



VULNERABILITE DES RESSOURCES PASTORALES FACE A LA VARIABILITE ET AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LA COMMUNE RURALE DE TIORIBOUGOU, MALI

Tidiani SANOGO¹, Abdou BALLO², Issa GARBA³

¹Laboratoire d'Écologie Tropicale (LET) du Mali

E-mail : tidianisanogo@gmail.com

²Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB)

E-mail : balloabdou@gmail.com

³Centre Régional Agrhymet (CRA) de Niamey

E-mail : is.garba@gmail.com

RÉSUMÉ

Les changements climatiques constituent une menace sérieuse pour les ressources pastorales au Mali. Contribuer à une meilleure connaissance des impacts de la variabilité et du changement climatique sur ces ressources afin d'en améliorer la résilience est donc l'objectif général de cette étude. Pour se faire, 184 éleveurs ont été enquêtés individuellement dans cinq (5) villages et une séance de «focus group» a été organisée dans chaque village. Des données journalières et mensuelles de pluies de la période 1980-2014 ont été également analysées pour la station de kolokani et celles de températures journalières de la période 1951-2010 pour la station de Sotuba. Cette étude a mis en relation les analyses scientifiques et les perceptions locales des éleveurs sur le changement climatique ainsi que leurs stratégies d'adaptation mises en place. Les résultats obtenus montrent une tendance générale à la baisse du cumul pluviométrique. Une augmentation des températures a été observée soit 0,58°C pour les maximales et 1,16°C pour les minimales. Cette situation illustre que les ressources pastorales sont vulnérables (85% des enquêtés constatent une dégradation des pâturages et des



conditions d'abreuvement) face aux effets négatifs de la variabilité et au changement climatique dans la zone d'étude.

Mots clés : *changement climatique, variabilité, ressources pastorales, perception locale, stratégies d'adaptation, Tioribougou.*

ABSTRACT

Climate change is a serious threat to pastoral resources in Mali. To contribute to a better understanding of the impacts of climate variability and change on these resources so as to ameliorate the resilience is overall objective of this study. to do so, 184 breeders have been investigated individually in five (5) villages and one session of «focus group» has been organized in each village. Daily and monthly data of rainfall for the period 1980-2014 for kolokani's station has been also analyzed and those of the period 1951-2010 daily temperatures for sotuba's station. This study has linked scientific analysis and local perceptions of farmers on climate change and their adaptation strategies in place. The results show a downward trend of rainfall, an upward trend of temperatures either 0,58°C for the maximum and 1,16°C for minimum. This illustrates that pastoral resources are vulnerable (85% of respondents note a deterioration of pasture and watering conditions) to the adverse effects of climate variability and change in the study area.

Keywords: *climate change, variability, pastoral resources, local perception, coping strategies. Tioribougou*

INTRODUCTION

Il est maintenant reconnu que le changement climatique a d'importantes retombées néfastes sur les efforts de l'ensemble de la planète et singulièrement sur les pays pauvres dont l'économie dépend des ressources naturelles, elles-mêmes tributaires du climat. Les impacts de ce changement climatique se manifestent entre autres, par une diminution de disponibilités en eau, une régression du



potentiel de biomasse, une dégradation des pâturages, entraînant une baisse notable de productivité dans tous les secteurs socio-économiques (UICN, 2011). Les ménages ruraux les plus touchés sont ceux qui ont le moins contribué au changement climatique à savoir les ménages ruraux les plus pauvres dans les pays en développement (Aberman *et al.*, 2011). Le Mali est un pays agropastoral où plus de 80% de la population rurale pratiquent l'élevage qui représente la principale source de subsistance pour plus de 30% de la population (PNDEM, 2003). Cependant, depuis un certain temps les impacts des changements climatiques sur les ressources pastorales se font sentir. Ceux-ci se traduisent par une dégradation des pâturages, une détérioration des conditions d'abreuvement, la dégradation des écosystèmes et leur domaine de prédilection. La qualité des ressources fourragères, l'accès aux ressources en eau pour le bétail, ainsi que la mobilité des troupeaux sont liés aux événements extrêmes (Sarr *et al.*, 2015). Les variations du volume et de la distribution des pluies de mousson sont un facteur majeur de la dynamique des ressources. En effet, elles déterminent le stockage des eaux de ruissellement et la recharge des nappes phréatiques, la production végétale herbacée et celle du feuillage des plantes ligneuses (Hiernaux *et al.*, 2014). Ces événements extrêmes enregistrés ont eu des répercussions directes sur la disponibilité fourragère et les points d'abreuvement dans la commune rurale de Tioribougou qui fait l'objet de cette recherche. La présente recherche se propose de contribuer à une meilleure connaissance des impacts du changement climatique sur les ressources pastorales afin d'améliorer leur résilience.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Présentation de la zone d'étude

L'étude a été conduite dans la commune rurale de Tioribougou (8°13' Ouest à 7°56' Ouest et 13°15' Nord à 13°30' Nord (figure 1). La commune rurale de Tioribougou relève du cercle de Kolokani de la région de Koulikoro. Sa population est de 12 702 habitants dont 6

203 hommes et 6 499 femmes repartis en 1 822 ménages soit 907 habitants en moyenne par Village (INSTAT, 2013). L'économie de la commune est basée sur l'agriculture, l'élevage, les activités génératrices de revenus (AGR), l'artisanat et le transport.

