

Technical University of Denmark



## Résidus agricoles pour la production de l'énergie au Mali

Nygaard, Ivan; Beck Bruun, Thilde ; Traoré, Oumar Fatogama ; Dembélé, Filifeng ; Dao, Ibrahim ; Mariko, Adama ; Coulibaly, Nanourou ; Kamissoko, Famakan ; Borgstrøm, Rasmus

*Publication date:*  
2012

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Nygaard, I., Beck Bruun, T., Traoré, O. F., Dembélé, F., Dao, I., Mariko, A., ... Borgstrøm, R. (2012). Résidus agricoles pour la production de l'énergie au Mali. UNEP Risø Centre on Energy, Climate and Sustainable Development. Department of Management Engineering. Technical University of Denmark (DTU).

## DTU Library

Technical Information Center of Denmark

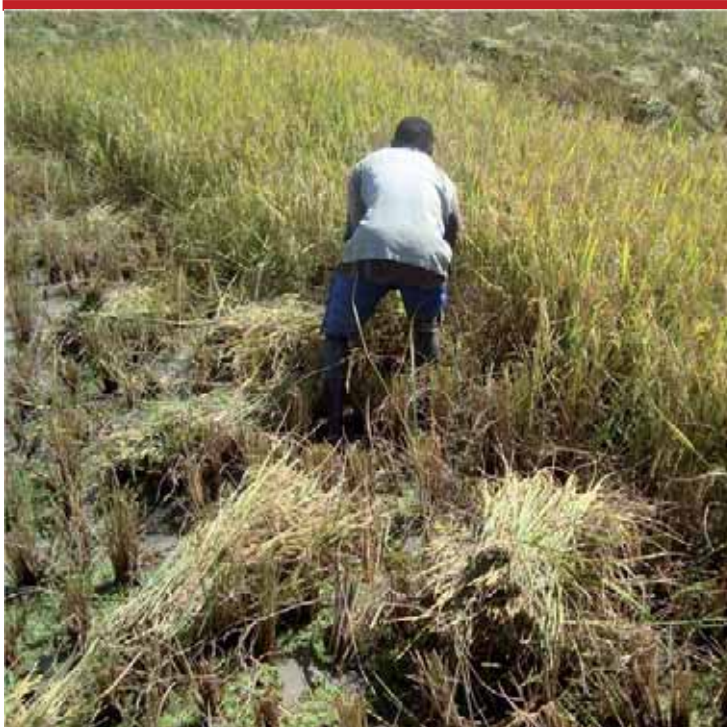
---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



## Résidus agricoles pour la production d'énergie au Mali

Contrat DANIDA 1711

Faisabilité des ressources d'énergies renouvelables au Mali

Décembre 2012

**Auteurs:** Ivan Nygaard, Thilde Bech Bruun, Oumar Fatogoma Traore, Filifeng Dembelé, Ibrahim Dao, Adama Mariko, Nanourou Coulibaly, Famakan Kamissoko, Rasmus Borgstrøm

**Titre:** Résidus agricoles pour la production d'énergie au Mali

**Décembre 2012**

**ISBN :** 978-87-92706-72-0

**Contrat:**

DANIDA contrat 1711

**Premier page:**

Récolte manuelle du riz à l'Office du Niger

**Photo:**

Rasmus Borgstrøm

Department of Management Engineering  
Technical University of Denmark  
Risø Campus  
Frederiksborgvej 399, P.O. Box 49  
Building 142  
4000 Roskilde,  
Denmark  
Direct + 45 46775115  
Fax + 45 46321999  
Skype: ivan.nygaard3  
ivny@dtu.dk

# Sommaire

<b>1</b>	<b>Préface</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Introduction</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Démarche et méthodologie de l'étude</b>	<b>10</b>
3.1	Cadre conceptuel	10
3.2	Méthodologie	11
3.2.1	Rapport paille/grains (riz)	11
3.2.2	Rapport résidus/produits du coton	14
<b>4</b>	<b>Méthodologie de l'étude sur le terrain</b>	<b>15</b>
4.1	Planification et test des questionnaires.	15
4.2	Portée de l'étude	15
4.3	Réalisation des entretiens	17
<b>5</b>	<b>Potentiel technique de la paille de riz à des fins de production énergétique au niveau national</b>	<b>21</b>
5.1	Production de riz au Mali	21
5.1.1	Futurs plans pour les systèmes nationaux de production de riz	23
5.2	Potentiel technique de la paille de riz à des fins de production énergétique au Mali	25
<b>6</b>	<b>Production de riz dans l'Office du Niger</b>	<b>28</b>
6.1	L'Office du Niger dans un contexte historique	28
6.2	Production de riz dans l'Office du Niger	28
6.3	Futurs projets de production de riz dans l'Office du Niger	29
6.4	Conclusion	35
<b>7</b>	<b>Potentiel durable de la paille de riz pour la production d'énergie dans l'Office du Niger</b>	<b>36</b>
7.1	Pratiques actuelles de récolte et d'utilisation de la paille de riz	36
7.1.1	Paille de riz utilisée comme aliment pour le bétail	37
7.1.2	Brûlage de la paille dans les champs	38
7.2	Enquête sur l'utilisation actuelle de la paille de riz dans l'Office du Niger	39
7.2.1	Utilisation finale de la paille battue	39
7.2.2	Incertitudes et partis pris potentiels	40
7.3	Potentiel durable de la paille pour la production d'énergie dans l'Office du Niger	42

<b>8</b>	<b>Déchets de la transformation du riz</b>	<b>45</b>
8.1	Décorticage du riz	45
8.2	Estimation du potentiel technique des balles de riz	46
8.3	Estimation du potentiel durable des balles de riz	47
<b>9</b>	<b>Résidus de la production de sucre</b>	<b>49</b>
9.1	Résidus de la production de sucre	50
9.2	Productions existante et prévisionnelle	51
9.3	Conclusion	51
<b>10</b>	<b>Potentiel technique des tiges de coton à des fins de production énergétique au niveau national</b>	<b>52</b>
10.1	Production de coton au Mali	52
10.2	Potentiel technique des tiges de coton pour la production d'énergie	58
<b>11</b>	<b>Potentiel durable des tiges de coton pour la production d'énergie dans la zone de Koutiala</b>	<b>63</b>
11.1	Utilisation actuelle des tiges de coton	63
11.2	Potentiel durable des tiges de coton pour la production d'énergie dans la zone de Koutiala	66
<b>12</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>67</b>
	<b>Annexe A. Evaluation de l'impact environne-mental de l'utilisation de la paille de riz comme combustible comparée avec son incorporation dans le sol</b>	<b>71</b>
	<b>Annexe B. Données statistiques sur la production du riz et du coton au Mali</b>	<b>82</b>

## Liste d'acronymes

CNESOLER	Centre National de l'Energie Solaire et des Energies Renouvelables
CRP	Centre Risø du PNUE
CMDT	Compagnie Malienne pour le Développement des Textiles
DANIDA	La coopération du développement du Danemark
DGG	Department of Geography and Geology
DNE	Direction Nationale de l'Energie
DTU	Université Technique du Danemark
EDM	Energie du Mali
ENI-ABT	Ecole Nationale d'Ingénieurs-Abderhamabe Baba Touré
FAO	Food and Agriculture Organization
GRAS	Geographic Resource Analysis & Science A/S
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
IER	L'Institut d'Economie Rurale
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPR	L'Institut Polytechnique Rural
MMEE	Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Eau
OHVN	Office de la Haute Vallée du Niger
ON	Office du Niger
PNUE	Programme Nations Unies de l'Environnement
PPN	Productivité Primaire Nette
SDDZON	Schéma Directeur de Développement pour la Zone de l'Office du Niger
SNDR	Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture
SOSUMAR	SOCIETE SUcrière de MARKala
UTM	Système de coordonnées Universal Transverse Mercator

## Liste des figures

Figure 3.1.	Rapport paille/grains subordonné au taux de fertilisation (Summers, Jenkins et al. 2003)	12
Figure 3.2.	Illustration de la hauteur de coupe de la paille de riz dans la zone de Niono, Office du Niger (Rasmus Borgstrøm, 2010)	12
Figure 4.1.	Office du Niger : zones d'étude et répartition des entretiens	16
Figure 4.2.	Zones couvertes par la CMDT. Les entretiens ont été réalisés dans la zone de la CMDT à Koutiala. Les zones de la CMDT sont différentes des délimitations administrative du Mali.	19
Figure 5.1.	Production de riz (paddy) par région pendant la période 1984-2011 (source : statistiques FAO 2012, www.countrystat.org)	22
Figure 5.2.	Production de riz (paddy) et zones cultivées entre 1984 et 2011 (Source : statistiques FAO 2012, www.countrystat.org)	22
Figure 5.3.	Production annuelle de riz (paddy) entre 1984 et 2011, et production planifiée selon le SNDR (statistiques FAO ; MA 2009)	24
Figure 5.4.	Principaux chiffres du plan national de production de riz (MA 2009)	25
Figure 5.5.	Potentiel technique de la paille de riz à des fins énergétiques selon le Plan stratégique national de production de riz e (millions de tonnes/an)	26
Figure 5.6.	Potentiel technique de la paille de riz pour la production d'énergie par région entre 1984 et 2011.	26
Figure 5.7.	Potentiel technique de la paille de riz pour la production d'énergie par région entre 2009 et 2011.	27
Figure 6.1.	Carte représentant les zones irriguées dans l'Office du Niger et les possibilités théoriques d'extension (Hydro-PACTE 2010)	30
Figure 6.2.	Carte de l'Office du Niger montrant les zones cultivées en 2004 et l'extension prévue d'ici 2020 (AGETIER 2004)	32
Figure 6.3.	Carte montrant les extensions envisagées (Brondeau 2011 basée sur une carte de l'ON, 2010)	34
Figure 7.1.	Batteuse mobile dans un champ (gauche) et tas de paille battue près d'une digue (droite) (Ivan Nygaard)	36
Figure 7.2.	Bovins broutant des chaumes dans les champs de Niono, novembre 2011	37
Figure 7.3.	Brûlage de la paille dans les champs de l'Office du Niger, novembre 2011 (Photo : Oumar Fatogoma Traoré)	38
Figure 7.4.	Les trois zones de Niono, N'debougou et Molodo, près de la ville de Niono, située à droite de la signature B. Schéma basé sur les cartes du Schéma Directeur (AGETIER 2004)	44
Figure 8.1.	Décortiqueuse de riz mobile (gauche) et tas de balles de riz (droite) dans le village N4 de Niono (photo : Ivan Nygaard, 2010)	47
Figure 9.1.	Emplacement des plantations actuelles et futures de la SUKULA (Source : Office du Niger)	49
Figure 10.1.	Production de coton fibre et superficies cultivées de 1974 à 2010 (statistiques CMDT et FAO 2012 www.countrystat.org )	53

Figure 10.2. Production de coton fibre par région entre 1984 et 2009- statistiques FAO 2012, <a href="http://www.countrystat.org">www.countrystat.org</a> )	54
Figure 10.3. Prix départ exploitation du coton, coûts des engrais et des intrants (Theriaux 2010)	55
Figure 10.4. Taux de change entre le dollar américain et l'euro entre 1997 et 2012 ( <a href="http://fxtop.com/">http://fxtop.com/</a> )	55
Figure 10.5. Zones et secteurs définis par la CMDT	56
Figure 10.6. Production de coton fibre par secteur CMDT (tonnes par an)	57
Figure 10.7. Potentiel technique des tiges de coton par région entre 1984 et 2009 (tonnes par an)	59
Figure 10.8. Potentiel technique des tiges de coton par région entre 2007 et 2009	60
Figure 10.9. Potentiel technique des tiges de coton par secteur dans la zone de Koutiala (1000 tonnes par an)	62



## List des tableaux

Tableau 3.1.	Définitions des potentiels de la ressource (Rettenmaier, Reinhardt et al. 2008)	10
Tableau 3.2.	Part de la production de riz par variété en 2009 (questionnaires) et rapport paille/grains estimatif (communication personnelle Yacouba Doumbia, IER)	13
Tableau 3.3.	Comparaison des rapports paille/grains de diverses sources	14
Tableau 3.4.	Comparaison des rapports résidus/produits du coton provenant de diverses sources	14
Tableau 4.1.	Répartition des entretiens dans les différentes zones de production du riz et du coton	17
Tableau 4.2.	Enquêteurs, fonctions et zones d'étude	18
Tableau 4.3.	Enquêteurs et secteurs de la CMDT sélectionnés pour l'étude dans la zone de Koutiala	20
Tableau 5.1.	Production annuelle de riz dans les trois principales zones rizicoles au Mali (tonnes/an)	23
Tableau 5.2.	Zones existantes et potentielles de riziculture au Mali, selon la stratégie nationale (MA 2009)	24
Tableau 6.1.	Production de riz (paddy) dans diverses zones de l'Office du Niger 2001/2009	29
Tableau 6.2.	Production de riz par zone dans l'Office du Niger 2001/2009	29
Tableau 6.3.	Projet d'extension de la zone irriguée dans l'Office du Niger (hectares) (AGETIER 2004)	31
Tableau 7.1.	Variation saisonnière de la présence de bétail dans les champs de riz (casiers)	37
Tableau 7.2.	Utilisation actuelle de la paille de riz dans l'Office du Niger et l'Office de Mopti	39
Tableau 7.3.	Potentiels technique et durable de la paille pour la production d'énergie dans l'Office du Niger (tonnes/an)	43
Tableau 8.1.	Situation des moulins de décorticage du riz appartenant à l'Office du Niger en 2004 (USAID 2005)	46
Tableau 10.1.	Production de coton fibre entre 1984 et 2010 (tonnes) par région (statistiques FAO 2012, <a href="http://www.countrystat.org">www.countrystat.org</a> )	53
Tableau 10.2.	Production de coton fibre entre 2000 et 2008 par zone CMDT (tonnes/an)	57
Tableau 10.3.	Production de coton entre 2000 et 2008 à Koutiala, par secteur (tonnes/an)	58
Tableau 10.4.	Potentiel technique des tiges de coton entre 2000 et 2010 (tonnes) par région	58
Tableau 10.5.	Production de tiges de coton entre 2000 et 2008 dans les zones CMDT (tonnes/an)	61
Tableau 10.6.	Potentiel technique des tiges de coton entre 2000 et 2008 à Koutiala, par secteur (tonnes/an)	61
Tableau 11.1.	Utilisation actuelle des tiges de coton dans la zone de Koutiala, basée sur l'étude	64
Tableau 11.2.	Utilisation actuelle du potentiel technique des tiges de coton en 2008, sur la base des résultats de l'étude	66

# 1 Préface

La fourniture de services énergétiques abordable, fiable et respectueux de l'environnement est une condition préalable importante du développement de la société malienne. Actuellement, la demande d'électricité augmente d'environ 10 % par an, et la demande de carburant pour le transport augmente encore plus (BAD 2010). Cette situation se traduit par d'énormes difficultés pour le gouvernement malien et les opérateurs nationaux cherchant à réduire les importations de combustibles fossiles, ainsi que pour la société d'électricité nationale et les investisseurs privés s'efforçant de fournir suffisamment d'électricité à un prix raisonnable.

Une grande partie de la production d'électricité vient de l'hydroélectricité à grande échelle produite sur les fleuves Sénégal et Niger, mais les génératrices diesel petites et moyennes fournissent encore environ 20 % de la production totale. Même si des interconnexions sont prévues et installées pour satisfaire une partie de la demande avec l'électricité produite à partir du gaz naturel au Ghana et en Côte d'Ivoire, il existe encore de bonnes raisons politiques et économiques d'exploiter les abondantes ressources énergétiques renouvelables du pays, telles que l'hydro-énergie, l'énergie solaire, l'énergie éolienne, les résidus de la biomasse issus de l'agriculture et les cultures énergétiques destinées à la production de biocarburants liquides.

Depuis les années 1980, le Mali a lancé, en coopération avec un certain nombre de partenaires du développement, divers projets et programmes de développement visant à augmenter l'utilisation des sources d'énergie renouvelable. Le Ministère des mines, de l'énergie et de l'eau a élaboré une stratégie pour le développement des énergies renouvelables au Mali, qui a été adoptée par le Conseil des ministres le 26 décembre 2006 (MMEE 2007). Cette stratégie combine les efforts de réduction de la pauvreté, de validation des ressources énergétiques nationales, de garantie de la sécurité à long terme et de la viabilité environnementale de l'approvisionnement énergétique. Compte tenu de l'augmentation rapide des prix des carburants importés, tels que le gazole et l'essence, l'évaluation de la possibilité de donner aux sources d'énergie renouvelable un rôle central dans le futur système énergétique présente un intérêt croissant : ces sources d'énergie renouvelable respectueuses de l'environnement sont abondantes au Mali et deviennent de plus en plus concurrentielles.

Afin de planifier leurs futurs investissements dans le secteur des énergies renouvelables, les autorités énergétiques maliennes, Electricité du Mali (EDM), les opérateurs privés et les partenaires de la coopération internationale ont souhaité avoir une évaluation plus précise de l'importance et des variations des ressources d'énergies renouvelables au Mali. Par conséquent, l'Agence danoise pour le développement international (DANIDA), a financé

une cartographie des ressources d'énergies renouvelables intitulée « Faisabilité des ressources d'énergies renouvelables au Mali ».

Une première phase d'évaluation du projet a eu lieu en 2007-2008. Le rapport du projet soumis en 2008 et intitulé « Carte provisoire des ressources d'énergie renouvelable du Mali » s'appuie entièrement sur des données satellite et des modèles météorologiques.

Le présent projet a poussé la première étude plus loin en ajoutant des mesures au sol des ressources éoliennes et solaires, ainsi que des études approfondies sur le terrain visant à évaluer les possibilités d'utiliser les déchets de la biomasse pour produire de l'énergie et les impacts socio-économiques de la culture du manioc pour produire du biocarburant. Toutefois, les ressources d'énergies renouvelables n'ont pas toutes été cartographiées. L'exception la plus importante est le stock de ressources d'énergie contenu dans la végétation ligneuse du Mali, qui ne peut pas être facilement évalué à l'aide de données satellite et est en cours d'évaluation par d'autres projets.

Le présent projet a produit 5 rapports principaux :

- 1) Analyse des possibilités de production durable de bioéthanol à partir du manioc au Mali
- 2) Résidus agricoles pour la production d'énergie au Mali
- 3) Etude de préfaisabilité d'une centrale électrique à paille de riz
- 4) Estimation des ressources éoliennes et solaires au Mali
- 5) Applications de production d'énergie éolienne et solaire au Mali : évaluation basée sur les cartes des ressources éoliennes et solaires du Mali

Ce projet est mené par un groupe incluant des départements universitaires, des institutions de recherche et des consultants, dirigé par le Centre Risø du PNUE (CRP) de l'Université technique du Danemark (DTU), en collaboration avec la Direction nationale de l'énergie (DNE) et le Centre national de l'énergie solaire et des énergies renouvelables (CNESOLER) du Mali. Les institutions sous-traitantes sont DTU Wind Energy, DTU Electrical Engineering, Geographic Resource Analysis & Science A/S (GRAS), Department of Geography and Geology (DGG), Université de Copenhague, Ea Energy Analyses, 3E, Ecole nationale d'ingénieurs-Abderhamane Baba Touré (ENI-ABT) et Mali Folkecenter Nyetaa (MFC).

Les activités de recherche réalisées dans le cadre du projet ainsi que la rédaction de ce rapport ont été dirigées par Ivan Nygaard (CRP), avec la participation et le soutien des autres auteurs.

## 2 Introduction

Le présent rapport est une évaluation des principaux résidus agricoles disponibles pour la production d'électricité. Une évaluation initiale a clairement montré que l'accent doit être mis sur deux cultures de rente principales, à savoir le riz et le coton, car ce sont les plus importantes en termes de quantités totales, mais également en termes de concentration de la production, ce qui en fait le meilleur choix pour la production d'électricité.

Pour qu'une culture soit considérée comme « intéressante » d'un point de vue bio-énergétique, les critères pris en compte sont premièrement une production importante de résidus, par ex. la paille de riz, concentrés dans une zone limitée. Deuxièmement, les autres utilisations de cette ressource, par ex. comme fourrage, doivent avoir une valeur très inférieure, soit parce que la pression pour l'utiliser comme fourrage est faible, soit parce que la valeur nutritionnelle de ces résidus agricoles est faible. Troisièmement, les ressources qui sinon seraient brûlées sont considérées comme particulièrement intéressantes, car il est probable que la perte économique potentielle associée à l'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques sera faible, voire négative...

Le présent rapport donne une description spatiale des productions actuelle et potentielle de résidus du riz et du coton à l'échelle nationale, ainsi qu'une étude détaillée de l'utilisation actuelle de la paille de riz produite par l'Office du Niger (ON), un vaste projet d'irrigation de riziculture. L'Office du Niger dispose de la concentration la plus élevée de résidus agricole pour la production d'électricité au Mali. En outre, il est situé à proximité d'une nouvelle ligne de transport d'électricité à haute tension, ce qui permettra de transporter l'énergie excédentaire provenant d'une centrale électrique potentielle. Un autre rapport intitulé « Etude de préfaisabilité pour une centrale électrique à bale de riz » évalue la faisabilité technique et économique d'une centrale électrique à bale de riz.

## 3 Démarche et méthodologie de l'étude

### 3.1 Cadre conceptuel

Le potentiel de biomasse peut être estimé à différents niveaux, appelés et définis de manière un peu différente dans la documentation (par ex. Rosillo-Calle, de Groot *et al.* 2007, Smeets, Faaij *et al.* 2007, Rettenmaier, Reinhardt 2008). Le Tableau 3.1 donne une définition largement utilisée, qui définit les potentiels théorique, technique, environnemental, économique et durable.

Tableau 3.1. Définitions des potentiels de la ressource (Rettenmaier, Reinhardt 2008)

Potentiel de biomasse	Explication
Potentiel théorique	Quantité maximum de biomasse terrestre qui peut être théoriquement disponible pour la production de bioénergie dans les limites biophysiques fondamentales.
Potentiel technique	Fraction du potentiel théorique qui est disponible dans les conditions du cadre techno-structurel considéré et avec les possibilités technologiques actuelles (telles que les techniques de récolte, l'infrastructure et l'accessibilité, les techniques de transformation), prenant également en compte les limitations spatiales dues à d'autres utilisations des terres (production de denrées alimentaires, production fourragère et production de fibres), ainsi que les contraintes écologiques (par ex. les réserves naturelles) et autres non techniques.
Potentiel environnemental	Fraction du potentiel théorique qui répond à certains critères environnementaux, liés à la protection de la biodiversité, des sols et de l'eau.
Potentiel économique	Part du potentiel technique qui répond aux critères de rentabilité économique dans les conditions du cadre donné.
Potentiel de mise en oeuvre	Fraction du potentiel économique qui peut être mis en oeuvre dans un certain laps de temps et des conditions socio-politiques concrètes, à savoir les contraintes économiques, institutionnelles et sociales, ainsi que les mesures d'incitation.
Potentiel durable	Fraction du potentiel technique de biomasse qui peut être produite en respectant les principes généraux du développement durable, c'est-à-dire la fraction qui peut être exploitée d'une manière économiquement viable sans causer de dommages sociaux ou écologiques. En plus de la réduction du réchauffement de la planète (effet de serre) et de la préservation des énergies fossiles, les buts visés sont par exemple la conservation de la nature, des sols et de l'eau. Ces objectifs de durabilité peuvent à la fois diminuer (par ex. en consacrant plus d'espace à la conservation, réduisant d'autant l'utilisation bioénergétique) ou augmenter le potentiel de biomasse, par ex. si l'on prend en compte la biomasse produite par les activités de conservation du paysage.

Le potentiel théorique comprend toute la biomasse qui peut être collectée et utilisée. Dans l'étude de définition, le potentiel théorique en termes de « productivité primaire nette » (PPN) a été estimé à l'aide d'images satellite.

La présente étude évaluera le potentiel technique de la paille de rizet des tiges de coton à l'échelle nationale, ainsi que le potentiel durable de la paille de riz produite par l'Office du Niger et celui des tiges de coton dans la zone de Koutiala dans la région de Sikasso.

## **3.2 Méthodologie**

Les statistiques agricoles ne s'intéressent en principe qu'au rendement des cultures, en l'occurrence la quantité de riz paddy (non décortiqué) et de coton (coton fibre).

Le **potentiel technique** de la paille de riz est calculé en multipliant le rapport tiges/grains (rapport résidus/produits) par les statistiques de production annuelle du riz paddy. De même, le **potentiel technique** annuel des tiges de coton est calculé en multipliant le rapport résidus/produits par les statistiques de production de coton. Les statistiques de production du riz et du coton sont présentées aux chapitres 5 et 10. Les rapports résidus/produits du riz et du coton indiquant le **potentiel technique** sont estimés à partir des données présentées ci-après.

### **3.2.1 Rapport paille/grains (riz)**

Les rapports paille/grains dépendent de la qualité des sols, du taux de fertilisation, de la variété de riz, et ce n'est pas le moindre des critères, de la hauteur de coupe.

#### **Taux de fertilisation**

La Figure 3.1 montre un exemple de la manière dont le rapport paille/grains est influencé par le taux de fertilisation dans les expériences menées en Californie.

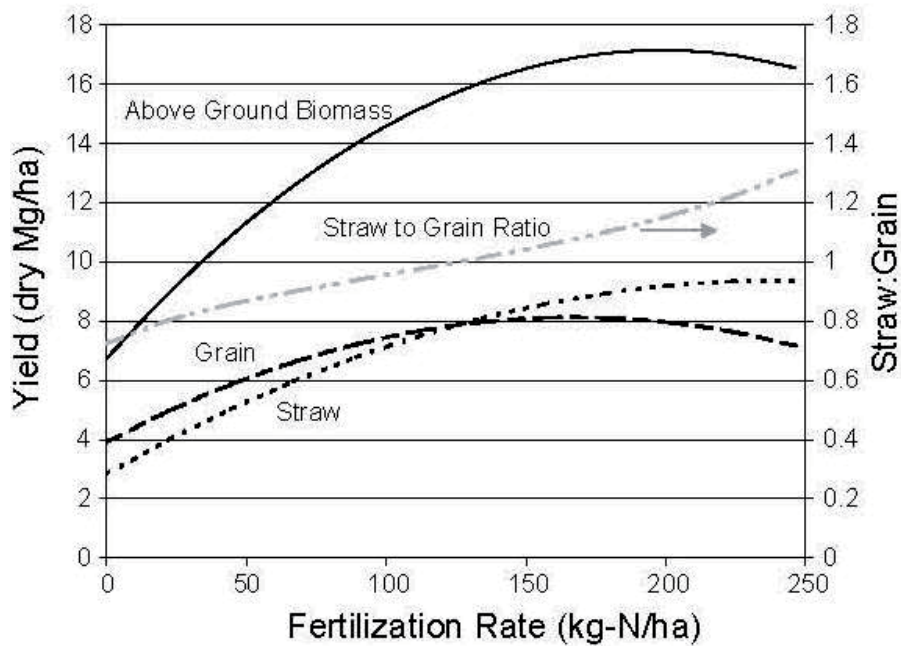


Figure 3.1 . Rapport paille/grains subordonné au taux de fertilisation (Summers, Jenkins et al. 2003)

### Hauteur de coupe

Le rapport paille/grains dépend en grande partie de la hauteur de coupe. La hauteur de coupe semble relativement élevée dans la zone pour l'instant grâce à la volonté de réduire la quantité de paille à battre et de laisser les chaumes dans le champ pour nourrir le bétail et améliorer les sols. La hauteur de coupe et la relation entre la paille et les grains cultivés sont illustrés par la Figure 3.2. Les photos ont été prises sur le terrain en 2010.



Figure 3.2. Illustration de la hauteur de coupe de la paille de riz dans la zone de Niono, Office du Niger (Rasmus Borgstrøm, 2010)

## Variété

Selon les questionnaires, à Niono, N'debougou et Molodo, 68 % du riz récolté appartenait à la variété GAMBIAKA. 24 % aux variétés Adiny 11 et Wassa, et 6 % à d'autres variétés. Les résultats sont présentés dans le Tableau 3.2. Selon M. Yacouba Doumbia de l'Institut d'économie rurale (IER) au Mali, les rapports paille/grains au Mali se situent entre 0,6 et 0,9 pour les variétés Adiny 11, Wassa et Kogoni91-1, et entre 0,5 et 0,66 pour les variétés Gambiaka et Kokum. L'intervalle fourni par M. Doumbia permet de calculer un rapport paille/grains de 0,58 pour le Gambiaka et de 0,75 pour l'Adini-11 et le Wassa, ce qui là encore donne un rapport paille/grains moyen de 0,63 pour les trois zones. Les résultats sont présentés dans le Tableau 3.3.

Tableau 3.2. Part de la production de riz par variété en 2009 (questionnaires) et rapport paille/grains estimatif (communication personnelle Yacouba Doumbia, IER)

Variété	Part de la production	Rapport paille/grains
GAMBIAKA	68 %	0,58
ADINY 11	12 %	0,75
WASSA	12 %	0,75
BG	3 %	0,75
SAMBALA MALO	2 %	0,75
IER 32000	1 %	0,75
NERICA	0 %	0,75
Moyenne	100 %	0,63

## Analyse

Dans la documentation scientifique, les rapports paille/grains sont généralement bien plus élevés, mais ils varient considérablement. Pour estimer la proportion de paille de riz en Inde, en Thaïlande et aux Philippines, Gadde, Menke *et al.* (2009) utilisent un rapport paille/grains de 0,75. Pour cette même estimation au Japon, Matsumura, Minowa *et al.* (2005) utilisent un rapport résidus/produits de 1,2 basé sur le poids à l'état sec. Ce chiffre englobe la paille et les balles de riz, leur rapport étant de 8 (paille) sur 2 (balles). Sur la base de ce chiffre, le rapport paille/grains est de 0,96, et le rapport balles/paille de 0,24. Pour estimer les ressources en paille de riz en Thaïlande, Matsumura, Minowa *et al.* (2008) utilisent un rapport paille/grains de 1,19. Selon une fiche d'information publiée par la FAO sur la production de riz, le rapport paille/grains serait de 1,1 pour la plupart des variétés de riz plantées (FAO 2007).

