Origine : Opération spatiale automatisée L. Gazull

Colonne NB_CONTROL

Description

Nombre de points de contrôles forestiers entre Bamako et le village
Origine : Opération spatiale automatisée L. Gazull

Colonne Surf_ha_tot

Description

Surface totale du village (en ha)
Origine : Tesselation de Voronoï

Colonne Surf_ha_sav

Description

Surface boisée du village (ha)
Origine : Croisement spatial entre les polygones de Voronoï représentants les surfaces des villages et la couche de végétation issue de la classification supervisée des images LANDSAT 1999

Colonne Stock

Description

Stock de bois du village
Origine : valeur moyenne du NDVI sur le village * surface du village

Colonne Stock_11km

Description

Stock de bois dan sun rayon de 11 km autour du centre du village
Origine : Valeur moyenne du NDVI dans le cercle de 11 km * surface du cercle

Colonne TPS_BKO_MN

Description

Temps minimum de trajet (en minute) entre Bamako et le village en 1999 et 1989 (pas de changement entre les deux dates)
Origine : Calcul du chemin de moindre temps selon les vitesses de franchissement de l'espace

Colonne TPS_DEST_MN

Description

Temps minimum de trajet (en minute) entre le village et le marché urbain de destination le plus probable
Origine : Calcul du chemin de moindre temps selon les vitesses de franchissement de l'espace

Colonne QTE_B_TAN_2000

Description

Quantité de bois sortant du village en 2000 (en tonne)
Origine : Enquête flux 2000

Colonne QTE_C_TAN_2000

Description

Quantité de charbon sortant du village en 2000 (en tonne eq. bois)
Origine : Enquête flux 2000

Colonne QTE_BC_TAN_2000

Description

Quantité de bois et de charbon sortant du village en 2000 (en tonne eq. bois)
Origine : Enquête flux 2000

Colonne QTE_B_TAN_1994

Description

Quantité de bois sortant du village en 1994 (en tonne eq. bois)
Origine : Enquête flux 1994

Colonne QTE_C_TAN_1994

Description

Quantité de charbon sortant du village en 1994 (en tonne eq. bois)
Origine : Enquête flux 1994

Colonne QTE_BC_TAN_1994

Description

Quantité de bois et de charbon sortant du village en 1994 (en tonne eq. bois)
Origine : Enquête flux 1994

Colonne QTE_B_TAN_1989

Description

Quantité de bois sortant du village en 1989 (en tonne eq. bois)
Origine : Enquête flux 1989

Colonne QTE_C_TAN_1989

Description

Quantité de charbon sortant du village en 1989 (en tonne eq. bois)
Origine : Enquête flux 1989

Colonne QTE_BC_TAN_1989

Description

Quantité de bois et de charbon sortant du village en 1989 (en tonne eq. bois)
Origine : Enquête flux 1989

Colonne AXE

Description

Axe routier principal de rabattement du village
Origine : Enquêtes flux + géotraitement par rattachement du village à l'axe le plus proche

Colonne SOUSAXE

Description

Sous-axe routier secondaire de rabattement du village
Origine : Enquêtes flux + géotraitement par rattachement du village à l'axe le plus proche

Colonne DIST_FOIRE

Description

Distance (en km) à la foire hebdomadaire la plus proche du village
Origine : géotraitement

Colonne TYPE_ROUTE

Description

Type de route la plus proche

Colonne DIST_ROUTE_M

Description

Distance à la route la plus proche (km)
Origine : géotraitement

Colonne DIST_BKO_M

Description

Distance à vol d'oiseau de Bamako (en m)
Origine : géotraitement

Colonne TPS_BKO_2008

Description

Temps minimum de trajet (en minute) entre Bamako et le village en 2008
Origine : Calcul du chemin de moindre temps selon les vitesses de franchissement de l'espace