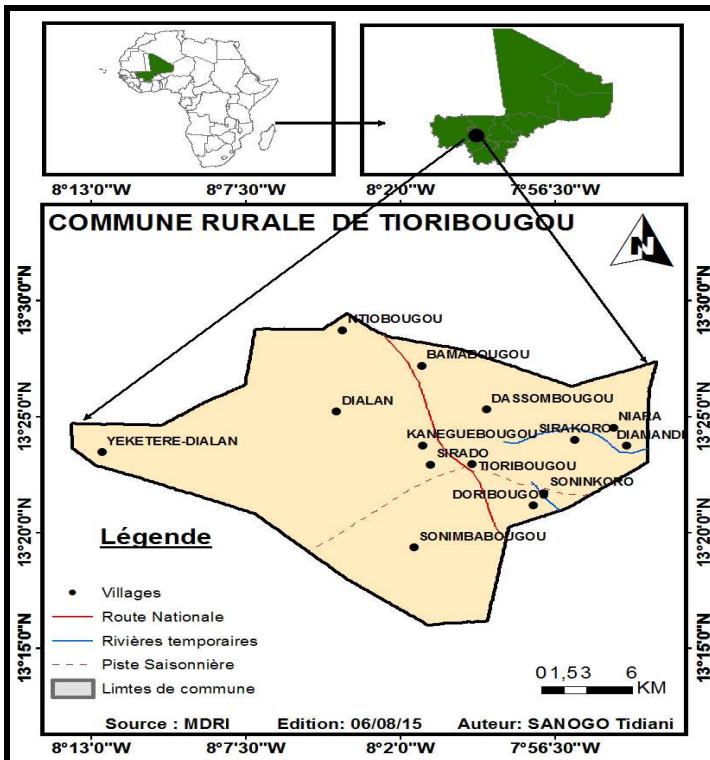


Figure 1 : Localisation de la commune rurale de Tioribougou

Le climat de la commune est de type soudano-sahélien caractérisé par l'alternance d'une courte saison de pluies (quatre mois, juin à septembre) et d'une longue saison sèche qui occupe près de 2/3 de l'année. La précipitation moyenne est de 850mm. La température moyenne annuelle est de 23°C et varie entre 12°C et 40°C. La zone est



soumise à l'influence de l'harmattan en saison sèche et de la mousson en saison pluvieuse.

1.2. Collectes des données

La formule suivante de Lahcen (2014) a permis de déterminer l'échantillon à enquêter avec une confiance de 95% et une variabilité maximale de 50% :

$$n = \frac{N}{1 + Nxe^2}$$

N= le nombre total des ménages de la commune qui est 1 822.

e=Niveau de précision ou marge d'erreur qui est +/-7%.

L'application de cette formule a permis d'avoir un échantillon total de 184 chefs de ménages à enquêter individuellement. Cet échantillon est réparti entre cinq (5) villages dont un focus group par village à travers la méthode de l'outil CRiSTAL. Ces cinq villages ont été choisis suivant les critères de l'accessibilité, de la répartition géographique, de la taille du cheptel. Un guide d'entretien a été adressé aux services techniques. Des données météorologiques de deux (2) stations ont été utilisées : données pluviométriques journalières (1980-2014) pour la station de Kolokani et celles de températures journalière (1951-2010) pour la station de Sotuba.

1.3. Analyse des données

Des recherches documentaires ont été menées dans plusieurs centre de recherche nationale et internationale afin de mieux centré la méthodologie. L'analyse des données météorologiques a été faite en utilisant trois (3) tests statistiques (test de détection de rupture de Pettitt, test de tendance de Mann-Kendall et test de comparaison des moyennes de Student) sur le logiciel Xlstat 2015 et Kchronostat.1.01. L'indice Lamp des pluies et températures a été calculé sur le logiciel INSTAT+v36 selon l'approche de Stern (1981 et 2006). L'évaluation du niveau de vulnérabilité des ressources pastorales

face à la variabilité et aux changements climatiques a été basé sur la méthode de probabilités d'occurrence (niveau de certitude) de chaque facteur climatique adopté en se référant au travail de GIEC (2013) et ensuite en affectant des couleurs différentes à chaque niveau de probabilité d'occurrence (tableau II).

Tableau I : Définition des probabilités d'occurrence aux facteurs climatiques

Information sur le climat	Niveau de probabilité
Perturbation du régime pluviométrique	Peu probable (probabilité >50%)
Sécheresse sévère	Probable (> 66 %)
Augmentation d'occurrence des vents violents	Très probable (> 90 %)
Augmentation des températures minimales et maximales	Extrêmement probable (>95)

Source : GIEC, 2013

Tableau II : Illustration des différentes valeurs attribuées aux risques climatiques

Probabilité d'occurrence du risque	Conséquences			
	Degré de sévérité			
	Mineur	Modéré	Majeur	Sévère
Peu probable	Faible	Faible	Faible	Faible
Probable	Faible	Moyenne	Moyenne	Élevé
Très probable	Faible	Moyenne	Élevé	Élevé
Extrêmement probable	Faible	Moyenne	Élevé	Très élevé

Le degré d'impact est déterminé en faisant un croisement du niveau de sévérité de la conséquence (mineur, modéré, majeur ou sévère) qui détermine le degré d'impact du risque climatique en fonction de



sa probabilité d'occurrence. Cette valeur du risque ou degré d'impact en fonction de la couleur peut être faible, modéré, élevé ou extrême.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de cette recherche portent sur les impacts de la variabilité et des changements climatiques, la matrice d'impact et de vulnérabilité, la mesure du degré de risque sur les ressources pastorales et de l'analyse des données météorologiques.

