

Vulnérabilité des agro-pasteurs face à la variabilité et au changement climatique dans la Commune rurale de Diéma, Mali

Mamadou COULIBALY¹, Brehima N'DIAYE², Mamadou SARRA¹, Mariam COULIBALY⁴,
Atta SANOUSSI³ et Dommo TIMBELY^{1*}

¹ Institut d'Economie Rurale (IER), BP 258, Bamako, Mali

² Inspection du Ministère de l'Environnement, de l'Assainissement et du Développement Durable (MEADD),
Bamako, Mali

³ Centre Régional AGRHYMET, Niamey, Niger

⁴ Ecole Normale Supérieure, Bamako, Mali

(Reçu le 09 Mars 2021 ; Accepté le 10 Mai 2021)

* Correspondance, courriel : dommotimbely@hotmail.com

Résumé

Le changement climatique constitue une préoccupation majeure et menace la production des ressources agropastorales ainsi que la stabilité sociale au Mali. Cette étude a pour objectif général de contribuer à une meilleure connaissance des impacts du changement climatique sur ces ressources afin d'améliorer la résilience des agro-pasteurs. Pour ce faire, 188 agro-pasteurs et 15 personnes-ressources ont été enquêtés dans 08 villages de la commune de Diéma. Une séance de *focus group* a été organisée dans chaque village. Les données climatiques de la pluviométrie, la température minimale, maximale et moyenne de la période de 1950 à 2018 de la station de Nioro et de la Direction Nationale de Mali-météo ont été analysées. Cette étude a mis en relation les analyses scientifiques et les perceptions locales des agropasteurs sur le changement climatique. Les résultats des analyses de ces données climatiques montrent une tendance des précipitations à la baisse tandis que celle des températures sont à la hausse. Une augmentation des températures a été observée soit +0,6 °C pour les maximales et +0,5°C pour les minimales. Les ressources en eaux tarissent de façon précoce par rapport aux années passées suite aux phénomènes de hausse de température et de vents violents. Certaines espèces fourragères (ligneuses et herbacées) très riches et appréciées par les animaux sont en voie de disparition. Ainsi, la raréfaction de ces ressources engendre des conflits entre les différents utilisateurs qui exploitent les mêmes ressources (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs, et exploitants des ressources forestières). Cette situation illustre que les ressources pastorales sont vulnérables face aux effets néfastes de la variabilité et au changement climatique dans la zone d'étude.

Mots-clés : *vulnérabilité, changement climatique, agropasteurs, Diéma, Mali.*

Abstract

Vulnerability of agro-pastoralists to climate variability and change in the rural commune of Diéma (Mali)

Climate change is a major concern and threatens the production of agro-pastoral resources and social stability in Mali. The overall objective of this study is to contribute to a better understanding of the impacts of climate change on these resources in order to improve the resilience of agro-pastoralists. To this end, 188 agro-pastoralists and 15 resource persons were surveyed in 08 villages in the commune of Diéma. A focus group session was organised in each village. Climatic data on rainfall, minimum, maximum and average temperature for the period from 1950 to 2018 from the Niore station and the Direction National Mali-météo were analysed. This study linked scientific analyses to local perceptions of climate change by agropastoralists. The results of the analyses of these climate data show a downward trend in rainfall while that of temperatures is on the rise. An increase in temperatures was observed, i.e., $+0.6^{\circ}\text{C}$ for the maximum and $+0.5^{\circ}\text{C}$ for the minimum. Water resources are drying up earlier than in previous years as a result of rising temperatures and strong winds. Some forage species (woody and herbaceous) that are very rich and eaten by animals are in danger of extinction. Thus, the increasing scarcity of these resources is generating conflicts between the different users who exploit the same resources (farmers, stockbreeders, fishermen, and forest resource users). This situation illustrates that pastoral resources are vulnerable to the adverse effects of climate variability and change in the study area.

Keywords : *vulnerability, climate change, agropastoralists, Diéma, Mali.*

1. Introduction

Il est actuellement reconnu que le changement climatique a d'importants effets néfastes sur les efforts de l'ensemble de la planète et singulièrement dans les pays en voie de développement dont l'économie dépend des ressources naturelles, elles-mêmes tributaires du climat. Les impacts du changement climatique se font de plus en plus sentir sur l'économie des pays en développement qui repose essentiellement sur les ressources naturelles [1]. En effet, les manifestations du changement climatique sont visibles et se ressentent partout dans le monde [2]. 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 [3]. Le Mali est un pays agropastoral qui contribue à près de 40 % au Produit Intérieur Brut [4]. Le sous-secteur de l'élevage qui constitue la source de revenus de 80 % des populations des zones pastorales est menacé par la dégradation environnementale et l'épuisement des ressources pastorales. Cette dégradation entraîne des coûts supplémentaires liés à l'achat du complément alimentaire pour nourrir les animaux [5]. Le changement climatique renforce les contraintes de production, la sédentarisation des animaux liés aux précédents phénomènes et renforce la dégradation des sols et des parcours de transhumance [6]. Dans la commune de Diéma située dans la région de Kayes, environ 90 % de l'alimentation des animaux proviennent des pâturages naturels [7]. Cette situation traduit la forte dépendance de ce sous-secteur aux conditions climatiques. Il subit alors les effets néfastes de la variabilité et du changement climatiques. Cette étude a pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance des impacts de la variabilité et du changement climatique sur le système agropastoral ainsi que le niveau de vulnérabilité des agropasteurs de la commune face au changement climatique.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation de la zone d'étude

La commune rurale de Diéma est située entre les latitudes 14°35' et 14°45' nord et les longitudes 9°20' et 9°40' ouest dans la région de Kayes qui est la première région administrative et économique du Mali (Figure 1). Elle est limitée :

- Au Nord par les communes rurales de Béma et Grouméra ;
- Au Sud par la commune rurale de Dianguiré ;
- À l'Est par la commune rurale de Dianguiré ;
- Au Sud-ouest, par la commune rurale de Madiga-Sacko ;
- Et à l'Ouest par la commune rurale de Diangouté-Camara.

La commune de Diéma couvre une superficie totale de 1 183 km². Elle compte 17 villages (Tinkaré, Kana, Guémou, Fangouné Bambara, Fangouné Kagoro, Fangouné Massassi, Dampa, Lacklal, Garambougu, Bougoudéré Niandé, Bougoudéré Mahomet, Bilibani, Mambourké, Nafadji, Dindinkaré ; Souranguedou) plus la ville de Diéma. La population de la commune est estimée à 36 592 habitants [8]. La population est constituée de 17 742 hommes et 18 850 femmes répartis en 4 880 ménages. Elle est essentiellement composée de Sarakolé, Bambara, Peulh, Maure, Kagoro. La densité moyenne est de 12 habitants au km². Les langues de communication sont le Peulh, le Sarakolé, le Bambara et le français. Le climat est de type soudano-sahélien avec l'alternance d'une saison pluvieuse qui s'étend de juin à septembre et d'une saison sèche longue (octobre à mai), avec des températures variantes entre 15°C et 45°C selon les saisons. La saison sèche se répartit en deux courtes saisons que sont la saison sèche fraîche (octobre-février) et la saison sèche chaude (mars-mai). La pluviométrie est assez variable, entre 450 et 650 mm avec une moyenne de 500 mm d'eau par an. Les sols rencontrés dans cette région sont du type limoneux et limono-sableux qui sont favorables à la culture des céréales (mil, sorgho, maïs) et légumineuses (niébé, arachide, voandzou) [9].