Les valeurs indiquées dans la documentation sont beaucoup plus élevées que celles communiquées par M. Doumbia, mais le taux de fertilisation est probablement plus bas au Mali qu'en Thaïlande, en Indonésie et au Japon, et surtout la hauteur de coupe est plus élevée. Ces deux facteurs réduisent le rapport paille/grains. Toutefois, en considérant que le rapport paille/grains pourrait augmenter en cas de création d'un marché de production d'énergie à partir de paille de riz, nous pouvons nous baser sur une valeur de 0,75 pour calculer le **potentiel technique** de l'utilisation de la paille de riz à des fins énergétiques.



Tableau 3.3 . Comparaison des rapports paille/grains de diverses sources

Rapport paille/grains	Variété	Pays	Source
Entre 0,416 et 3,96	Mélange	Monde	(Koopmans & Koppejan 1998)
0,75	Mélange	Inde, Thaïlande, Philippines	(Gadde, Menke et al. 2009)
0,96	Mélange	Japon	(Matsumura, Minowa <i>et al.</i> 2005)
1,11	Mélange	Monde	(FAO 2007)
1,19	Mélange	Thaïlande	(Suramaythangkoor and Gheewala 2008)
0,6-0,9	Adiny 11, Wassa	Office du Niger	DOUMBIA Yacouba, IER
0,5-0,66	Gambiaka Kokum	Office du Niger	DOUMBIA Yacouba, IER
0,63	Moyenne	Office du Niger	DOUMBIA Yacouba, IER

### 3.2.2 Rapport résidus/produits du coton

Comme pour la paille de riz, les rapports résidus/produits du coton varient considérablement en fonction des sols, du niveau de fertilisation et de la variété de coton. Nous n'avons pas pu trouver d'estimations du rapport résidus/produits pour le coton au Mali, par conséquent cette étude devra se baser sur les estimations de la documentation scientifique. Le Tableau 3.4 compare les rapports résidus/produits du coton de diverses sources.

Tableau 3.4. Comparaison des rapports résidus/produits du coton provenant de diverses sources

Rapport résidus/produits	Variété	Pays	Source
1,76-3,74		Asie	(Koopmans & Koppejan 1998)
2,9		Etats-Unis	Coates 2000
1,77-5		Turquie	Hepbasli, Utlu <i>et al.</i> 2007
1		Soudan	Abdallah 1991
3		Inde	Tripathi, Iyer <i>et al.</i> 1998
2,1		Zimbabwe	Jingura and Matengaifa 2008

La présente étude se basera sur les sources du Tableau 3.4 et utilisera un rapport résidus/produits de 2 pour calculer le **potentiel technique** des tiges de coton pour la production d'énergie.

## 4 Méthodologie de l'étude sur le terrain

Des études sur le terrain ont été menées afin d'estimer l'utilisation actuelle de la paille de riz et des tiges de coton. L'objectif ici est de passer du potentiel technique à un potentiel durable, tel qu'il est défini au chapitre 3.

### 4.1 Planification et test des questionnaires.

Afin qu'il y ait une compréhension commune de la méthodologie de l'étude sur le terrain et des résultats réalisables, une mission sur le terrain comprenant des partenaires danois et maliens a été organisée en décembre 2009.

Cette mission avait plusieurs objectifs :

- prendre une décision finale sur la portée de l'étude,
- informer les autorités, l'Office du Niger et la CMDT sur le projet,
- recueillir des données statistiques et SIG sur la production actuelle,
- tester et améliorer deux projets de questionnaires, un pour la zone du riz et l'autre pour la zone du coton.

La composition de l'équipe et les conclusions initiales sont disponibles dans le rapport 1 de la mission.

### 4.2 Portée de l'étude

Le document du projet préconisait l'organisation d'une mission exploratoire chargée de prendre une décision finale sur la question de savoir si l'étude de faisabilité d'une centrale électrique devait se focaliser sur les tiges de coton ou la paille de riz. Au cours de la mission sur le terrain de décembre 2009, il a été décidé que l'étude de faisabilité devait porter sur une centrale électrique utilisant la paille de riz et que cette dernière serait construite près de Niono, localité située au milieu du vaste projet d'irrigation pour la production de riz, Office du Niger. Cette décision était fondée sur le fait que l'Office du Niger offrait la concentration de résidus agricoles la plus élevée, et qu'une nouvelle ligne électrique devait être installée entre Niono et Ségou, offrant ainsi l'opportunité de vendre l'électricité au réseau public. Elle a également été renforcée par les réticences notées lors de la réunion avec la CMDT (rapport 1 de la mission)

Ce choix a été pris en compte dans la conception de l'étude sur le terrain, dans laquelle les entretiens ont été répartis comme suit : 300 pour le riz et 100 pour le coton. Pour le riz, environ 160 entretiens ont été réalisés dans les trois zones de l'Office du Niger, à savoir Niono, N'debougou et Molodo, et 120 dans les zones de Macina et Mopti Nord. La répartition des entretiens dans la zone de l'Office du Niger est représentée par la carte de la Figure 4.1

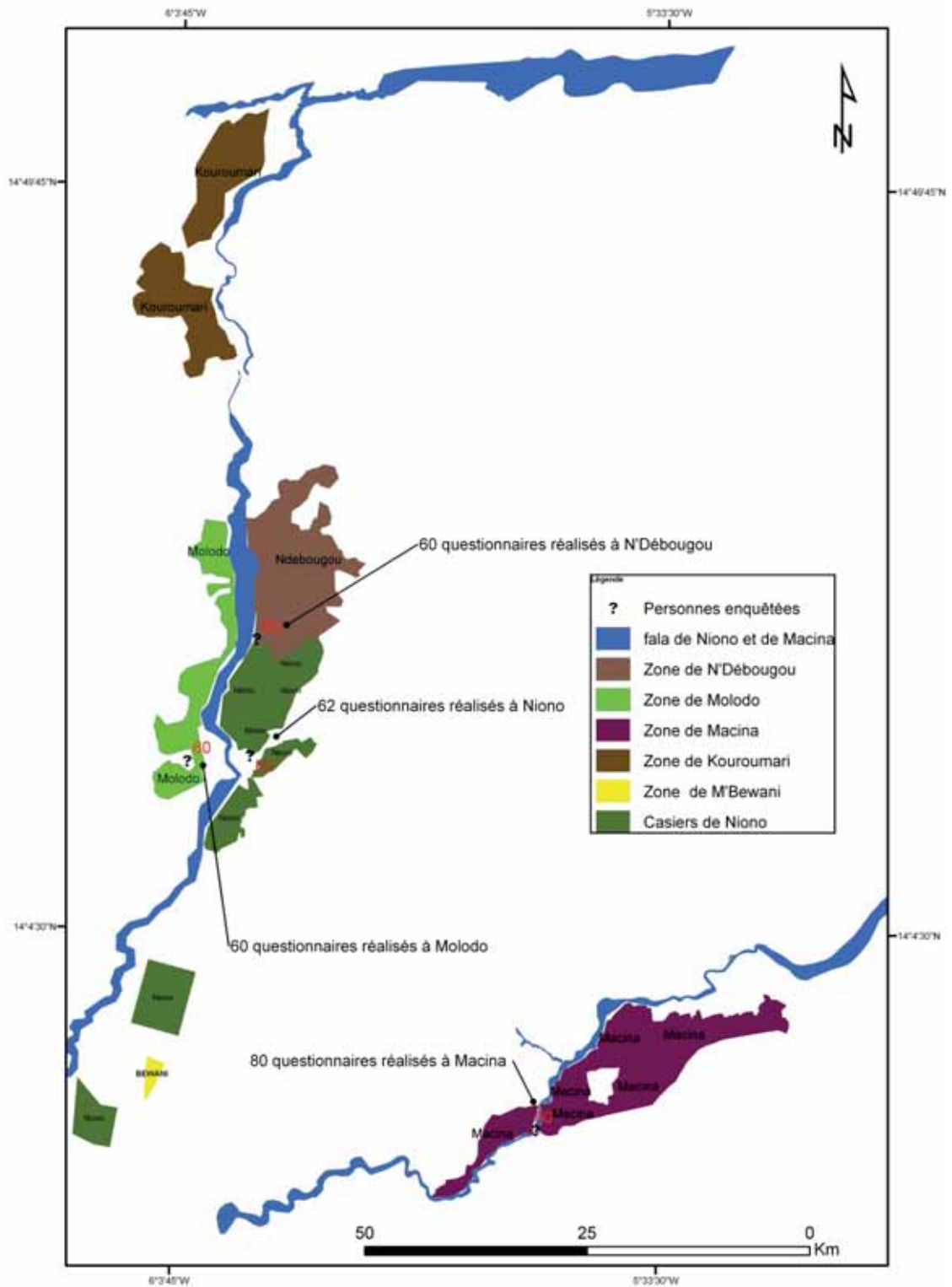


Figure 4.1. Office du Niger : zones d'étude et répartition des entretiens

Tous les entretiens concernant les tiges de coton ont été réalisés dans la région de Sikasso (CMDT) et dans les zones de Koutiala, M'Pessoba, Konséguéla, Kouniana, Karangana, Molobala et Yorosso. La répartition des entretiens dans les différentes zones de production du riz et du coton est présentée dans le Tableau 4.1.

*Tableau 4.1. Répartition des entretiens dans les différentes zones de production du riz et du coton*

Zones de production du riz		Zones de production du coton	
Nom de la zone	Entretiens	Nom du secteur de la CMDT	Entretiens
Niono	62	Koutiala	20
N'Débougou	61	M'Pessoba	10
Molodo	60	Konséguéla	10
Macina	80	Zébala	10
Mopti Nord	42	Karangana	25
		Molobala	15
		Yorosso	10
Nombre total (riz)	305	Nombre total (coton)	100

### 4.3 Réalisation des entretiens

Selon le plan initial, les entretiens devaient être réalisés par un petit groupe de 3 à 5 enquêteurs locaux dans chaque zone, recrutés pour cette tâche spécifique au jour le jour. Etant donné que le questionnaire comporte une grande quantité de données socio-économiques diverses, il était prévu que les enquêteurs reçoivent une journée de formation dispensée par Oumar Fatogoma Traoré du Mali Folkecenter pour leur permettre de comprendre de manière approfondie la signification et l'intention des questions. Il était prévu de réaliser les entretiens en se basant sur un échantillonnage aléatoire des producteurs de la zone, et de documenter la répartition géographique en utilisant un GPS pour les entretiens.

A cause d'un certain nombre de contraintes pendant la mission, chacune des zones autour de Niono (Niono, N'debougou, Molodo) a été couverte par un seul enquêteur, tandis que les zones de Macina et Mopti-Nord ont été partagées par deux enquêteurs.

Tableau 4.2 . Enquêteurs, fonctions et zones d'étude

Zones d'étude	Nom	Fonction	Institution	Entretiens
Niono	Mme Fatalmoudou Maiga	Enquêtrice	ON-Niono	62
N'Débougou	M. Yacouba Kouriba	Enquêteur	ON-Niono	61
Molodo	M. Abdoulaye Diakite	Enquêteur	ON-Niono	60
Macina	M. Adama Coulibaly	Stagiaire	ON-Kolongotomo	41
Macina	M. Sékou Sallah Diarra	Stagiaire	ON-Kolongotomo	39
Mopti Nord	M. Filifing Dembélé	Chercheur	IPR/MFC	18
Mopti Nord	M. Oumar F. Traore	Consultant	MFC	22
Mopti Nord	M. Alassane Maiga	Chef de casiers	Office Riz Mopti	2

Les trois enquêteurs de Niono, N'Débougou et Molodo ont été proposés par le responsable de la promotion des organisations paysannes de l'Office du Niger. Ils ont reçu une formation de deux heures au cours de laquelle ils ont eu la possibilité de poser des questions. Ensuite, ils ont pris des notes sur un entretien test réalisé à Niono, puis les questionnaires ont été comparés et commentés. Sur la base des informations relatives à la production de l'année dernière, les personnes interrogées ont été sélectionnées en fonction des échelles de production comme principal critère de stratification et de la répartition géographique comme deuxième critère.

A Kolongotomo (Macina), deux enquêteurs ont été proposés par le chef de Division au Monde Rural de l'Office du Niger. Ils ont reçu une formation pour savoir comment remplir les questionnaires, mais aucun entretien test n'a été réalisé. Sur la base d'un rapport sur la production de l'année dernière, les personnes interrogées ont été sélectionnées en fonction des échelles de production comme principal critère de stratification et de la répartition géographique comme deuxième critère.

A Mopti-Nord les entretiens ont été réalisés par Filifing Dembélé et Oumar F. Traoré du MFC, accompagnés de deux chefs de casiers. Sur la base des connaissances des chefs de casiers les personnes interrogées ont été sélectionnées en fonction des échelles de production comme principal critère de stratification et de la répartition géographique comme deuxième critère.

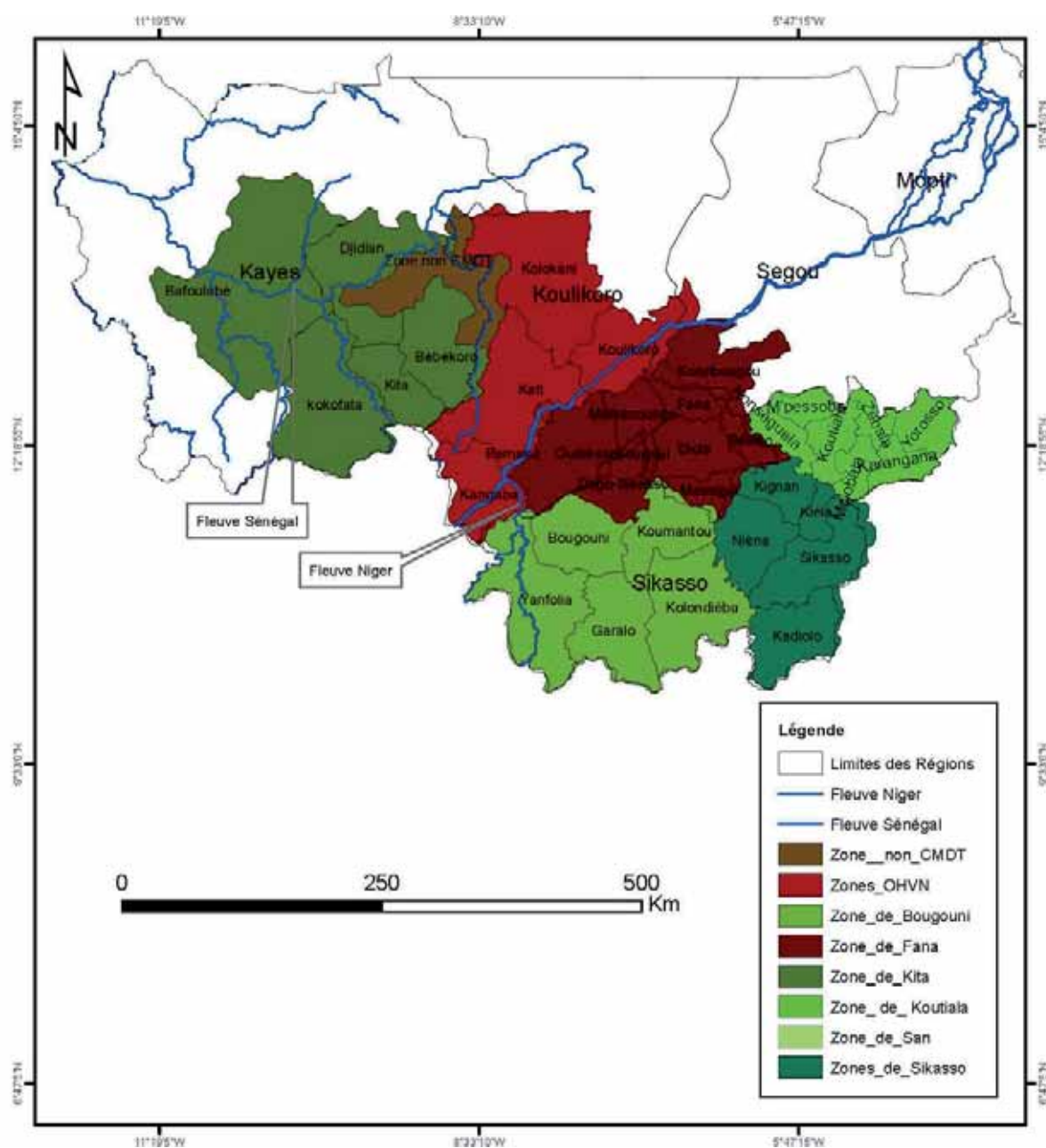


Figure 4.2. Zones couvertes par la CMTD. Les entretiens ont été réalisés dans la zone de la CMTD à Koutiala. Les zones de la CMTD sont différentes des délimitations administrative du Mali.

A Koutiala, les entretiens ont été réalisés par des enquêteurs locaux employés par la CMTD. Oumar Fatogoma Traoré a présenté les questionnaires au responsable du département de la formation de CMTD, qui a ensuite formé les enquêteurs. Les zones de CMTD concernées sont énumérées dans la Figure 4.2, et les enquêteurs et la répartition géographique des personnes interrogées sont présentés dans le Tableau 4.3.

Tableau 4.3. Enquêteurs et secteurs de la CMDT sélectionnés pour l'étude dans la zone de Koutiala

Enquêteurs	Secteurs de la CMDT							Total
	Karan-gana	Konsé-guéla	Kou-tiala	Molo-bala	M'Pes-soba	Yoros-so	Zé-bala	
Amadou Maïga		10						10
Camara Araba					5			5
Bagayogo								
Falaye D. Sissoko				3				3
Ibrahim Togora				9				9
Issiaka N. Traore			5					5
Kady Coulibaly			5					5
Koniba Daou				3				3
Moussa B. Diarra					5			5
Molobaly Malle			5					5
Modibo Maïga			4					4
Ousmane T. Goïta							10	10
Sidi Mariko	25							25
Sékouba Traoré			1			10		11
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

## 5 Potentiel technique de la paille de riz à des fins de production énergétique au niveau national

Ce chapitre évalue le **potentiel technique** de la paille de riz pour la production énergétique au niveau national. Le potentiel technique est défini comme étant la production réelle et potentielle de paille résultant de la riziculture au Mali. Il comprend une quantité considérable de paille qui ne peut pas être exploitée à cause de sa faible densité et une grande quantité qui est actuellement utilisée à d'autres fins, par ex. l'alimentation pour le bétail.

Ce chapitre commence par un tour d'horizon statistique de la production de riz au Mali et un examen des plans existants pour augmenter cette production. Ensuite, il évalue le potentiel technique de la paille de riz à des fins de production énergétique en se basant sur le rapport paille/grains uniforme présenté et défini à la section 3.2.1

Le **potentiel durable** de la paille de riz pour la production énergétique de l'Office du Niger est décrit au Chapitre 7.

### 5.1 Production de riz au Mali

Les systèmes de production peuvent être différenciés en fonction de l'accès à l'eau comme suit : i) riz irrigué, ii) riz pluvial, iii) irrigation par eau de crue dirigée et iv) zones inondées de manière saisonnière (*bas fonds*).

Au Mali, la majorité du riz irrigué est cultivé par l'Office du Niger, mais il existe des zones irriguées plus petites autour de Ségou (Office de Ségou), autour de Mopti (Office de Mopti), ainsi qu'autour de San et de villages plus petits sur les berges des fleuves Niger et Sénégal. Même si la zone cultivée en riz irrigué en 2008/09 était d'environ 125 000 ha, il existe un potentiel inexploité d'augmentation de la zone irriguée qui peut atteindre 900 000 ha. Les rendements du riz irrigué varient entre 6 et 10 tonnes/ha (MA 2009).

Le riz pluvial a récemment été expérimenté sur des zones plus petites dans le sud où la pluviométrie est supérieure à 800 mm/an. Les rendements sont généralement faibles, soit environ 800 kg/ha. L'introduction récente de nouvelles variétés de riz a permis d'atteindre des rendements plus élevés allant jusqu'à 3-3,5 tonnes/ha, et la production de riz pluvial augmente à Sikasso, Kayes et Koulikoro (MA 2009).

La riziculture utilisant l'irrigation par eau de crue dirigée est pratiquée dans des zones proches du fleuve Niger à Ségou et Mopti. Même si les zones cultivées en 2008/09 atteignaient environ 74 000 ha, le rendement de 0,8-2,5 tonne/ha est relativement faible par rapport aux zones irriguées (MA 2009).



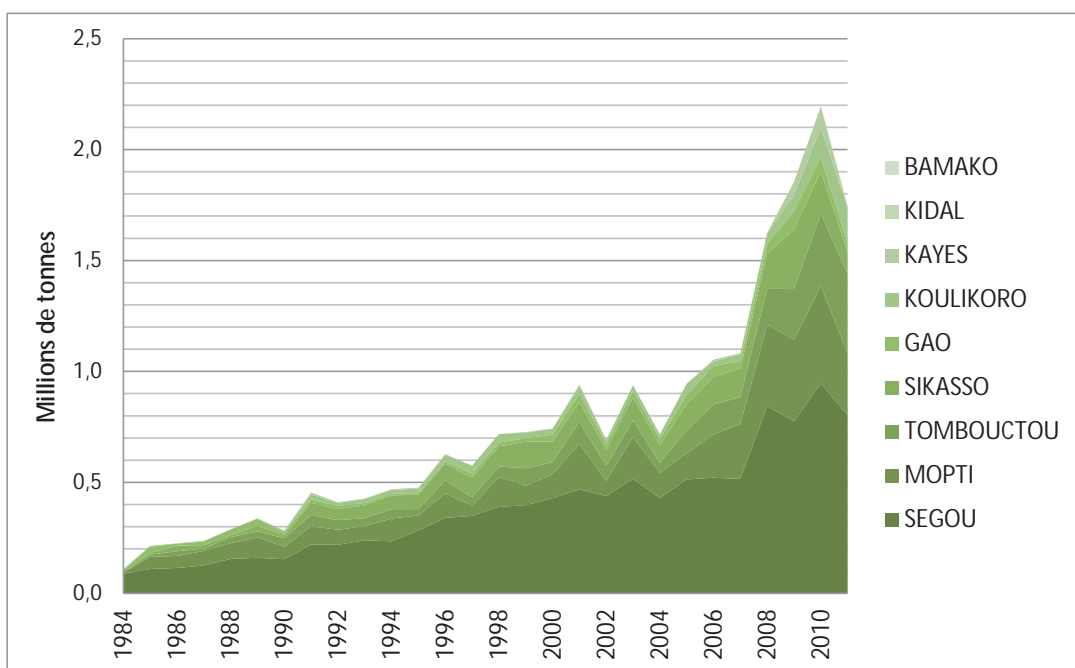


Figure 5.1. Production de riz (paddy) par région pendant la période 1984-2011 (source : statistiques FAO 2012, [www.countrystat.org](http://www.countrystat.org))

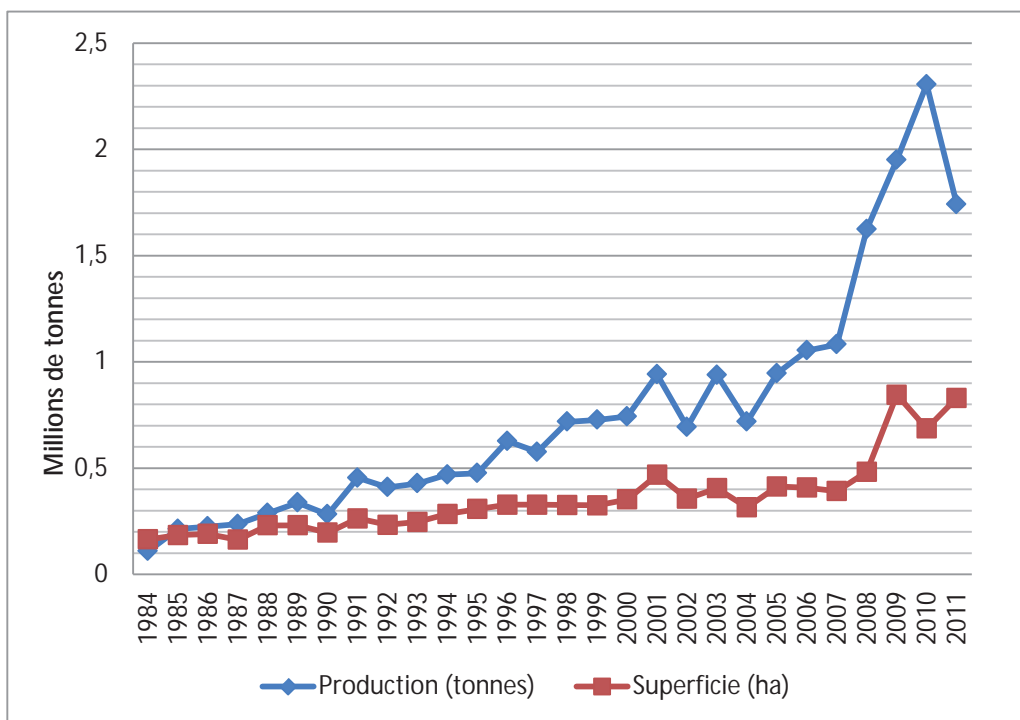


Figure 5.2. Production de riz (paddy) et zones cultivées entre 1984 et 2011 (Source : statistiques FAO 2012, [www.countrystat.org](http://www.countrystat.org))

En 2008, le riz produit dans des zones inondées de manière saisonnière (*bas fonds*) représentait environ 14.000 ha principalement cultivé par des femmes dans les régions de Ségou, Sikasso et Kayes. Son rendement de 0,8-2 tonnes/ha est relativement faible par rapport aux zones irriguées (MA 2009).

En 2006, la production totale de riz a atteint 1,05 millions de tonnes, dont 46 % a été produite par l'Office du Niger, 3 % par l'Office de Ségou et 1,5 % par l'Office de Mopti. Comme le montre la Figure 5.1, la production de riz a considérablement augmenté au cours des 20 dernières années, passant de 110 000 tonnes environ en 1985 à plus de deux millions de tonnes en 2010.

Ce résultat est dû principalement à l'augmentation de la production dans les zones irriguées de l'Office du Niger, où les surfaces cultivées ont plus que doublé pendant cette période, et où le rendement moyen est passé de 1,6 tonnes/ha en 1982 à environ 6 tonnes/ha en 2007 (Aw and Diemer 2005; 39)

Les productions de l'Office du Niger, de l'Office de Ségou et de l'Office de Mopti sont collectées dans le Tableau 5.1 ci-dessous. L'Annexe B donne plus de détails sur la production de riz de l'Office du Ségou et de l'Office du Mopti. La production de riz de l'Office du Niger est présentée au Chapitre 0.

*Tableau 5.1. Production annuelle de riz dans les trois principales zones rizicoles au Mali (tonnes/an)*

Campagne	Office du Mopti	Office du Ségou	Office du Niger	Total
2006/2007	15 449	32 544	430 125	478 118
2007/2008	21 585	30 157	446 122	497 864
2008/2009	40 063	60 688	513 005	613 756

*Source : Rapports annuels des trois entités*

### **5.1.1 Futurs plans pour les systèmes nationaux de production de riz**

Le gouvernement malien a lancé la SNDR (Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture) en 2009 (MA 2009). Ce stratégie constate que seulement environ 20 % des zones potentielles susceptibles d'être cultivées en riz sont actuellement exploitées. Comme le montre le Tableau 5.2, il existe des zones potentielles inexploitées dans toutes les régions, et elles vont de 88 % à Tombouctou à 70 % à Gao.

Tableau 5.2. Zones existantes et potentielles de riziculture au Mali, selon la stratégie nationale (MA 2009)

Régions	Zones potentielles (ha)	Zones cultivées (ha)	Zones cultivées (%)
Kayes	90 000	12 963	14
Koulikoro	110 000	22 439	20
Sikasso	300 000	47 517	16
Ségou	500 000	117 371	23
Mopti	510 000	150 814	19
Tombouctou	280 000	33 997	12
Gao	110 000	33 212	30
Total	2 200 000	418 313	19

La stratégie nationale de riziculture au Mali préconise de multiplier par plus de deux la production du riz pour la faire passer de 1,6 à 4 millions de tonnes en dix ans, entre 2008 et 2018. La Figure 5.3 ci-après montre les données historiques de production du riz et l'augmentation estimative jusqu'en 2018.