Colonne Action_SDAB

Description

Type d'action préconisée par le SDAB
Origine : SDA Bamako 1998

Procédure R d'ajustement du modèle d'interaction à une regression de Poisson (proc GLM)

```
# chargement des librairies statistiques nécessaires
library(RODBC)
library(MASS)
library(pscl)
library(lmtest)

setwd("D:/mes donnees/THESE_LG/modelisation/R/data")
#list.files()

# on efface tous les objets
rm(list=ls(all=TRUE))

# on ouvre le fichier excel
channel1 <- odbcConnectExcel("export BD villages 2.xls")

TABFLUX <- sqlQuery(channel1, "select * from [export_BD_Villages$]")


# on élimine les lignes dont les valeurs manquent
na.omit(TABFLUX)

# On élimine les villages de plus de 9000 habitants
TABFLUX <- subset(TABFLUX, subset=POP_98 < 9900)

# On n'élimine pas KASSELA car résidus OK
# TABFLUX <- subset(TABFLUX, subset=CODE_LOCAL != 2501249)

# On élimine Falako
#TABFLUX <- subset(TABFLUX, subset=CODE_LOCAL != 2361001)
# On élimine Ouelessebougou
TABFLUX <- subset(TABFLUX, subset=CODE_LOCAL != 2553705)
# On élimine Dianikoro
TABFLUX <- subset(TABFLUX, subset=CODE_LOCAL != 2549229)
# on élimine KELEYA
```

```
TABFLUX <- subset(TABFLUX, subset=CODE_LOCAL != 3231496)

# on crée de nouvelles variables
TABFLUX$FLUX <- with(TABFLUX, QTE_BC_TAN_2000)
TABFLUX$POP <- with(TABFLUX, POP_98)
TABFLUX$STOCK <- with(TABFLUX, Stock)
TABFLUX$STOCK11KM <- with(TABFLUX, Stock_11km)
TABFLUX$FACT_VENTE <- as.factor(TABFLUX$TYPE_PTVENTE)
TABFLUX$DIST <- with(TABFLUX, TPS_BKO_MN)
TABFLUX$FACT_AXE <- as.factor(TABFLUX$AXE_BIS)
TABFLUX$OPPORT <- with(TABFLUX, NB_OPPORT_1KM)
# TABFLUX$FOIRE <- with(TABFLUX, FOIRE_PERIURB)
TABFLUX$MARCH_RUR <- as.factor(TABFLUX$MR)
TABFLUX$NB_CTRL <- with(TABFLUX, NB_CONTROL)
TABFLUX$TAXE <- with(TABFLUX, TAXE)
TABFLUX$SOTRAM <- as.factor(TABFLUX$SOTRAMA)
TABFLUX$FREQ <- with(TABFLUX, FREQ_SOTRAM)
TABFLUX$LNPOP <- with(TABFLUX, log(POP_98))
TABFLUX$LNDIST_BKO <- with(TABFLUX, log(DIST))
TABFLUX$LNDIST_DEST <- with(TABFLUX, log(TPS_DEST_MN))
TABFLUX$LNDIST_ROUTE <- with(TABFLUX, log(DIST_ROUTE_M))
TABFLUX$LNDIST_FOIRE <- with(TABFLUX, log(DIST_FOIRE))
TABFLUX$LNSTOCK <- with(TABFLUX, log(Stock))
TABFLUX$LNSTOCK11KM <- with(TABFLUX, log(Stock_11km))
TABFLUX$LNTAXE <- with(TABFLUX, log(TAXE))
TABFLUX$LNNB_OPPORT <- with(TABFLUX, log(OPPORT))

# on regroupe les types de foire 2 et 3 et on isole les 4
TABFLUX$FACT_VENTE[TABFLUX$FACT_VENTE == 3] <- 2
TABFLUX$FACT_VENTE[TABFLUX$FACT_VENTE == 4] <- 3

#_____________________________________________________
#
# septième modèle de Poisson simple sur stock, population, nb de contrôle, opportunités alternatives et distance à Bamako
#_____________________________________________________
```

```
# 8 Modèle Fij= k.(POP)^a . (STOCK)^b . (DIST_BKO)^c . exp(f.NB_CTRL) . (OPPORT)^g
POIS_7 <- NULL
POIS_7 <- glm(FLUX ~ LNSTOCK + LNPOP + NB_CTRL + LNNB_OPPORT + LNDIST_BKO, family=poisson(log), data=TABFLUX)

# résultats de l'ajustement pas à pas
anova(POIS_7)

#résultat global de l'ajustement
summary(POIS_7)

#_____________________________________________________________
#
# septième bis modèle de Quasi Poisson simple sur stock, population, nb de contrôle, opportunités alternatives et distance à Bamako
#_____________________________________________________________
# 8 Modèle Fij= k.(POP)^a . (STOCK)^b . (DIST_BKO)^c . exp(f.NB_CTRL) . (OPPORT)^g
POIS_7B <- NULL
POIS_7B <- glm(FLUX ~ LNSTOCK + LNPOP + NB_CTRL + LNNB_OPPORT + LNDIST_BKO, family=quasipoisson(log), data=TABFLUX)

# résultats de l'ajustement pas à pas
anova(POIS_7B)

#résultat global de l'ajustement
summary(POIS_7B)

#Comparaison avec le modèle initial Poisson/Quasi poisson
waldtest(POIS_7, POIS_7B)

#créature du tableau des résultats = tableau initial auquel on rajoute les résidus (residuals) et les valeurs estimées (fitted).
TABPOIS_7 <- TABFLUX
TABPOIS_7$fit_7 <- fitted(POIS_7B)
TABPOIS_7$res_7 <- residuals.glm(POIS_7B, type = "response")
```

```
TABPOIS_7$rstud_7 <- studres(POIS_7B)
#TABPOIS_7$hatvalues <- hatvalues(POIS_7B)
#TABPOIS_7$cooks.distance <- cooks.distance(POIS_7B)
TABPOIS_7$obsNumber <- 1:nrow(TABFLUX)

# Graphiques divers
# diagnostics en vrac
oldpar <- par(oma=c(0,0,3,0), mfrow=c(2,2))
plot(POIS_7)
par(oldpar)
# graphe d'inflence des points à la souris
influencePlot(POIS_7, labels = TABFLUX$CODE_LOCAL)

#ecriture des résultats de modélisation
write.table(TABPOIS_7, "D:/mes
donnees/THESE_LG/modelisation/R/result/POIS_7B.csv", sep=";", col.names=TRUE,
row.names=FALSE, quote=TRUE, na="NA")

#fermeture des liaisons ODBC
odbcCloseAll()
```