2.1. Impacts de la variabilité et des changements climatiques sur les ressources pastorales

Les principales ressources pastorales de la zone d'étude sont constituées par des points d'eau (puits, mares, ruisseaux et forages), le pâturage naturel, les sous-produits agricoles (son de céréales, les tourteaux ...), les résidus de récoltes et les cultures fourragères (figure 2). Pendant la saison sèche, les éleveurs construisent des hangars clôturés soient avec du bois ou un mur où ils collectent et stockent les résidus de récoltes (tiges de mil, sorgho, maïs...) et foin. Ainsi avec la mauvaise répartition inter-mensuelle des pluies, des vents violents et les fortes insulations, cette technique est de plus en plus critique. 93% des enquêtés avouent un tarissement précoce des points d'abreuvement. Ce résultat est également conforme à celui du PANA du Mali (2007) qui rapporte que les impacts du changement climatique sur le système d'élevage se traduisent par une insuffisance des ressources en eau, une destruction des ressources forestières, un assèchement précoces des mares, des lacs et une dégradation de l'écosystème. 95% constatent que les puits deviennent de plus en plus profonds et 75% pour une dégradation accrue du pâturage. Ces résultats corroborent avec ceux de Hiernaux *et al* (2014) qui expliquent que les variations du volume et de la distribution des pluies de mousson sont un facteur majeur de la dynamique des ressources pastorales, elles déterminent le stockage des eaux de ruissellement et la recharge des nappes phréatiques, la production végétale herbacée et celle du feuillage des plantes

ligneuses. Une réduction des espèces appréciées a été constatée par les enquêtés à hauteur de 89% telle que *andropogon opendapricus* (Tableau III) et 75% ont remarqué un envahissement des pâturages par des espèces non appréciées par les animaux telles que *hiptis Sowalens* (Tableau IV). Ces résultats sont en rapport avec ceux d'AGRHYMET (2010) illustrant qu'une baisse des précipitations entraîne à la fois un problème de production fourragère et un manque d'eau pour l'abreuvement du bétail.

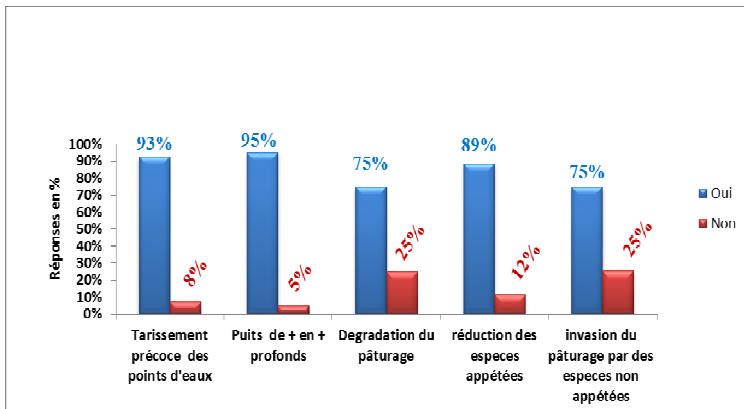


Figure 2 : Perception des impacts sur les ressources pastorales par les éleveurs

Tableau III : Espèces ligneuses et herbacées appréciées par les animaux en voie de disparition

Espèces appréciées			
Ligneux	Noms vernaculaires	Herbacés	Noms vernaculaires
<i>Slerocarya birrea</i>	N'kouna	<i>Bridelia ferruginea</i>	Sagwan
<i>Azzeria africana</i>	Dangha	<i>Digitaria horizontalis</i>	N'narakata
<i>Sterculia stergera</i>	Koungo sirani	<i>Andropogon gayanus</i>	Wah



<i>Acacia seyal</i>	Zadiè	<i>Cibopogon giganteus</i>	Tièkala
<i>Ziziphus mauritania</i>	Tômônnon	<i>Andropogon opendapricus</i>	Yayaleh
<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	Toroba	<i>Pennisetum pedicelatum</i>	N'golô
<i>Combretum glutinosum</i>	Tiangara	-	-
<i>Pterocarpus lucens</i>	Kôbi	-	-
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	Gwani	-	-
<i>Oxythenanthera abyssinica</i>	Bôh	-	-
<i>Bombax costatum</i>	Boumou	-	-
<i>Khaya senegalensis</i>	Dialan	-	-
<i>Combretum nigricans</i>	Jiriblèni	-	-

Le tableau III retrace les espèces ligneuses et herbacées appréciées par les animaux en voie de disparition dans la zone d'étude. Chaque espèce est accompagnée par son nom vernaculaire (en langue Bamanan). La mauvaise répartition pluviométrique dans le temps et dans l'espace contribue fortement à la disparition de ces espèces appréciées. Les espèces qui n'arrivent pas à adapter aux effets néfastes des changements climatiques sont contraintes de disparaître. Ce qui contribue fortement à la dégradation des pâturages.