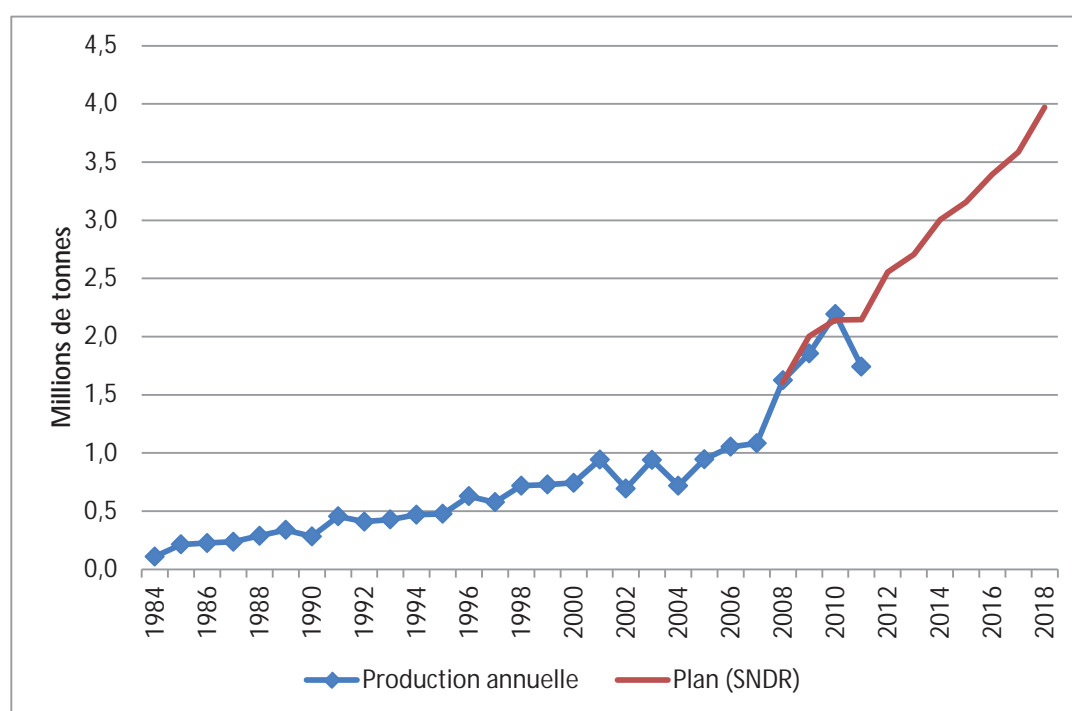


Figure 5.3. Production annuelle de riz (paddy) entre 1984 et 2011, et production planifiée selon le SNDR (statistiques FAO ; MA 2009)

Cette prévision d'augmentation de la production est basée sur une augmentation de la zone cultivée qui passerait de 626 573 ha en 2008 à 1 087 254 ha en 2018, et du rendement moyen

qui passerait de 2,6 tonnes/ha à 3,6 tonnes/ha. Cette augmentation sera due principalement à une extension des terres irriguées d'environ 10 000 ha/an, ainsi qu'à un remplacement prévu de la variété cultivée par une autre résistante à la sécheresse, la variété de riz pluvial NERICA (MA 2009). La Figure 5.4 présente les principaux chiffres du plan. Les détails du projet d'expansion de l'Office du Niger sont fournis au paragraphe 6.3 ci-après.

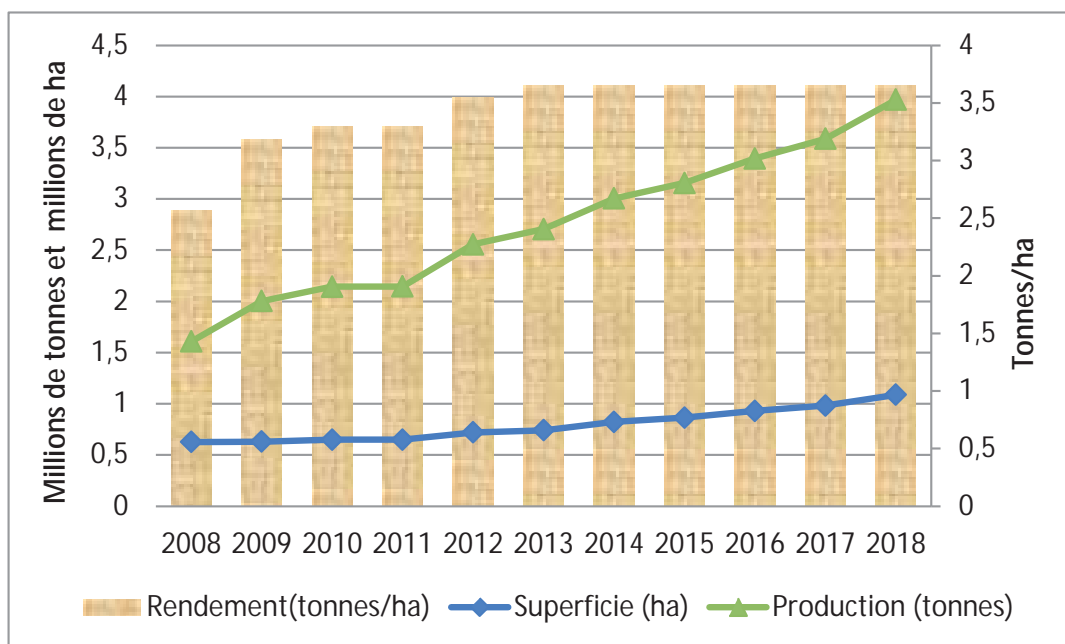


Figure 5.4 Principaux chiffres du plan national de production de riz (MA 2009)

## 5.2 Potentiel technique de la paille de riz à des fins de production énergétique au Mali

Le potentiel technique annuel de la paille de riz produite à des fins énergétiques au Mali est estimé sur la base de la production de riz paddy présentée à la section 5.1 et du rapport paille/grains moyen estimatif de 0,75, déjà décrit à la section 3.2.1.

La Figure 5.5 montre le potentiel technique de la paille de riz entre 1984 et 2011. Le potentiel technique estimatif entre 2011 et 2018 est basé sur le Plan stratégique national pour la production de riz (MA 2009). Le potentiel technique pour 2011 se situe autour de 1,5 millions de tonnes et devrait atteindre environ 3 millions de tonnes en 2018 selon les prévisions du plan stratégique national.

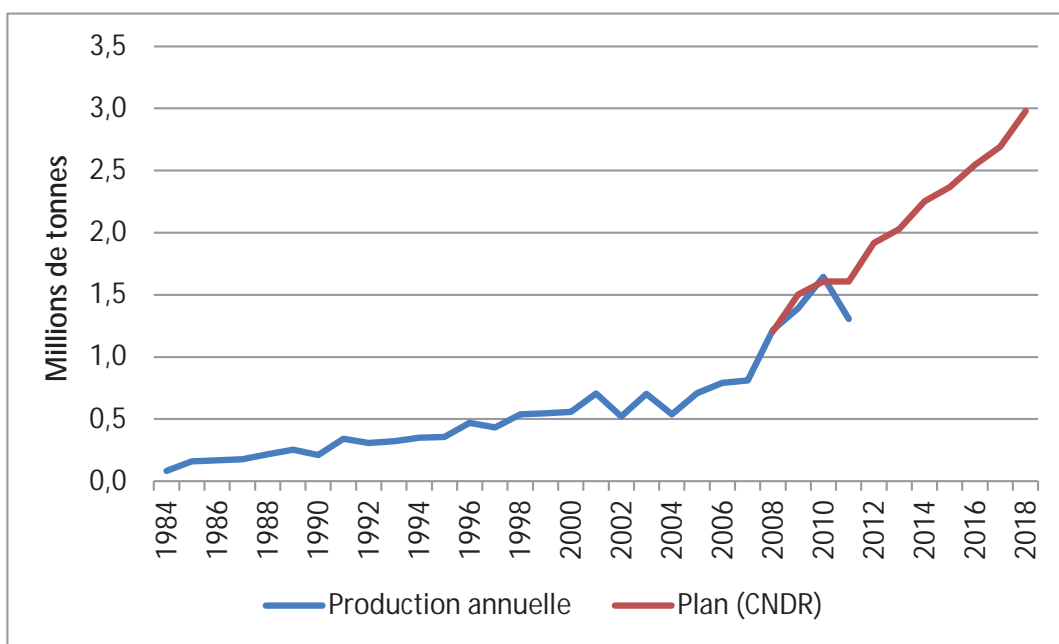


Figure 5.5. Potentiel technique de la paille de riz à des fins énergétiques selon le Plan stratégique national de production de riz e (millions de tonnes/an)

La majeure partie de cette paille est déjà utilisée comme aliment pour le bétail, comme engrais ou à d'autres fins.

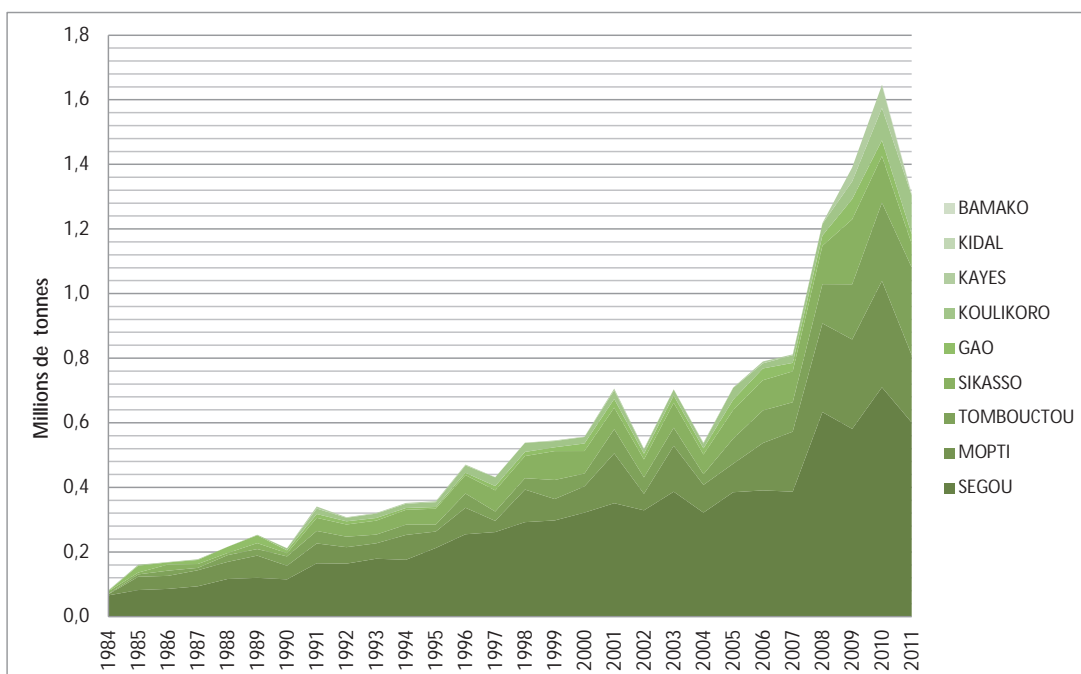


Figure 5.6. Potentiel technique de la paille de riz pour la production d'énergie par région entre 1984 et 2011.

Le potentiel durable de la paille de riz peut être inférieur à 20 % du potentiel technique en fonction de la densité de paille et de l'importance des besoins du bétail dans la zone. Les résultats de l'étude empirique du potentiel durable de la production de paille de riz à des fins énergétiques dans la zone de l'Office du Niger sont décrits au chapitre 7.

La Figure 5.6 et la Figure 5.7 représentent le potentiel technique de la paille de riz par région. Si vous avez besoin d'informations plus détaillées sur le potentiel de la paille de riz par région, vous pouvez consulter l'Annexe B contenant les statistiques de production du riz (paddy) et multiplier ces chiffres par le rapport moyen paille/grains de 0,75.

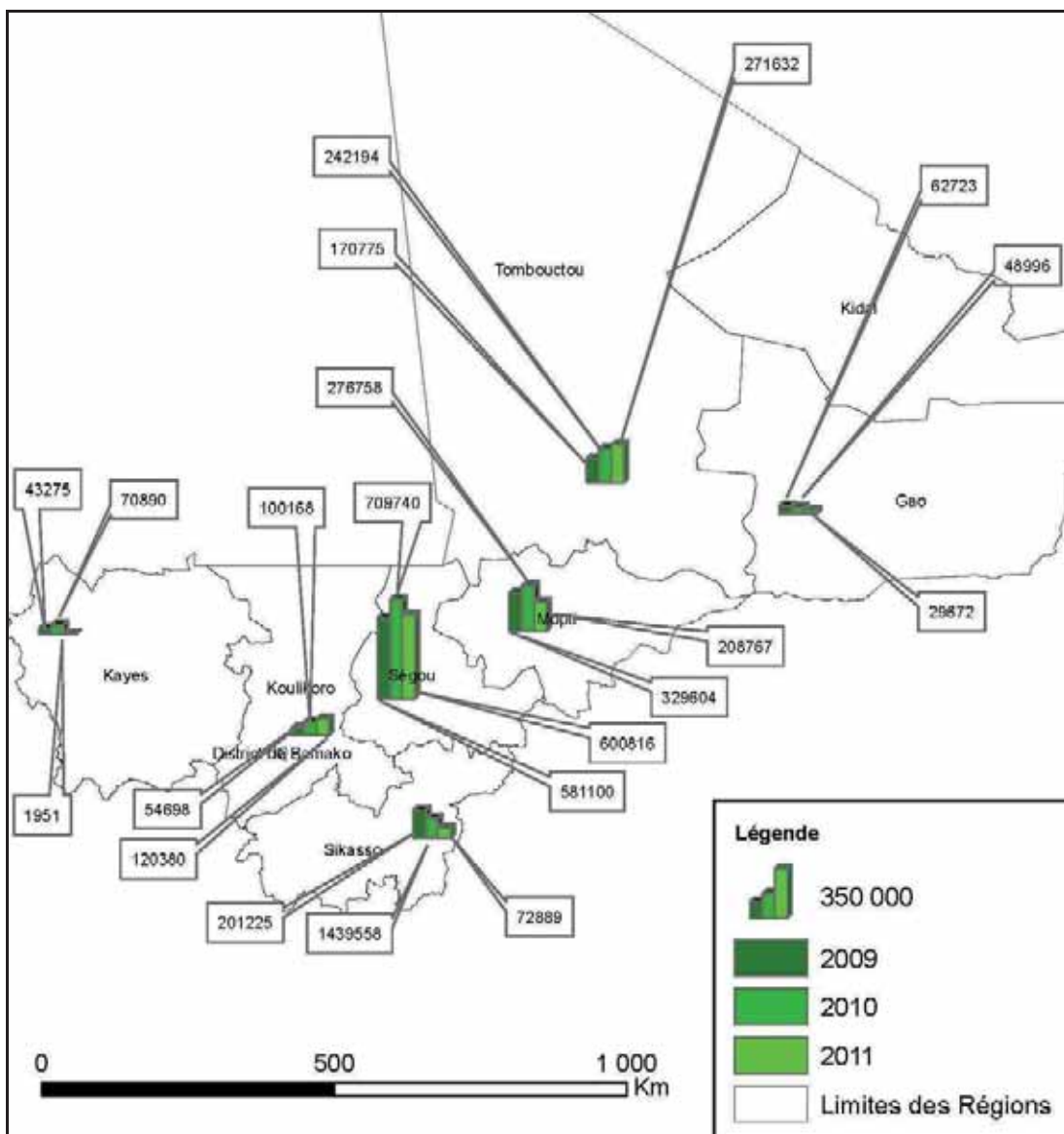


Figure 5.7. Potentiel technique de la paille de riz pour la production d'énergie par région entre 2009 et 2011.

## **6 Production de riz dans l'Office du Niger**

L'Office du Niger (ON) est la zone de riziculture la plus importante du Mali, dans laquelle la concentration de paille de riz est la plus élevée. Par conséquent, l'utilisation de paille de riz à des fins énergétiques au Mali commencera probablement à cet endroit. Afin de donner une idée détaillée des potentiels actuel et futur de la paille de riz dans l'Office du Niger, le présent chapitre décrit en détail l'histoire, les pratiques agricoles actuelles et les futurs plans de la production de riz dans cette zone.

### **6.1 L'Office du Niger dans un contexte historique**

L'Office du Niger est une entité publique créée en 1932 avec l'objectif de fournir du coton et du riz à l'autorité coloniale française. Les projets étaient ambitieux et prévoyaient d'exploiter presque un million d'hectares (Schreyger 2001).

L'Office du Niger a commencé par produire du coton, mais cette culture a été progressivement abandonnée entre 1965 et 1970 pour la remplacer par du riz. Cependant, à la fin des années 70, alors que la production de riz était en déclin et que les équipements et les infrastructures s'étaient détériorés, la Banque mondiale et un large groupe de bailleurs de fonds ont entamé un grand programme de réhabilitation (Slob 2001). L'appui technique et financier à la réhabilitation des infrastructures telles que les canaux, les systèmes d'assèchement, etc., ont été suivis de changements économiques et institutionnels radicaux. Entre 1986 et 1994, l'Office du Niger a perdu son monopole commercial sur le riz et les engrais. La gestion de l'eau a été confiée à des associations villageoises, et le battage et le décorticage centralisés du riz ont été progressivement remplacés par des unités décentralisées et privatisées. Les effets ont été impressionnants. Entre 1979 et 1994, le rendement de la production de riz a augmenté de 300 % et cette progression se poursuit, comme nous le verrons plus loin (Tall 2001). L'Office du Niger est actuellement une zone de développement agricole très dynamique au Mali. Elle continue d'attirer des interventions importantes de la part des bailleurs de fonds, ainsi que récemment d'importants investissements privés.

### **6.2 Production de riz dans l'Office du Niger**

La production de riz dans l'Office du Niger a augmenté d'environ 50 % entre 2001 et 2009. Ce résultat s'explique par l'amélioration des rendements et l'extension des surfaces cultivées. Le Tableau 6.1 et le Tableau 6.2 montrent l'évolution de la production de riz et des zones cultivées entre 2001 et 2009.

Tableau 6.1. Production de riz (paddy) dans diverses zones de l'Office du Niger 2001/2009

Campagne	Macina	Bewani	Niono	Molodo	Kourou- mari	N'debou- gou	Total
2000/2001	89 643	9 860	70 765	43 399	66 295	65 725	345 687
2001/2002	82 290	11 349	76 609	46 968	69 283	65 638	352 137
2003/2004	83 346	22 274	95 401	48 633	74 995	69 798	394 447
2004/2005	88 209	28 201	101 466	50 781	77 791	72 135	418 583
2005/2006	92 695	27 775	102 970	50 945	81 486	81 750	437 621
2006/2007	92 821	37 090	91 129	50 032	85 375	73 678	430 125
2007/2008	103 588	62 350	73 987	49 201	86 328	70 668	446 122
2008/2009	117 187	68 747	81 723	51 406	106 755	87 187	513 005
2009/2010	93 722	71 558	89 557	52 755	102 643	83 856	494 092

Source : Service SIG, Office du Niger, 2010

Tableau 6.2. Production de riz par zone dans l'Office du Niger 2001/2009

Campagne	Macina	Bewani	Niono	Molodo	Kourou- mari	N'debou- gou	Total
2000/2001							
2001/2002							
2003/2004							
2004/2005							
2005/2006							
2006/2007							
2007/2008		9 237	13 201	8 548	14 327	12 275	
2008/2009		9 287	13 446	8 548	14 677	12 452	
2009/2010	18 281	9 805	13 445	8 547	14 671	12 385	77 135

Source : Service SIG, Office du Niger, 2010

### 6.3 Futurs projets de production de riz dans l'Office du Niger

Comme nous l'avons vu plus haut, il existe en théorie des possibilités d'étendre largement les zones irriguées pour la production de riz et de légumes dans l'Office du Niger. La Figure 6.1 montre la zone irriguée en 2000 par comparaison avec le potentiel théorique de 2 millions d'hectares. Des études récentes montrent qu'outre les capitaux, la disponibilité de l'eau pour l'irrigation à partir du fleuve Niger sera un facteur de limitation (Zwarts and Kone 2005; Wymenga, van der Kamp et al. 2005; Vandersypen, Keita et al. 2007; Vandersypen 2007; Vandersypen, Bengaly et al. 2006).



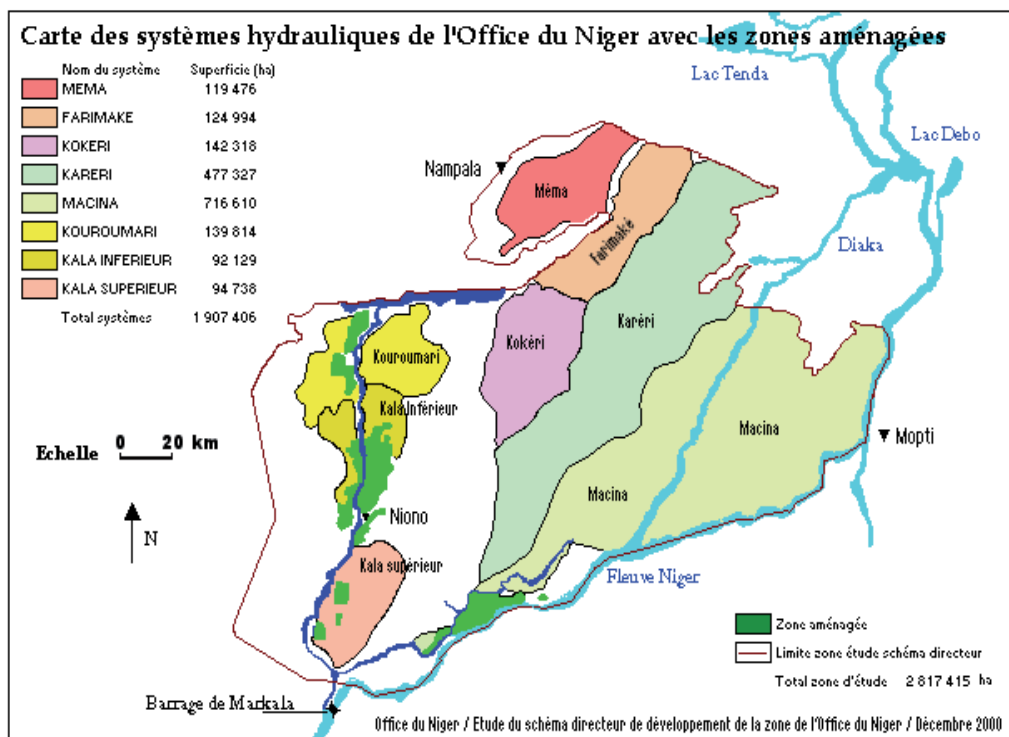


Figure 6.1 . Carte représentant les zones irriguées dans l'Office du Niger et les possibilités théoriques d'extension (Hydro-PACTE 2010)

En coopération avec un certain nombre de bailleurs de fonds, le gouvernement malien a lancé en 2004 un plan directeur pour le développement de cette zone intitulé *Etude du schéma directeur de développement pour la zone de l'Office du Niger*, (SDDZO) (AGETIER 2004). Selon ce Schéma Directeur, la zone cultivée de 77 000 ha devrait être étendue de 146 000 ha d'ici 2020, pour atteindre un total de 220 000 ha<sup>1</sup>. Cela implique que la production totale de riz et de paille pourrait augmenter de 300 % d'ici 2020.

Le potentiel global, la zone cultivée en 2004 et l'extension planifiée selon le Schéma Directeur sont présentés dans le Tableau 6.2.

<sup>1</sup> En plus de l'extension, un programme de réhabilitation améliorerait la qualité de 28 000 ha supplémentaires, ce qui porterait le total des zones réhabilitées et étendues à environ 202 000 ha d'ici 2020 (AGETIER 2004).

Tableau 6.3. *Projet d'extension de la zone irriguée dans l'Office du Niger (hectares) (AGETIER 2004)*

Canal	Système hydraulique	Zone géographique	Zone agricole	Zone irriguée 2004	Schéma Directeur 2005-2020	Potentiel restant théorique
Dépendant du canal du Sahel	Kala inférieur	92 129	73 700	36 244	36 684	772
	Kouroumari	139 814	111 900	14 500	43 475	53 925
	Méma	119 476	95 000	0	0	95 000
	Farimaké	124 994	100 000	0	0	100 000
Dépendant du canal Costes	Kala supérieur	94 738	75 800	10 722	26 428	38 650
Dépendant du canal Macina	Macina	716 610	573 000	15 712	39 121	518 167
	Kareri	477 327	382 000	0	0	382 000
	Kokeri	142 318	113 800	0	0	113 800
<b>Total</b>		<b>1 907 406</b>	<b>1 525 200</b>	<b>77 178</b>	<b>145 708</b>	<b>1 302 314</b>

Les extensions prévues par le Schéma Directeur sont illustrées par la Figure 6.2.

Le Schéma Directeur a été adopté par le gouvernement (Conseil des Ministres) en décembre 2008, et bien que sa mise en oeuvre ait été retardée pour diverses raisons, les prévisions indiquées lors d'une conférence de bailleurs de fonds en 2010 étaient encore d'atteindre 78 % des extensions prévues d'ici 2020 (Hydro-PACTE 2010).

Le Schéma Directeur a été dépassé, de plusieurs manières, par les actions sur le terrain. Lors de la conférence des bailleurs de fonds en 2010, il a été mentionné qu'entre 2004 et 2009, 645 259 ha ont été attribuées à des entreprises privées dans le cadre de contrats fermes ou provisoires (Hydro-PACTE 2010).<sup>2</sup>

Parmi ces affectations, citons la zone de 16 000 ha à Altona, qui devrait être exploitée par la Millennium Challenge Corporation avec la construction de 81 km de route bitumée. Citons également la zone de 12 000 ha qui sera exploitée par les Etats membres de l'UEMOA (MA 2009).

<sup>2</sup> Dans la présentation, le document auquel il est fait référence est intitulé « Note technique sur la situation des aménagements et attributions de terres à l'ON » par l'Office du Niger.



D'autres détails sont donnés dans une étude publiée par Cahiers Agricultures (Brondeau 2011) et dans un rapport d'un organisme de recherche, Oakland Institute, en 2011 (Baxter 2011). Sur la base des informations de l'Office du Niger, Baxter (2011) donne une liste d'attributaires pour une superficie totale de 544 567 ha consacrées à des exploitations agricoles privées.<sup>3</sup>

Ce rapport donne une description détaillée des 4 projets suivants :

Malibya : en juin 2008, Malibya a obtenu 100 000 ha pour la production de riz hybride, l'élevage et la transformation de tomates, à l'ouest de la ville de Macina. Le projet prévoit également la construction d'un canal d'irrigation entre Kolongotomo et le principal site du projet dans la zone de Boko Were. L'investisseur Malibya est une filiale de Libya Africa Investment Portfolio.

Tomota : projet d'exploitation de 100 000 ha pour la culture d'oléagineux tels que le tournesol, le soja, l'arachide, le karité et le jatropha. Il est situé sur la limite ouest du bail de Malibya et englobe Monipébougou, Macina et Ténenkou. Investisseur : Huicoma, dont l'actionnaire principal est la société malienne, Tomota Group.

Petrotech : projet d'exploitation de 10 000 ha pour la culture de plantes oléagineuses dans la zone hydraulique de Kareri. Investisseur : Petrotech-ffn Agro Mali-SA, société soeur du centre de recherche et de développement basé en Egypte, Petrotech-ffn, et filiale de Petrotech-ffn USA

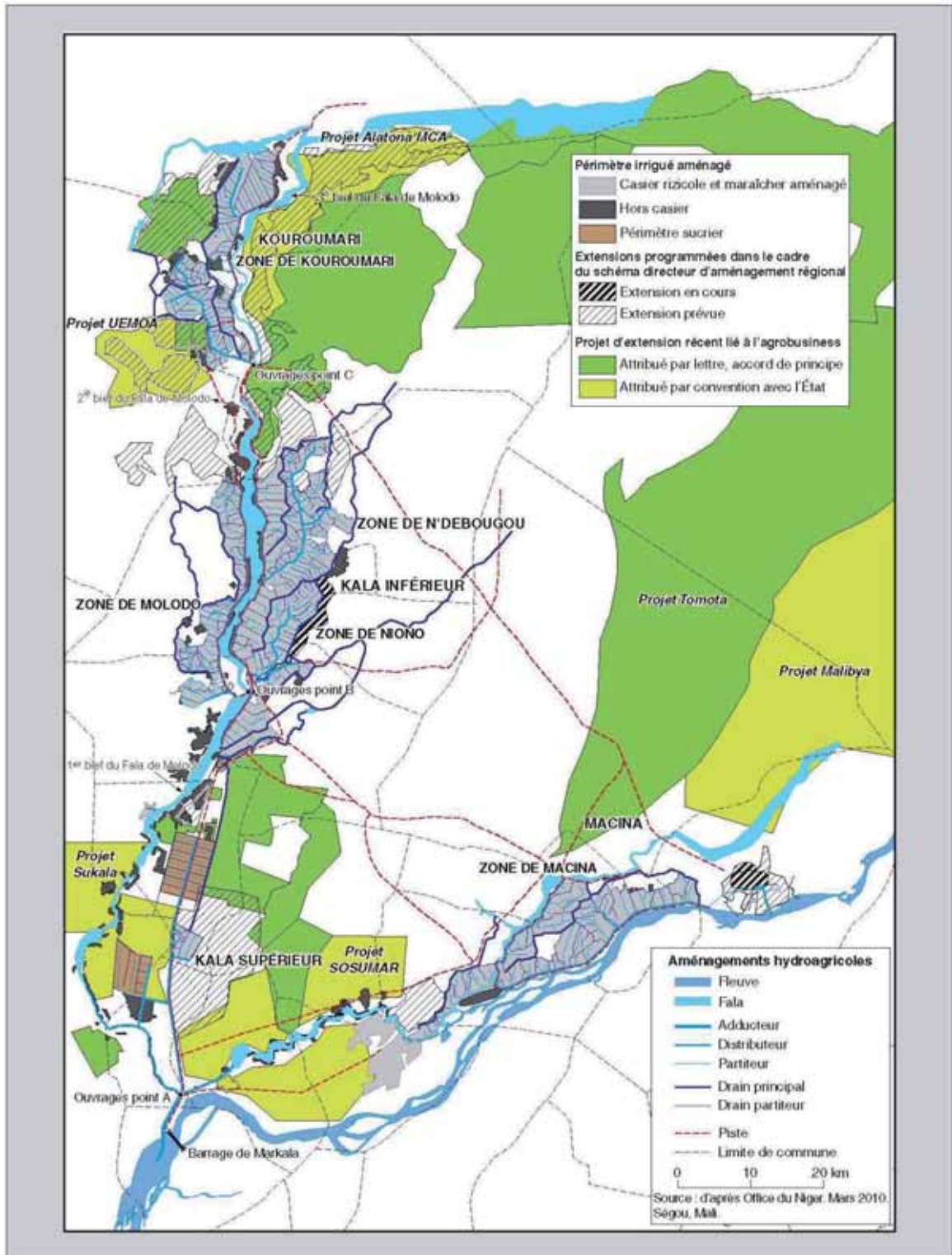
Moulin moderne du Mali. 20 000 ha pour la production de blé dans la zone hydraulique du Kala supérieur. Investisseur : Groupe de sociétés Moulin Moderne du Mali (GDCM) et Complexe agropastoral regroupés au sein d'un partenariat public privé avec l'Etat malien. Pour commencer, 7 400 ha attribuées par un bail.

