



ECOWAS COMMISSION
COMMISSION DE LA CEDEAO
COMISSÃO DA CEDEAO



Projet de Recherche et Innovation pour des
Systèmes agro-pastoraux productifs, résilients
et sains en Afrique de l'Ouest (PRISMA)



CARTE DE CARACTERISATION DU RISQUE SYSTEMIQUE DE SECHERESSE DANS LA REGION OUEST AFRICAINE

Livrable 1



Réalisé avec l'appui technique de :



Agences de mise en œuvre du PRISMA :



Juillet 2024

www.ecowas.int
www.araa.org



ECOWAS COMMISSION
COMMISSION DE LA CEDEAO
COMISSÃO DA CEDEAO



Projet de Recherche et Innovation pour des Systèmes agro-pastoraux productifs, résilients et sains en Afrique de l'Ouest (PRISMA)

CONTRAT DE SERVICE UPM- OTC-AECID POUR PRISMA OBJECTIF SPECIFIQUE DU PROJET 2.2.2
DOSSIER N° 2023/CTR/090028

CARTE DE CARACTERISATION DU RISQUE SYSTEMIQUE DE SECHERESSE DANS LA REGION OUEST AFRICAINE

LIVRABLE 1

Réalisé avec l'appui technique de :

ceigram
Centro de Estudios e Investigación para
la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

POLITÉCNICA

Agences de mise en œuvre du PRISMA :

Enabel

aecid

LUXDEV
Luxembourg
Development Agency

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION.....	4
2. OBJECTIFS	4
3. ZONE D'ÉTUDE.....	4
4. METHODOLOGIE	5
5. INDICES DE VÉGÉTATION.....	6
6. DYNAMIQUE DE LA PHÉNOLOGIE DE LA VÉGÉTATION.....	7
7. TENDANCES DU SECTEUR DE L'ÉLEVAGE	9
8. ANALYSE DES MARCHÉS DU BÉTAIL ET DES ALIMENTS DU BÉTAIL	9
9. CARTES DE RISQUE: GROUPE DE DISCUSSION D'EXPERTS ET ANALYSE DES ENQUÊTE .	10
10. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	12

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. Proportion de la superficie des prairies au Sahel.	5
Tableau II. Comparaison entre les indices de végétation.....	6
Tableau III. Facteurs d’appréciation des indicateurs de vulnérabilité à la sécheresse	11

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Carte de localisation du Sahel.	4
Figure 2. Carte du potentiel productif (moyenne annuelle cumulée du NDVI, 2002-2023).....	7
Figure 3. Amplitude du NDVI (différence entre le NDVI min et le NDVI max).....	7
Figure 4. Répartition de la production au cours de l’année	7
Figure 5. Période de début de la saison.....	8
Figure 6. Période de fin de la saison	8
Figure 7. Risque systémique	8
Figure 8. Durée du risque en début de la saison	8
Figure 9. Durée du risque en fin de la saison	8
Figure 10. Durée de la saison	9
Figure 11. Tendances du NDVI	9
Figure 12. Evolution du cheptel (bovins, ovins, caprins) de 1061 à 2017	9
Figure 13. Evolution des abattages (bovins, ovins, caprins) de 1061 à 2017	10
Figure 14. Schématisation du risque et présentation des indicateurs du risque	10
Figure 15. Résultats des enquêtes auprès des acteurs sur la vulnérabilité à la sécheresse....	11
Figure 16. Carte de risque intégrant les données d’enquête.....	12

1. INTRODUCTION

Dans le Sahel, il existe une grande différence de climat et de végétation entre le nord et le sud de la région. L'une des principales activités des communautés locales est l'élevage extensif de bovins. Ce gradient de climat et de saisonnalité de la végétation est la cause principale de la migration du bétail pendant la saison sèche, par une pratique connue sous le nom de transhumance.

Au cours des dernières décennies, on a assisté à une expansion de la frontière agricole au Sahel, avec une augmentation marquée des surfaces utilisées pour l'agriculture dans cette région. Ce processus est induit par des facteurs tels que la croissance démographique, la demande alimentaire et l'évolution des pratiques agricoles. Cette expansion a des conséquences environnementales, telles que la perte de végétation, la dégradation des sols et le déclin de la biodiversité. Une autre conséquence est que les tensions entre les agriculteurs et les éleveurs au sujet de l'eau se sont accrues ces dernières années.

2. OBJECTIFS

L'objectif principal de ce travail est d'établir les bases pour le développement d'une assurance sécheresse indexée pour les pâturages.