Tableau IV: Invasion du pâturage par les espèces ligneuses et herbacées non appréciées par les animaux

Espèces non appréciées			
Ligneux	Noms vernaculaires	Herbacés	Noms vernaculaires
<i>Vitellaria paradoxa</i>	Karité	<i>Cassia Tora</i>	N'biélou
<i>Parkia biglobosa</i>	Néré	<i>Loudethia togoensis</i>	N'gassan
<i>Lannea microcarpa</i>	Mbekoun ba	<i>Chenopus bifloris</i>	Nôrôna
<i>Lannea acida</i>	Mbekoun ni	<i>Hiptis Sowelens</i>	Balanbana
<i>Azadichta indica</i>	Soumaya jiri	-	-
<i>Burkea africana</i>	Siri	-	-
<i>Acacia pennata</i>	Toufi	-	-
<i>Entada africana</i>	Samanèrè	-	-
<i>Guiera senegalensis</i>	Koundiè	-	-
<i>Sterculia setigera</i>	Kôh mourouni	-	-
<i>Prosopis africana</i>	Gwéler	-	-
<i>Berlinia grandiflora</i>	Kô chô	-	-
<i>Cassia sieberana</i>	Zizan	-	-
<i>Anogeisus leiocarpus</i>	N'galama	-	-
<i>Combretum micranthum</i>	N'gôlobê	-	-

Le tableau IV représente les espèces ligneuses et herbacées non appréciées par les animaux et qui sont en train d'envahir les pâturages. Chaque espèce est accompagnée par son nom vernaculaire (en langue Bamanan). Ces espèces envahissantes des pâturages ne sont

pas appréciées car elles dégagent des odeurs que les animaux n'aiment pas selon les éleveurs enquêtés sur le terrain. Comme elles ne sont pas appréciées, elles ont le temps de se répandre à travers les pâturages.

2.2. Matrice d'impact sur les ressources pastorales

Les impacts de la variabilité et du changement climatique sont indéniables dans la commune rurale de Tioribougou. Ce qui contribue à l'augmentation de la vulnérabilité du système d'élevage. Ainsi les impacts sus identifiés par les éleveurs et les services techniques de l'élevage ont été consignés dans le tableau V.

Tableau V : Matrice d'impact

Matrice d'impacts	Variables impactées			
	Animales	Pâturages	Points d'eau	Éleveurs
Sécheresse	Sous-alimentation, intervalle de Mise bas long, maladies et avortements récurrents	Disparition et faible régénération des espèces appréciées, assèchement/dégradation du pâturage	Déficits et tarissement précoce des points d'abreuvements, approfondissement et détérioration des points d'eau (puits), diminution du niveau de la nappe phréatique	Embouteillage et conflits au tour des points d'abreuvement, faible revenu et forte mobilité du berger
Vent violent	Apport de multiples maladies inconnues, éparpille	Diminution en qualité de disponibilité fourragère	Forte évaporation des points d'eau, ensablement et	Mauvais suivi du bétail sous risque de vol,



	ment et perturbati on du régime d'aliment ation	e, amplificati on des feux de brousse	diminution du volume d'eau	maladies
Hausse de Température/Forte Insolation	Dérèglem ent des périodes de conduite et abreuvement, maladies, avortements et mortalité des nouveau-nés récurrents	Diminuti on de valeur nutritive des herbacées et ligneux, assèchem ent et échauffem ent du couvert herbacé	Échauffem ent, tarissement précoce des points d'eau	Fortem obilité du berger (fatigue), exposition aux maladies thermiques
Mauvaise Répartition pluviométrique dans le temps et espace	Sous-alimentati on / sous poids, maladies	Faible apparition et régénérati on des espèces appétées, mauvaise densité et parcours long de fourrage	Mauvais état des points d'eau en quantité et qualité (profond et sale)	- Redoublem ent d'efforts en quête de fourrage et points d'eau
Extrêmement probable	Très probable		Probable	

Il ressort de cette matrice impact (tableau V) que les principaux risques climatiques de la zone d'étude par ordre de fréquence sont la

sécheresse, les vents violents, la hausse de température/forte insolation et la mauvaise répartition pluviométrique dans le temps et espace. La couleur au niveau de chaque risque détermine sa probabilité d'occurrence qui peut être soit extrêmement probable, très probable ou probable. Les principales variables impactées par ces risques climatiques sont les animaux, les pâturages, les points d'eau et les éleveurs.

2.3. Mesure du degré de risque sur les ressources pastorales

La méthode matrice de risque a été appliquée, pour déterminer le degré d'impact des facteurs de risque sur les éléments du système à des niveaux différents avec une coloration indiquant la conséquence de chaque facteur de risque. Le niveau de conséquences est soit mineur, modéré, majeur ou sévère pour la présente étude comme indiqué sur la légende (tableau IV). Une combinaison des probabilités d'occurrence des facteurs et les niveaux de conséquences permettent d'obtenir la valeur du risque ou degré d'impact (tableau VI). À titre illustratif, une conséquence modérée combinée avec un facteur très probable donne une valeur «moyenne» comme impact.

Tableau VI : Valeur de risques climatiques identifiés

Probabilité d'occurrence du risque	Conséquences			
	Degré de sévérité			
	Mineur	Modéré	Majeur	Sévère
Peu probable	Faible	Faible	Faible	Faible
Probable	Faible	Moyenne	Moyenne	Élevé
Très probable	Faible	Moyenne	Élevé	Élevé