Les principales extensions envisagées sont présentées à la Figure 6.3, qui est basée sur une carte de l'Office du Niger datant de 2010.

---

<sup>3</sup> Référence : i) Office du Niger, DAGF/SCF Plan de zonage des aménagements et projections, octobre 2010; ii) Office du Niger, Direction Générale, 16 octobre 2010. Situation récapitulative des attributions des terres en bail dans la Zone Office du Niger.

Figure 6.3 . Carte montrant les extensions envisagées (Brondeau 2011 basée sur une carte de l'ON, 2010)



## 6.4 Conclusion

La production de riz de l'Office du Niger s'est située autour de 500 000 tonnes en 2009 et 2010, sur la base d'un rendement moyen de 6,4 tonnes/ha. Selon le Schéma Directeur, la zone cultivée devrait atteindre 220 000 ha d'ici 2020, ce qui signifie que la production de riz de l'Office du Niger pourrait atteindre 1,4 millions de tonnes de paddy selon une estimation prudente selon laquelle les rendements resteront constants avec une moyenne de 6,4 tonnes par hectare.

Pour l'instant, il est très difficile de déterminer quel impact les affectations de grandes superficies de terres auront sur la quantité future de riz produit dans l'Office du Niger. Selon la liste de l'Oakland Institute, le riz sera cultivé principalement par le projet Malibya, qui produira également du bétail et des tomates. La production de riz pourrait donc être accrue encore de 0,3 à 0,6 millions de tonnes sur la proportion de production de riz (50 ou 100 %).

Par ailleurs, bien que la plupart des terres attribuées soient situées dans les systèmes hydrauliques de Mema, Kokeri, Kareri et Macina (voir la carte de la Figure 6.1), et par conséquent hors du champ spatial immédiat du Schéma Directeur, ces attributions de terres pourraient avoir un impact négatif sur les futurs projets de production de riz (y compris ceux du Schéma Directeur) étant donné que la disponibilité de l'eau risque d'être un facteur de limitation.

## 7 Potentiel durable de la paille de riz pour la production d'énergie dans l'Office du Niger

Le présent chapitre évalue le potentiel durable de la paille de riz pour la production d'énergie dans l'Office du Niger. Il décrit les pratiques de l'Office du Niger en matière de récolte et d'utilisation de la paille de riz, avant de présenter les résultats de l'enquête et leurs éléments d'incertitude. La dernière section donne les résultats de l'évaluation.

### 7.1 Pratiques actuelles de récolte et d'utilisation de la paille de riz

La production de riz utilise toujours une très forte proportion de main d'oeuvre manuelle. On le récolte à la faucille, puis on le laisse sur place pour qu'il sèche. Ensuite, il est transporté manuellement jusqu'aux digues où il est empilé avant d'être battu à l'aide de batteuses mobiles. A cause de problèmes de gestion et de drainage de l'eau, il est fréquent que les champs de riz soient encore mouillés et la mécanisation de la récolte et du transport de la paille dans les champs est difficile.



*Figure 7.1 . Batteuse mobile dans un champ (gauche) et tas de paille battue près d'une digue (droite)  
(Ivan Nygaard)*

La paille battue est la ressource prise en compte dans l'évaluation du potentiel technique. Cette évaluation se base sur les données statistiques du riz, multipliées par le rapport paille/grains. Actuellement, le potentiel technique est brûlé ou utilisé par les producteurs pour i) nourrir leur bétail, ii) nourrir le bétail de voisins ou du bétail transhumant ou iii) fertiliser les sols. La proportion de chacune de ces trois utilisations a été évaluée lors de l'enquête (voir section 7.2).

Actuellement, les chaumes laissés dans les champs sont partiellement brûlés et partiellement incorporés dans le sol pour enrichir les matières organiques, mais ils sont principalement utilisés pour nourrir le bétail comme l'explique la section suivante.

### 7.1.1 Paille de riz utilisée comme aliment pour le bétail

Dans la zone de l'Office du Niger, le nombre de têtes de bétail atteignait environ 300 000 (dont 43 000 boeufs de trait) en 1998. Nombre auquel il faut ajouter environ 16 000 ânes pour le transport (Le Masson, Sangaré *et al.* 2001). Pendant l'hivernage, la plupart du bétail est en transhumance dans les zones pastorales autour des zones irriguées de l'Office du Niger, mais comme le montre le , les animaux reviennent vers les zones irriguées entre décembre et mai/juin. Pendant cette période, ils se nourrissent des chaumes laissés dans les champs et l'avantage est qu'ils laissent du fumier utilisé comme engrais. Ils se nourrissent également dans les tas de paille battue.

Tableau 7.1. Variation saisonnière de la présence de bétail dans les champs de riz (casiers)

Tableau 1. Présence du bétail sur les casiers dans le Kala inférieur, selon les mois.

Animaux	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total (mois)
Boeufs de trait	C	C	C	C	C	C	C	C	T	T	T	T/C	8,5 C et 3,5 T
Autres	C	C	C	C	C	C/T	T	T	T	T	T	T/C	6 C et 6 T

C, bétail sur casier ; T, bétail en transhumance.

Le bétail présent dans la zone de l'Office du Niger n'appartient pas aux producteurs eux-mêmes. Pendant la saison sèche, l'abondance relative de fourrage dans le delta attire traditionnellement les éleveurs transhumants venant des régions au nord de l'Office du Niger. La pression croissante exercée sur le fourrage, en partie à cause de la diminution de la pluviométrie, mais surtout due à l'augmentation du bétail, signifie que la vaste zone irriguée de l'Office du Niger est une destination qui attire les éleveurs transhumants et leur bétail.



Figure 7.2. Bovins broutant des chaumes dans les champs de Niono, novembre 2011



La consommation de chaume par leurs animaux et par le bétail transhumant fait partie d'une longue cohabitation traditionnelle entre les paysans et les éleveurs, comme le montre la Figure 7.2, le fumier laissé dans les champs constitue un précieux apport d'engrais organique pour les producteurs, mais le nombre croissant de bétail dans la région crée de plus en plus de tensions et de conflits entre producteurs et éleveurs lorsque le bétail transhumant détruit les cultures. Ces conflits s'intensifient également dans la zone de l'Office du Niger. Ils sont dus principalement à la pratique croissante des cultures de contre-saison. Cela signifie que le bétail peut créer beaucoup de problèmes en détruisant les cultures dans les champs, qu'il s'agisse de légumes, de riz ou autre.

### 7.1.2 Brûlage de la paille dans les champs

Le brûlage de la paille dans les champs est une pratique ancienne à laquelle se sont fortement opposés les agents de vulgarisation agricole de l'Office du Niger, afin de limiter les risques de feux de brousse, de réduire la pollution atmosphérique locale et d'utiliser la paille comme engrais (compostage) ou en l'incorporant dans le sol.

Les réponses aux questionnaires indiquent qu'une quantité considérable de paille (entre 2 et 22 % selon les zones) est encore brûlée dans les champs. Lors des entretiens avec les producteurs et les agents de vulgarisation, ils ont expliqué que les cultivateurs brûlent la paille essentiellement pour se débarrasser de la paille battue entassée sur les digues et réduire le risque de boucher les canaux. Une quantité plus réduite de paille battue est également brûlée pour obtenir des nutriments pour la production maraîchère de légumes et les pépinières de riz.

Outre le brûlage de la paille battue, les chaumes sont brûlés dans les champs pour détruire les mauvaises herbes et faciliter la mise en culture suivante.



Figure 7.3 . Brûlage de la paille dans les champs de l'Office du Niger, novembre 2011 (Photo : Oumar Fatogoma Traoré)

## 7.2 Enquête sur l'utilisation actuelle de la paille de riz dans l'Office du Niger

Dans la présente étude, le potentiel durable de la paille de riz est défini comme étant la quantité de paille actuellement brûlée dans les champs.

Dans le contexte actuel, l'utilisation pour la production d'énergie de la paille utilisée comme fourrage pour le bétail n'est pas considérée comme socialement et économiquement viable.

Par ailleurs, l'utilisation à des fins énergétique de la paille actuellement brûlée dans les champs n'aurait que des impacts positifs évidents, puisqu'elle limiterait la pollution atmosphérique locale grâce à une combustion plus propre dans une chaudière et remplacerait l'utilisation de combustible fossile par exemple par la production d'électricité. L'impact de l'utilisation de la paille actuellement incorporée dans le sol est moins évident. L'étude de l'impact environnemental de l'incorporation de la paille dans le sol, fournie à l'Annexe A, montre que l'utilisation de cette paille comme combustible n'aurait pas de répercussions graves sur la qualité des sols dans la zone concernée. Toutefois, la présente étude ne prend en compte que la fraction de paille actuellement brûlée comme ressource durable.

### 7.2.1 Utilisation finale de la paille battue

L'utilisation finale de la paille battue a été évaluée lors d'une enquête qui a permis d'interroger 300 producteurs sur leur utilisation actuelle de cette paille, comme nous l'avons vu déjà au Chapitre 4. Les résultats de l'enquête couvrant quatre zones sélectionnées dans l'Office du Niger et une zone dans l'Office de Mopti sont présentés dans Tableau 7.2.

Nous avons demandé aux producteurs d'évaluer la part de paille battue correspondant à chacune des catégories ci-dessous. Les résultats ont été obtenus en calculant la moyenne pondérée de l'utilisation de la paille battue dans chaque exploitation considérée. L'enquête a couvert environ 12 % de la production de riz dans les zones concernées.

Tableau 7.2. Utilisation actuelle de la paille de riz dans l'Office du Niger et l'Office de Mopti

Zone	Entretiens	Brûlée dans les champs	Incorporée dans le sol	Fourrage pour leur propre bétail	Fourrage pour le bétail d'autres personnes	Autres usages	Total
Niono	62/20	22%	11%	31%	35%	-	100%
N'Débougou	61	19%	10%	12%	59%	0%	100%
Molodo	60	12%	7%	18%	61%	2%	100%
Kouroumari	Aucun	18%	9%	20%	52%	1%	100%
Bewani	Aucun	18%	9%	20%	52%	1%	100%
Macina	80	2%	35%	38%	21%	4%	100%
Mopti Nord	40	11%	0%	24%	64%	1%	100%

Les zones de Niono, N'debougou et Molodo ont été choisies pour l'enquête sur l'utilisation de la paille et la ville de Niono comme site d'une étude de préfaisabilité d'une centrale électrique à la paille de riz.<sup>4</sup> Les zones de Macina et Mopti Nord ont été ajoutées pour obtenir une vue plus large de l'utilisation de la paille dans d'autres régions. Macina diffère de Niono, N'debougou et Molodo, dans la mesure où cette zone subit plus la pression du bétail transhumant et l'Office de Mopti a un système de production dont le rendement est très inférieur.

L'étude empirique ne donne pas d'informations sur l'utilisation de la paille dans les zones de Kouroumari et Bewani, qui sont situées au nord et au sud des trois zones de Niono, N'debougou et Molodo (voir Figure 6.2). Etant donné que ces deux zones ont des caractéristiques agricoles similaires à celles de Niono, N'debougou et Molodo, la meilleure estimation d'utilisation de la paille dans ces deux zones serait une moyenne de l'utilisation dans les zones de Niono, N'debougou et Molodo. Ces estimations sont présentées dans le Tableau 6.2.

### **7.2.2 Incertitudes et partis pris potentiels**

Les incertitudes et les partis pris les plus probables de cette étude concernent :

- la représentativité des personnes interrogées,
- la compréhension des questions par les personnes interrogées,
- la compréhension et l'interprétation des questionnaires par les enquêteurs,
- les partis pris des enquêteurs,
- les réponses stratégiques

Ces incertitudes sont détaillées ci-après, ainsi que leurs effets spécifiques sur la proportion de paille brûlée et la proportion incorporée dans le sol.

#### **Représentativité**

L'étude visait la stratification en fonction de la taille des exploitations et de la répartition géographique dans les cinq zones étudiées et elle semble y être parvenue. Aucun test n'a été effectué concernant la représentativité en termes de taille de l'exploitation, de niveau de revenus, de niveau d'éducation, de niveau d'organisation ou d'appartenance ethnique, mais sur tous ces points aucun signe de parti pris n'a été constaté.

#### **Compréhension des questions par les personnes interrogées**

Il n'est pas facile de demander à des agriculteurs illettrés d'estimer la proportion de leur production de paille utilisée pour chacune des cinq catégories. Diverses techniques

---

<sup>4</sup> La raison principale est que ces trois zones constituent une zone contiguë importante de production de riz, dont Niono est le centre naturel. Ce choix facilitera le transport de la paille entre les champs et la centrale, et permettra non seulement d'utiliser l'électricité produite localement mais également de la distribuer dans d'autres régions du Mali grâce à la nouvelle ligne prévue entre Niono et Ségou.

d'évaluation participative ont été proposées, par exemple donner à chaque producteur interrogé 10 bâtonnets ou billes pour représenter les proportions. Nous ne savons pas dans quelle mesure ces techniques ont été utilisées lors des entretiens.

### **Compréhension et interprétation des questionnaires par les enquêteurs**

Les enquêteurs ont reçu plusieurs heures de formation et à Niono, N'debougou et Molodo, des entretiens tests ont été réalisés et commentés pour que les enquêteurs comprennent bien les questionnaires de la même manière. La formation reçue par les enquêteurs a été plus courte dans la zone de Macina, où ils ont assisté à un atelier donné par un formateur, et plus haut dans la zone de Mopti Nord, où les entretiens ont été réalisés par les deux consultants du MFC qui étaient responsables de l'étude sur le terrain.

### **Partis pris des enquêteurs**

Il était prévu que les entretiens soient réalisés par deux à quatre enquêteurs par zone afin de limiter au maximum les partis pris dus aux différentes interprétations des questionnaires, à une pré-compréhension différente du sujet traité et à des différences dans les pratiques d'entretien. En fin de compte, pour des raisons pratiques diverses, un seul enquêteur a réalisé les entretiens dans chacune des zones, Niono, N'debougou et Molodo. Il existe donc un risque que les variations observées dans les résultats entre Niono, N'Debougou et Molodo, résulte du parti pris d'un enquêteur plutôt que d'une différence sur le terrain. Par conséquent, il serait peut-être judicieux d'utiliser la moyenne entre les trois zones, qui sont contiguës. Cette moyenne est utilisée comme estimation pour les zones de Kouroumari et Bewani.

### **Réponses stratégiques**

Les réponses stratégiques peuvent être des réponses qui prennent en compte la politique officielle plutôt que la pratique sur le terrain. Par conséquent, il est important d'analyser dans quelle mesure la présence de représentants officiels peut avoir influencé les réponses.

Dans tous les cas, des représentants de l'Office du Niger ont soit réalisé les entretiens, soit été présents lors des entretiens. Il était difficile de l'éviter dans ce contexte et leur participation était acceptée comme les questions n'étaient pas considérées comme sensibles. Toutefois, comme nous l'expliquons un peu plus loin, nous avons constaté que des réponses stratégiques ont sérieusement faussé les premiers résultats concernant les proportions de paille brûlée dans les champs.

### **Incertitudes concernant les proportions de paille brûlée dans les champs**

La première analyse des données a donné le résultat étonnant de moins de 1 % de la paille brûlée dans la zone de Niono, contre 19 et 12 % dans les zones de Molodo et N'debougou. Cette différence ne s'expliquait par aucune bonne raison, donc l'explication la plus évidente était à chercher du côté de l'enquêteur. Par conséquent, il a été décidé que le responsable MFC de l'étude sur le terrain réaliserait 20 enquêtes test à Niono, en essayant d'expliquer, le cas échéant, cette différence.

Résultat intéressant, les 20 nouveaux questionnaires ont indiqué que 22 % de la paille étaient brûlée à Niono. Selon les informations récoltées, les producteurs semblaient avoir donné la réponse stratégique qu'ils ne brûlaient pas de paille dans les champs parce que l'enquêteur était vu comme un représentant de l'Office du Niger qui les encourageait à ne pas brûler la paille et l'avait interdit. Par conséquent, les résultats de Niono présentés dans le Tableau 7.2 sont basés sur les 20 nouveaux questionnaires du suivi.

Si l'on se base sur cet exemple, on peut raisonnablement conclure que la quantité actuellement brûlée est légèrement sous-évaluée dans la mesure où les réponses peuvent être influencées par la campagne officielle contre le brûlage de la paille dans les champs.

### **Incertitudes concernant la quantité de paille incorporée dans le sol**

Une partie de cette étude a consisté à évaluer l'impact environnemental de l'incorporation de paille dans le sol (voir Annexe A). Cette évaluation est basée sur l'étude de terrain réalisée à Macina en 2010. Lors de cette étude qui a porté sur des champs dans lesquels diverses quantités de paille avaient été incorporées dans le sol, le chercheur a constaté que peu de producteurs répandaient réellement la paille battue dans les champs dans le but de l'incorporer dans le sol. Certains la mélangeaient avec du fumier pour faire du compost avant de la répandre. Ce constat ne concorde pas avec les résultats des questionnaires selon lesquels 35 % de la paille est incorporée dans le sol. Cette différence peut s'expliquer, entre autres, par le fait que l'enquêteur (formé par un formateur) a peut-être mal compris la question et demandé quelle était l'utilisation de toute la paille (y compris les chaumes) au lieu de l'utilisation de la paille battue selon ce qui était prévu.

Le fait que 35 à 45 cm de chaumes sont laissés normalement dans les champs dans la zone de Macina peut expliquer que les producteurs ont considéré que 35 % de la paille, y compris les chaumes, était laissée dans les champs et incorporée dans le sol. Si c'est le cas, il est probable que la proportion incorporée dans le sol soit également sous-estimée dans d'autres zones, à cause d'un problème de compréhension similaire, soit par l'enquêteur de manière systématique, soit par certains producteurs.

### **7.3 Potentiel durable de la paille pour la production d'énergie dans l'Office du Niger**

Le potentiel durable de la paille pour la production d'énergie dans l'Office du Niger est basé sur le rendement moyen du riz paddy en 2009 et 2010. Le potentiel technique est défini comme la quantité de paille battue et calculé à partir du rapport uniforme paille/grains de 0,75 pour toutes les zones. La ressource durable est définie comme étant la proportion de paille récoltée actuellement brûlée. Cette proportion varie selon les zones et est évaluée comme décrit à la section 7.2.1.

Tableau 7.3 Potentiels technique et durable de la paille pour la production d'énergie dans l'Office du Niger (tonnes/an)

Zone	Macina	Bewani	Niono	Molodo	Kourou- mari	N'debou -gou	Total
Récolte moyenne 2009-2010	105 455	70 153	85 640	52 081	104 699	85 522	503 549
Rapport paille/grains	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Ressource technique	79 091	52 614	64 230	39 060	78 524	64 141	7 661
Proportion brûlée	2 %	18 %	22 %	12 %	18 %	19 %	15 %
Ressource durable	1 582	9 471	14 131	4 687	14 134	12 187	56 191

La ressource durable pour les trois zones (Niono, N'debougou et Molodo), près de la ville de Niono, est d'environ 31 000 tonnes de paille par an. La ressource technique pour les trois zones est d'environ 167 000 tonnes de paille par an. Les trois zones, Niono, N'debougou et Molodo, situées autour de la ville de Niono sont présentées dans Figure 7.4 ci-dessous.

La zone de Niono comprend les casiers de Kolodougou, Grüber, Retail I, Retail II et Retail III. La zone de N'debougou comprend les casiers de Boloni, Siengo et N'debougou, et la zone de Molodo comprend les casiers de Molodo Sud et Molodo Nord sur la rive ouest du Fala de Niono.

Selon le Schéma Directeur, la superficie cultivée en 2009 et 2010 dans l'Office du Niger est d'environ 77 000 ha et devrait atteindre 220 000 ha d'ici 2020. Cela signifie que la production de riz dans l'Office du Niger pourrait atteindre 1,4 millions de tonnes selon une estimation prudente prévoyant que les rendements resteront constants avec une moyenne de 6,4 tonnes par hectare. La ressource durable future ne peut être évaluée qu'avec un haut degré d'incertitude, mais considérant : i) une production de 1,4 millions de tonnes de riz par an, ii) un rapport paille/grains constant de 0,75 et iii) une proportion constante de paille brûlée de 15 %, le potentiel technique de paille dans l'Office du Niger en 2020 sera de 1,05 millions de tonnes par an et le potentiel durable de 158 000 tonnes par an.

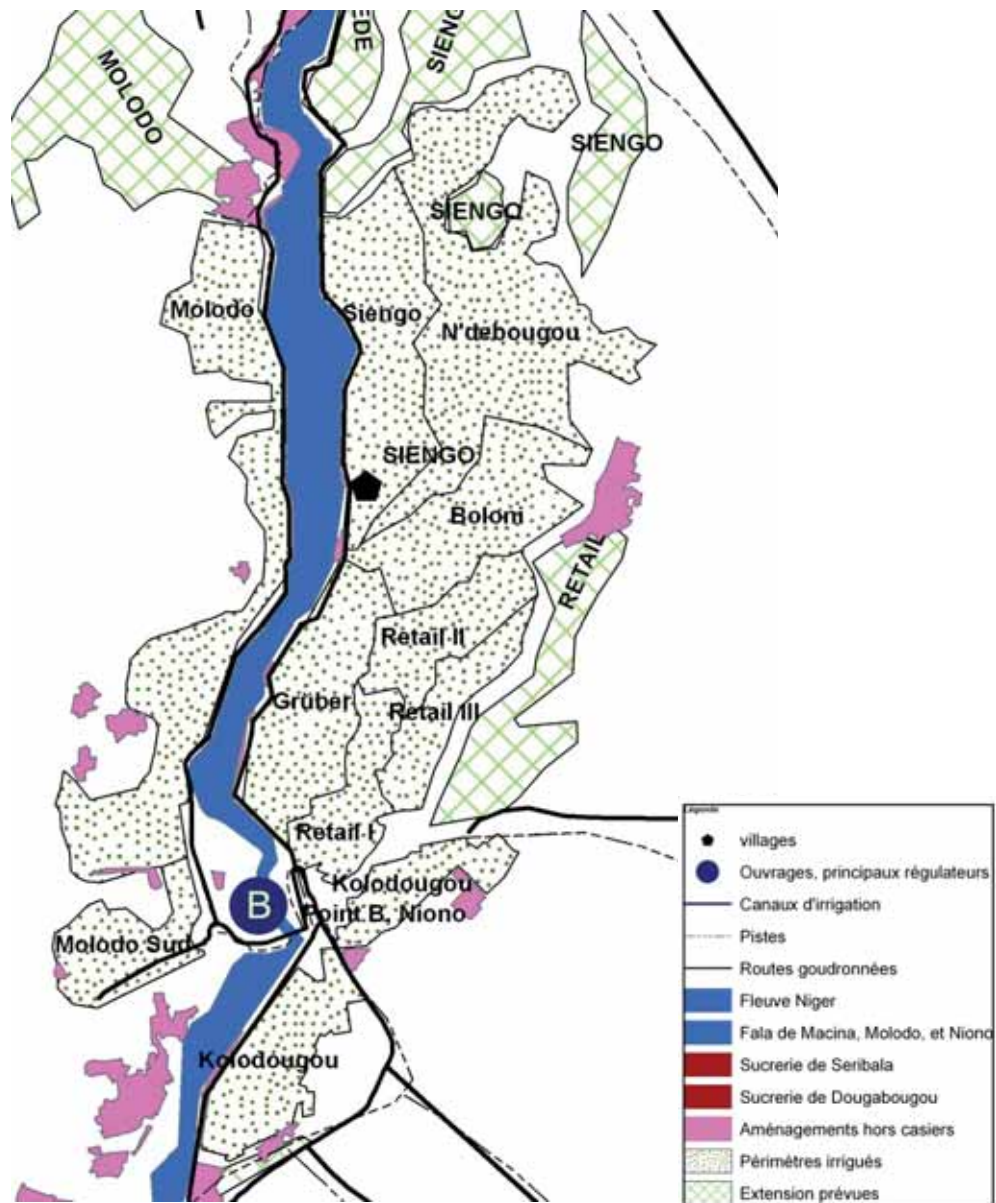


Figure 7.4 . Les trois zones de Niono, N'debougou et Molodo, près de la ville de Niono, située à droite de la signature B. Schéma basé sur les cartes du Schéma Directeur (AGETIER 2004)

## 8 Déchets de la transformation du riz

L'évaluation des déchets de l'agro-industrie sort du cadre du présent projet. Toutefois, tout au long du projet, nous avons reçu plusieurs demandes de prise en compte des balles de riz dans l'évaluation. Nous avons donc décidé d'inclure une étude théorique des ressources tirées des balles de riz disponibles pour la production d'énergie.

Une étude sur les balles de riz pour la production d'électricité financée par l'USAID en 2005 (USAID 2005) nous a apporté de précieux enseignements. Cette étude sera actualisée avec les données les plus récentes concernant la production de riz dans l'Office du Niger et les résultats des travaux sur le terrain.

### 8.1 Décorticage du riz

Jusqu'en 1984, le battage et le décorticage du riz se faisaient entièrement dans des unités appartenant à une entreprise publique, l'Office du Niger. Suite à la privatisation initiée avec le projet ARPON en 1984, les associations paysannes ont reçu de petites batteuses mobiles. En 1990, sur les 144 000 tonnes de paddy produites, 83 000 tonnes étaient traitées à l'aide de batteuses mobiles (Aw and Diemer 2005; 26). De même, les groupements féminins ont reçu des décortiqueuses mobiles en 1988 pour alléger leur fardeau, mais surtout pour affaiblir l'Office du Niger et casser son monopole sur la commercialisation du riz. Depuis, les batteuses et les décortiqueuses mobiles ont été repris principalement par des entreprises privées, et suite à la privatisation, l'Office du Niger a mis fin à ses activités de battage et de décorticage en 1992. Cette privatisation a également entraîné la fermeture de trois gazogènes thermiques à Molodo, Dogofiri et N'Debougou, ainsi que d'une chaudière et d'une turbine à vapeur à Ségou, qui utilisaient tous les balles de riz sortant des moulins pour la production d'électricité à usage interne (Mahin 1989; USAID 2005). USAID 2005). Les gazogènes thermiques de fabrication chinoise (160 kW<sub>el</sub>) de Dogofiri et N'debougou fonctionnaient depuis le début des années 70. L'expérience ayant montré la fiabilité de ces unités, une troisième unité avait été installée à Molodo en 1986, avec l'appui de la GTZ (Mahin 1989). Selon une étude de Stassen (1995), la principale difficulté de ces unités concernait les problèmes non résolus de dégradation de l'environnement à cause des eaux résiduaires contaminées par le goudron provenant de l'épuration du gaz.



Tableau 8.1. Situation des moulins de décortilage du riz appartenant à l'Office du Niger en 2004 (USAID 2005)

Location	Owner	Year Built	Capacity	Distance to Segou	Notes
1. Dioe/Segou	Bakore Silla	(?)	(?)	50 Km	Closed <sup>1</sup>
2. Segou City	Modibo Keita	(?)	50 T/day	0 Km	Working <sup>2</sup>
3. Segou City	Modibo Keita	(?)	75 T/day	0 Km	Closed
4. Kolongo du Macina	Aliou Boubacas Diallo	1948	1200 T/yr	91 Km	Closed
5. Molodo/Niono		1950	30,000 T/yr	113 Km	Closed <sup>3</sup>
6. Dogoferi/Diabali		1968	21000 T/yr	80 Km	Closed
7. Debougou		1976	21000 T/yr	120 Km	Closed
8. Sevare/Mopti	Modibo Keita	1973	6 ~ 9000 T/yr		Not working <sup>4</sup>

## 8.2 Estimation du potentiel technique des balles de riz

Selon Koopmans & Koppejan (1998) les rapports résidus/produits des balles de riz se situent entre 0,2 et 0,35. Dans leur étude pour la FAO, ils se sont basés sur un rapport résidus/produits de 0,267 en se référant à une étude amplement citée de Bhattacharya, Pham (1998). Tripathi, Iyer *et al.* (1998) utilisent un rapport résidus/produits de 0,25 pour l'Inde, et dans une récente étude Shackley, Carter *et al.* (2012) prévoient des quantités de balles de riz atteignant environ 20 % de la production de paddy.