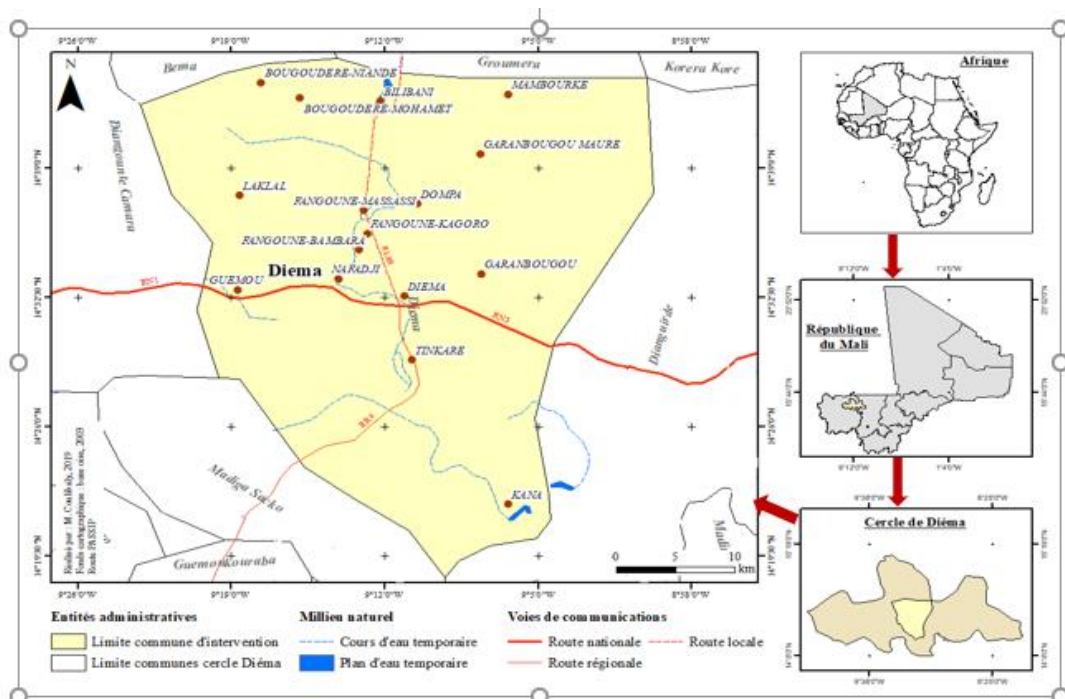


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

2-2. Méthodologie

Des enquêtes et interviews ont été menées auprès des agropasteurs, des services techniques, ONG, association et personnes-ressources de la zone. Pour ce faire :

- Une fiche d'enquête individuelle a été adressée aux chefs de ménage ;
- Un focus groupe a été effectué auprès des groupements et associations des agropasteurs. À travers ce focus groupe, la matrice de sensibilité a permis d'inventorier les risques climatiques à laquelle la zone d'étude est soumise. Il a également permis de mettre en exergue quelques impacts du changement climatique sur le système agropastoral sur la base des enquêtes au niveau des agropasteurs et des personnes ressources à travers une matrice d'impact ;
- Ensuite un guide d'entretien a été renseigné auprès des agents des services techniques, ONG, projets et personnes ressources ;
- Des données mensuelles de la pluviométrie et de la température (période 1950 à 2018) provenant de la station synoptique de Nioro ont été utilisées.

2-3. Collectes des données

La commune compte 36 592 habitants [8], le nombre de ménages agropasteurs est de 4 880. La formule d'Anderson et al. (2005) (Formule 1) a permis de déterminer l'échantillon à enquêter :

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 P (1-P)N}{(Z_{\alpha/2})^2 P (1-P) + (N-1) e^2} \quad (1)$$

Avec : n = taille de l'échantillon ; N = taille de la population mère ; P = Proportion (50 %) ; e = Marge d'erreur (7 %) ; $Z_{\alpha/2}$ = Intervalle de confiance 95 % et $Z_{\alpha/2} = 1,96$.

L'application de cette formule a permis d'avoir un échantillon total de 188 ménages à enquêter. Cet échantillon a été réparti entre les huit villages et pondéré en fonction du nombre de ménages de chaque village.

2-4. Analyse et traitement des données

2-4-1 Pour les données d'enquêtes

Les données d'enquête ménage ont été saisies et analysées avec le logiciel SPSS (Statistique Package for Social Sciences) à travers la statistique descriptive des fréquences et l'écart-type pour décrire les caractéristiques démographiques et socio-économiques.

2-4-2. Méthode d'analyse de la vulnérabilité de la zone

La vulnérabilité climatique étant fonction du degré d'exposition aux risques et de la capacité à gérer ces risques à différents niveaux, nous avons déterminé la capacité afin de pouvoir déterminer la vulnérabilité. Une analyse des moyens d'existence (humains, financier, physique, naturel et social) nous a permis d'avoir trois classes de capacité d'adaptation : faible, moyen et élevé. Après avoir déterminé la capacité d'adaptation, le degré de vulnérabilité a été obtenu à travers la matrice de vulnérabilité. Le degré de vulnérabilité est élevé dans le cas où le risque est élevé et où la capacité d'adaptation est faible.

2-4-3. Données climatiques

Les séries chronologiques complètes des précipitations et des températures minimales et maximales mensuelles de 1950 à 2018 de la station synoptique de Nioro ont été analysées avec le logiciel Excel. Ces données climatiques ont été obtenues auprès de l'agence Mali-Météo.

2-4-3-1. Détermination de la fluctuation interannuelle de la pluviométrie et de la température

Pour les variations interannuelles des cumuls pluviométriques, la série complète de précipitations mensuelles de 1951 à 2018 a été utilisée. Le coefficient de variation et l'indice pluviométrique ont été calculés afin d'apprécier la variabilité interannuelle ainsi que les périodes de déficits et d'excédents pluviométriques. L'évolution interannuelle des précipitations et des températures a été appréciée par l'utilisation des indices d'anomalie standardisés définis par la **Formule** suivante :

$$IPS = (P_t - P_m) / \sigma \quad (2)$$

IPS = Indice de Pluviométrie Standardisé ; P_t = cumul annuel de la pluviométrie ; P_m = moyenne de la pluviométrie sur la période ; σ = Ecart type sur la même période.

2-4-3-2. Analyse de l'évolution des précipitations et des températures

Cette analyse a permis de déterminer les variations temporaires des précipitations et des températures. La tendance a été observée avec l'équation linéaire suivante :

$$Y = AX + B \quad (3)$$

Y = variable expliquée ; X = variable explicative ; A = pente ou le coefficient directeur de la droite et b = l'ordonnée à l'origine. Si $A > 0$, la tendance est à la hausse et si $A < 0$, elle est à la baisse.

En ce qui concerne l'évolution des températures minimales, maximales et moyennes, deux sous séries climatiques ont été utilisées pour déterminer leur évolution et l'écart. Il s'agit de la période 1950-1988 considérée comme avant et la période 1989-2018 considérée comme actuelle.

3. Résultats

L'analyse des impacts de la variabilité et des changements climatiques a porté sur les trois éléments du système agropastoral qui sont : les ressources animales, les ressources agropastorales et les ressources humaines.

3-1. Analyse des données météorologiques

3-1-1. Indice de Pluviométrie Standardisé (IPS) de Diéma entre 1950 et 2018

La **Figure 2** indique une période d'année humide entre 1950 et 1969, deux périodes d'années de sécheresses (1970-1991 et 1996-2003) et une période d'alternance d'années humides et d'années sèches qui s'est installée de 2004 jusqu'à nos jours. Les années de déficits pluviométriques les plus accentuées sont : 1971, 1977, 1983-1984, 1990 et 2002. Par ailleurs, les années excédentaires les plus remarquables ces trente dernières années sont : 1989, 2008 et 2012-2013. Malgré la variabilité inter annuelle du cumul pluviométrique, de façon générale, nous avons une tendance à la baisse avec un coefficient de détermination R^2 de 42 %.