Tableau VII : Matrice d'impact affectée à la valeur

Matrice d'impacts	Variables impactées			
	Animales	Pâturages	Points d'eau	Éleveurs
Sécheresse	Sous-alimentation, intervalle de Mise bas long, maladies et avortements récurrents	Disparition et faible régénération des espèces appréciées, assèchement/dégradation du pâturage	Déficits et tarissement précoce des points d'abreuvement, approfondissement et détérioration des points d'eau (puits), diminution du niveau de la nappe phréatique	Embouteillage et conflits au tour des points d'abreuvement, faible revenu et forte mobilité du berger
Vent violent	Apport de multiples maladies inconnues, éparpillement et perturbation du régime d'alimentation	Diminution en qualité de disponibilité fourragère, amplification des feux de brousse	Fortes évaporation des points d'eau, ensablement et diminution du volume d'eau	Mauvais suivi du bétail sous risque de vol, maladies
Hausse de Température/Forte Insolation	Dérèglement des périodes de conduite et abreuvement, maladies, avortements et mortalité des nouveau-nés récurrents	Diminution de valeur nutritive des herbacées et ligneux, assèchement et échauffement du couvert herbacé	Echauffement, tarissement précoce des points d'eau	Forte mobilité du berger (fatigue), exposition aux maladies thermiques

Mauvaise Répartition pluviométrique dans le temps et espace	Sous-alimentation / sous poids, maladies	Faible apparition et régénération des espèces appréciées, mauvaise densité et parcours long de fourrage	Mauvais état des points d'eau en quantité et qualité (profond et sale)	Redoublement d'efforts en quête de fourrage et points d'eau
Extrêmement probable		Très probable	Probable	
Faible		Moyenne	Elevé	

L'analyse de la matrice d'impact affectée à la valeur (tableau VII) montre que la sécheresse a un impact élevé sur les pâturages et les points d'eau. Les vents violents ont un impact moyen sur les animaux et les points d'eau. La hausse de température/forte insolation a un impact élevé sur les animaux et les points d'eau. En fin la mauvaise répartition pluviométrique dans le temps et espace a un impact moyen sur les pâturages et un impact faible sur les points d'eau, les animaux et les éleveurs.

2.4. Evaluation de la vulnérabilité des ressources pastorales face à la variabilité et aux changements climatiques

Tableau VIII : Matrice de la vulnérabilité affecté à la valeur

Impacts potentiels		Capacité d'adaptation		
		Faible	Moyenne	Élevée
valeur de risque	Elevé	Élevée	Élevée	Modérée
	Moyen	Modérée	Modérée	Faible
	Faible	Faible	Faible	Faible

L'application des couleurs correspondantes prédéfinie pour chaque option a permis d'élaborer la matrice de vulnérabilité (tableau IX)

Tableau IX : Matrice de vulnérabilité

Risques climatiques	Variables impactées			
	Animales	Pâturages	Points d'eau	Éleveurs
Sécheresse	Collecte et stock de résidus agricole, mise en place de fenil traditionnel (Zizan) pour protection des femelles en période mise bas, pratique de transhumance, Régularité des soins vétérinaires	Collecte et stock de résidus agricole, reboisement, RNA, exploitation du pâturage aérien, foin et sons de céréales mélangés avec du sel, pratique de cultures fourragères, pratique de transhumance	Forage et Réhabilitation des puits traditionnels	AGR, boisement/reboisement, achat d'eau pour bétail (110F/200 L), faires des offrandes
Vent violent	Mise en place de fenil traditionnel (Zizan), regroupement du bétail sous (Relief, arbuste touffus)	RNA, agroforesterie, mise en défens	Boisement/reboisement au tour des points d'eau, protections des puits en leur fermant bien, éloignement des champs de cultures aux points d'eau (cours d'eau)	Reboisement, protection avec un turban, une couverture plastique
Hausse de Température/Forte Insolation	Modification des périodes de conduite et d'abreuvement, régularité des soins vétérinaires,	Reboisement, RNA, agroforesterie	Boisement/reboisement au tour des points d'eau, protections des puits en leur fermant bien	Reboisement, protection avec un turban, une couverture

	pratique de jachère pour souffler du bétail			plastique
Mauvaise Répartition pluviométrique dans le temps et espace	Boisement/reboisement au tour des points d'eau, éloignement des champs de cultures aux points d'eau (cours d'eau)	Reboisement, RNA, agroforesterie	Aménagements des points d'abreuvement	AGR, RNA, reboisement

Extrêmement probable

Très probable

Probable

Faible

Modérée

Élevée

L'observation de la matrice de vulnérabilité (tableau IX) illustre que face à la sécheresse les pâturages et les points d'eau ont une vulnérabilité élevée. Face aux vents violents, la vulnérabilité est modérée pour les pâturages et faible pour les points d'eau. Tenant compte de la hausse de température/insolation et mauvaise répartition pluviométrique dans le temps et espace, la vulnérabilité est faible pour les pâturages et modérée pour les points d'eau.

2.5. Analyse des données météorologiques observées

2.5.1. La pluviométrie

2.5.1.1. Cumul pluviométrique du cercle de Kolokani

L'analyse du cumul pluviométrique de la station de Kolokani montre une variabilité interannuelle dans la série 1980-2014 (figure 3).

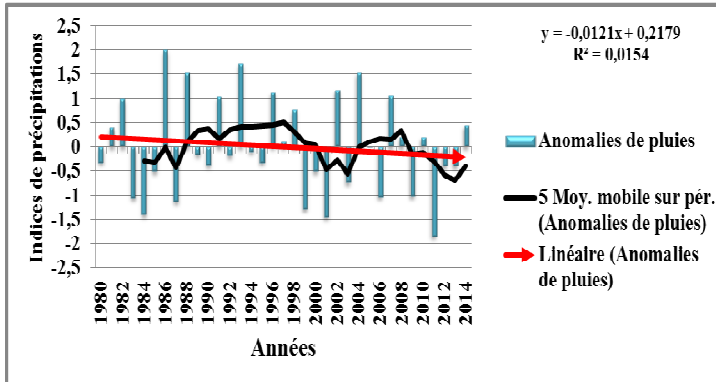


Figure 3 : Évolution interannuelle du cumul pluviométrique du cercle de Kolokani (1980-2014)