L'étude de l'USAID (2005) se base sur un rapport résidus/produits de 0,21. Compte tenu de ce chiffre et d'une production annuelle nationale de 2 millions de tonnes de paddy entre 2008 et 2011, ainsi que d'une prévision de production nationale de 4 millions de tonnes de paddy d'ici 2020 (Figure 5.3), le potentiel technique des balles de riz pour la production d'énergie est actuellement de 400 000 tonnes, et selon les plans il atteindra environ 800 000 tonnes d'ici 2020.

Compte tenu d'une production annuelle de paddy d'environ 500 000 tonnes en 2009 et 2010 dans l'Office du Niger, qui pourrait atteindre 1,4 millions de tonnes d'ici 2020 selon les estimations de la section 0, le potentiel technique actuel des balles de riz pour la production d'énergie dans l'Office du Niger est d'environ 100 000 tonnes, et pourrait atteindre 280 000 tonnes d'ici 2020.

### 8.3 Estimation du potentiel durable des balles de riz

L'estimation du potentiel durable des balles de riz est moins évidente, car la documentation ne donne que des indications floues sur leur utilisation actuelle. En outre, l'utilisation des balles de riz dépendra de l'application future des technologies de décorticage du riz.

Les décortiqueuses portables actuellement utilisées produisent un mélange de riz brisé, de balles et de son (USAID 2005). Selon une récente étude de l'USAID (2009) évaluant la chaîne de valeur du riz, les décortiqueuses portables sont assez inefficaces et ont un rendement net de 50 à 60 %. La quantité relativement importante de riz brisé présente dans les résidus signifie que ces derniers ont une valeur nutritive relativement élevée pour le bétail, par comparaison avec les balles de riz « pures ». Selon l'USAID (2005), ces résidus sont actuellement rendus aux producteurs qui l'utilisent comme aliment pour le bétail. Toutefois, comme le montre la Figure 8.1, des quantités importantes de ces résidus sont entassées à proximité des décortiqueuses et soit on les brûle, soit on les laisse pourrir.



Figure 8.1 . Décortiqueuse de riz mobile (gauche) et tas de balles de riz (droite) dans le village N4 de Niono (photo : Ivan Nygaard, 2010)

Pour réduire les pertes et améliorer la qualité du riz transformé, de mini moulins de décorticage du riz sont progressivement installés dans l'Office du Niger. L'étude de l'USAID (2005) mentionne 10 de ces mini moulins fonctionnant à Seriwali, à seulement 7 km de Niono, et les projets d'installation de 10 autres moulins dans cette zone. Selon la même source, ces mini moulins sont équipés de rouleaux en caoutchouc et de polisseurs en acier. Ils permettent d'obtenir une meilleure qualité de riz décortiqué (moins de brisures), et deux sous-produits, à savoir les balles de riz et le son. Les 10 mini décortiqueuses de riz produisent environ 15 000 tonnes de balles de riz par an, qui seront disponibles pour la production d'énergie, étant donné que les balles pures ne conviennent pas à l'alimentation animale à cause de leur forte teneur en silice.

En supposant que le marché du décorticage du riz de l'Office du Niger adopte les mini décortiqueuses, le potentiel durable des balles de riz sera le même que le potentiel technique mentionné à la section 8.2 ci-dessus.

L'autre tendance qui pourrait se développer serait la transformation du riz dans de grandes unités centralisées à Ségou ou ailleurs. Cela signifierait que des potentiels techniques importants de balles de riz seraient disponibles au niveau des unités centralisées, où ces résidus pourraient être utilisés pour produire de l'électricité comme cela était déjà le cas avant la privatisation et la décentralisation. L'étude de l'USAID (2005) explore cette possibilité en faisant quelques calculs initiaux.

## 9 Résidus de la production de sucre

Depuis la création de la première plantation de l'Office du Niger en 1962, du sucre est produit et les premières sucreries ont été construites à Dougabougou et Siribala en 1965 et 1974 avec l'aide de la République populaire de Chine (Schreyger 2001)

Sous la dénomination de SUKALA, ces deux unités de production appartiennent depuis 1996 à une entreprise commune associant l'Etat malien (40 %) et la China Light Industrial Corporation for Foreign and Technical Cooperation (CLETC) (60 %). Depuis cette date, la production annuelle est passée de 23 000 à 39 000 tonnes de cannes à sucre, cultivées sur une superficie de 5 700 ha (SUKALA 2010).

Selon Baxter (2011), en 2009, la SUKALA s'est vue attribuer 20 000 ha de terres pour augmenter la production de sucre et commencer la production de bioéthanol. La Figure 9.1 montre la localisation des plantations existantes à Siribala et Dougabougou, ainsi que l'extension de 20 000 ha. L'emplacement des plantations existantes est également indiqué sur la Figure 6.2 et la Figure 6.3.

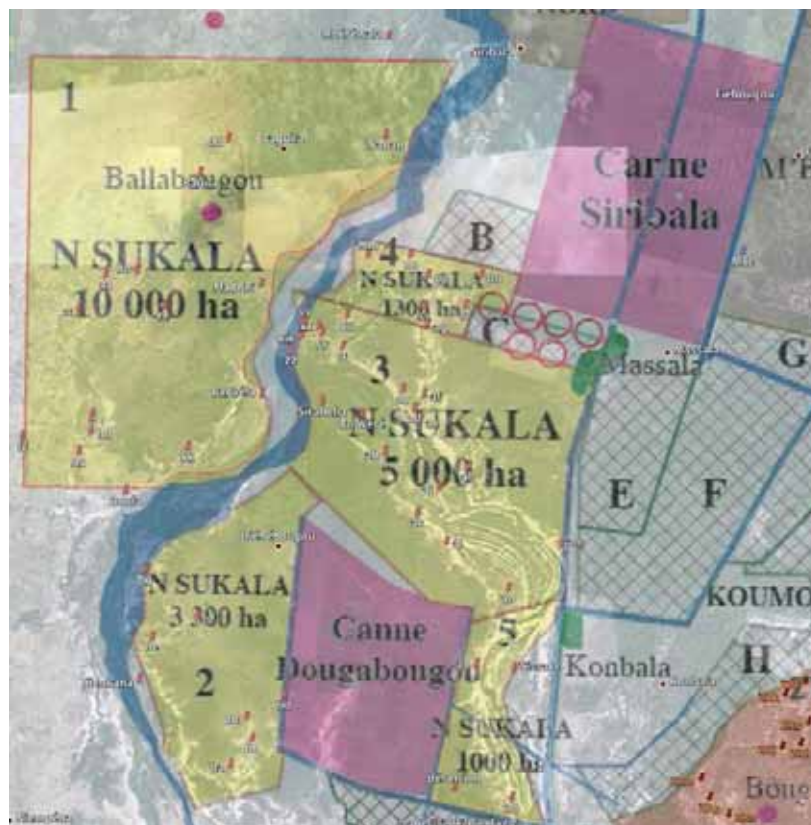


Figure 9.1 . Emplacement des plantations actuelles et futures de la SUKULA (Source : Office du Niger)

Selon un article de Mali Web datant de septembre 2011, les premières 14 000 ha étaient déjà cultivées à cette période et le démarrage d'une nouvelle usine était prévu pour début 2012. La production annuelle est estimée à 100 000 tonnes de sucre par an et 9,6 millions de litres d'alcool (Mali Web 2011).

Un autre projet, SOciété SUcrière de MARkala (SoSuMAR), est en cours d'élaboration depuis plusieurs années et selon un entretien avec la direction en février 2012 (SOSUMAR 2012), l'entreprise était à cette époque en train de conclure l'accord financier, la première production de sucre était prévue pour 2015 et la pleine production pour 2018. Le principal actionnaire de la société est la plus grande société sucrière d'Afrique, Illova Holding, qui a formé un partenariat public privé avec l'Etat malien (6 %). Le projet sera largement appuyé par les bailleurs de fonds et prévoit l'implication financière d'un certain nombre de banques d'investissement, entre autres la Banque africaine de développement (SOSUMAR 2012 ; Baxter 2011)

En 2009, 17 000 ha de terres ont été attribuées à l'entreprise, avec un droit d'extension dans le cadre d'un contrat de bail à long terme. Selon les termes de ce contrat, la production annuelle devrait atteindre 195 000 tonnes de sucre et 15 millions de litres d'éthanol par an. L'extension potentielle n'est pas clairement définie, mais la carte de l'Office du Niger (voir Figure 6.3) indique 39 000 ha (Baxter 2011).

## **9.1 Résidus de la production de sucre**

Les résidus des sucreries, à savoir la bagasse, sont généralement brûlés pour la production de vapeur industrielle et d'électricité dans les unités de production, mais souvent avec un rendement faible dans la mesure où l'électricité excédentaire ne peut pas être revendue au réseau. Dans certains pays tels que Maurice, des réformes institutionnelles ont augmenté considérablement la contribution de l'électricité produite par les sucreries au réseau national (Deenapanray 2009). La section suivante donne plus d'informations sur la production existante et les prévisions de production d'électricité à partir de la bagasse au Mali.

La production de sucre fournit un autre résidu potentiel, à savoir les feuilles. Dans les cas comme celui du Mali, où les cannes à sucre sont récoltées manuellement, les feuilles sont brûlées avant la récolte afin de réduire le poids et de chasser les insectes. En cas de récolte mécanique, les feuilles sont laissées dans les champs sans être brûlées et peuvent être utilisées pour la production d'électricité. Dans le cas de la SOSUMAR, 70 % des cannes seront récoltées manuellement et 30 % mécaniquement. Mais cela pourrait changer avec le temps, dans la mesure où la récolte manuelle est difficile, salissante et dangereuse (SOSUMAR 2012). Bien que l'estimation des quantités précises de ressources n'entre pas dans le champ de la présente étude, les feuilles de canne à sucre peuvent constituer une ressource future importante, qui pourrait être combinée avec la paille et les balles de riz pour la production d'énergie.

## **9.2 Productions existante et prévisionnelle**

Selon les dirigeants de SoSuMAR, une centrale électrique à bagasse de 30 MW<sub>e</sub> sera construite pour leur propre consommation d'énergie industrielle et d'électricité (27 MW<sub>e</sub>) et pour fournir de l'électricité au réseau (3 MW<sub>e</sub>). Un accord d'achat d'électricité a été conclu avec Energie du Mali (EDM). Ce contrat est le premier du genre au Mali, mais aucun détail n'a été divulgué (SOSUMAR 2012).

Lors de l'entretien mentionné ci-dessus, les dirigeants de SUKULA ont indiqué que l'entreprise produit actuellement 5 MW<sub>e</sub> à partir de la bagasse pour sa propre consommation et que lorsque la production atteindra 100 000 tonnes par an comme prévu, une nouvelle centrale de 15 MW<sub>e</sub> sera construite (SOSUMAR 2012).

## **9.3 Conclusion**

Le développement de l'industrie sucrière dans l'Office du Niger offre des opportunités intéressantes dans le cadre de l'utilisation future de la paille et des balles de riz produites dans cette zone. Bien que l'extension de la production de sucre accapare des terres et de l'eau dans l'Office du Niger, risquant de freiner celle de la production de riz, elle pourrait à terme fournir des quantités importantes de matières premières (feuilles) pour une centrale électrique. De plus, et ce n'est pas le moindre intérêt, elle pourrait donner accès à un savoir-faire et une technologie en matière de centrales à vapeur, ce qui pourrait être important pour la construction d'une centrale électrique à paille de riz dans la zone.

## **10 Potentiel technique des tiges de coton à des fins de production énergétique au niveau national**

L'objectif de ce chapitre est d'évaluer le potentiel technique des tiges de coton pour la production d'énergie au niveau national. Le potentiel technique est défini comme étant la quantité actuelle de tiges de coton produite au Mali.

La première section du présent chapitre donne des statistiques détaillées sur la production de coton par région et par zone CMDT, fournies par FAO Stat et la CMDT. Le chapitre suivant évalue le potentiel historique et le potentiel technique actuel des tiges de coton, en se basant sur le rapport estimatif résidus/produits des tiges de coton décrit à la section 3.2.2.

Le potentiel durable des tiges de coton pour la production d'énergie dans la zone CMDT de Koutiala est décrit au Chapitre 11.

### **10.1 Production de coton au Mali**

La Figure 10.1 montre l'évolution de la production de coton et la zone de culture du coton au Mali. La production de coton a atteint un point culminant de 2002 à 2004 avec 600 000 tonnes de coton fibre, mais suite à la baisse des prix départ exploitation, la superficie cultivée et la production ont chuté brutalement, passant de 600 000 tonnes en 2004 à environ 200 000 tonnes en 2008. Depuis lors, le marché semble avoir repris quelque peu et les dernières statistiques datant de 2010 (saison agricole 2010/2011) indiquent une production totale de 261 000 tonnes.

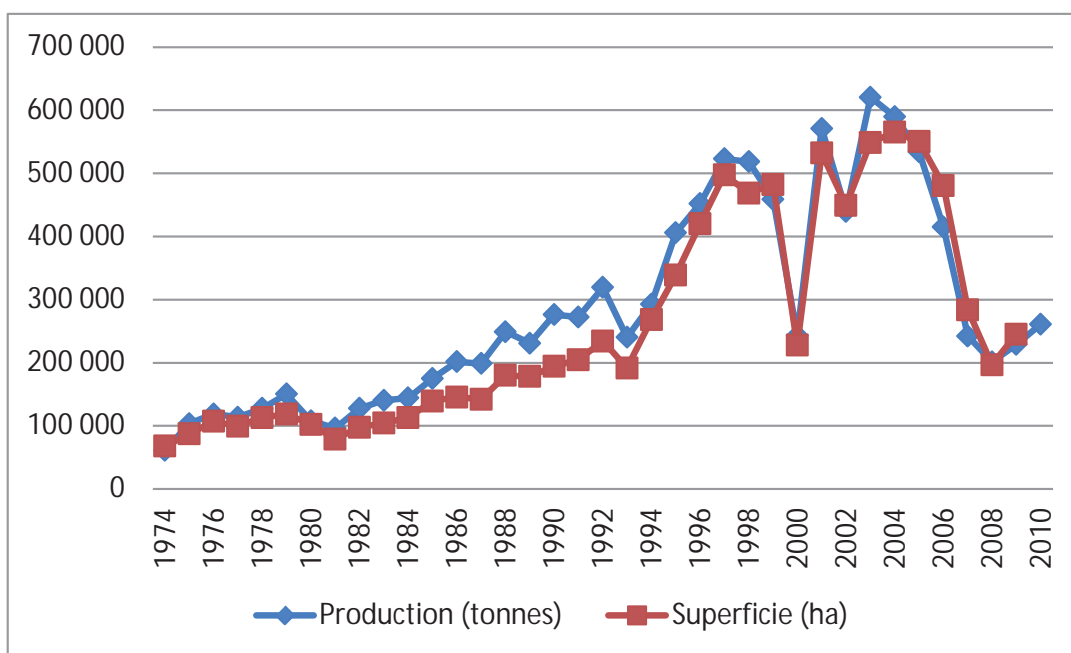


Figure 10.1 . Production de coton fibre et superficies cultivées de 1974 à 2010 (statistiques CMDT et FAO 2012 [www.countrystat.org](http://www.countrystat.org) )

Le coton est cultivé principalement dans les régions de Sikasso, Koulikoro, Ségou et Kayes. Le Tableau 10.1 et la Figure 10.2 montrent la répartition régionale de la production de coton. Des statistiques sur la production de coton sont présentées à l'Annexe B.

Tableau 10.1. Production de coton fibre entre 1984 et 2010 (tonnes) par région (statistiques FAO 2012, [www.countrystat.org](http://www.countrystat.org))

Année	Sikasso	Koulikoro	Ségou	Kayes	Total
2000	158 119	23 054	39 292	22 307	242 772
2001	345 100	134 935	56 000	35 300	571 335
2002	292 341	88 200	23 926	35 255	439 722
2003	404 240	126 406	51 583	38 436	620 665
2004	370 319	130 237	42 143	47 081	589 780
2005	340 765	110 043	39 607	43 728	534 143
2006	262 111	80 596	34 366	37 892	414 965
2007	164 298	42 770	14 156	21 015	242 239
2008	134 815	28 698	23 833	15 350	202 696
2009	160 700	47 000	19 500	9 200	236 400
2010					261 000



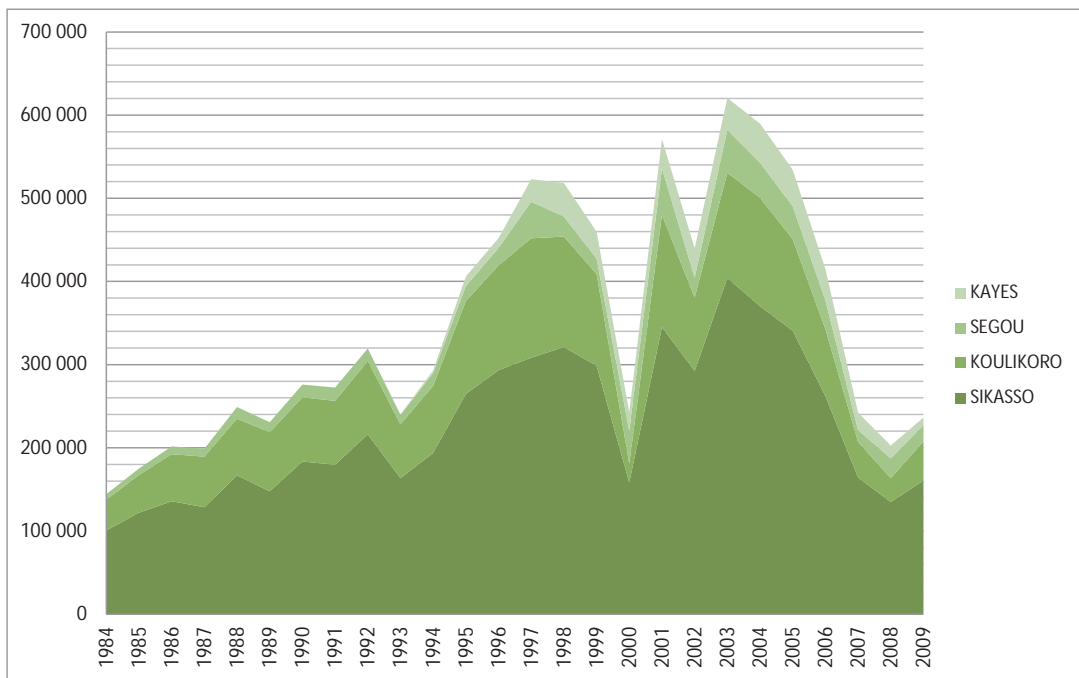


Figure 10.2 . Production de coton fibre par région entre 1984 et 2009- statistiques FAO 2012, [www.countrystat.org](http://www.countrystat.org))

Comme nous pouvons le constater, la production de coton a connu des variations importantes. Le déclin brutal en 2000 résulte du boycott des producteurs mécontents des conditions proposées par la CMDT (Therault 2010; MDSSPAR 2009). La réduction importante de la production entre 2006 et 2009 s'explique par la baisse des prix départ exploitation, comme le montre la Figure 10.3. Cette baisse était due au déclin des cours mondiaux résultant des subventions accordées aux producteurs de coton dans les pays du nord (MDSSPAR 2009), mais étant donné que les fibres de coton sont généralement vendues en USD, le taux de change entre le dollar américain et l'euro joue un rôle important dans la fixation des cours en Afrique de l'ouest francophone (Levrat 2009). La Figure 10.4 montre l'évolution de ce taux de change.

Compte tenu des variations historiques de la production de coton, les auteurs du présent rapport ont préféré s'abstenir de faire des prévisions sur la production future de coton.

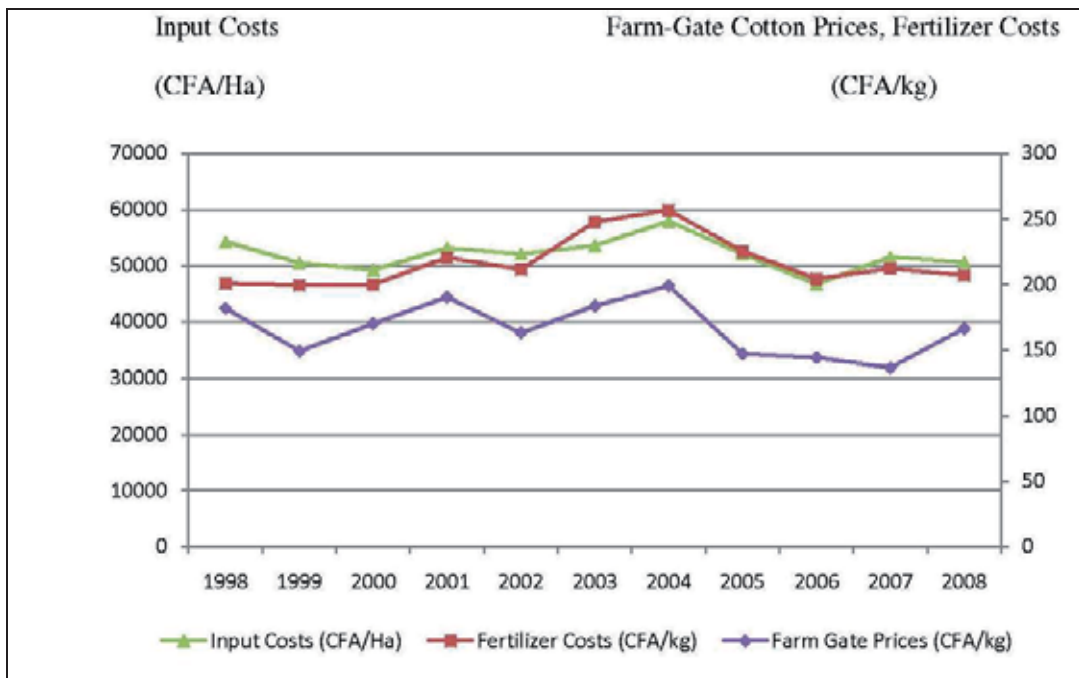


Figure 10.3 . Prix départ exploitation du coton, coûts des engrais et des intrants (Theriatult 2010)

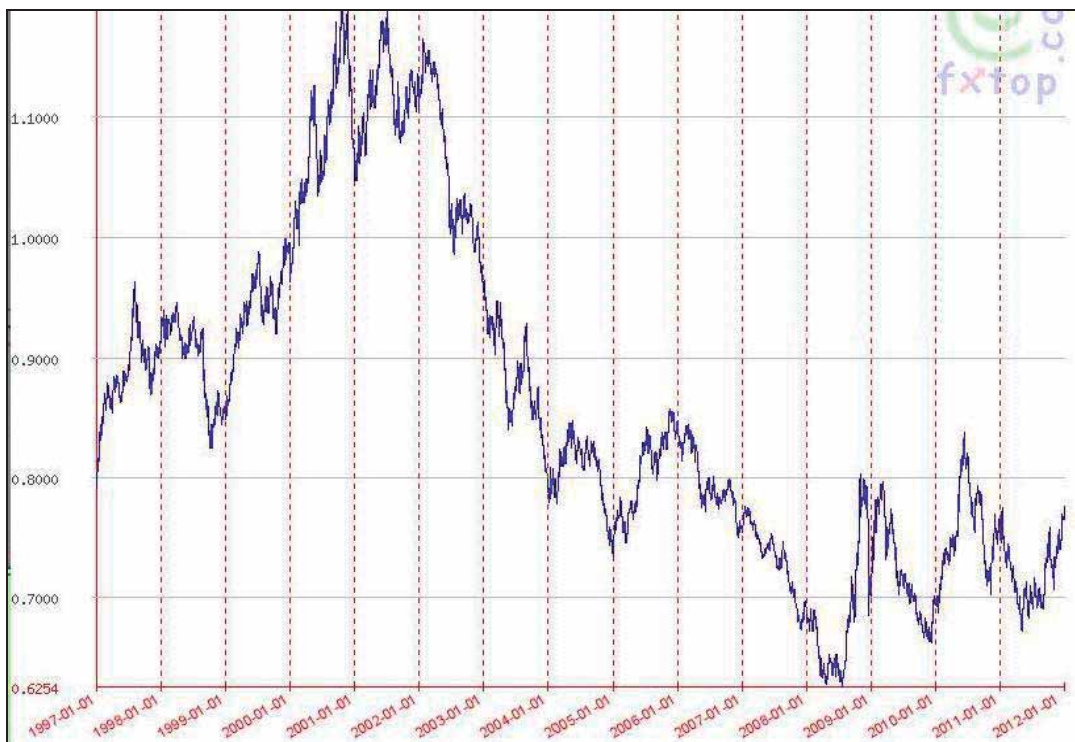


Figure 10.4 . Taux de change entre le dollar américain et l'euro entre 1997 et 2012 (<http://fxtop.com/>)

La CMDT (*Compagnie malienne pour le développement des textiles*), créée en 1974 et en cours de privatisation, détient le monopole de l'achat de la production de coton des producteurs maliens. Elle a créé sa propre délimitation spatiale comprenant des zones et des secteurs représentés par la Figure 10.5

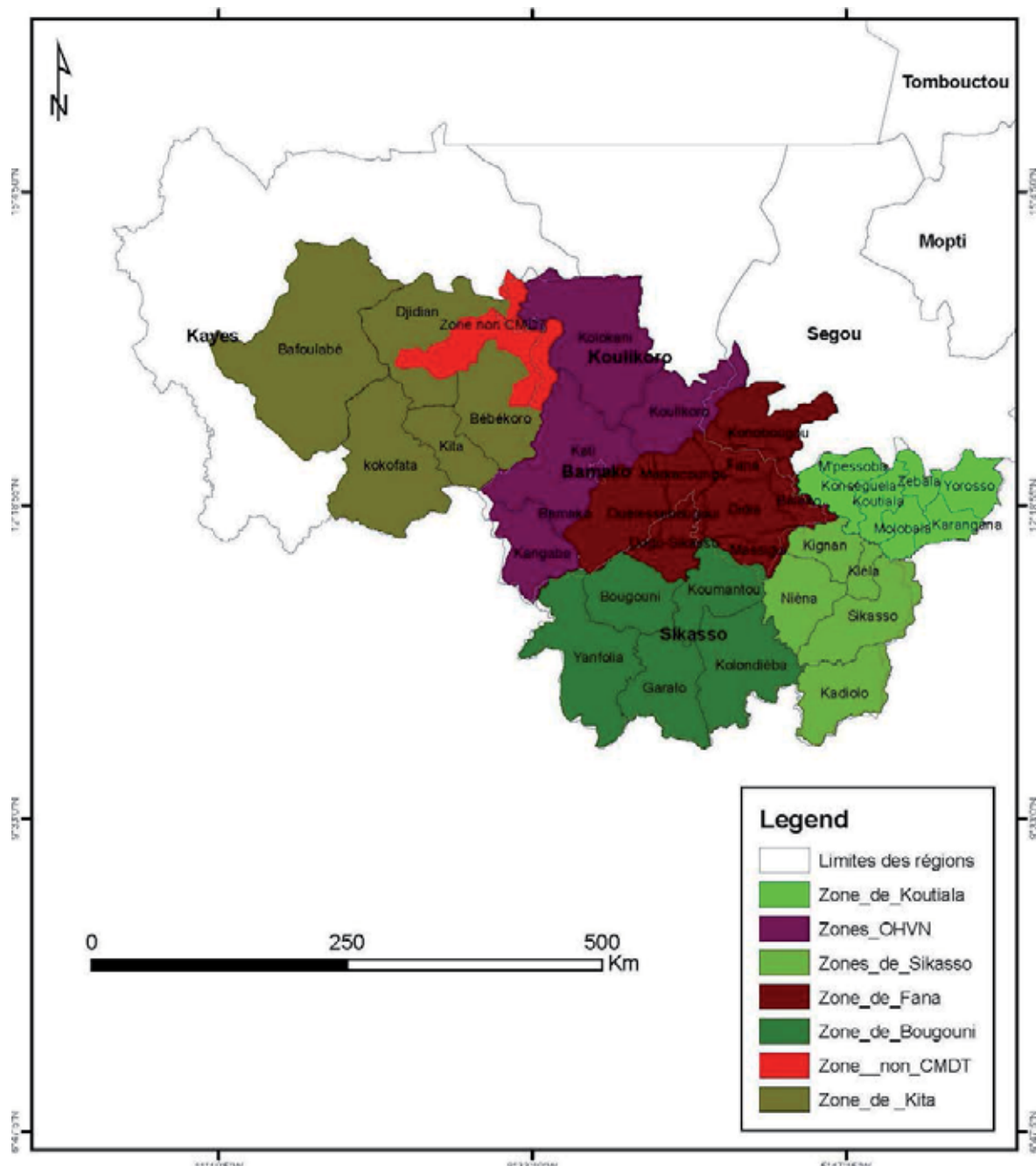


Figure 10.5 . Zones et secteurs définis par la CMDT

Le Tableau 10.2 montre la production annuelle par zone CMDT. L'Annexe B donne des statistiques plus détaillées telles que la production et la superficie cultivée par secteur.