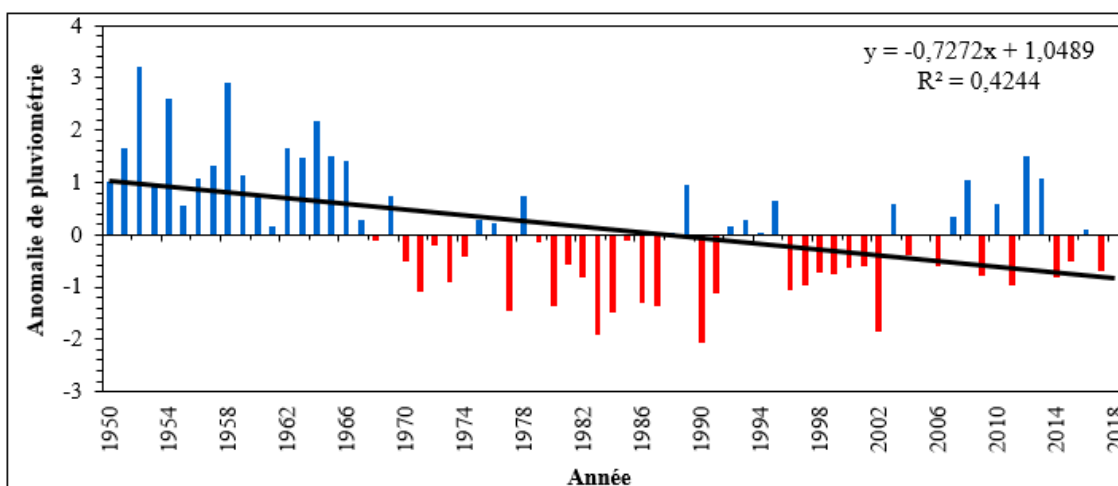


Figure 2 : Variation interannuelle des précipitations à Diéma (1950-2018)
(Source : Agence Mali-Météo)

3-1-2. Analyse des températures

La comparaison des températures de la période 1950-1988 à 1989-2018 montre une tendance à la hausse pour la minimale, la maximale et la moyenne, respectivement de +0,6 ; +0,5 et +0,55°C (**Tableau 1**). En effet, les températures sont passées de 20,8 à 21,4 °C pour la minimale, de 36,1 à 36,6 °C pour la maximale et enfin de 28,45 à 29,00 °C pour la moyenne.

Tableau 1 : Evolution de la température au cours des périodes 1950-1988 et 1989-2018

Températures (°C)	1950-1988	1989-2018	Ecart
Moyenne Tmin	20,80	21,40	+ 0,60
Moyenne Tmax	36,10	36,60	+ 0,50
Moyenne Tmoy	28,45	29,00	+ 0,55

(Source : Agence Mali-Météo)

3-1-2-1. Variation interannuelle des températures moyennes

L'analyse de la variation interannuelle des températures moyennes (**Figure 3**) montre une alternance de période chaude et froide de 1950 à 1954, suivie d'une période chaude de 1955 à 1958. La période 1958-1980 a été relativement froide. De 1981 à 1990, il y a une alternance de période chaude et froide suivie d'une période chaude, de 1991 à 2002. A partir de 2003 jusqu'en 2010, les températures moyennes ont connu une baisse. Les années 2010 à 2012 ont été extrêmement chaudes. De 2013 à 2016, il y a eu une période froide avant la période chaude de 2017 à 2018. De façon générale, la tendance de la température moyenne est à la hausse avec un coefficient de détermination R² de 26 %.

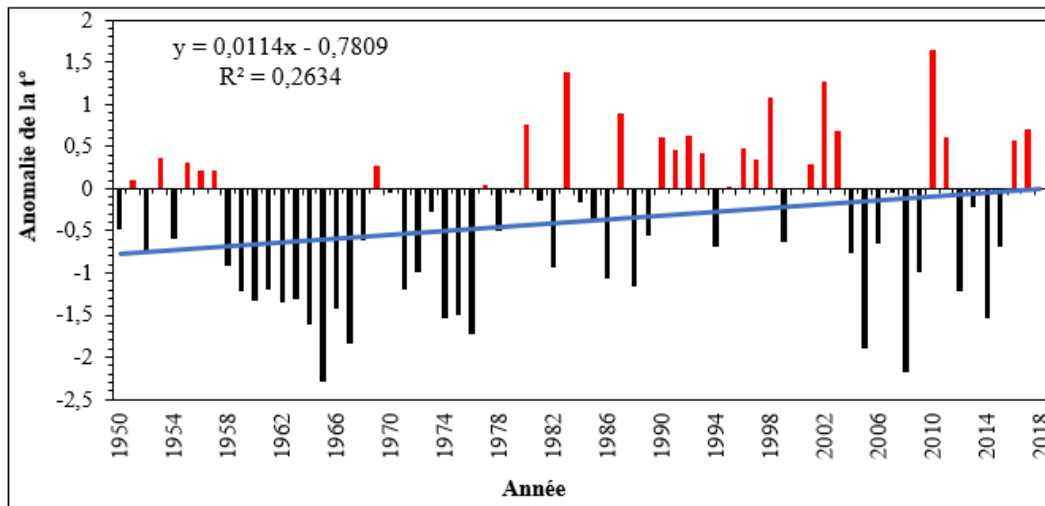


Figure 3 : *Variation interannuelle de la température moyenne de 1950 à 2018 à Diéma*
 (Source : Agence Mali-Météo)

3-1-2-2. Matrice de sensibilité

Les ressources animales les plus exposées sont les ovins (indice d'exposition : 21), et les bovins (indice d'exposition : 17). Parmi les ressources agropastorales, les plus exposées sont les cultures (indice : 19) suivies des pâturages herbacés (indice : 17) et des points d'eau de surface (indice : 16). Enfin les agropasteurs ont un indice d'exposition de 16. Dans le système agropastoral, l'élément le plus exposé est la ressource agropastorale (indice : 95), suivie de la ressource animale (indice : 64). Enfin la ressource humaine a un indice de 16. Les risques climatiques de la zone ont été identifiés et hiérarchisés (**Tableaux 2 et 3**) par les agropasteurs comme suit : la sécheresse, l'inondation, le déficit pluviométrique, les vents violents, la hausse de température et les vagues de chaleur. Leur degré d'impact sur le système agropastoral est variable d'un risque à l'autre. Il est de 42 pour la sécheresse, 35 pour l'inondation, 34 pour le déficit pluviométrique, 24 pour les vents violents, 23 pour la hausse de la température ainsi que pour les vagues de chaleur. Parmi ces risques, la sécheresse a été classée comme le risque qui a le plus d'impact sur le système agropastoral, suivi des inondations. A partir des résultats du **Tableau 2**, les différents risques climatiques ont été classés sur la base de leur indice d'impact et d'exposition sur le système agro-pastoral (**Tableau 3**). La sécheresse est le premier risque climatique qui affecte le système agro-pastoral, suivi de l'inondation et du déficit pluviométrique. La hausse de température et la vague de chaleur sont les risques qui ont le plus faible impact.