Cette variabilité révèle de courtes périodes déficitaires (1980-1987, 2000-2004, 2010-2014) alternant avec quelques années de courtes périodes excédentaires (1988-1999, 2005-2009). Les anomalies pluviométriques changent de signe d'une année sur l'autre et le maximum d'années successives de même signe est de trois (3) ans ce qui appuie l'idée qu'il n'y a pas de tendance significative de l'évolution des précipitations dans le cercle de Kolokani. Le calcul du test de rupture (test de Pettitt) a permis de constater une légère rupture entre 1999 et 2003. La courbe évolutive à pas de cinq (5) ans pour la série 1980-2014 révèle une tendance générale à la baisse et une pente de -0,0121. Ce résultat concorde avec les observations de Traoré *et al* (2004) qui stimulent une diminution de la pluviométrie au Mali avec un déplacement des isohyètes vers le sud. L'analyse de l'évolution interannuelle du cumul annuel avec le test de Pettitt n'a pas permis de détecter une rupture dans la station de Kolokani (1980-2014). L'hypothèse nulle H_0 est acceptée étant donné que la p-value (0,66) calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$ avec un intervalle de confiance de 99%.

2.5.1.2. Analyse des paramètres de la saison

Dans le cercle de Kolokani, les dates de début, de fin et la longueur de la saison ont connu une variation interannuelle relativement forte, sur la période 1980-2014 (figure 4).

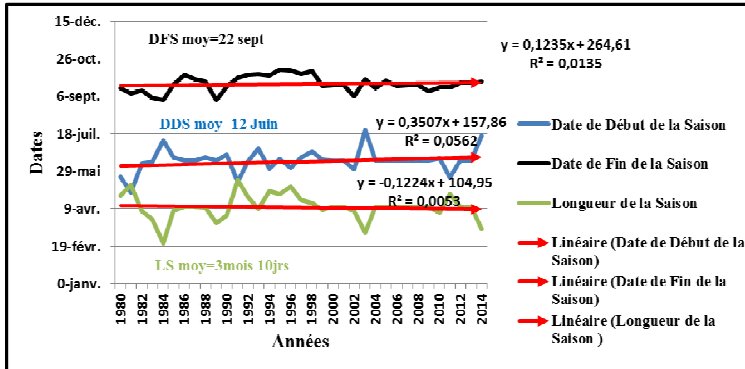


Figure 4 : Évolution des paramètres de la saison dans le cercle de Kolokani

Outre cette variabilité interannuelle, il ressort de l'analyse des tendances que les saisons des pluies sont en train de connaître un démarrage de plus en plus tardif et une fin hivernale de plus en plus précoce au niveau de la station de Kolokani. Par conséquent, ce qui traduit que la saison pluvieuse est de plus en plus rétrécie. Ce résultat vient en complément des travaux effectués par Clot (2008) qui rapporte que l'hivernage devient de plus en plus court. Ce résultat converge également vers une étude faite par l'AEDD du Mali (2011) qui rapporte que depuis l'apparition des périodes de sécheresse en 1970, on observe l'instauration d'un climat plus aride sur l'ensemble du territoire, une tendance à la diminution globale des pluies utiles de 20% et un déplacement des isohyètes de 200 km vers le Sud. Cette figure montre que la date moyenne de début de saison (calculées sur les séries allant de 1980 à 2014) est le 12 juin. La date moyenne de fin de saison pour la même station est le 22 septembre

soit une longueur moyenne de saison de trois (3) mois et dix (10) jours. Le test de Pettitt n'a pas permis de constater une rupture (p-value égal à 0,37) pour la longueur de la saison dans la station de Kolokani de 1980 à 2014.

2.5.1.3. Analyse des séquences sèches

Il ressort de cette analyse de la fréquence des séquences sèches mensuelles de 1980 à 2014 au niveau de la station de Kolokani, qu'en moyenne tous les mois sont affectés par les séquences sèches supérieures ou égales à sept (7) jours (figure 5).

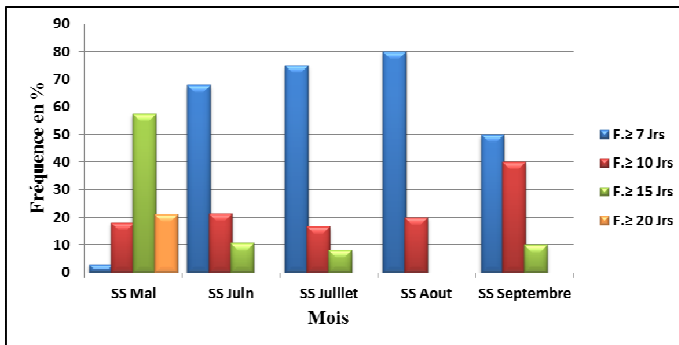


Figure 5 : Fréquence des séquences sèches mensuelles de la station de Kolokani (1980-2014)

Ces séquences sèches varient suivant le nombre de jours retenues et le mois considérés. Celles supérieures ou égales à sept (7) jours dominent largement pour les mois de juin, juillet, août et septembre (soit $F \geq 50\%$) et très faible pendant le mois de mai. Celles supérieures ou égales à dix (10) jours sont présentes dans tous les mois considéré dont la plus élevée a été enregistrée pendant le mois de septembre. Supérieures à 50%, les séquences sèches supérieures ou égales à quinze (15) jours existent dans tous les mois sauf le mois d'août. Seul le mois de mai a été couvert par des séquences sèches supérieures ou égales à vingt (20) jours. Cette observation traduit

que de 1980 à 2014 le mois le plus pluvieux dans le cercle de Kolokani est celui d'août dont la fréquence des séquences sèches n'a pas excédé dix (10) jours.