Tableau 10.2. Production de coton fibre entre 2000 et 2008 par zone CMDT (tonnes/an)

Zones CMDT	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09
FANA	9 642	98 443	65 978	98 867	98 660	84 436	70 271	34 046	29 142
BOUGOUNI	19 186	95 016	77 531	100 273	116 110	114 235	90 858	60 752	32 884
SIKASSO	29 652	105 630	112 768	133 994	104 288	105 315	79 358	45 792	29 997
KOUTIALA	108 675	144 038	102 042	169 973	149 921	121 215	91 895	57 754	72 855
SAN	40 059	56 304	23 926	51 583	42 143	39 607	28 288	12 486	22 735
KITA	22 427	36 036	35 255	38 436	46 912	43 588	37 831	21 015	9000
T. CMDT	229 641	535 467	417 500	593 126	558 034	508 396	398 501	231 845	196 613
SOS KBK					169	140	61		
OHVN <sup>5</sup>	13 085	35 522	22 222	27 539	31 577	25 607	16 403	10 393	4 849
Total Mali	242 726	570 989	439 722	620 665	589 780	534 143	414 965	242 238	201 462

Le Tableau 10.2 et la Figure 10.6 montrent que Koutiala est la zone CMDT où la concentration de production de coton est la plus élevée.

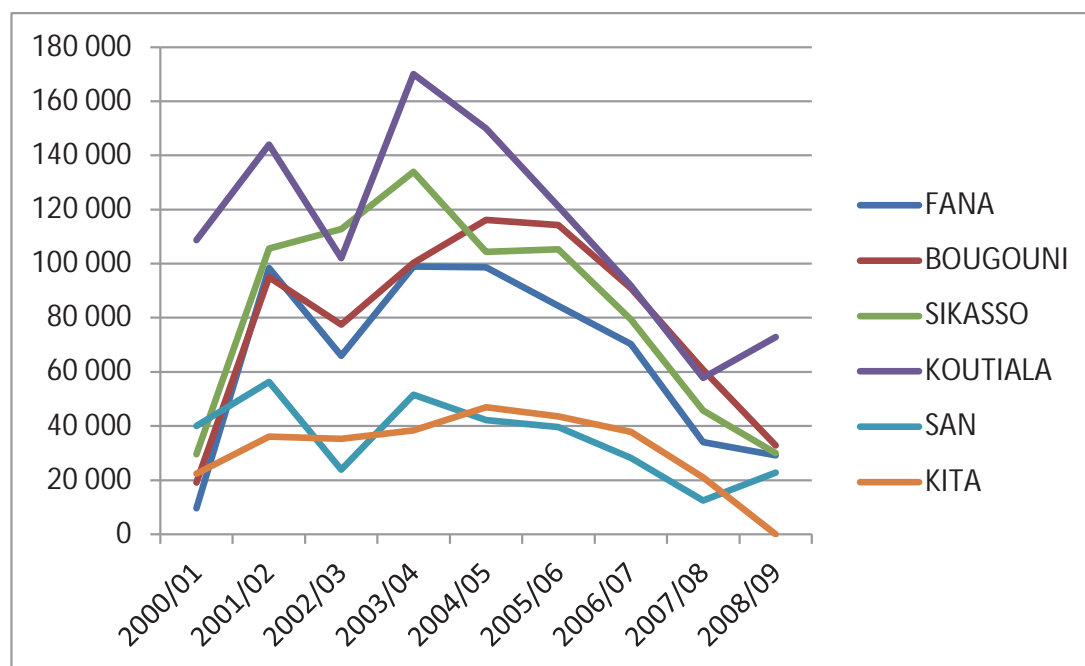


Figure 10.6 . Production de coton fibre par secteur CMDT (tonnes par an)

5 (Office de la Haute Vallée du Niger)

Par conséquent, l'utilisation future des tiges de coton pour la production d'énergie sera probablement située à Koutiala et cette zone a donc été choisie pour l'étude plus détaillée de l'utilisation existante des tiges de coton destinée à déterminer le potentiel durable des tiges de coton pour la production d'énergie. Le Tableau 10.3 donne des statistiques de production détaillées pour la zone CDMT de Koutiala.

Tableau 10.3. Production de coton entre 2000 et 2008 à Koutiala, par secteur (tonnes/an)

Secteur	2000/0	2001/0	2002/0	2003/0	2004/0	2005/0	2006/0	2007/0	2008/0
CMDT	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Konséguéla		14 506	6 676	17 012	11 829	12 575	9 918	2 747	4 650
Koutiala	25 623	23 858	12 868	24 605	22 706	17 421	13 974	7 749	9 570
M'Pessoba	16 839	24 488	10 880	23 444	15 694	17 544	13 587	4 405	7 248
Molobala	15 643	22 381	20 379	29 030	27 068	20 526	13 118	6 491	7 216
Zébala	14 497	19 667	12 012	18 845	19 851	13 830	10 331	10 650	11 671
Karangana	21 379	21 495	23 887	32 504	32 557	21 458	16 890	13 626	17 028
Yorosso	14 694	17 643	15 340	24 533	20 216	17 861	14 077	12 086	15 472
KOUTIALA	108 675	144 038	102 042	169 973	149 921	121 215	91 895	57 754	72 855

## 10.2 Potentiel technique des tiges de coton pour la production d'énergie

L'estimation du potentiel technique des tiges de coton pour la production d'énergie au Mali repose sur la production de coton fibre présentée à la section 10.1 ci-dessus et sur le rapport résidus/produits estimatif moyen de 2 déterminé à la section 3.2.2. Le Tableau 10.1 présente la production de tiges de coton (potentiel technique) entre 2000 et 2010.

Tableau 10.4. Potentiel technique des tiges de coton entre 2000 et 2010 (tonnes) par région

Année	Sikasso	Koulikoro	Ségou	Kayes	Total
2000	316 238	46 108	78 584	44 614	485 544
2001	690 200	269 870	112 000	70 600	1 142 670
2002	584 682	176 400	47 852	70 510	879 444
2003	808 480	252 812	103 166	76 872	1 241 330
2004	740 638	260 474	84 286	94 162	1 179 560
2005	681 530	220 086	79 214	87 456	1 068 286
2006	524 222	161 192	68 732	75 784	829 930
2007	328 596	85 540	28 312	42 030	484 478
2008	269 630	57 396	47 666	30 700	405 392
2009	321 400	94 000	39 000	18 400	472 800
2010					522 000

La Figure 10.7 montre l'évolution de la production de tiges de coton (potentiel technique) depuis 1984. Elle montre clairement que la région de Sikasso est la principale région de production du coton et qu'en quelques années, elle a connu des variations très importantes. Il est primordial de prendre en compte ces variations, principalement dues aux fortes répercussions des fluctuations des cours mondiaux sur les prix départ exploitation, lorsqu'on projette d'utiliser des tiges de coton pour produire de l'énergie. La chute brutale de la production en 2000 résulte du boycott des producteurs mécontents des conditions proposées par la CMDT. La répartition régionale des tiges de coton est illustrée par la Figure 10.8 sur la base des statistiques du Tableau 10.4.

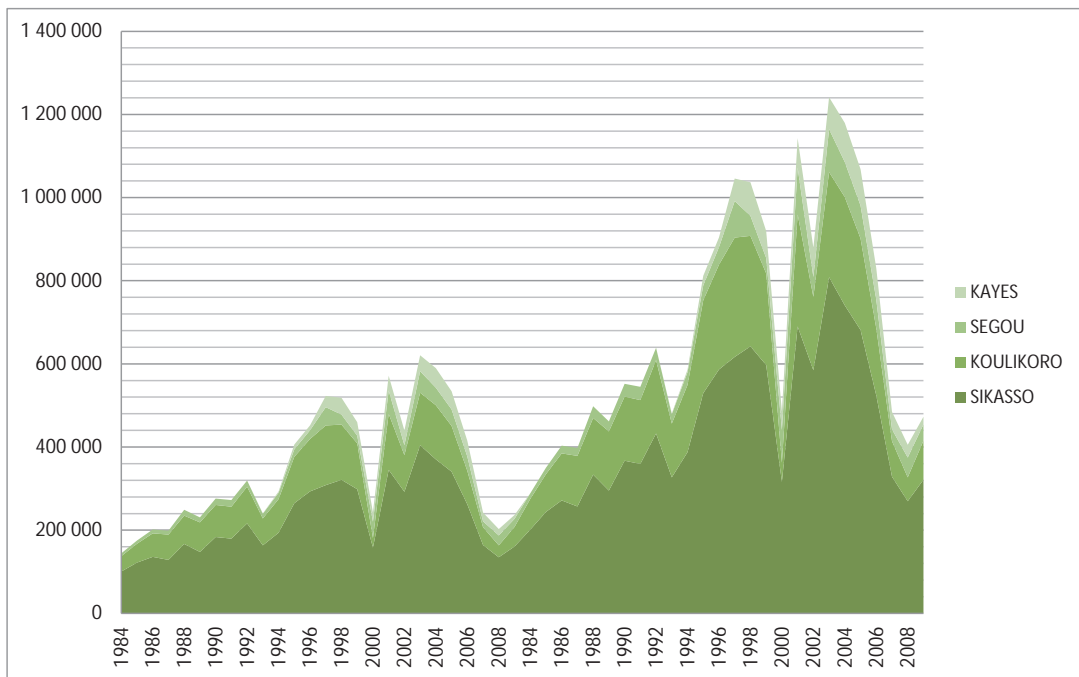


Figure 10.7 . Potentiel technique des tiges de coton par région entre 1984 et 2009 (tonnes par an)

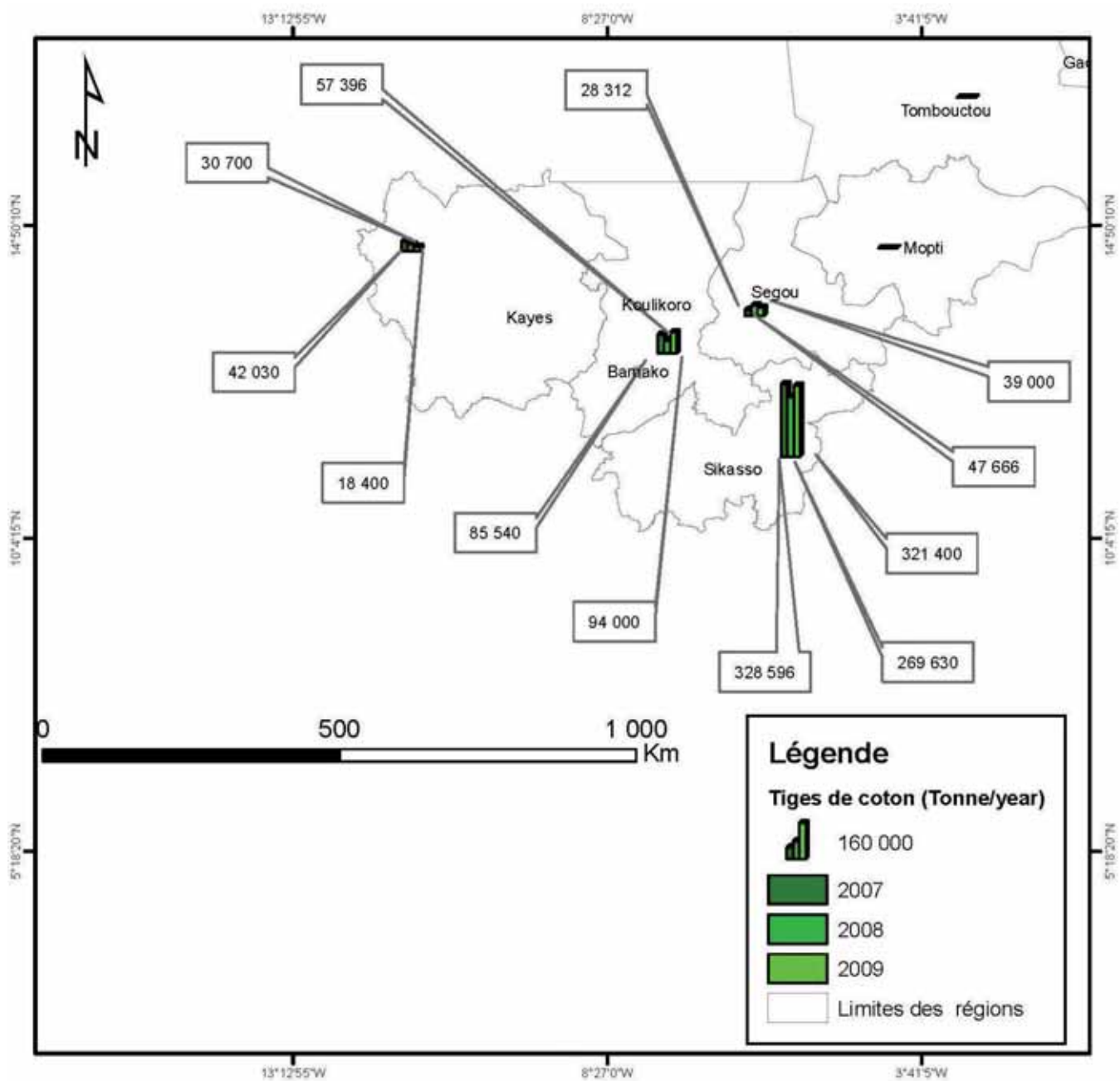


Figure 10.8 . Potentiel technique des tiges de coton par région entre 2007 et 2009

Le Tableau 10.5 présente le potentiel technique des tiges de coton dans les zones CMDT entre 2000 et 2008.

Tableau 10.5. Production de tiges de coton entre 2000 et 2008 dans les zones CMDT (tonnes/an)

Zone CMDT	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09
FANA	19 284	196 886	131 956	197 734	197 320	168 872	140 542	68 092	58 284
BOUGOUNI	38 372	190 032	155 062	200 546	232 220	228 470	181 716	121 504	65 768
SIKASSO	59 304	211 260	225 536	267 988	208 576	210 630	158 716	91 584	59 994
KOUTIALA	217 350	288 076	204 084	339 946	299 842	242 430	183 790	115 508	145 710
SAN	80 118	112 608	47 852	103 166	84 286	79 214	56 576	24 972	45 470
KITA	44 854	72 072	70 510	76 872	93 824	87 176	75 662	42 030	18
Total CMDT	459 282	1 070 934	835 000	1 186 252	1 116 068	1 016 792	797 002	463 690	393 226
SOS KBK	0	0	0	0	338	280	122	0	0
OHVN	26 170	71 044	44 444	55 078	63 154	51 214	32 806	20 786	9 698
Total Mali	485 452	1 141 978	879 444	1 241 330	1 179 560	1 068 286	829 930	484 476	402 924

Le Tableau 10.6 et la Figure 10.9 montrent le potentiel technique des tiges de coton des secteurs de la zone de Koutiala.

Tableau 10.6. Potentiel technique des tiges de coton entre 2000 et 2008 à Koutiala, par secteur (tonnes/an)

Secteur CMDT	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09
Konséguéla	0	29 012	13 352	34 024	23 658	25 150	19 836	5 494	9 300
Koutiala	51 246	47 716	25 736	49 210	45 412	34 842	27 948	15 498	19 140
M'Pessoba	33 678	48 976	21 760	46 888	31 388	35 088	27 174	8 810	14 496
Molobala	31 286	44 762	40 758	58 060	54 136	41 052	26 236	12 982	14 432
Zébala	28 994	39 334	24 024	37 690	39 702	27 660	20 662	21 300	23 342
Karangana	42 758	42 990	47 774	65 008	65 114	42 916	33 780	27 252	34 056
Yorosso	29 388	35 286	30 680	49 066	40 432	35 722	28 154	24 172	30 944
KOUTIALA	217 350	288 076	204 084	339 946	299 842	242 430	183 790	115 508	145 710



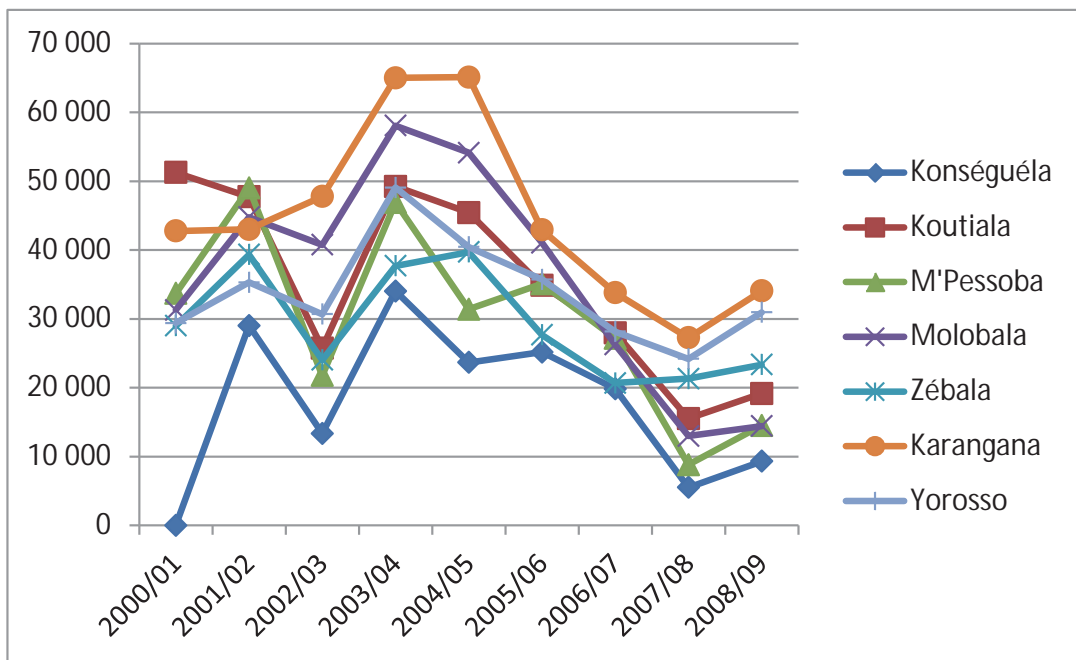


Figure 10.9 . Potentiel technique des tiges de coton par secteur dans la zone de Koutiala (1000 tonnes par an)

Pour plus de détails sur le potentiel technique des secteurs des autres zones CMDT, veuillez consulter les statistiques détaillées à l'Annexe B et utiliser le rapport résidu/produits défini à la section 3.2.2.

Compte tenu des grandes variations qu'a connu la production de tiges de coton au cours des dernières années, il ne nous a pas été possible d'établir des prévisions sur les productions futures.

## **11 Potentiel durable des tiges de coton pour la production d'énergie dans la zone de Koutiala**

Le présent chapitre décrit le potentiel durable des tiges de coton pour la production d'énergie dans la zone CMDT de Koutiala. Ce potentiel durable est évalué sur la base d'une étude sur le terrain menée dans tous les secteurs de la zone de Koutiala en 2010. Dans ce contexte, il est défini comme étant la proportion des tiges de coton qui sont actuellement brûlées.

### **11.1 Utilisation actuelle des tiges de coton**

Pendant des années, les tiges de coton ont été brûlées dans les champs pour faciliter la récolte suivante et réduire les risques de maladies transmises par les résidus. Puis pendant de nombreuses années, les agents de vulgarisation ont déconseillé le brûlage pour réduire les risques de feux de brousse et la pollution atmosphérique, en encourageant les producteurs à recycler la matière organique en l'incorporant dans le sol. Une partie des tiges sont toujours brûlées, mais la plus grande partie est utilisée actuellement à différentes fins, notamment :

#### 1) Litières dans les enclos du bétail

La nuit, le bétail est enfermé dans des enclos. Les producteurs récupèrent le fumier dans les enclos et l'utilisent comme engrais en le répandant dans les champs à proximité. Les agents de vulgarisation conseillent aux producteurs de récupérer les tiges de coton et de les utiliser comme litières dans les enclos afin d'augmenter la teneur organique de l'engrais.

#### 2) Compost

Diverses techniques de compostage, notamment un mélange de fumier et de tiges de coton, sont utilisées pour obtenir un engrais organique pour les cultures.

#### 3) Protection des sols

Une partie des tiges est directement incorporée dans le sol pour enrichir les matières organiques.

#### 4) Mesures contre l'érosion des sols (fascines)

Les tiges de coton sont utilisées pour créer des barrières autour des champs afin de retenir l'eau et les protéger contre l'érosion qu'elle provoque.

#### 5) Engrais (potassium)

Les tiges de coton sont collectées et brûlées pour obtenir des cendres à forte teneur en potassium. Ces cendres sont ensuite distribuées comme engrais.

Il n'existe pas d'évaluation de l'utilisation des tiges de coton au Mali. Par conséquent, une étude portant sur 100 producteurs a été réalisée afin d'obtenir une première estimation de l'utilisation actuelle des tiges de coton. Le Tableau 11.1 présente les résultats de cette étude.

Le pourcentage de chaque secteur est basé sur une moyenne pondérée prenant en compte la production de chaque producteur.

Tableau 11.1. Utilisation actuelle des tiges de coton dans la zone de Koutiala, basée sur l'étude

Secteur CMDT	Entre- tiens	Litièr es	Com- post	Tiges brûlées	Tiges in- corporées dans le sol	Fas- cines	Po-tas- sium	Total
Konségula	10	27 %	61 %	2 %	5 %	0 %	4 %	100 %
Koutiala	20	53 %	28 %	7 %	7 %	0 %	5 %	100 %
M'Pessoba	10	17 %	11 %	59 %	0 %	0 %	12%	100 %
Molobala	15	62 %	25 %	0 %	2 %	1 %	10%	100 %
Zébala	10	19 %	40 %	33 %	0 %	0 %	8 %	100 %
Karangana	25	41 %	50 %	0 %	1 %	4 %	4 %	100 %
Yorosso	10	55 %	37 %	0 %	1 %	1 %	6 %	100 %
KOUTIALA	100	41 %	37 %	12 %	2 %	1 %	7 %	100 %

Ce tableau montre que 12 % en moyenne des tiges de coton sont brûlées, 41 % sont utilisées comme litières, 37 % pour le compost, 7 % pour le potassium, 2 % sont incorporées dans le sol et seulement 1 % sont utilisées pour éviter l'érosion des sols. Aucune autre utilisation n'a été mentionnée dans les questionnaires.

Les tiges de coton concernées par l'enquête représentent 0,7 % de la quantité totale produite dans la zone de Koutiala. Par conséquent, les résultats doivent être considérés comme essentiellement indicatifs.

Les variations importantes des chiffres d'un secteur à un autre peuvent, en grande partie, être dues au petit nombre de questionnaires pour chaque secteur. Toutefois, comme dans le cas de l'enquête similaire réalisée pour la paille et présentée à la section 7.2.2, il existe un risque de parti pris lié aux facteurs suivants :

- la représentativité des personnes interrogées,
- Compréhension des questions par les personnes interrogées
- Compréhension et interprétation des questionnaires par les enquêteurs
- Partis pris des enquêteurs
- Réponses stratégiques

### **Représentativité**

L'étude visait une stratification spatiale au sein des sept zones concernées par l'enquête sur le terrain et semble y être parvenue. Aucun test n'a été effectué concernant la représentativité en termes de taille de l'exploitation, de niveau de revenus, de niveau d'éducation, de niveau d'organisation ou d'appartenance ethnique, mais sur tous ces points aucun signe de parti pris n'a été constaté.

### **Compréhension des questions par les personnes interrogées**

Il n'est pas facile de demander à des paysans illettrés d'estimer la proportion de leur production de tiges utilisée pour chacune des cinq catégories. Diverses techniques d'évaluation participative ont été proposées, par exemple donner à chaque producteur interrogé 10 bâtonnets ou billes pour représenter les proportions. Nous ne savons pas dans quelle mesure ces techniques ont été utilisées.

### **Compréhension et interprétation des questionnaires par les enquêteurs**

Les enquêteurs ont reçu une formation dispensée par le responsable de l'unité de formation de la CMDT, qui lui-même avait été formé par le responsable du Mali Folkecenter. Cette démarche de formation par des formateurs peut avoir engendré une interprétation légèrement différente des questionnaires.

### **Partis pris des enquêteurs**

Il était prévu que les entretiens soient réalisés par plusieurs enquêteurs par secteur afin de limiter au maximum les partis pris dus aux différentes interprétations des questionnaires, à une pré-compréhension différente du sujet traité et à des différences dans les pratiques d'entretien. Comme le montre le Tableau 4.3, dans quatre des sept secteurs, tous les entretiens ont été réalisés par une seule personne. Dans les secteurs de Koutiala, Moloba et M'Pessoba, les entretiens ont été réalisés par deux ou plus de deux enquêteurs.

Nous avons constaté que dans deux des trois secteurs où les questionnaires indiquent que les tiges de coton ne sont pas brûlées, un seul enquêteur a réalisé les entretiens, ce qui peut indiquer une différence liée à l'enquêteur plutôt qu'aux pratiques. Mais dans le troisième secteur dans lequel les tiges ne seraient pas brûlées, Molobala, cette donnée est basée sur 15 entretiens réalisés par trois enquêteurs différents.

### **Réponses stratégiques**

Dans tous les cas, les entretiens ont été réalisés par des représentants de la CMDT. Cela signifie que les personnes interrogées ont peut-être donné des réponses stratégiques pour faire plaisir à l'enquêteur ou éviter de donner une image négative. Comme dans le cas de l'utilisation de la paille, les producteurs ont peut-être eu du mal à « admettre » qu'ils brûlaient les tiges, dans la mesure où ce n'était pas recommandé par les agents de vulgarisation de la CMDT. Les variations importantes dans la proportion de tiges brûlées

(entre 60 % et 33 % pour les proportions les plus élevées, et zéro dans trois zones) peuvent être attribuées à des réponses stratégiques.

### **Incertitudes concernant les proportions de tiges brûlées dans les champs**

Comme l'a montré l'étude sur l'utilisation de la paille, il est possible que les résultats présentés dans le Tableau 11.1 sous-estiment la proportion de tiges de coton brûlées dans les champs. En effet, les résultats montrent des variations très importantes, certains enquêteurs peuvent avoir eu un parti pris et il est fort possible que certains producteurs aient donné les réponses stratégiques qu'ils pensaient que les enquêteurs voulaient entendre.

## **11.2 Potentiel durable des tiges de coton pour la production d'énergie dans la zone de Koutiala**

Dans la présente étude, le potentiel durable des tiges de coton est défini comme la proportion de tiges actuellement brûlées. Selon les chiffres obtenus, environ 12 % des tiges sont actuellement brûlées. Etant donné que ce pourcentage s'applique aussi aux autres zones de production de coton, le potentiel durable des tiges de coton pour la production d'énergie est approximativement de 48 000 tonnes au niveau national et de 9 000 tonnes dans la zone de Koutiala.

Compte tenu des résultats de l'enquête et de la production de tiges de coton en 2008/09, l'utilisation actuelle des tiges dans la zone de Koutiala est présentée dans Tableau 11.2.

*Tableau 11.2. Utilisation actuelle du potentiel technique des tiges de coton en 2008, sur la base des résultats de l'étude*

Secteur CMDT	Tiges de coton produites	Litières	Compost	Tiges brûlées	Tiges incorporées dans le sol	Fascines	Potas-sium
Konségula	9 300	2 539	5 714	210	464	1	373
Koutiala	19 140	10 102	5 331	1 401	1 416	-	891
M'Pessoba	14 496	2 500	1 590	8 616	-	-	1 790
Molobala	14 432	9 009	3 541	-	340	146	1 396
Zébala	23 342	4 537	9 305	7 662	-	-	1 838
Karangana	34 056	13 811	16 984	-	459	1 488	1 314
Yorosso	30 944	17 109	11 489	65	164	243	1 873
Koutiala	145 710	59 607	53 954	17 953	2 844	1 878	9 474

## 12 Bibliographie

Abdallah, M. H. (1991): 'Energy potential from economically available crop residues in the Sudan'. *Energy*, vol. 16, no. 8, pp. 1153-1156.

AGETIER (2004): *Etude du Schéma Directeur de Développement pour la Zone de l'Office du Niger (Étape Finale): Document 2a, Plan d'action*, Agence d'Exécution des Travaux d'Infrastructures et d'Équipements Ruraux (AGETIER) MALI, Consultants for Development Programmes, (CDP), Segou, Mali.

Aw, D. & Diemer, G. (2005): *Making a large irrigation scheme work: A case study from Mali*. Washington: World Bank.

BAD (2010): *Stratégie de développement de la maîtrise de l'énergie au Mali*, Groupe de la Banque Africaine de Développement (BAD), <http://www.afdb.org/en/>.

Baxter, J. (2011): *Understanding land investments in Africa. Country report: Mali*, The Oakland Institute, <http://allafrica.com/download/resource/main/main/idatcs/00021029:0d0f31641207deae38bb314ff8a1bccd.pdf>.

Bhattacharya, S. C.; Pham, H. L.; Shrestha, R. M. *et al.* (1993): *CO<sub>2</sub> emissions due to fossil and traditional fuels, residues and wastes in Asia*, AIT workshop on Global Warming Issues in Asia, 8-10 September 1992, AIT, Bangkok, Thailand.

Brondeau, F. (2011): 'L'agrobusiness à l'assaut des terres irriguées de l'office du Niger (Mali)'. *Cah Agric*, vol. 20, no. 1-2, pp. 136-143.

Coates, W. (2000): 'Using cotton plant residue to produce briquettes'. *Biomass and Bioenergy*, vol. 18, no. 3, pp. 201-208.

Deenapanray, P. (2009): 'Bagasse cogeneration in Mauritius: Policy lessons for African countries' in UNDP(ed.): *Bio-carbon opportunities in Eastern & Southern Africa: Harnessing Carbon Finance to Promote Sustainable Forestry, Agro-Forestry and Bio-Energy*, New York: United Nations Development Programme, pp. 208-216

FAO (2007): *Rice and climate change*, Factsheet. FAO, Rome ([http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Rice/rice\\_fact\\_sheet.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Rice/rice_fact_sheet.pdf)).