Tableau 2 : Matrice de sensibilité des variables impactées

Barème : 0 = Pas de risque, 1 = Faible, 2 = Assez faible, 3 = Moyen, 4 = Assez fort, 5 = Fort

Sous-unités exposées		Risques climatiques						Indice d'exposition	Rang
		Sécheresse	Inondation	Déficit pluviométrique	Vent violent	Hausse de température	Vague de chaleur		
Ressources animales	Bovin	4	3	2	2	3	3	17	2
	Ovin	5	4	3	3	3	3	21	1
	Caprin	3	4	2	3	2	2	16	3
	Camelin	2	2	1	1	2	2	10	4
Indice d'impact sur les animaux		14	13	8	9	10	10	64	2^{ème}
Ressources agropastorales	Herbacées	5	3	4	1	2	2	17	2
	Ligneux	2	2	2	2	1	1	10	5 ^{ex}
	Résidus de culture	4	2	3	1	2	2	14	4
	Eau de surface	4	3	3	2	2	2	16	3
	Eau souterraine	3	2	2	1	1	1	10	5 ^{ex}
	Culture	5	3	4	3	2	2	19	1
	Sol	1	3	1	2	1	1	9	7
Indice d'impact sur les ressources		24	18	19	12	11	11	95	1^{er}
Indice d'impact sur les ressources Humaines (agropasteurs)		4	4	3	3	2	2	16	3^{ème}
Indice d'impact sur le système Agropastoral		42	35	30	24	23	23		

(Source : Enquête de terrain, Diéma, Novembre 2019)

Tableau 3 : Hiérarchisation des risques climatiques

Risques climatiques	Indice d'impact	Hiérarchisation
Sécheresse	39	1
Inondation	35	2
Déficit pluviométrique	34	3
Vent violent	24	4
Hausse de température	22	5
Vague de chaleur	21	6

3-1-2-3. Perception sur l'impact du changement climatique sur les ressources fourragères

Les résultats indiquent que 92,6 % des enquêtés estiment que le changement climatique a des impacts considérables sur les terres de parcours (**Figure 4**). Par ailleurs, le rythme de cette dégradation est progressif pour 78,2 % des enquêtés alors que 21,8 % la jugent brutale (**Figure 4**). Selon 93,6 % des enquêtés, certaines espèces fourragères les plus appréciées par les animaux ont diminué, voire disparu. Cependant, 6,4 % pensent que ces espèces sont toujours disponibles. Les espèces en voie de disparition ou disparues selon les agropasteurs sont : *Andropogon gayanus*, *Tragus sp.*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Brachiaria sp.*

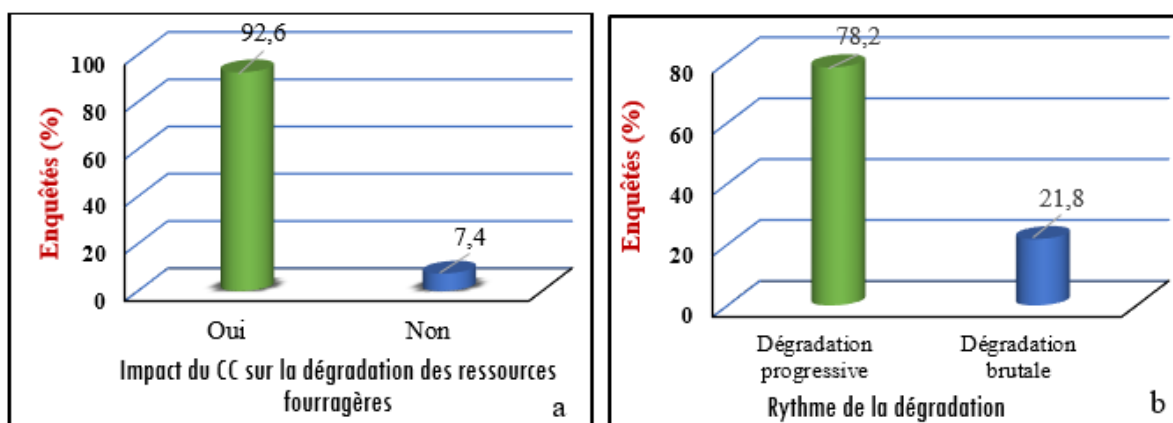


Figure 4 : Impact du CC sur la dégradation des ressources fourragères (a) et le rythme de la dégradation (b)
(Source : Enquête de terrain, Diéma, Novembre 2019)

3-1-3. Perception des agropasteurs sur les impacts du changement climatique sur les ressources en eau

Dans la zone d'étude, les sources en eau disponibles pour les animaux sont les puits (pérennes) et les mares (temporaires). Actuellement avec le changement climatique, 94,7 % des agropasteurs enquêtés affirment que certains points d'eau temporaires ont totalement disparu (**Figure 5**). Par ailleurs, 64,4 % des enquêtés indiquent le tarissement des points d'eau permanents pendant que 35,6 % ont un avis contraire (**Figure 5**). Selon 91,5 % des agropasteurs, les puits et les puisards sont de plus en plus profonds (**Figure 5**) et on assiste à un ensablement des cours d'eau.

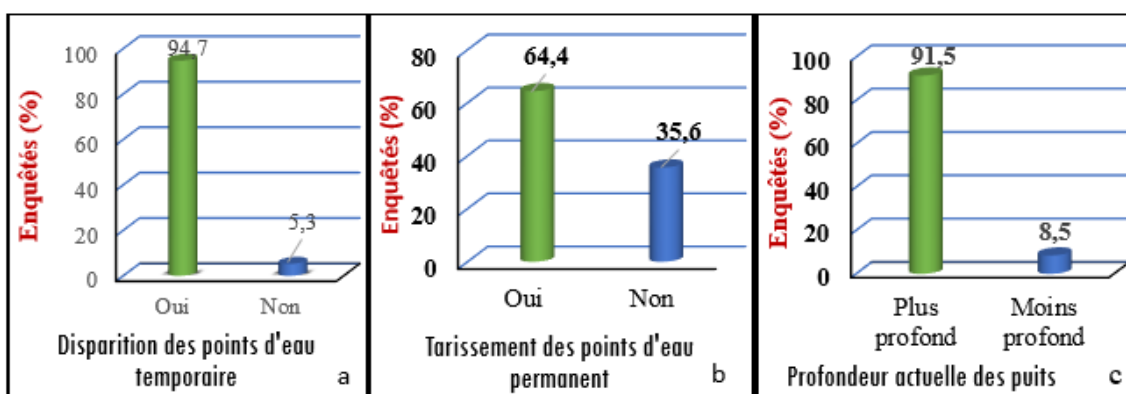


Figure 5 : Impact du changement climatique sur les ressources en eau, a) Disparition des points d'eau temporaire ; b) Tariessement des points d'eau permanent ; c) Profondeur actuelle des puits

(Source : Enquête de terrain, Diéma, Novembre 2019)

3-1-4. Impacts du changement climatique sur les ressources animales

3-1-4-1. Impacts sur la productivité des animaux

La perception des enquêtés a porté sur les paramètres zootechniques suivants : le taux de reproduction, la durée de lactation, la quantité du lait produite, l'intervalle entre deux mises basses, l'âge de la première mise bas et les épizooties. Ces paramètres cités sont parmi les éléments du système agropastoral les plus exposés aux effets du changement climatique. Actuellement la productivité des animaux a diminué par suite d'une réduction de leur taux de reproduction selon 76 % des enquêtés, de la durée de lactation (49 %) et de la quantité de lait (79 %). Par contre, cette productivité est normale pour respectivement 16 %, 51 % et 20 % des enquêtés (Figure 6). La majorité des agropasteurs enquêtés ont affirmé une augmentation de l'âge de première mise bas ainsi que l'intervalle entre deux mises basses chez les petits ruminants. En effet, l'intervalle bas a augmenté pour 73,4 % alors que le reste des enquêtés le trouve normal. Pour 99 % des enquêtés, l'âge de la première mise bas chez les petits ruminants était de 5 à 6 mois avant. Il n'y a que 26 % qui trouvent que cet âge est actuellement inchangé. Par contre, présentement cet âge est de 6 à 7 mois pour 58 % des personnes interrogées et jusqu'à 7 à 8 mois pour 16 % d'entre eux (Figure 6).