Les objectifs spécifiques suivants sont proposés et traités :

- effectuer une description préliminaire pour la caractérisation de la zone d'étude et la compréhension de son environnement ;
- réaliser une étude bibliographique comparant les indices de végétation les plus appropriés pour la surveillance de la végétation et pour l'établissement d'une assurance index dans la zone d'étude ;
- analyser et caractériser les tendances et dynamiques des systèmes pastoraux au Sahel à travers un indice de végétation ;
- développer des indicateurs pour la caractérisation des risques de sécheresse et la prise en compte de la nature systémique de la sécheresse ;
- élaborer un indicateur de risque et une carte de risque basée.

3. ZONE D'ÉTUDE

La région étudiée comprend trois pays du Sahel : le Niger, le Mali et le Burkina Faso. Cependant, compte tenu du caractère transfrontalier de la transhumance, l'échelle d'analyse a été étendue aux 13 pays sahéliens jouant un rôle important dans la dynamique et les mouvements des pasteurs.

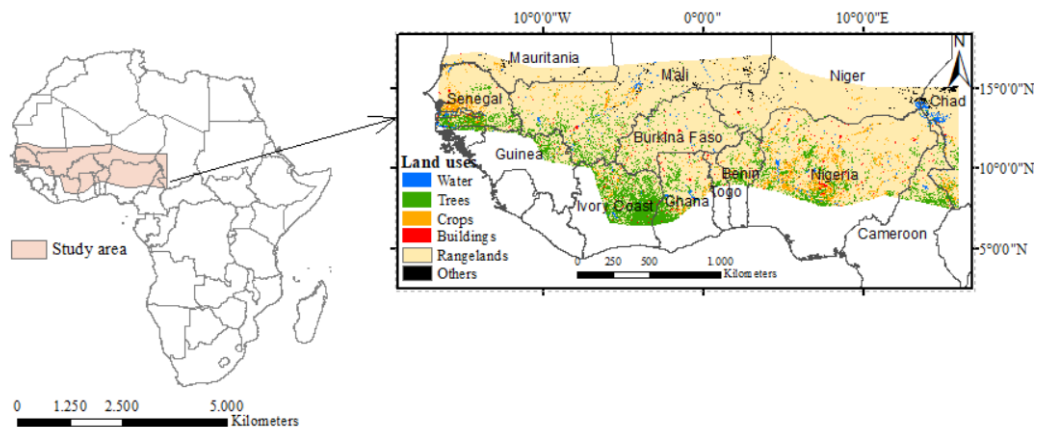


Figure 1. Carte de localisation du Sahel.

Pour la sélection de la zone d'étude dans la région du Sahel, les pays ayant une forte proportion de prairies ont été pris en compte.

Tableau I. Proportion de la superficie des prairies au Sahel.

Pays	² Surface du pays dans la zone d'étude (km)	% de la surface du pays dans la zone d'étude	² Superficie des pâturages dans la zone d'étude (km)	% de la zone d'étude totale
Bénin	79.724	71	62.048,0	2,13
Burkina Faso	274.500	100	257.678,4	8,84
Cameroun	94.335		65.514,4	2,25
Tchad	130.614	10	97.621,4	3,35
Côte d'Ivoire	157.769	49	60.989,5	2,09
Ghana	138.218	58	99.050,8	3,40
Guinée	45.882		27.160,4	0,93
Mali	592.913	48	532.208,7	18,26
Mauritanie	132.410		128.677,8	4,42
Niger	394.610	31	381.899,0	13,54
Nigéria	657.304	71	509.757,2	22,55
Sénégal	193.818	98	138.853,8	6,65
Togo	22.458	40	18.186,4	0,77

4. METHODOLOGIE

Le Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) est utilisé comme l'indice pour estimer la quantité de biomasse. Les données sont extraites du capteur MODIS (MOD09Q1.061) de la NASA à l'aide du logiciel AppEEARS (Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples). La résolution spatiale est de 250 m (46,4 M pixels). La série temporelle s'étend du 30 mars 2002 au 31 décembre 2023 avec une fréquence d'observation de 8 jours (962 observations/pixel).

Tous les pixels qui ne sont pas des prairies sont éliminés à l'aide de la carte d'occupation des sols dérivée du satellite Sentinel 2 de 2022. La résolution croissante des images satellites et leur fréquence de plus en plus élevée ouvrent des perspectives importantes pour leurs applications potentielles et, en particulier, pour l'indexation des assurances dans les zones de pâturage. Cependant, la dimensionnalité élevée des données pose un problème d'analyse, en particulier lorsque la région est vaste, comme c'est le cas dans la zone d'étude.