Gadde, B.; Menke, C. & Wassmann, R. (2009): 'Rice straw as a renewable energy source in India, Thailand, and the Philippines: Overall potential and limitations for energy contribution and greenhouse gas mitigation'. *Biomass and Bioenergy*, vol. 33, no. 11, pp. 1532-1546.

Hepbasli, A.; Utlu, Z. & Akdeniz, R. C. (2007): 'Energetic and exergetic aspects of cotton stalk production in establishing energy policies'. *Energy Policy*, vol. 35, no. 5, pp. 3015-3024.

Hydro-PACTE (2010): *Les bases de l'opérationnalisations: point d'exécution du SDDZON sur la période 2005-2009: Présentation no. 2*, Présentation à Forum sur l'Office du Niger, 19 Avril 2010.

Jingura, R. M. & Matengaifa, R. (2008): 'The potential for energy production from crop residues in Zimbabwe'. *Biomass and Bioenergy*, vol. 32, no. 12, pp. 1287-1292.

Koopmans, A. & Koppejan, J. (1998): *Agricultural and forest residues - generation, utilization and availability*, FAO, Paper presented at the Regional Consultation on Modern Applications of Biomass Energy, 6-10 January 1997, Kuala Lumpur, Malaysia.

Le Masson, A.; Sangaré, Y. & Ducrot, R. (2001): 'Le rôle de l'élevage dans l'intensification: Le bétail, outil de travail et source de fumure' in Kuper, M. & Tonneau, J.-P.(eds.): *Office de Niger, grenier à riz du Mali: Succès économiques, transitions culturelles et politiques de développement*, Paris: Karthala, pp. 125-126

Levrat, R. (2009): *Le coton dans la zone franc depuis 1950 - Un succès remis en cause*. Paris: l'Harmattan.

MA (2009): *Stratégie nationale de développement de la riziculture*, Ministère de l'agriculture, République du Mali, [http://www.jica.go.jp/english/operations/thematic\\_issues/agricultural/pdf/mali\\_fr.pdf](http://www.jica.go.jp/english/operations/thematic_issues/agricultural/pdf/mali_fr.pdf).

Mahin, D. B. (1989): 'Economic analysis of a husk-fueled gasifier power plant at a rice mill in Africa'. *Biomass*, vol. 19, no. 1-2, pp. 57-60.

Mali Web (2011): *Sukala Sa de N'Bewani : Une production annuelle de 100 000 tonnes de sucre attendue*, <http://www.maliweb.net/news/office-du-niger/2011/09/27/article,29247.html>.

Matsumura, Y.; Minowa, T. & Yamamoto, H. (2005): 'Amount, availability, and potential use of rice straw (agricultural residue) biomass as an energy resource in Japan'. *Biomass and Bioenergy*, vol. 29, no. 5, pp. 347-354.

MDSSPAR (2009): *Contribution du coton a la croissance économique au Mali*, Ministère du développement social de la solidarité et des personnes âgées République du Mali (MDSSPAR) [http://www.odhd-mali.org/publications/Rapport%20contribu+coton+croiss+ODHD+\[V6\]\\_08\\_07\\_2009+Valid+e.pdf](http://www.odhd-mali.org/publications/Rapport%20contribu+coton+croiss+ODHD+[V6]_08_07_2009+Valid+e.pdf), (accessed 04.10.12).

MMEE (2007): *Stratégie nationale pour le développement des énergies renouvelables*, Ministère des Mines, de l'Énergie et de l'Eau, Bamako.

Reay, D.; Smith, P. & Amstel, A. V. (2010): 'Methane Sources and the Global Methane Budget' in Reay, D.; Smith, P. & Amstel, A. V.(eds.): *Methane and Climate Change*, Washington,DC: Earthscan, pp. 1-13

Rettenmaier, N.; Reinhardt, G.; Schorb, A.*et al.* (2008): *Biomass Energy Europe. Status of Biomass Resource Assessments Version 1*, Biomass Energy Europe.

- Rosillo-Calle; de Groot, P. & Hemstock, S. L. (2007): 'General Introduction to the Basis of Biomass Assessment Methodology' in Rosillo-Calle; de Groot, P.; Hemstock, S. L.*et al.*(eds.): *The biomass assessment handbook: Bioenergy for sustainable development*, London: Earthscan, pp. 27-68
- Schreyger, E. (2001): 'La période 1032-1982' in Kuper, M. & Tonneau, J.-P.(eds.): *L'Office du Niger, grenier à riz du Mali: Succès économiques, transitions culturelles et politiques de développement*, Paris: Karthala, pp. 68-74
- Shackley, S.; Carter, S.; Knowles, T.*et al.* (2012): 'Sustainable gasification of biochar systems? A case-study of rice-husk gasification in Cambodia, Part I: Context, chemical properties, environmental and health and safety issues'. *Energy Policy*, vol. 42, no. 0, pp. 49-58.
- Slob, A. (2001): 'Le rôle des bailleurs de fonds' in Kuper, M. & Tonneau, J.-P.(eds.): *L'Office du Niger, grenier à riz du Mali: Succès économiques, transitions culturelles et politiques de développement*, Paris: Karthala, pp. 97-99
- Smeets, E. M. W.; Faaij, A. P. C.; Lewandowski, I. M.*et al.* (2007): 'A bottom-up assessment and review of global bio-energy potentials to 2050'. *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 33, no. 1, pp. 56-106.
- Smith, K. A.; Ball, T.; Conen, F.*et al.* (2003): 'Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes'. *European Journal of Soil Science*, vol. 54, no. 4, pp. 779.
- SOSUMAR (2012): *Interview with General Director, Haruna Niang, and Regional Director Nick Morris in Bamako, 1 February.*
- Stassen, H. E. (1995): *Small-Scale Biomass Gasifiers for Heat and Power: A Global Review*, World Bank Technical Paper Number 296, Energy Series.
- SUKALA (2010): *Complexe Sucrier - projet de CLETC au Mali*, Presentation from workshop on "Agriculture, Food Security and Rural Development for Growth and Poverty Reduction" arranged by International Poverty Reduction Center in China (IPPRC) and OECD in Bamako 27-28 April 2010 [http://www.iprcc.org/userfiles/file/Feng%20Sheyong-FR\(1\).pdf](http://www.iprcc.org/userfiles/file/Feng%20Sheyong-FR(1).pdf).
- Summers, M. D.; Jenkins, B. M.; Hyde, P. R.*et al.* (2003): 'Biomass production and allocation in rice with implications for straw harvesting and utilization'. *Biomass and Bioenergy*, vol. 24, no. 3, pp. 163-173.
- Suramaythangkoor, T. & Gheewala, S. H. (2008): 'Potential of practical implementation of rice straw-based power generation in Thailand'. *Energy Policy*, vol. 36, no. 8, pp. 3193-3197.
- Tall, E. H. O. (2001): 'La restructuration de l'Office du Niger' in Kuper, M. & Tonneau, J.-P.(eds.): *L'Office du Niger, grenier à riz du Mali: Succès économiques, transitions culturelles et politiques de développement*, Paris: Karthala, pp. 93-96



Theriault, V. (2010): *Institutions in the Malian cotton sector: Determinants of supply*, Working paper, Department of Food and Resource Economics University of Florida (<http://www.fred.ifas.ufl.edu/pdf/workingpaper2.pdf>, assessed 01.10.12).

Tripathi, A. K.; Iyer, P. V. R.; Kandpal, T. C.*et al.* (1998): 'Assessment of availability and costs of some agricultural residues used as feed stocks for biomass gasification and briquetting in India'. *Energy Conversion and Management*, vol. 39, no. 15, pp. 1611-1618.

USAID (2005): *Rice Husk to Energy: A preliminary assessment*, Report submitted to USAID by Schaffer & Associates International, LLC & The Louisiana State University AgCenter: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNADI702.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADI702.pdf).

USAID (2009): *Global food security response case study: Mali*, USAID ([http://www.aec.msu.edu/fs2/promisam\\_2/references/USAID\\_2009\\_FS\\_RESPONSE\\_MALI.pdf](http://www.aec.msu.edu/fs2/promisam_2/references/USAID_2009_FS_RESPONSE_MALI.pdf)).

Vandersypen, K.; Keita, A. C. T.; Coulibaly, B.*et al.* (2007): 'Drainage problems in the rice schemes of the Office du Niger (Mali) in relation to water management'. *Agricultural Water Management*, vol. 89, no. 1-2, pp. 153-160.

Vandersypen, K. (2007): *Improvement of collective water management in the Office du Niger irrigation scheme (Mali). Development of decision support tools.*, PhD thesis Katholieke Universiteit Leuven.

Vandersypen, K.; Bengaly, K.; Keita, A. C. T.*et al.* (2006): 'Irrigation performance at tertiary level in the rice schemes of the Office du Niger (Mali): Adequate water delivery through over-supply'. *Agricultural Water Management*, vol. 83, no. 1-2, pp. 144-152.

Wassmann, R. & Aulakh, M. S. (2000): 'The role of rice plants in regulating mechanisms of methane emissions'. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 31, no. 1, pp. 20-29.

Wymenga, E.; van der Kamp, J. & Fofona, B. (2005): 'The irrigation zone of Office du Niger' in Zwarts, L.; van Beukering, P.; Kone, B.*et al.*(eds.): *The Niger, a lifeline. Effective water management in the Upper Niger Basin*, Mali / the Netherlands: RIZA, Lelystad / Wetlands International, Sévaré / Institute for Environmental studies (IVM), Amsterdam / A&W ecological consultants, Veenwouden., pp. 179-187

Zwarts, L. & Kone, B. (2005): 'Rice production in the inner Niger delta' in Zwarts, L.; van Beukering, P.; Kone, B.*et al.*(eds.): *The Niger, a lifeline. Effective water management in the Upper Niger Basin*, Mali / the Netherlands: RIZA, Lelystad / Wetlands International, Sévaré / Institute for Environmental studies (IVM), Amsterdam / A&W ecological consultants, Veenwouden., pp. 137-153

## **Annexe A. Evaluation de l'impact environnemental de l'utilisation de la paille de riz comme combustible comparée avec son incorporation dans le sol**

Thilde Bech Bruun, Département d'agriculture et d'écologie, Université de Copenhague, Danemark

## Examen de la documentation sur les impacts environnementaux de l'incorporation des résidus du riz dans le sol

L'incorporation de résidus agricoles dans le sol est une pratique de gestion agricole fortement recommandée, en particulier dans les pays en développement où l'accès à des intrants externes tels que les engrais chimiques est souvent limité. Lorsque les résidus agricoles sont incorporés dans le sol, certains des nutriments absorbés par les plantes sont conservés dans le système et la réserve de carbone organique du sol est préservée, ce qui a une série d'effets bénéfiques sur les propriétés physiques et chimiques du sol (Tiessen et al., 1994; Bruun et al., 2009). Par conséquent, l'incorporation de résidus est considérée normalement comme ayant un effet positif sur la qualité des sols (Lal 2006; Lal 2008). Toutefois, dans les systèmes de production de riz, cette pratique a un effet secondaire négatif dans la mesure où les résidus de récolte constituent une source substantielle de CH<sub>4</sub> (Bossio et al., 1999, Liou et al., 2003; Knoblauch et al., 2011) dont le potentiel de réchauffement de la planète est 23 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub> dans un délai d'une centaine d'années (IPCC, 2001). Le CH<sub>4</sub> résulte de la décomposition microbienne des composés organiques dans des conditions anaérobies, avec un potentiel d'oxydoréduction réduit, créé par une immersion prolongée dans l'eau, qui est une pratique courante dans la riziculture (Reay et al., 2010; Smith et al., 2003). Reay, Smith *et al.* 2010; Smith, Ball *et al.* 2003 La production de CH<sub>4</sub> dans les rizières dépend des matières organiques facilement décomposables qui alimentent à la fois en carbone et en énergie les micro-organismes (Wassmann and Aulakh 2000). Les rizières ont été identifiées comme étant la principale source de CH<sub>4</sub> atmosphérique et l'émission mondiale annuelle de CH<sub>4</sub> qu'elles produisent a été évaluée à environ 54 CH<sub>4</sub> Tg/an<sup>-1</sup> (Reay et al., 2010). Les quantités moyennes estimatives d'émissions potentielles de CH<sub>4</sub> produites par les champs de riz Thai6 se situent entre 30 et 93 kg C ha<sup>-1</sup> en fonction de la zone climatique et du système de gestion ; plus les conditions climatiques sont chaudes, plus ces émissions sont importantes (Kimura et al., 2004).

Les études sur le terrain des effets de l'incorporation de la paille de riz dans le sol sont rares et la plupart ont été menées sur des parcelles expérimentales en Asie ou dans des essais en laboratoire. Nous n'avons trouvé aucune étude sur ce sujet dans un contexte africain. Toutefois, plusieurs études menées en Asie ont montré des augmentations importantes d'émissions de CH<sub>4</sub> après l'incorporation de résidus de riz dans des rizières inondées (Watanbe et al. 1995; Cai; 1997; Zou et al., 2005). Les effets sur les émissions de CH<sub>4</sub> dépendent en grande partie du moment de l'incorporation (Xu et Hosen, 2010). Ainsi, il a été constaté que l'incorporation de paille de riz au début de la saison non rizicole produisait moins d'émissions de CH<sub>4</sub> qu'une incorporation juste avant la culture du riz, à condition que les champs ne soient pas inondés en dehors de la saison de culture (comme c'est le cas dans le contexte malien) (Lu et al, 2000; Watanbe et Kimura, 1998). Une étude de laboratoire dans laquelle de la paille de riz <sup>13</sup>C a été ajoutée dans des pots inondés a démontré que

---

6 Aucune étude spécifique au continent africain n'a été identifiée.

l'évolution du CH<sub>4</sub> augmentait de 19, 97 et 228 % avec l'application de paille à des taux équivalents à 2, 4 et 6 tonnes/ha<sup>-1</sup> respectivement (Watanabe et al., 1998).

Même si la relation entre la teneur en carbone organique du sol et la qualité du sol est bien documentée pour les sols non inondés (Weil et al 2003, Lal, 2004, Bruun et al., 2009; Bruun, 2010), la relation entre ces paramètres dans les sols des rizières inondées a fait l'objet de moins d'études. A cause des conditions biochimiques spécifiques qui caractérisent la production de riz paddy, le rôle du carbone organique du sol dans la viabilité du système rizicole est incontestablement moins important que dans les systèmes non inondés (Greenland 1997). Toutefois, certains auteurs attribuent les baisses de rendement des systèmes rizicoles à la diminution de la teneur en carbone organique du sol (Grace et al., 2003; Lal, 2006). Selon les estimations, la productivité des systèmes de riziculture en Afrique pourrait être améliorée de 10 à 30 kg ha<sup>-1</sup>/an<sup>-1</sup> si les pratiques de gestion permettant d'augmenter la réserve de carbone organique du sol de 1 Mg ha<sup>-1</sup>/an<sup>-1</sup> étaient adoptées (Lal, 2006). Toutefois, d'autres auteurs n'associent pas l'augmentation de la teneur en matières organiques du sol à une amélioration de la productivité des systèmes rizicoles (Duxbury, 2002).

Une étude sur le terrain visant à étudier la relation entre la gestion des résidus et la qualité des sols a été réalisée à Macina en novembre 2010.

## **Etude sur le terrain**

### ***Méthodes – Gestion***

L'idée de base de l'étude de terrain était de simuler les effets de l'utilisation de la paille de riz comme combustible plutôt qu'en la réintroduisant dans le sol, en prélevant des échantillons de sol dans les champs qui n'avaient pas reçu d'apports de paille de riz (celle-ci étant utilisée comme fourrage ou brûlée) et dans les champs qui en avaient reçu.

L'étude a d'abord réalisé un entretien en groupe sur les pratiques de gestion agricole de la riziculture dans la zone, afin d'obtenir une vue d'ensemble du système.

L'enquête par questionnaire (Tableau 1) a permis d'identifier les producteurs qui ont répondu qu'ils incorporaient entre 75 et 100 % de la paille de riz dans le sol et ceux qui ont répondu qu'ils n'en incorporaient pas. L'objectif était d'identifier les producteurs de chaque catégorie, de les interroger sur leurs pratiques de gestion spécifiques et de prélever des échantillons de sol dans leurs champs. Cependant, l'étude n'a identifié qu'un seul producteur sur cinq qui a indiqué qu'il incorporait plus de 50 % de la paille de riz dans ses champs, les autres producteurs étant absents ou inconnus de la communauté. Il a donc été décidé de prendre en compte certains des 13 producteurs qui avaient indiqué qu'ils incorporaient

entre 26 et 50 % de la paille de riz dans leurs champs. Toutefois, lorsque ces producteurs ont été interrogés sur leurs pratiques spécifiques de gestion des résidus, il est apparu clairement que certains d'entre eux avaient compris la question du questionnaire comme « quelle proportion de paille de riz laissez-vous dans les champs après la récolte ? » (la majeure partie de cette paille étant consommée ultérieurement par le bétail). D'autres avaient bien compris le sens de la question, mais il s'est avéré qu'ils ne répandaient pas la paille dans tout le champ avant de l'incorporer. La paille n'était donc incorporée que dans la zone entourant directement l'aire de battage (soit une zone d'environ 10 à 20 m<sup>2</sup>).

	Brûlage	Incorporation	Fourrage pour son propre bétail	Fourrage pour le bétail d'autres personnes	Autres usages
0 %	30	7	5	10	31
1-25 %	15	20	5	26	13
26-50 %	0	13	20	8	1
51-75 %	0	2	12	0	0
76-100 %	0	3	3	1	0

*Tableau 1. Gestion des résidus par les producteurs (enquête par questionnaire)*

### **Conclusions - Gestion**

Dans la région de Macina, la pratique de gestion qui prédomine consiste à laisser 35-45 cm de paille de riz dans les champs après la récolte. Ce constat a été confirmé par les entretiens, l'observation et les mesures effectuées dans la zone lors des visites pendant la période de récolte. Cette partie des résidus du riz est broutée pendant la saison sèche, par conséquent il n'en reste que 10 cm environ au moment où les champs sont labourés. La paille qui reste après le décorticage est généralement utilisée comme fourrage, le reste étant brûlé ou incorporé dans le sol là où se trouvait le tas de paille, par conséquent elle n'est pas répandue dans tout le champ comme pourraient l'indiquer les résultats du questionnaire.

Selon les entretiens portant sur les pratiques générales de gestion dans la zone, les producteurs qui incorporent des quantités plus importantes de paille dans le sol (>50 %) appliquent en même temps des quantités importantes de fumier animal dans un système de compostage dans les champs. Cela a été confirmé par l'un des producteurs qui avait indiqué qu'il incorporait 100 % de la paille dans le sol (Kalifa Diarra). Kalifa Diarra possède plus de 100 têtes de bétail et exploite environ 30 ha pour la riziculture. Il a indiqué qu'il avait assez de fumier pour faire du compost pour moins de 2 ha. Kalifa Diarra est l'un des producteurs les plus riches de la communauté et son système de gestion du compost constitue clairement une exception par rapport aux pratiques courantes. Toutefois, il s'est avéré, après un

entretien plus approfondi, que la plus grande partie de la paille était utilisée en réalité comme fourrage et que seule une faible proportion était utilisée dans le compost (par conséquent l'apport de 100 % indiqué dans le questionnaire est une surestimation d'au moins 50 %).

### ***Choix du site et prélèvement d'échantillons de sol***

Compte tenu des nouvelles données collectées sur les pratiques de gestion des résidus et du fait qu'il n'avait pas été possible de trouver un seul producteur qui répandait la paille de riz dans tout le champ sans y ajouter du compost, nous avons décidé de simuler les effets de l'ajout seul de paille de riz en comparant des échantillons de sol prélevés dans la zone où se trouvent généralement les tas de paille restante après le battage avec des échantillons de sol prélevés dans d'autres parties des champs. L'emplacement de ces tas ne change quasiment pas chaque année car l'endroit où la batteuse est installée dans le champ est l'emplacement idéal, donc le tas est situé à sa droite. Il a également été décidé de prendre en compte les champs qui recevaient du compost combinant paille de riz et fumier animal, et les champs voisins qui ne recevaient pas de compost. Avant la sélection des parcelles de l'échantillon, un entretien en groupe sur les types de sols locaux a été mené. Sur la base de ces informations, il a été décidé d'inclure des champs de Bois Fing et de Bois Bleau car ces deux types de sols sont les plus répandus dans la zone étudiée.

Types de sols locaux :

- Bois Fing : sol argileux noir qui devient collant et lourd quand il est mouillé et très dur quand il est sec. Selon les enquêteurs, ce type de sol est le meilleur pour la riziculture et le plus répandu dans la zone.
- Bois Bleau : sol argileux rouge
- Tientien Fing : sol sablonneux foncé
- Bois Semo : gravier



Bois Fing



Bois Bleu

Des échantillons de sol ont été prélevés sur les sites répertoriés dans le Tableau 2.

Parcelle	Producteur	Localisation (UTM 30 P)	Gestion	Type de sol
1 <sup>1</sup> F <sub>Rem</sub>	Jacob Gonno	211347 E 1537414 N	Toute la paille est enlevée	Bois Fing
2 F <sub>Rem</sub>	Mamadou Camera	210579 E 1 535 888 N	Toute la paille est enlevée	Bois Fing
2 F <sub>Pile</sub>	Mamadou Camera	210844 E 1 535 806 N	Sous le tas de paille après battage	Bois Fing
3 F <sub>Rem</sub>	Boufoine Tangara	210823 E 1 537 586 N	Toute la paille est enlevée	Bois Fing
3 F <sub>Pile</sub>	Boufoine Tangara	210823 E 1 537 584 N	Sous le tas de paille après battage	Bois Fing
4 B <sub>Rem</sub>	Kaliffa Diarra	210534 E 1 535 488 N	Toute la paille est enlevée	Bois Bleu
4 B <sub>Straw_Man</sub>	Kaliffa Diarra	210566 E 1 535 514 N	Compost de paille et fumier	Bois Bleu
4 B <sub>Straw_Man</sub>	Kaliffa Diarra	210517 E 1 535 488 N	Compost de paille et fumier	Bois Bleu

**Tableau 2.** Sites de prélèvement d'échantillons de sol. <sup>1</sup> Un échantillon a été prélevé dans le sol de ce champ avant qu'il devienne évident qu'il n'était pas possible de trouver un champ ayant reçu de grandes quantités de paille de riz pour les comparer.

De grandes quantités d'échantillons de sol ont été prélevées à l'aide d'une carotte de sol dans le premier type de sol. Les échantillons ont été prélevés sur 15 cm à partir de la surface et dans 3 endroits différents par champ.



*Figure 1. Prélèvement d'un échantillon de sol*

### **Analyses des échantillons de sol**

Les échantillons de sol ont été séchés à l'air et transportés au Danemark pour être analysés dans le laboratoire des sols du Département d'agriculture et d'écologie de l'Université de Copenhague. Ils ont été séchés à 80°. La teneur en carbone organique du sol et la teneur totale en azote ont été déterminées par la spectrométrie de masse du rapport isotopique, à l'aide d'un spectromètre de masse de rapport isotopique à flux continu. Le pH a été déterminé dans une solution sol:eau 1:2,5. Etant donné qu'une étude précédente dans la zone de Niono semblait indiquer que le système de riziculture épuisait les sols pour K (Defoer, 2000), il a été décidé de prendre également en compte une évaluation des niveaux de K échangeable effectuée à l'aide d'une trousse d'analyse de sol.

### **Conclusions - Prélèvement d'échantillons de sol**

*Tableau 3 : Résultats des analyses des échantillons de sol (n=3).*

	SOC (%)	N (%)	N SD	C:N	pH	K	Densité g/cm <sup>3</sup>
<b>Boi Fing</b>							
1 F <sub>Rem</sub>	1,45 ± 0,14	0,09 ± 0,00		15,8	6,4 ± 0,17	Faible	1,3
2 F <sub>Rem</sub>	0,92 ± 0,10	0,06 ± 0,01		15,3	3,9 ± 0,10	Faible	1,1
2 F <sub>Pile</sub>	1,13 ± 0,04	0,08 ± 0,00		14,5	3,9 ± 0,05	Faible	1,2
3 F <sub>Rem</sub>	1,00 ± 0,20	0,07 ± 0,01		13,9	4,8 ± 0,34	Faible	1,3
3 F <sub>Pile</sub>	0,67 ± 0,05	0,05 ± 0,01		14,3	4,6 ± 0,48	Faible	1,5
<b>Bois Bleu</b>							
4 B <sub>Rem</sub>	0,67 <sup>b</sup> ± 0,17	0,05 <sup>d</sup> ± 0,02		13,4	4,2 ± 0,16	Faible	1,6
4 B <sub>Straw_Man</sub>	1,34 <sup>a</sup> ± 0,23	0,11 <sup>c</sup> ± 0,02		12,0	4,4 ± 0,24	Moyen	1,5
4 B <sub>Straw_Man</sub>	1,36 <sup>a</sup> ± 0,13	0,11 <sup>c</sup> ± 0,01		12,3	4,5 ± 0,33	Moyen	1,3



Les analyses n'ont pas montré de différences importantes entre les teneurs en SOC et N total dans les échantillons de Bois Fing. Pour les échantillons de Bois Bleau, les majuscules indiquent des différences importantes déterminées par des tests t par paires ( $P < 0.005$ ) – Les valeurs ayant la même lettre ne présentent pas de différences significatives.

Les teneurs en SOC et N total ont été comparées à l'aide de tests t par paires (2 F<sub>Rem</sub> - 2 F<sub>Pile</sub>, 3 F<sub>Rem</sub> - 3 F<sub>Pile</sub>, 4 B<sub>Rem</sub> - 4 B<sub>Straw\_Man</sub>). Aucune différences significatives n'ont été constatées entre les échantillons prélevés dans les zones où se trouvaient les tas et ceux prélevés dans les autres parties des champs. La teneur en SOC et N total était beaucoup plus élevée dans les échantillons des zones ayant reçu un compost composé de paille et de fumier, ainsi que leur teneur en K (pas de statistiques pour ce paramètre). Toutefois, ces échantillons ne sont pas représentatifs de la gestion courante dans cette zone et il est évident que la quantité de paille incorporée dans le sol par le compost dépend de la disponibilité de quantités importantes de fumier animal. Par conséquent, la qualité des sols des champs gérés dans ce système ne représente pas les effets de l'incorporation de paille de riz dans le sol, mais plutôt ceux de l'ajout de fumier. La faible teneur de K échangeable dans les sols gérés de la manière la plus courante est conforme aux conclusions de Defoer (2000), mais il convient de garder à l'esprit que les échantillons de sol ont été prélevés juste après la récolte, ce qui correspond à la période de l'année où les réserves de nutriments disponibles dans les sols sont au plus bas.

## Conclusions

Selon la présente étude, l'utilisation de la paille de riz comme combustible n'aura pas de graves répercussions sur la qualité des sols dans la zone d'étude dans la mesure où la pratique d'incorporation de paille dans le sol n'est pas courante dans le système de gestion existant et où aucune différences entre les zones qui a priori ont reçu de plus grandes quantités de paille de riz et les autres ne peuvent être documentées.

Dans la mesure où les résidus du riz sont traditionnellement utilisés dans un système d'interaction entre agriculteurs et éleveurs, leur utilisation comme combustible risquerait de créer des tensions entre riziculteurs et éleveurs qui dépendent de la paille utilisée comme fourrage pendant la saison sèche. Le type d'interactions entre éleveurs et riziculteurs n'a pas été exploré dans la présente étude, par conséquent l'apport du fumier animal n'a pas été quantifié et la nature des interactions n'a pas été étudiée plus avant. Compte tenu des conflits au sujet des pâturages dans le nord du Mali, il est recommandé d'étudier d'une manière plus poussée le système d'interaction dans la zone d'étude afin d'évaluer les conflits potentiels que l'utilisation de la paille de riz comme combustible pourrait engendrer.

## Références

Bossio, D.A., Howarth, W.R., Muters, R.G. and van Kessel, C. (1999): Methane pool and flux dynamics in a rice field following straw incorporation. *Soil Biology and Biochemistry* 31, 1313-1322.

Bruun, T.B., de Neergaard, A., Lawrence, D., Ziegler, A. (2009): Environmental consequences of the demise in swidden cultivation in Southeast Asia: Carbon storage and soil quality. *Human Ecology* 37, 375-388.

Bruun, T.B., Elberling, B. and Christensen, B.T. (2010): Lability of soil organic carbon in tropical soils with different clay minerals. *Soil Biology and Biochemistry* 42, 888-895.

Cai, Z.C. (1997): A category for estimation of CH<sub>4</sub> emissions from rice paddy fields in China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 49, 171-179.

Defoer, T. and Budelman, A. (eds.) (2000): *Managing soil fertility. A Resource Guide for Participatory Learning and Action Research*. Royal Tropical Institute, Amsterdam, The Netherlands.

Duxbury, J.M. (2002): Long-term yield trends in the rice-wheat cropping system: results from experiments in Northwest India. *Journal of Crop Production* 3, 27-52.

Grace, P.R., Harrington, L., Jain, M.C. and Robertson, G.P. (2003): Long-term sustainability of the tropical and sub-tropical rice-wheat system: an environmental perspective. In: *Improving the productivity and rice-wheat systems: Issues and Impacts*. ASA Special Publication No. 65. ASA: Madison, 27-43.