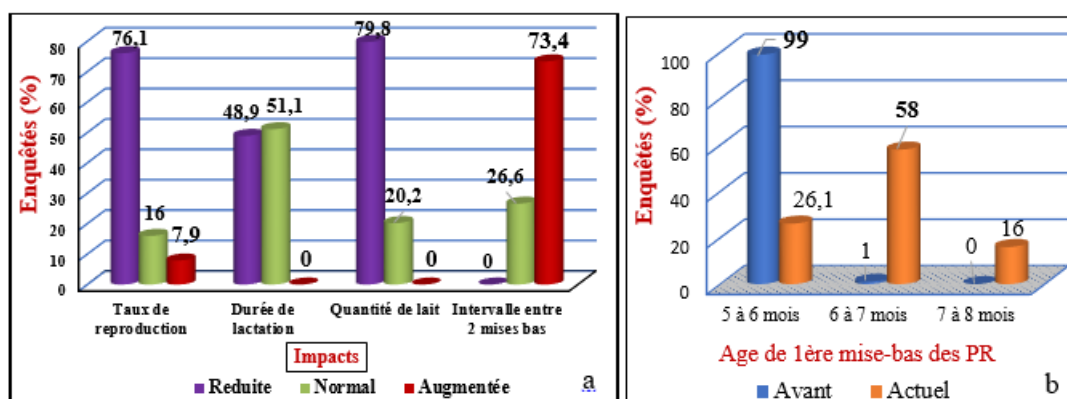


Figure 6 : Evolution de la productivité des animaux, a) Impacts ; b) Age de la 1ère mise-bas des PR

(Source : Enquête de terrain, Diéma, Novembre 2019)

3-1-4-2. Impacts du changement climatique sur la santé des animaux et leur mortalité

Pour 68,6 % des enquêtés, il y a actuellement une augmentation des maladies animales comparé à la période d'avant alors que 31,4 % pensent le contraire (**Figure 7**). La très grande majorité des agropasteurs (92 %) ont aujourd'hui affirmé l'apparition de nouvelles maladies chez les animaux (les maladies épizootiques hémorragiques, la dermatose, les infections pulmonaires, la fièvre charbonneuse, le charbon symptomatique etc.). Il y a 85,6 % qui indiquent l'existence de mortalité des animaux liées à la sécheresse.

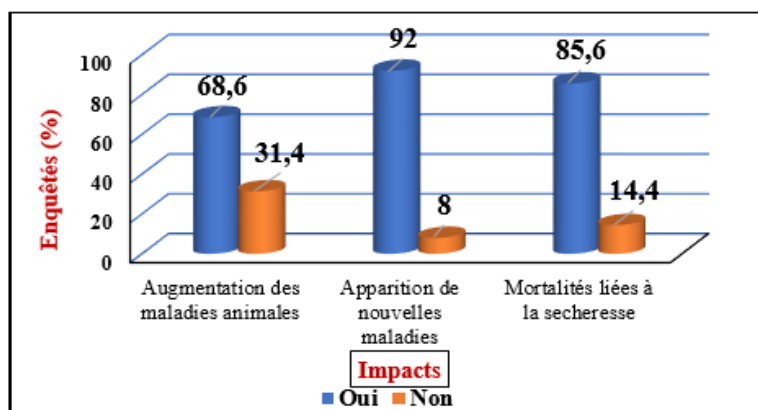


Figure 7 : Impact du changement climatique sur les maladies animales et la mortalité
(Source : Enquête de terrain, Diéma, Novembre 2019)

3-1-5. Impact du changement climatique sur le rendement des cultures, la fertilité des sols et les revenus des agropasteurs

Selon les enquêtés, le changement climatique a considérablement impacté les rendements des cultures, les résidus de récoltes, la fertilité des sols ainsi que les revenus des agropasteurs. En effet, plus de 85 % des répondants ont affirmé une diminution du rendement des cultures pluviales, des résidus de récolte ainsi que de la fertilité des sols (**Figure 8**). Par ailleurs, 67,6 % et 77,7 % des répondants ont constaté une diminution respectivement des rendements des cultures maraichères et des revenus des agropasteurs par rapport au passé. Il y a cependant 22,3 % qui pensent qu'il y a eu une augmentation du rendement des cultures maraichères alors que 22,3 % trouvent que le revenu est normal.

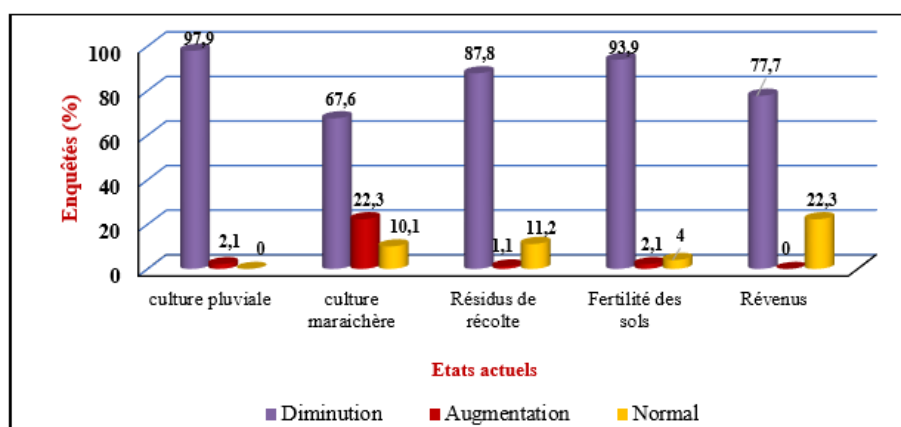
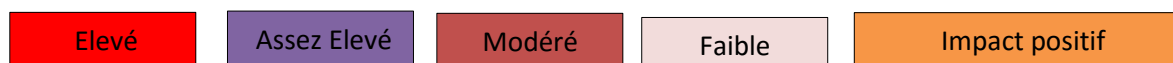


Figure 8 : Impact du changement climatique sur les rendements, la fertilité des sols et les revenus des agropasteurs
(Source : Enquête de terrain, Diéma, Novembre 2019)

3-1-6. Matrice des impacts

L'analyse des données d'enquêtes, couplée au jugement des personnes ressources et à la recherche bibliographique, a permis d'identifier les impacts du changement climatique dans notre zone d'étude (**Tableau 4**). En tenant compte de la conséquence du risque climatique et sa probabilité d'occurrence, on trouve les impacts potentiels faibles, modérés, assez élevés et positifs dans notre zone d'étude (**Tableau 4**). A chaque impact potentiel est attribuée une couleur. Par ailleurs, la sécheresse et les inondations fréquentes ont des impacts négatifs plus élevés sur le système agropasteur suivis du déficit pluviométrique, la vague de chaleur, l'élévation de température et les vents violents qui ont des impacts modérés sur le système agropastoral. Le seul impact positif des risques climatiques sur le système agropastoral est l'élévation du niveau de la nappe phréatique par les inondations (**Tableau 4**).