2.5.2. Les températures

2.5.2.1. Température maximale

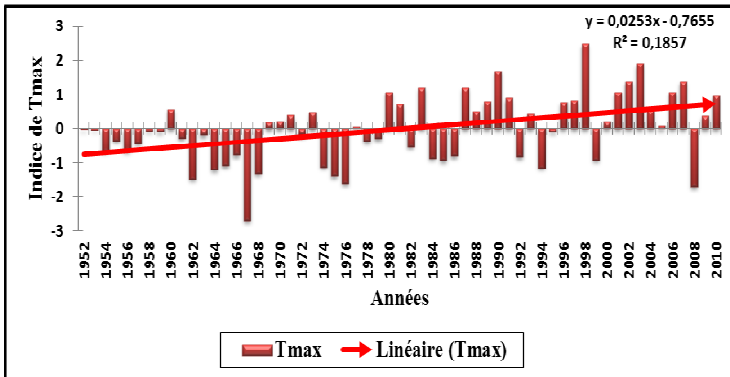


Figure 6 : Évolution interannuelle de la température maximale de Sotuba

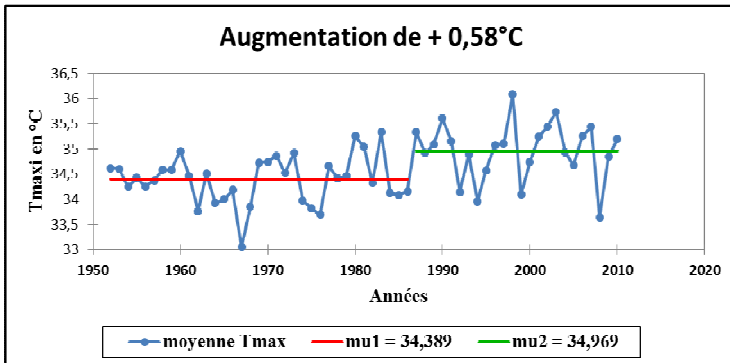


Figure 7 : Rupture dans l'évolution moyenne interannuelle de Tmax de Sotuba

L'analyse de la série 1951-2010 pour la station de Sotuba à la base de l'indice de Lamb traduit une évolution interannuelle de la moyenne des températures maximales (figure 6). Les années de 1951 à 1980 ont enregistré la période la plus longue de températures basses (négatives), alors que les années 1988 jusqu'en 2010 étaient en général chaudes (positives). En outre, la tendance générale de températures maximales est à la hausse sur la série. Selon le Test de Mann-Kendall, cette tendance est statistiquement significative avec un p-value égal à 0,001, donc inférieur au seuil alpha de 0,05. L'application du test de Pettitt a permis de mettre en évidence une rupture significative à partir de 1986 divisant ainsi la série en deux (2) sous séries homogènes. La moyenne de la série 1951-1986 est de 34,389°C et 34,969°C pour la série 1987-2010. La comparaison de ces deux (2) moyennes a permis de constater une augmentation de la température maximale de 0,58°C entre 1951 et 2010 pour la station de Sotuba (figure 7). Ce résultat est en rapport avec celui du GIEC (2013) qui illustre une augmentation de la température moyenne à la surface de la terre à 0,80°C entre 1906 et 2012. Ce dernier est également conforme aux tendances données par la BOAD (2010) sur le sahel qui observe une augmentation de l'ordre de 3 à 6°C d'ici à 2100.