Greenland, D.J. (1997): *The sustainability of rice farming*. IRRI and CAB International, Manila, the Philippines.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001): Atmospheric chemistry and greenhouse gasses. In: Houghton, J.T. et al. (eds) *Climate Change 2001: The scientific basis*. Contribution of Working Group 1 to the third assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007): *Climate Change 2007: Coupling between changes in the climatic system and biogeochemistry*. Accessed at: [www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter7.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter7.pdf)

- Kimura, M., Murase, J. and Lu. Y. (2004): Carbon cycling in rice field ecosystems in the context of input, decomposition and translocation of organic materials and the fates of their end products (CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>). *Soil Biology and Biochemistry* 36, 1399-1416.
- Knoblauch, C., Maarifat, A.A., Pfeiffer, E.M., and Haefele, S.M. (2011): Degradability of black carbon and its impact on trace gas fluxes and carbon turnover in paddy soils. *Soil Biology and Biochemistry* 43, 1768-1778.
- Lal, R. (2004): Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science* 304, 1623-1627.
- Lal, R. (2006): Enhancing crop yields in developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation and Development* 17, 197-209.
- Lal, R. (2008) Carbon sequestration in soil. *CAB Reviews. Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 3, 1-20.
- Liou, R.M., Huang, S.N, Lin, C.W., Chen, S.H. (2003): Methane emissions from fields with three various rice straw treatments in Taiwan paddy soils. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes* 38, 511-527.
- Lu, W.F., Chen, W., Duan, B.W., Guo, W.M., Lantin et al. (2000): Methane emissions and mitigation options in irrigated rice fields in southeast China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 58, 65-73.
- Reay D., Smith P. and Amstel A. V. (2010): Methane Sources and the Global Methane Budget. In *Methane and Climate Change*. Eds. D Reay, P Smith and A V Amstel. pp. 1-13. Earthscan, Washington, USA.
- Smith K. A., Ball T., Conen F., Dobbie K. E., Massheder J. and Rey A. (2003): Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. *European Journal of Soil Science* 54, 779.
- Tiessen, H., Cuevas, E. and Chacon, P. (1994): The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. *Nature* 371, 783-785.
- Watanbe, A., Satoh, Y., Kimura, M. (1995): Estimation of the increase in CH<sub>4</sub> emission from paddy soils by rice straw application. *Plant and soil* 173, 225-231.
- Wantanbe, A. and Kimura, M. (1998): Effects of rice straw application on CH<sub>4</sub> emission from paddy fields. IV. Influence of rice straw incorporation during the previous cropping period. *Soil Science and Plant Nutrition* 44, 507-512.

Wassmann R and Aulakh M S 2000 The role of rice plants in regulating mechanisms of methane emissions. *Biology and Fertility of Soils* 31, 20-29.

Weil, R.R., Islam, K.R., Stine, M.A., Gruver, J.B. and Samson-Liebig, S.E. (2003): Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. *American Journal of Alternative Agriculture* 18, 3-17.

Xu, H., Hosen, Y. (2010): Effects of soil water content and rice straw incorporation in the fallow season on CH<sub>4</sub> emissions during fallow and the following rice-cropping season. *Plant and Soil* 335, 373-383.

Zou, J., Huang, Y. and Jiang, J. (2005): 3-year field measurement of methane and nitrous oxide emissions from rice paddies in China: Effects of water regime, crop residue, and fertilizer application. *Global Biogeochemical Cycles* 19, GB 2012.

## Annexe B. Données statistiques sur la production de riz et de coton au Mali

### Liste des tableaux

Tableau 1. La production de riz (paddy) en tonnes par province pour la période 1984-2011 .....	84
Tableau 2. Superficie cultivée de riz en hectare (ha) .....	85
Tableau 3. Rendement calculé (tonnes / ha).....	85
Tableau 4. La production de riz dans l'Office Riz Ségou dans la période de 2004 à 2008.....	86
Tableau 5. La production de riz dans l'Office Riz Mopti pour la période de 2004 à 2008.....	87
Tableau 6. La production de coton (fibre) de 1984 à 2009 (en tonnes) par région .....	88
Tableau 7. Superficie cultivée (ha) de 2001 à 2009 par région .....	89
Tableau 8. Rendement moyen calculé (tonnes / ha) de 2001 à 2009 par région .....	89
Tableau 9. La production de coton (tonnes / an) pour la période 1984-2008.....	90
Tableau 10. Superficie cultivée (ha) du coton (semé) pour la période 1984-2008.....	91
Tableau 11. La production de coton de 2000 à 2008 par zone CMDT et par secteur .....	92
Tableau 12. Superficie cultivée (ha) du coton (semé) en 2000 à 2008 par zone CMDT et par secteur .....	93

Tableau 1. La production de riz (paddy) en tonnes par province pour la période 1984-2011

Année	Segou	Mopti	Tom- bouctou	Sikasso	Gao	Kouli- koro	Kayes	Totale
1984	87 682	4 654	1 687	10 599	2 228	1 403	1 101	109 354
1985	109 532	54 825	9 766	7 672	28 349	3 681	16	213 841
1986	114 311	53 812	21 504	25 275	8 685	1 455	96	225 138
1987	124 982	66 232	9 752	15 957	16 760	2 692	193	236 568
1988	155 072	70 578	27 852	8 639	25 610	46	0	287 797
1989	160 014	91 639	27 035	24 539	32 172	2 350	0	337 749
1990	153 534	56 272	38 592	13 225	11 911	8 301	531	282 366
1991	219 966	81 953	51 568	54 102	15 753	22 472	8 535	454 349
1992	218 645	67 882	43 317	50 223	13 232	14 548	2 171	410 018
1993	238 752	63 687	35 925	57 604	11 004	18 016	2 621	427 609
1994	234 390	102 706	42 159	61 324	7 680	17 431	3 437	469 127
1995	283 069	67 865	28 589	65 855	6 875	19 991	3 846	476 090
1996	339 780	109 401	58 631	76 244	9 451	30 418	3 480	627 405
1997	348 841	46 174	38 682	87 289	17 752	35 952	1 055	575 745
1998	389 784	134 461	46 951	91 408	17 020	37 638	594	717 856
1999	396 902	88 271	78 702	119 194	15 834	25 599	2 638	727 140
2000	429 094	108 398	52 976	92 796	31 306	26 801	1 437	742 808
2001	467 949	205 733	99 613	89 054	35 901	35 793	6 895	940 938
2002	438 610	68 228	67 662	74 094	23 646	17 741	3 222	693 203
2003	515 461	189 491	74 607	103 077	29 866	24 691	1 024	938 217
2004	429 153	114 358	44 231	81 288	25 196	20 141	3 719	718 086
2005	513 297	117 744	103 735	118 157	42 313	48 817	1 761	945 824
2006	520 818	195 632	134 444	124 745	48 645	21 066	7 887	1053 237
2007	515 560	247 722	121 403	127 605	34 839	31 669	3 585	1082 383
2008	843 924	366 267	161 975	158 514	42 528	48 133	2 905	1624 246
2009	774 800	369 010	227 700	268 300	83 630	72 930	57 700	1854 070
2010	946 320	439 472	322 925	191 941	65 328	133 557	94 519	2194 062
2011	801 087	278 356	362 175	97 185	39 562	160 506	2 601	1741 472

Source: FAO statistics 2012 [www.countrystat.org](http://www.countrystat.org)

Note: Sur base des statistiques locales sur le site web. Selon les statistiques nationales sur le site, la production en 2009 et 2010 est 1 950 805 et 2 305 612 tonnes respectivement

Tableau 2. Superficie cultivée de riz en hectare (ha)

Année	Segou	Mopti	Tombouctou	Sikasso	Gao	Koulikoro	Kayes	Totale
2001	123 619	182 532	32 042	68 191	33 420	23 984	4 451	468 239
2002	114 970	107 648	27 571	63 348	26 188	12 996	3 890	356 611
2003	123 626	154 862	23 497	60 904	21 176	20 818	758	405 641
2004	112 341	119 626	22 349	19 418	22 013	16 675	2 493	314 915
2005	104 097	156 818	36 258	59 321	29 056	26 494	1 979	414 023
2006	108 171	130 245	42 244	66 096	44 778	10 741	6 219	408 494
2007	116 482	140 186	39 108	53 180	28 785	12 134	1 995	391 870
2008	146 850	189 048	38 236	60 120	27 262	18 223	2 813	482 552
2009	149 730	251 530	45 230	102 490	46 180	28 080	36 640	659 880
2010	128 976	137 949	34 180	59 682	42 444	31 400	37 246	471 877
2011	293 057	215 429	95 842	67 611	87 826	67 276	3 367	830 408

Source: FAO statistics 2012 [www.countrystat.org](http://www.countrystat.org)

Note: Sur base des statistiques locales sur le site web. Selon les statistiques nationales sur le site, la superficie cultivée en 2009 et 2010 est 845 552 et 686 496 hectares respectivement.

Tableau 3. Rendement calculé (tonnes / ha)

Année	Segou	Mopti	Tombouctou	Sikasso	Gao	Koulikoro	Kayes	Total
2001	3,79	1,13	3,11	1,31	1,07	1,49	1,55	2,01
2002	3,81	0,63	2,45	1,17	0,90	1,37	0,83	1,94
2003	4,17	1,22	3,18	1,69	1,41	1,19	1,35	2,31
2004	3,82	0,96	1,98	4,19	1,14	1,21	1,49	2,28
2005	4,93	0,75	2,86	1,99	1,46	1,84	0,89	2,28
2006	4,81	1,50	3,18	1,89	1,09	1,96	1,27	2,58
2007	4,43	1,77	3,10	2,40	1,21	2,61	1,80	2,76
2008	5,75	1,94	4,24	2,64	1,56	2,64	1,03	3,37
2009	5,17	1,47	5,03	2,62	1,81	2,60	1,57	2,81
2010	7,34	3,19	9,45	3,22	1,54	4,25	2,54	4,65
2011	2,73	1,29	3,78	1,44	0,45	2,39	0,77	2,10

Source: FAO statistics 2012 [www.countrystat.org](http://www.countrystat.org)

Note: Sur base des statistiques locales sur le site web, Si le rendement est calculé sur la base des statistiques nationales sur le site, le rendement en 2009 et 2010 est de 2,31 et 3,36 tonnes / hectare respectivement

Tableau 4. La production de riz dans l'Office Riz Ségou dans la période de 2004 à 2008

Campagne	Dioro	Sansanding	Tamani	Totale
Production (tonnes)				
2004/2005	22 172	3 456	510	26 138
2005/2006	25 076	8 756	10 405	44 237
2006/2007	21 720	5 921	4 903	32 544
2007/2008	18 508	9 224	2 425	30 157
2008/2009	25 945	18 792	15 951	60 688
Moyenne	22 684	9 230	6 839	38 753
Superficie cultivée (hectare)				
2004/2005	11 670	2 160	319	14 149
2005/2006	11 306	4 761	6 264	22 331
2006/2007	12 189	4 137	5 255	21 581
2007/2008	10 730	6 117	3 520	20 367
2008/2009	13 065	9 448	8 324	30 837
Moyenne	11 792	5 324	4 736	21 853
Rendement (tonnes/ha)				
2004/2005	1,90	1,60	1,60	1,85
2005/2006	2,22	1,84	1,66	1,98
2006/2007	1,78	1,43	0,93	1,51
2007/2008	1,72	1,51	0,69	1,48
2008/2009	1,99	1,99	1,92	1,97
Moyen	1,92	1,73	1,44	1,77

Source: Rapports annuels de l'Office Riz Ségou pour les années en question



Tableau 5. La production de riz dans l'Office Riz Mopti pour la période de 2004 à 2008

Campagne	Mopti-Nord	Mopti-Sud	Sofara	Diaka	Hors casier	Totale
Production (tonnes)						
2006/2007	4 323	7 238	432	1 878	1 578	15 449
2007/2008	7 434	8 458	1 494	1 638	2 561	21 585
2008/2009	14 104	17 807	2 627	2 899	2 626	40 063
Moyenne	8 620	11 168	1 518	2 138	2 255	25 699
Superficie cultivée (hectare)						
2006/2007	3 555	5 952	355	1 544	1 298	12 704
2007/2008	5 037	5 730	1 012	1 110	1 735	14 624
2008/2009	6 993	8 828	1 302	1 437	1 302	19 862
Moyenne	5 195	6 837	890	1 364	1 445	15 730
Rendement (tonnes/ha)						
2006/2007	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
2007/2008	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48
2008/2009	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02
Moyen	1,66	1,63	1,71	1,57	1,56	1,63

Source: Rapports annuels de l'Office Riz Mopti pour les années en question

Tableau 6. La production de coton (fibre) de 1984 à 2009 (en tonnes) par région

Année	Sikasso	Koulikoro	Segou	Kayes	Totale
1984	100 581	36 934	6 746	„	144 261
1985	121 965	45 396	7 732	„	175 093
1986	135 787	56 524	9 342	„	201 653
1987	128 502	60 873	9 512	„	198 887
1988	166 826	68 150	14 080	„	249 056
1989	147 638	71 122	12 035	„	230 795
1990	183 538	77 114	15 371	„	276 023
1991	179 646	76 812	15 972	„	272 430
1992	216 309	88 287	14 735	93	319 424
1993	163 514	64 665	11 311	754	240 244
1994	193 798	80 880	15 328	3 015	293 021
1995	264 795	111 653	17 893	11 598	405 939
1996	293 260	126 035	21 053	11 685	452 033
1997	308 358	143 526	43 982	27 037	522 903
1998	321 105	132 866	24 056	40 388	518 415
1999	298 594	110 241	18 568	32 389	459 792
2000	158 119	23 054	39 292	22 307	242 772
2001	345 100	134 935	56 000	35 300	571 335
2002	292 341	88 200	23 926	35 255	439 722
2003	404 240	126 406	51 583	38 436	620 665
2004	370 319	130 237	42 143	47 081	589 780
2005	340 765	110 043	39 607	43 728	534 143
2006	262 111	80 596	34 366	37 892	414 965
2007	164 298	42 770	14 156	21 015	242 239
2008	134 815	28 698	23 833	15 350	202 696
2009	160 700	47 000	19 500	9 200	236 400
2010					261 000

Source: FAO statistics 2012 [www.countrystat.org](http://www.countrystat.org)

Tableau 7. Superficie cultivée (ha) de 2001 à 2009 par région

Année	Sikasso	Koulikoro	Segou	Kayes	Totale
2001	345 100	134 935	56 000	35 300	571 335
2002	292 341	88 200	23 926	35 255	439 722
2003	404 240	126 406	51 583	38 436	620 665
2004	370 319	130 237	42 143	47 081	589 780
2005	340 765	110 043	39 607	43 728	534 143
2006	262 111	80 596	34 366	37 892	414 965
2007	164 298	42 770	14 156	21 015	242 239
2008	134 815	28 698	23 833	15 350	202 696
2009	160 700	47 000	19 500	9 200	236 400

Source: FAO statistics 2012 [www.countrystat.org](http://www.countrystat.org)

Tableau 8. Rendement moyen calculé (tonnes / ha) de 2001 à 2009 par région

Année	Sikasso	Koulikoro	Segou	Kayes	Total
2001	1,11	0,96	1,21	1,03	1,07
2002	1,07	0,84	0,64	1,08	0,98
2003	1,21	0,99	1,15	0,90	1,13
2004	1,09	0,96	0,96	0,99	1,04
2005	2,71	0,32	0,92	1,12	0,97
2006	0,87	0,83	0,78	0,98	0,86
2007	0,89	0,79	0,88	0,70	0,85
2008	1,05	0,93	0,99	1,00	1,02
2009	1,03	0,90	0,80	0,70	0,96

Source: FAO statistics 2012 [www.countrystat.org](http://www.countrystat.org)

Tableau 9. La production de coton (tonnes / an) pour la période 1984-2008

Campagne	Kayes	Bamako	Fana	Bougouni	Sikasso	Koutiala	San	Segou	Kita	Totale CMDT	SOS KBK	OHVN	Totale Mali
84/85			31 740	9 054	35 468	51 181	11 624		0	139 067		5 194	144 261
85/86			39 861	13 419	43 436	60 626	12 215		0	169 557		5 535	175 092
86/87			49 634	13 735	46 170	72 332	12 892		0	194 763		6 890	201 653
87/88			51 582	19 393	46 729	57 545	14 347		0	189 596		9 291	198 887
88/89			58 245	25 589	56 309	76 983	22 025		0	239 151		9 905	249 056
89/90			59 852	27 119	49 728	64 332	18 494		0	219 525		11 270	230 795
90/91			65 232	32 332	60 430	81 337	24 811		0	264 142		11 881	276 023
91/92			65 474	34 510	60 528	74 272	26 308		0	261 092		11 338	272 430
92/93			76 190	43 108	67 042	93 577	27 317		0	307 234	93	12 097	319 424
93/94			54 514	32 806	51 506	71 107	19 406		0	229 339	754	10 151	240 244
94/95			68 040	37 741	59 779	84 606	27 000		0	277 166	3 015	12 840	293 021
95/96			95 801	52 674	81 651	117 865	30 497		11 598	390 088		15 851	405 939
96/97			104 077	62 634	94 781	120 544	36 352		11 684	430 074		21 958	452 032
97/98			114 599	74 541	108 610	125 207	43 982		27 037	493 976		28 927	522 903
98/99			97 456	88 920	92 484	122 638	41 425		40 757	483 680		34 684	518 364
99/2000			80 570	85 873	91 201	100 612	39 366		32 367	429 989		29 134	459 123
2000/01			9 642	19 186	29 652	108 675	40 059		22 427	229 641		13 085	242 726
2001/02			98 443	95 016	105 630	144 038	56 304		36 036	535 467		35 522	570 989
2002/03			65 978	77 531	112 768	102 042	23 926		35 255	417 500		22 222	439 722
2003/04			98 867	100 273	133 994	169 973	51 583		38 436	593 126		27 539	620 665
2004/05			98 660	116 110	104 288	149 921	42 143		46 912	558 034	169	31 577	589 780
2005/06			84 436	114 235	105 315	121 215	39 607		43 588	508 396	140	25 607	534 143
2006/07			70 271	90 858	79 358	91 895	28 288		37 831	398 501	61	16 403	414 965
2007/08			34 046	60 752	45 792	57 754	12 486		21 015	231 845		10 393	242 238
2008/09			29 142	32 884	29 997	72 855	22 735		9 000	196 613		4 849	201 462

Source: CMDT. La campagne 2008/09 est considérée comme 2008 dans la statistique régionale

Tableau 10. Superficie cultivée (ha) du coton (semé) pour la période 1984-2008

Campagne	Kayes	Bamako	Fana	Bougouni	Sikasso	Koutiala	San	SEGOU	KITA	Totale CMDT	SOS KBK	OHVN	Totale Mali
84/85			25 193	6 209	24 164	45 382	12 250		0	113 198			113 198
85/86			32 329	10 142	29 646	53 079	14 022		0	139 18			139 218
86/87			35 297	10 546	32 580	55 705	11 619		0	145 747			145 747
87/88			35 012	14 537	32 089	47 140	13 444		0	142 222			142 222
88/89			42 641	19 493	35 976	61 867	20 159		0	180 136			180 136
89/90			42 179	23 207	39 690	55 046	18 213		0	178 335			178 335
90/91			44 972	25 731	43 370	58 719	21 631		0	194 423			194 423
91/92			48 215	28 313	45 670	59 955	22 607		0	204 760			204 760
92/93			58 523	31 907	49 388	69 277	25 176		0	234 271			234 271
93/94			47 724	28 303	40 870	55 967	18 880		0	191 744			191 744
94/95			63 455	36 032	54 512	77 842	23 279		0	255 120		13 318	268 438
95/96			80 155	44 246	63 174	93 387	26 760		13 897	321 619		17 446	339 065
96/97			102 264	56 977	78 147	110 582	36 551		12 680	397 201		23 198	420 399
97/98			111 138	67 226	90 978	131 877	44 625		21 056	466 900		30 750	497 650
98/99			95 258	75 283	88 194	124 055	43 991		41 800	468 581			468 581
99/2000			95 991	87 628	86 326	98 401	33 824		40 326	442 496		39 803	482 299
2000/01			10 922	18 553	23 243	100 153	34 395		24 458	211 724		16 184	227 908
2001/02			100 312	89 117	90 368	131 526	46 208		34 378	491 909		40 254	532 163
2002/03			76 343	78 987	81 964	113 038	37 189		32 522	420 043		29 250	449 293
2003/04			94 400	94 943	101 629	137 502	44 688		42 781	515 943		32 952	548 895
2004/05			103 268	95 535	105 517	137 345	43 821		47 525	533 011		212	564 971
2005/06			96 468	97 901	105 144	139 417	43 220		38 546	520 696		333	550 532
2006/07			83 536	95 666	84 777	120 705	35 758		38 619	459 061		204	480 474
2007/08			41 649	72 802	50 167	61 109	13 543		29 698	268 968		177	283 927
2008/09			32 802	32 272	26 604	63 823	19 909		14 274	189 684		7 028	196 712

Source: CMDT. La campagne 2008/09 est considérée comme 2008 dans la statistique régionale

Tableau 11. La production de coton de 2000 à 2008 par zone CMDT et par secteur

CMDT sector	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09
Béléko	1 029	23 423	13 597	24 862	17 741	19 433	16 102	6 279	8 674
Dioïla	1 438	29 038	22 683	29 206	31 388	27 620	25 034	13 880	8 555
Fana		11 912	8 432	13 639	15 073	12 121	9 532	4 762	1 597
Markacoungo	3 943	13 079	8 005	9 929	11 678	8 144	5 562	2 549	3 437
Massigui	588	10 817	8 467	12 007	12 348	9 605	7 963	4 907	2 935
Konobougou	2 644	10 174	4 794	9 224	10 432	7 513	6 078	1 669	3 944
FANA	9 642	98 443	65 978	98 867	98 660	84 436	70 271	34 046	29 142
Bougouni	3 300	17 370	13 689	16 645	19 392	19 651	15 354	10 216	5 150
Dogo	585	8 744	5 622	8 280	10 140	9 676	8 587	6 117	2 606
Garalo	3 397	10 042	9 505	12 175	19 255	17 645	15 037	9 689	7 389
Koumantou	1 552	17 544	14 903	19 620	20 031	18 619	13 876	9 849	5 651
Kolondiéba	5 726	25 338	22 796	30 147	29 459	30 195	24 897	17 112	7 708
Yanfolila	4 626	15 978	11 016	13 406	17 833	18 449	13 107	7 769	4 380
BOUGOUNI	19 186	95 016	77 531	100 273	116 110	114 235	90 858	60 752	32 884
Kignan	604	24 829	19 877	31 016	25 347	23 563	17 070	8 098	6 401
Kléla	3 840	18 071	18 652	22 803	17 192	15 381	13 864	9 864	7 934
Niéna	45	23 494	21 786	27 125	20 697	22 045	15 921	6 709	2 033
Sikasso	6 434	19 860	20 746	23 489	17 475	19 374	13 826	8 612	4 101
Kadiolo	18 729	19 376	31 707	29 561	23 577	24 952	18 677	12 509	9 528
SIKASSO	29 652	105 630	112 768	133 994	104 288	105 315	79 358	45 792	29 997
Konséguéla		14 506	6 676	17 012	11 829	12 575	9 918	2 747	4 650
Koutiala	25 623	23 858	12 868	24 605	22 706	17 421	13 974	7 749	9 570
M'Pessoba	16 839	24 488	10 880	23 444	15 694	17 544	13 587	4 405	7 248
Molobala	15 643	22 381	20 379	29 030	27 068	20 526	13 118	6 491	7 216
Zébala	14 497	19 667	12 012	18 845	19 851	13 830	10 331	10 650	11 671
Karangana	21 379	21 495	23 887	32 504	32 557	21 458	16 890	13 626	17 028
Yorosso	14 694	17 643	15 340	24 533	20 216	17 861	14 077	12 086	15 472
KOUTIALA	108 675	144 038	102 042	169 973	149 921	121 215	91 895	57 754	72 855
Kimparana	10 482	17 619	9 671	16 342	15 175	12 289	9 771	6 293	6 802
San	1 828								
Bla	19 922	23 853	9 199	20 816	14 454	13 717	11 198	2 491	8 520
Yangasso	5 785	11 611	3 757	11 202	9 375	10 853	5 881	3 364	6 924
Tominian	2 042	3 221	1 299	3 223	3 139	2 748	1 438	338	489
SAN	40 059	56 304	23 926	51 583	42 143	39 607	28 288	12 486	22 735
SEGOU									
Djidjan	3 106	5 486	5 275	6 936	7 031	6 316	5 352	2 457	1 433
Kita	4 032	6 545	5 927	7 737	11 049	9 426	8 445	4 671	1 502
Kokofata	10 483	15 743	14 634	12 654	14 441	13 509	12 226	7 684	3 064
Sébékoro	4 806	8 262	9 419	11 109	14 391	14 337	11 808	6 203	3 001
KITA	22 427	36 036	35 255	38 436	46 912	43 588	37 831	21 015	9 000
Totale CMDT	229 641	535 467	417 500	593 126	558 034	508 396	398 501	231 845	196 613
SOS KBK					169	140	61		
OHVN	13 085	35 522	22 222	27 539	31 577	25 607	16 403	10 393	4 849
Totale Mali	242 726	570 989	439 722	620 665	589 780	534 143	414 965	242 238	201 462

Source: CMDT

Tableau 12. Superficie cultivée (ha) du coton (semé) en 2000 à 2008 par zone  
CMDT et par secteur

CMDT sector	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09
Béléko	1 155	22 593	15 179	21 905	21 222	21 258	19 387	7 628	8 650
Dioïla	1 744	29 403	23 502	27 527	30 571	30 175	26 782	15 873	9 596
Fana		11 800	11 340	12 859	15 364	12 748	11 865	6 325	5 011
Markacoungo	4 625	14 969	8 829	10 965	12 567	11 241	8 188	4 223	2 675
Massigui	532	11 433	9 559	11 802	12 034	11 378	9 176	5 114	3 536
Konobougou	2 866	10 114	7 934	9 342	11 510	9 668	8 138	2 486	3 334
FANA	10 922	100 312	76 343	94 400	103 268	96 468	83 536	41 649	32 802
Bougouni	3 116	15 098	13 226	15 597	15 880	16 360	16 023	12 109	4 731
Dogo	646	8 204	7 281	8 145	8 177	7 977	7 978	6 292	2 402
Garalo	3 386	9 598	8 948	11 645	12 814	14 055	15 508	11 939	6 887
Koumantou	1 621	16 586	14 695	17 836	17 967	17 461	15 672	11 015	5 538
Kolondiéba	5 278	23 453	22 127	27 386	26 295	26 616	25 819	20 303	7 627
Yanfolila	4 506	16 178	12 710	14 334	14 402	15 432	14 666	11 144	5 087
BOUGOUNI	18 553	89 117	78 987	94 943	95 535	97 901	95 666	72 802	32 272
Kignan	548	21 452	15 979	21 398	24 550	23 683	17 677	8 654	5 295
Kléla	2 458	13 297	12 831	15 583	16 368	15 809	12 195	9 252	6 544
Niéna	37	20 318	18 807	22 908	21 823	22 094	18 630	9 009	1 884
Sikasso	5 134	17 519	16 444	18 889	19 454	19 558	15 688	9 658	3 831
Kadiolo	15 066	17 782	17 903	22 851	23 322	24 000	20 587	13 594	9 050
SIKASSO	23 243	90 368	81 964	101 629	105 517	105 144	84 777	50 167	26 604
Konséguéla		13 691	9 843	14 429	13 286	13 733	12 049	3 460	4 190
Koutiala	25 402	21 478	16 552	21 484	21 365	21 588	18 216	7 711	8 441
M'Pessoba	14 816	21 842	15 999	20 158	18 074	18 506	15 040	5 692	6 885
Molobala	14 556	19 939	20 047	22 337	23 309	23 153	19 781	7 795	6 800
Zébala	13 746	16 333	15 320	17 017	16 608	16 773	14 380	8 796	9 778
Karangana	16 815	20 352	19 325	22 092	23 861	24 390	21 563	14 235	14 630
Yorosso	14 818	17 891	15 952	19 985	20 842	21 274	19 676	13 420	13 099
KOUTIALA	100 153	131 526	113 038	137 502	137 345	139 417	120 705	61 109	63 823
Kimparana	8 625	13 866	12 631	14 086	14 084	13 148	11 763	6 296	5 802
San	1 684								
Bla	16 809	19 404	15 437	18 167	17 667	17 191	13 781	3 557	8 180
Yangasso	5 093	9 211	6 759	9 230	9 070	9 051	7 352	3 134	5 405
Tominian	2 184	3 727	2 362	3 205	3 000	3 830	2 862	556	522
SAN	34 395	46 208	37 189	44 688	43 821	43 220	35 758	13 543	19 909
SEGOU									
Djidjan	3 618	4 946	5 292	6 845	8 039	5 691	5 458	3 342	2 300
Kita	5 163	7 454	5 742	9 511	11 150	8 877	9 488	7 260	2 667
Kokofata	10 704	14 814	13 813	15 156	14 567	12 107	11 896	9 612	4 655
Sébékoro	4 973	7 164	7 675	11 269	13 769	11 871	11 777	9 484	4 652
KITA	24 458	34 378	32 522	42 781	47 525	38 546	38 619	29 698	14 274
Totale CMDT	211 724	491 909	420 043	515 943	533 011	520 696	459 061	268 968	189 684
SOS KBK					212	333	204	177	
OHVN	16 184	40 254	29 250	32 952	31 748	29 503	21 209	14 782	7 028
Totale Mali	227 908	532 163	449 293	548 895	564 971	550 532	480 474	283 927	196 712

Source: CMDT