Tableau 1 : Matrice des impacts



Risques	Variables impactées					
	Ressources fourragère	Ressource en eau	Cultures	Sols	Animal	Agropasteurs
Sécheresse	Réduction du fourrage en qualité et en quantité ; Disparition de certaines espèces fourragères et ligneuses ;	Baisse du niveau de la nappe phréatique ; Tariessement des points d'eau.	Baisse des rendements	Dégradation du sol	Développement de maladies animales ; Baisse des performances (production, reproduction) ; Chute de la valeur marchande ; Mortalité.	Augmentation du volume de travail ; Augmentation des coûts de production ; Difficultés d'approvisionnement en intrants (inaccessibilité et/ou indisponibilité) Pertes économiques ; Départ précoce pour la transhumance ; Dégradation de la santé.
Inondation	Diminution de la qualité du fourrage et des stocks d'aliments (fourrage et autres aliments pour bétail) ; Envahissement et réduction des espèces ligneuses	Pollution de l'eau ; Erosion ; Effondrement et destruction des ouvrages et infrastructures Elévation du niveau de la nappe phréatique	Diminution des aires cultures ; Pertes de rendements	Réduction des aires de pâturage ; Erosion hydrique	Perte, stress et brusque mortalité du bétail. Intoxication ; Développement de maladies hydriques (diarrhée, piétins) Manque d'hygiène.	Pertes économiques (chute de production, destruction des moyens de production, etc.) ; Problèmes sanitaires (accidents, intoxication, maladies hydriques) ; Augmentation du volume de travail et des coûts de production ; Mort d'homme.
Déficit	Diminution de la disponibilité	Diminution de la	Baisse des rendements	Baisse de la fertilité des sols	Baisse de la productivité	Départ précoce pour la transhumance ;

pluviométrique	du fourrage, Disparition de certaines espèces fourragères et ligneuses	disponibilité en eau			des animaux ; Chute de la valeur marchande ; Mortalité.	Pertes économiques
Vague de chaleur	Diminution de la disponibilité du fourrage, Assèchement et dégradation du pâturages	Forte évapotranspiration ; Diminution de la disponibilité en eau	Dessiccation rapide des plantes ; Assèchement des cultures ; Diminution du rendement des cultures.	Diminution des activités microbiennes du sol ; Augmentation du phénomène d'évapotranspiration	Troubles métaboliques, Stress, dermatites, Inappétence, baisse des performances ; Augmentation d'épizooties et enfin la mortalité des animaux.	Apparition de maladies (rougeole, méningite) Pertes économiques
Elévation de température	Diminution de la disponibilité du fourrage, Assèchement et dégradation du pâturages	Forte évapotranspiration ; Diminution de la disponibilité en eau	Assèchement des cultures ; Diminution du rendement des cultures.	Diminution de la valeur nutritive du sol.	Stress et augmentation d'épizooties.	Apparition des maladies.
Vents violents	Déséquilibre du cycle végétatif ou reproducteur des plantes) Perte de fleurs de certaines espèces ; Ensablement des herbacées ;	Ensablement et Tarisement des cours d'eau	Déséquilibre du cycle végétatif ou reproducteur des plantes) ; Limitation de la croissance végétative, La verse des plants.	Erosion éolienne.	Perte d'animaux ; Mortalité des animaux ; Transmission de maladies (affections oculaires)	Pertes économiques (perte d'animaux, chute de production, destruction des moyens de production, etc.) Problèmes sanitaires (accidents, intoxication, maladies)

3-1-7. Analyse de la capacité d'adaptation et de la vulnérabilité des agropasteurs

La matrice de notification a permis d'évaluer la capacité d'adaptation des agropasteurs de la zone. Elle est basée sur les cinq pôles qui sont : naturel, physique, financière, humain et social (*Tableau 5*). Ainsi :

- Naturels : la disponibilité des ressources en eau et la disponibilité des ressources fourragères sont les principaux capitaux naturels et ont une moyenne de 1.
- Physiques : la capacité d'adaptation est beaucoup influencée par le capital physique qui sont : la disponibilité de terre agropastorales, les couloirs et pistes de transhumance, des outils agricoles.
- Humains : le professionnalisme, les bras valides, l'accès aux soins de santé sont les principaux capitaux humains évalués avec une moyenne de 1,4.
- Financières : les agropasteurs ont un faible capital financier car n'arrivent pas à couvrir les besoins avec leur revenu.
- Sociaux : ils sont entre autres l'entraide entre les agropasteurs, l'organisation paysanne et les ONG locales.

Tableau 5 : Matrice de notification des sous indicateurs

Disponibilité		Très limité	Assez limité	Disponible	Assez disponible	Totalement disponible
Indicateurs	Sous-indicateurs	1	2	3	4	5
Naturels	Disponibilité des ressources en eau			X		
	Disponibilité des ressources fourragères		X			
	Somme = 1					
Physiques	Disponibilité de terre agropastorales		X			
	Fertilité des sols	X				
	Disponibilité des couloirs et pistes de transhumance.		X			
	Disponibilité des parcs de vaccination			X		
	Accessibilité aux intrants et matériels agropastorales	X				
	Accessibilité aux semences améliorées	X				
	Accessibilité aux races animales résistantes.		X			
	Disponibilité des outils agricoles, pépinières pour le reboisement.		X			
Somme = 2,8						
Financières	Accès facile aux marchés.			X		
	Accès facile aux crédits Agricoles.	X				
	Existence des activités génératrices de revenus.		X			
	Transfert d'argent venant de l'extérieur.		X			
	Somme = 1,6					
Humains	Professionnalisme		X			
	Bras valides			X		

	Accès aux soins de santé		X			
	Somme = 1,4					
Sociaux	Entraide entre agropasteurs		X			
	Accès à l'aides des ONG et de l'Etat.		X			
	Existence des groupements et associations des agropasteurs			X		
	Somme = 1,4					

Le diagramme de Venn montre que la capacité d'adaptation des agropasteurs de la commune rurale de Diéma est faible à moyenne car elle est située dans le 1^{er} et 2^{ème} auréole du diagramme (**Figure 9**).

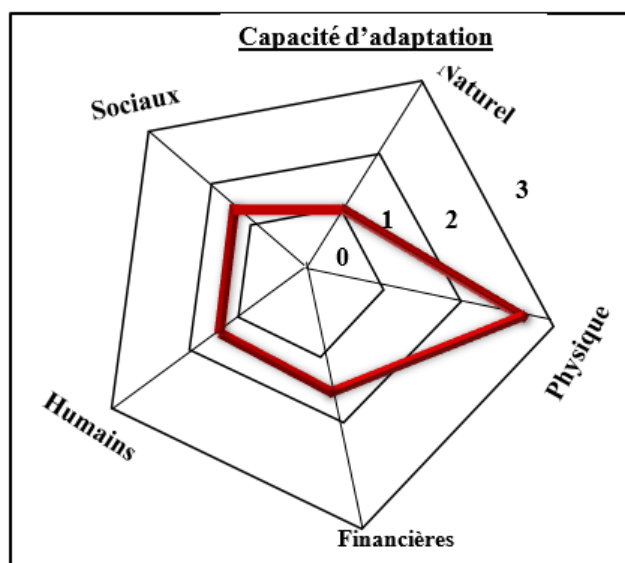


Figure 9 : Diagramme de Venn

L'observation de la matrice de vulnérabilité (**Tableau 6**) montre 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, du déficit pluviométrique, la vulnérabilité est faible pour les pâturages et modérée pour les points d'eau.