2.5.2.2. Température minimale

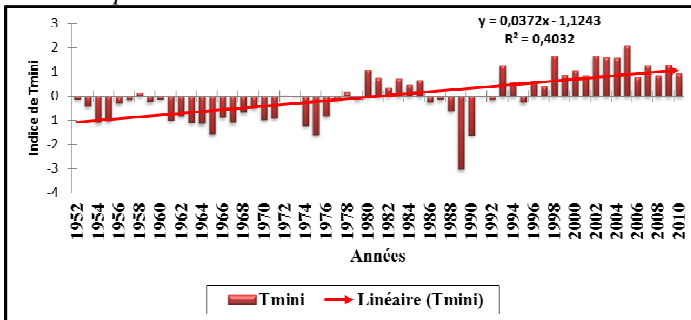


Figure 8 : Évolution interannuelle de la température minimale de Sotuba

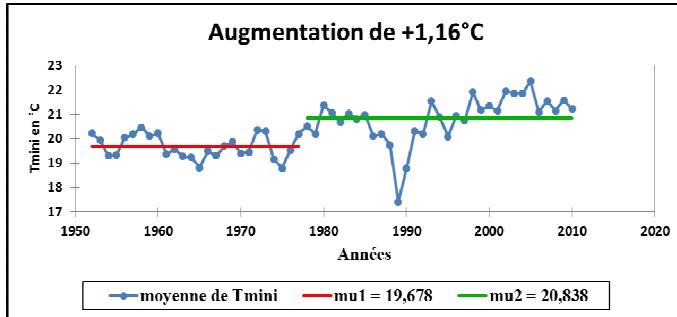


Figure 9 : Rupture dans l'évolution moyenne interannuelle de Tmini de Sotuba

L'observation générale de l'évolution des températures minimales (figure 8) traduit un changement interannuel des températures enregistrées tout au long de la série (1951-2010). Deux (2) périodes bien distinctes sont remarquables sur toute la série. La première période de 1951 à 1992 a enregistré des températures basses (inférieures à la moyenne) tandis que la seconde période de 1993 à 2010 est dominée par des années de hausse de température minimale (supérieures à la moyenne). Par ailleurs, la tendance des températures minimales est en hausse. Cette tendance est statistiquement significative à travers le test de Mann-Kendall avec un p-value égal 0,0001 inférieur au seuil alpha (0,05). L'analyse de l'évolution interannuelle de la température minimale (figure 9) avec le test de Pettitt a permis de d'identifier une rupture dans la série à partir de 1977. La comparaison de la moyenne 1951-1977 (19,678°C) à celle 1978-2010 (20,838°C) s'est traduite par une augmentation de +1,16°C entre la série 1951-2010. Ce résultat est en rapport avec celui de Rabe (2014) qui illustre une tendance générale de températures minimales à la hausse (+1,1°C) sur la série 1950-2010.



CONCLUSION

Au terme de cette étude, les résultats ont montré que les ressources pastorales sont vulnérables face à la variabilité et aux changements climatiques. Elle a permis d'observer une tendance générale à la baisse du cumul pluviométrique dans la station de kolokani (1980-2014) et une augmentation de la température dans la station de sotuba (1951-2010). Face à la sécheresse on observe un impact élevé sur les pâturages et les points d'eau. Les ressources en eaux tarissent d'une manière précoce suite aux phénomènes de hausse de température/forte insolation et vents violents. Le niveau des nappes phréatiques en baisse par rapport aux années passées. Certaines espèces végétales (ligneuses et herbacées) très riches appréciées par les animaux ont totalement disparu, car n'arrivent plus à s'ajuster aux conditions climatiques actuelles.

RÉFÉRENCES

1. Aberman N., Haglund E. et Koné D., 2011, *Cartographie des principaux acteurs de l'adaptation au changement climatique dans le secteur agricole du Mali*. Rapport d'étude. Bamako, Mali. 20p.
2. AEDD, 2011, *Stratégie Nationale Changements Climatiques-Mali*. Rapport version3. EcoSecurities Consulting, Ambassade de Norvège, GIZ, Mali, 103p.
3. AGRHYMET, 2010, *Le Sahel face aux changements climatiques : Enjeux pour un développement durable*. Bulletin mensuel du Centre Régional AGRHYMET, Niamey, Niger. 38p.
4. BOAD, 2010, *Changements climatiques et sécurité alimentaire dans la zone UEMOA : défis, impacts, enjeux actuels et futurs*. Rapport final, 90p.
5. Clot N., 2008, *Changement climatique au Mali*. San, 27p.
6. GIEC, 2013, *Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat/Résumé à l'intention des décideurs*. Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques, 34p.



7. Hiernaux P., Diawara M. et Gangneron F., 2014, *L'élevage face aux variations climatiques et aux évolutions des sociétés sahéliennes*. De Boeck Supérieur | Afrique contemporaine, 2014/1 - n° 249, pp. 21-35
8. INSTAT, 2013, *4ème Recensement Général de La Population et de L'Habitat (RGPH) du Mali*. Résultats Définitifs, Tome 0 : Répertoire des villages, 318p.
9. Lahcen O., (2014), *Echantillonnage Action Contre la Faim (ACF)*.
(<https://fr.scribd.com/doc/221854657/1/INTRODUCTION?sh=9c21696b02e8cb0e>)
10. PANA, 2007, *Programme de préservation des ressources naturelles*. République du Mali, Ministère de l'Équipement et du Transport, Direction Nationale de la Météorologie, 101p.
11. PNDEM, 2003, *Diagnostic et analyse critique de la situation actuelle du sous-secteur élevage au Mali, Volume I*. Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche, 115p.
12. Rabe A. S., 2014, *Contributions à l'étude de la vulnérabilité et des stratégies d'adaptation des éleveurs face à la variabilité et aux changements climatiques dans le département d'Abalak, (Région de Tahoua au Niger)*. Mémoire de Mastère en CCDD, Niger, CRA, 102p.
13. Sarr B., Kaire M. et Botoni E., 2015, *Vulnérabilité des secteurs stratégiques au réchauffement climatique en Afrique de l'Ouest : Argument scientifique pour la limitation du seuil de réchauffement climatique global à 1,5°C*. Note d'information en vue de la Cop21, 10p.
14. Stern R. D., Dennett M. D. et Garbutt D. J., 1981, *The start of the rains in West Africa*. Int J Climatol, pp. 1: 59-68.
15. Stern R. D., Knock J., Grayer C. et Leidi S., 2006, INSTAT+. *Climatic guide, University of Reading, Reading, 322p*. the scaling hypothesis, Journal of Hydrology, pp. 349, 350– 363
16. Traoré F., Bayoko A., Konaté S., Coulibaly A. et Diarra B., 2004, *Etude des perspectives de changement climatique au Mali*, 10p.
17. UICN, 2011, *Projet « Intégration de l'adaptation au changement climatique dans les stratégies de réduction de la pauvreté en*



Afrique de l'Ouest». Rapport synthèse des études de capitalisation des connaissances, pratiques, stratégies et technologies locales d'adaptation au changement climatique au Burkina Faso, Mali et Sénégal, 22p.