Tableau 6 : Matrice de vulnérabilité

Risques	Composantes du système agropastoral					
	Ressources fourragère	Ressource en eau	Cultures	Sols	Animal	Agropasteurs
Sécheresse et déficit	Elevée	Modérée	Elevée	Faible	Elevée	Elevée
Inondation	Modérée	Faible	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée
Vague de chaleur/ Elévation de température	Modérée	Faible	Modérée	Faible	Modérée	Modérée
Vents violents	Faible	Faible	Modérée	Faible	Faible	Faible

4. Discussion

La problématique examinée dans cette étude s'inscrit dans la série de recherches de la vulnérabilité des ressources agropastorales face à la variabilité et au changement climatique dans la commune rurale de Diéma. La pluviométrie et la température sont les deux paramètres climatiques qui ont le plus grand impact sur les ressources agropastorales et les principales activités des agropasteurs du fait de leur tendance évolutive et surtout de leur variabilité interannuelle. L'analyse de la perception des agropasteurs et des longues séries de données climatologiques a permis d'identifier les tendances et l'évolution des paramètres de climat. L'analyse des données météorologiques a montré une tendance à la baisse de la pluviométrie (de 1950 à 2018) et une hausse de température. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par [10] et les projections [11] qui indiquent une diminution des précipitations au Sahel ainsi qu'une augmentation de la température de $+0,8^{\circ}\text{C}$ et $+1,7^{\circ}\text{C}$ respectivement aux horizons 2025 et 2050. Le rapport de la [12] a montré que les températures en Afrique de l'Ouest, et particulièrement dans le Sahel, ont évolué quelque peu plus rapidement que la tendance mondiale, avec des augmentations allant de $0,2$ à $0,8^{\circ}\text{C}$ par décennie depuis la fin des années 1970 dans les zones sahélo sahariennes, sahélienne et soudanienne. Des études menées par [13] ont fait ressortir que la situation pluviométrique au Mali a connu une baisse générale sur l'ensemble du pays pour la série 1960 à 2016. L'étude sur la variabilité, les extrêmes et le changement climatique au Sahel réalisée par [14] sur 244 stations de 1961 à 1990 a montré au Sahel que la baisse du cumul pluviométrique annuel est extrêmement liée à la baisse du nombre de jours de pluie supérieure à 1 mm. En effet, ce travail montre certes qu'il y a une alternance entre années humides et sèches observées globalement au Sahel, mais que la sécheresse se poursuit dans la partie Ouest alors que la partie Est connaît un retour à des conditions plus humides.

Les agropasteurs de la zone d'étude révèlent que les vents sont de plus en plus fréquents et violents. Ce même constat a été fait par une étude menée en Guinée Conakry, une zone plus humide que la zone d'étude par [15] sur la vulnérabilité du secteur agricole face aux changements climatiques et qui concluent que l'impact du changement climatique dans la zone d'étude se manifeste par la diminution du régime pluviométrique et par des vents de plus en plus violents. Les agropasteurs de la commune de Diéma ont souligné que les changements climatiques impactent négativement les ressources agropastorales telles que les ressources fourragères, les points d'eau et le sol. Les espèces qui n'arrivent pas à s'adapter aux effets néfastes des changements climatiques sont contraintes de disparaître. Ce qui contribue fortement à la dégradation des pâturages. Ce résultat est conforme à celui du [11] 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 fourragères, un assèchement précoce des mares, des lacs et une dégradation de l'écosystème. Des résultats similaires ont également été rapportés par [16] au Mali. Ces résultats corroborent ceux de [17] 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 et déterminent le stockage des eaux de ruissellement et la recharge des nappes phréatiques, la production végétale herbacée et celle du feuillage des plantes ligneuses. [18] sont parvenus aux mêmes résultats dans la commune rurale de Cinzana-Mali. Les espèces de bonne valeur fourragère notamment les graminées pérennes et certains ligneux fourragers disparaissent avec l'insuffisance des pluies et les sécheresses à répétition. La conséquence est une baisse de la valeur pastorale des pâturages [19, 20] ont rapporté qu'au Niger, les producteurs constatent, sous l'influence du changement climatique, une réduction des pâturages, une dégradation des sols, la désertification et la disparition des forêts, une diminution des espèces ligneuses et herbacées et une insuffisance de la régénération naturelle. Selon les résultats d'analyse, la variabilité et le changement climatique sont à l'origine de la baisse de la productivité (production laitière, production de la viande, reproduction) et de la mortalité élevée des animaux. Le paramètre de production le plus impacté est la production de lait et ceci par la diminution des quantités produites suite à la mauvaise alimentation en quantité et en qualité des animaux. Ce résultat est en accord

avec celui obtenu au Niger par [21] qui affirme que les effets du changement climatique sur les animaux impactent négativement les paramètres de production et de reproduction des animaux. Ce qui a été également confirmé par d'autres auteurs [22 - 25]. Ces auteurs rapportent que les phénomènes climatiques seraient à l'origine de la baisse de productivité des animaux ainsi que la recrudescence de certaines maladies des animaux et l'apparition d'autres. Selon [26], le changement climatique serait à l'origine de l'agressivité d'un certain nombre de maladies animales telles que la fièvre de la vallée du Rift, la fièvre à virus West Nile, la peste équine, les maladies épizootiques hémorragiques, les maladies transmises par les tiques, la fièvre charbonneuse, le charbon symptomatique et la rage. Le CIRAD, dans une étude réalisée par [27, 28] évalue l'ensemble des impacts induits chez les animaux par le stress thermique (diminution de la production ou de la reproduction, mortalité du cheptel), la modification des ressources fourragères locales due à l'augmentation des températures et des teneurs en CO₂, ou encore la baisse des surfaces de pâturage disponibles dans certains territoires, notamment en Afrique subsaharienne. Par contre, selon une étude menée par [29] au Niger, le changement climatique impacte positivement les épizooties en les diminuant. Cela peut s'expliquer par un impact positif des extrêmes climatiques (forte chaleur, vague de chaleur, pluies intenses) sur les agents pathogènes ainsi que les vecteurs des maladies (tiques, mouches, moustiques). Le changement climatique a considérablement impacté les activités socioéconomiques des agropasteurs qui se traduit, entre autres, par une diminution des activités génératrices des revenus, une paupérisation des agropasteurs suite aux exigences de vaccination et de supplémentation pour les troupeaux. L'étude de la vulnérabilité montre que les ménages agropasteurs de la commune sont sensibles aux variabilités climatiques car leur économie est essentiellement basée sur une forte dépendance au secteur primaire. La bonne production (animale et végétale) reste toujours dépendante de la bonne pluviométrie. D'autre part, la diminution de la fertilité des sols ainsi que la diminution des espaces pastorales augmente la vulnérabilité des agropasteurs devant les variations climatiques. Le rapport annuel de l'Agence de l'Environnement et du développement Durable (AEDD) confirme ces résultats [5]. Selon ce rapport, sous les impacts liés au changement climatique, il y a une réduction de champs de pâturage naturel et il est établi que ceci est susceptible de continuer avec la diminution supplémentaire et l'irrégularité de la disponibilité de l'eau. Les tendances en matière de diminution et de variabilité des précipitations et la hausse des températures entraîneront une évaporation/transpiration élevée qui pourrait aggraver la pénurie [5]. D'après les analyses (sensibilité, exposition et capacité d'adaptation), il en déduit que la population de la commune rurale de Diéma est vulnérable au changement et à la variabilité climatique car tous les éléments des systèmes agropastoraux sont exposés aux risques climatiques avec une faible à moyenne capacité d'adaptation.

5. Conclusion

Au terme de la présente étude, les résultats ont montré que les ressources pastorales sont vulnérables face à la variabilité et aux changements climatiques. Les résultats des analyses climatiques ont montré une tendance générale à la baisse du cumul pluviométrique et une augmentation de la température de la commune (de la période 1950-2018). En effet, l'étude a révélé que la variation des paramètres climatiques entraîne un impact considérable dans tout le système agropastoral à savoir : les ressources animales (bovin, ovin, caprin et camelin), les ressources agropastorales (Herbacées, ligneux, résidus de culture, eau de surface, eau souterraine, cultures, Sol) et les ressources humaines (communauté agropastorale). La sécheresse due au déficit pluviométrique correspond au risque climatique le plus important dans ce système de production et compromet dangereusement la production animale et végétale. Les ressources en eaux tarissent de façon précoce par rapport aux années passées suite aux phénomènes de hausse de température et de vents violents. Certaines espèces fourragères (ligneuses et herbacées) très riches et appréciées par les animaux sont

en voie de disparition. Ainsi, la raréfaction de ces ressources engendre des conflits entre les différents utilisateurs qui exploitent les mêmes ressources (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs, et exploitants des ressources forestières). Par ailleurs, les revenus des ménages des agropasteurs ont baissé suite aux baisses de production et autres activités génératrices de revenus. Les résultats des analyses de la vulnérabilité (sensibilité, exposition et capacité d'adaptation) ont montré que la population de la commune rurale de Diéma est vulnérable au changement et à la variabilité climatique car tous les éléments du système agropastoral sont exposés aux risques climatiques avec une faible à moyenne capacité d'adaptation.

Références

- [1] - UICN, Rapport synthèse des études de capitalisation des connaissances, pratiques, stratégies et technologies locales d'adaptation au changement climatique au Burkina Faso, Mali et Sénégal, (2011) 45 - 67
- [2] - FPA/NEPAD, L'Afrique et le changement climatique : Forum pour le Partenariat avec l'Afrique Unité de Soutien tenus les 22 et 23 mai 2007, Berlin (Allemagne) (2007) 1 - 45
- [3] - N. ABERMAN, E. HAGLUND et D. KONÉ, Cartographie des principaux acteurs de l'adaptation au changement climatique dans le secteur agricole du Mali, Rapport d'étude, Bamako Mali (2011) 20 - 40
- [4] - INSTAT, Annuaire statistique du secteur du Développement rural. Cellule de Planification et de Statistique du secteur du développement rural (CPS), Bamako Mali (2019) 1 - 126
- [5] - AEDD, Synthèse du rapport final de l'étude de risques climatiques au Mali (2017) 1 - 101
- [6] - MEP, Pastoralisme au Mali (2018) 1 - 8
- [7] - A. MAIGA, Situation de l'élevage du cercle de Diéma, rapport d'étude de cas (2019) 7 - 23
- [8] - RAC, Rapport définitif du recensement communal de Diéma Mali (2019) 1 - 34
- [9] - PDSEC, Programme de développement économique, social et culturel de la commune rurale de Diéma (2018) 69 - 81
- [10] - P. THORNTON, M. HERRERO and P. ERICKSEN, Livestock and Climate Change. ILRI Issue Brief, Nairobi, Kenya, International Livestock Research Institut (2011)
- [11] - PANA, Programmes d'action nationale d'adaptation aux changements climatiques MALI (2007) 92 - 100
- [12] - CEDEAO/CSAO/OCDE, Communauté Economique des Etats d'Afrique de l'Ouest/Club de Sahel de l'Afrique de l'Ouest/Organisation et de Coopération du Développement Économique Atlas de l'Intégration Régionale en Afrique de l'ouest. Série environnement (2008) 1 - 12
- [13] - A. DOLO, A. GARANGO, D. CISSE, F. TOURE, A. SIDIBE, M. KEITA, A. KODIO et D. TIMBELY, Perceptions des populations de la commune urbaine de Niono sur les effets néfastes des changements climatiques (CC) sur leurs activités, Région de Ségou, Mali (2019) 1 - 12
- [14] - F. KANAO, M. SANGARE, D. OUEDRAOGO, Stratégies d'adaptation des agropasteurs aux changements climatiques dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso (2019) 5 - 26
- [15] - M. BEAVOQUI, Impacts du changement climatique sur la culture du riz pluvial en haute guinée et proposition de stratégies d'adaptation. Mémoire de Master en changement climatique et développement durable, Centre régional AGRHYMET/CILSS, Niamey Niger (2012) 95 p.
- [16] - A BAYOKO, Etat de lieux des changements climatiques au Mali. Rapport d'étude (2007) 50 p.
- [17] - P. HIERNAUX, M. DIAWARA et F. GANGNERON, L'élevage face aux variations climatiques et aux évolutions des sociétés sahéliennes. De Boeck Supérieur | Afrique contemporaine, 2014/1 - n° 249, (2014) 21 - 35
- [18] - D. DIARRA, D. TIMBELY, D. SOGODOGO, D. SAKO, D. TRAORE, O. SENOU, P. BENGALI et A. Y. MAIGA, Perception paysanne des gommerais installées dans la commune rurale de Cinzana-Mali, Institut des Sciences Humaines, Études maliennes 85, *Revue semestrielle*, N°85 (2018) 133 - 142

- [19] - D. OUEDRAOGO, Perception et adaptation des éleveurs pasteurs au changement climatique en zones sahélienne, nord et sud soudaniennes du Burkina Faso. Mémoire de DEA. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso-Burkina-Faso (2010) 55 p.
- [20] - F. KOSMOWSKI, R. LALOU, B. SULTAN, O. NDIAYE, B. MULLER, S. GALLE, L. SEGUIS, Observations et perceptions des changements climatiques : Analyse comparée dans trois pays d'Afrique de l'Ouest (2015) 22 - 40
- [21] - A. RAMATOU, Evaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation du système de l'élevage des petits ruminants face au changement climatique : cas du département de Say- Région de Tillabéry - Niger. Mémoire de Master en changement climatique et développement durable, Centre régional AGRHYMET/CILSS, Niamey Niger (2012) 100 p.
- [22] - F. KANAOU, Mémoire de fin de cycle Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de développement rural : Typologie des stratégies d'adaptation des pasteurs et agro-pasteurs face aux changements climatiques en fonction des zones agro écologiques : cas de Ouangolodougou, Tengrela, Péni et Koumbia au Burkina Faso, (2012) 21 - 65
- [23] - M. DANGAR, Impacts des changements climatiques et stratégies d'adaptation des agropasteurs de la Sous-préfecture de Moussoro dans la région du Bahr El-Gazal au Tchad. Mémoire de master professionnel en pastoralisme, Centre régional AGRHYMET/CILSS, Niamey Niger (2018) 84 p.
- [24] - F. SARR, Vulnérabilité et stratégies d'adaptation des agro-pasteurs face au changement climatique : Cas de la commune de Gouraye, région du Guidimakha (Mauritanie). Mémoire de master professionnel en pastoralisme, Centre régional AGRHYMET/CILSS, Niamey Niger (2019) 84 p.
- [25] - Y. IDRISOU, A. S. ASSANI, Y. TOUKOUROU, H. S. S. WOROGO, B. G. C. ASSOGBA, M. AZALOU, J. S. ADJASSIN, C. D. A. ALABI, J. A. YABI et I. T. ALKOIRET, Systèmes d'élevage pastoraux et changement climatique en Afrique de l'Ouest : Etat des lieux et perspectives. Livestock Research for Rural Development 31 (8) (2019) 21 - 42
- [26] - P. BLACK et M. NUNN, Conséquences des changements climatiques et des modifications de l'environnement sur les maladies animales émergentes ou réémergences sur la production animale, OMS, Paris, (2009) 1 - 13
- [27] - B. F. DUPAIGRE, Changement climatique : un défi de plus pour l'agriculture en Afrique, Perspectives 2050 pour la sécurité alimentaire et la productivité agricole, Note N° 8 - Octobre (2015), 12 p.
- [28] - V. M. B. VINCENT, V. JONATHAN, P. LECOMTE, S. PHILIPPE, Contraintes sur l'élevage dans les pays du Sud : les ruminants entre adaptation et atténuation. In : Changement climatique et agricultures du monde. Torquebiau Emmanuel (ed.). Versailles : Ed. Quae, (2015) 123 - 135 (Agricultures et défis du monde)
- [29] - B. Tsemogo, Evaluation des impacts du changement climatique et des stratégies paysannes d'adaptation : Cas de quatre Communes (Azagor, Dan, Sarko, Aman Badar et Baadaré) du Département de Dakoro au Niger. Mémoire de Mastère en changement climatique et développement durable Centre régional AGRHYMET/CILSS, Niamey Niger (2012) 80 p.