Pour relever ce défi, des techniques d'apprentissage automatique ont été utilisées pour réduire la dimension des données tout en minimisant la perte d'informations précieuses. À partir des séries temporelles, l'analyse statistique du NDVI dans les zones de pâturage permet d'identifier leur potentiel productif, d'évaluer la dynamique de la végétation et d'identifier s'il existe des tendances.

Les résultats obtenus permettent d'identifier les éléments importants de l'assurance indexée. L'analyse statistique est complétée par une analyse multidimensionnelle du risque de sécheresse, dont les trois composantes sont distinguées : Fréquence x Exposition x Vulnérabilité.

L'opinion des experts est intégrée dans ce modèle de risque par le biais de la méthodologie multicritère de l'analyse hiérarchique des processus.

5. INDICES DE VÉGÉTATION

Dans cette section, une revue de la littérature scientifique est incluse dans le but d'identifier les variables clés utilisées pour surveiller la sécheresse et évaluer ses impacts dans la région du Sahel.

Les variables climatiques, telles que les précipitations, la température et l'humidité, sont essentielles pour comprendre et caractériser la sécheresse au Sahel. D'autres variables utilisées pour caractériser la sécheresse sont l'évapotranspiration et l'indice de végétation par différence normalisée. En outre, les variables socio-économiques, démographiques et environnementales, telles que la densité de population, l'accès aux services de base, le niveau de revenu et l'infrastructure, doivent être prises en compte pour évaluer l'exposition et la vulnérabilité. Cette recherche souligne l'importance de prendre en compte à la fois les variables climatiques et socio-économiques pour comprendre les risques liés à la sécheresse et leur impact sur les communautés. Outre les variables climatiques et socio-économiques mentionnées ci-dessus, il est également important d'envisager l'utilisation de données telles que les densités de bétail afin d'analyser l'impact de la sécheresse.

Les indices de végétation les plus pertinents dans la littérature seront analysés et expliqués. Il s'agit de :

- l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI)
- l'indice de végétation amélioré (EVI)
- l'indice de végétation ajusté au sol (SAVI)
- l'indice de différence normalisé de l'eau (NDWI)
- le Green Normalised Difference Vegetation Index (GNDVI)

Après avoir passé en revue les caractéristiques des quatre indices de végétation (NDVI, EVI, SAVI et NDWI), ils ont été comparés pour sélectionner celui qui répond le mieux aux besoins de cette étude. Les avantages et les inconvénients de chaque indice de végétation sont résumés dans le tableau comparatif ci-dessous.

Tableau II. Comparaison entre les indices de végétation

Indice de végétation	Avantages	Inconvénients
NDVI	<ul style="list-style-type: none">- Sensible à la quantité de chlorophylle dans la feuille et au nombre de feuilles.- Plus utilisé.	<ul style="list-style-type: none">- Moins utile dans les zones à végétation dense.- Sensible aux variations de l'atmosphère et du sol.
EVI	<ul style="list-style-type: none">- Moins sensible à la variabilité atmosphérique que le NDVI.- Convient aux zones à végétation dense.	<ul style="list-style-type: none">- Plus complexe.- Non recommandé pour les zones à faible densité de végétation.
SAVI	<ul style="list-style-type: none">- Moins sensible à la végétation que le NDVI et l'EVI.- Convient aux zones à faible densité de végétation	<ul style="list-style-type: none">- Il est moins sensible à la variabilité atmosphérique que le NDVI, mais plus sensible que l'EVI.- Ne convient pas aux zones à végétation dense.
NDWI	<ul style="list-style-type: none">- Sensible à la présence d'eau et de végétation.- Il est utile pour détecter la présence de végétation dans les zones aquatiques.	<ul style="list-style-type: none">- Ne convient pas pour évaluer la densité de la végétation.- Il n'est pas utile pour évaluer le stress des plantes.
GNDVI	<ul style="list-style-type: none">- Plus grande précision que le NDVI pour la mesure de la teneur en chlorophylle.	<ul style="list-style-type: none">- Ne convient pas pour les premières semaines de développement.

Le NDVI s'est avéré utile pour détecter la dégradation des sols et évaluer les changements dans la végétation. Il est l'un des indices de végétation les plus utilisés pour surveiller la sécheresse, et il est particulièrement approprié pour les zones semi-arides du Sahel. Il est important de noter que la relation entre le NDVI et les précipitations peut varier dans l'espace au Sahel, ce qui implique que la végétation réagit différemment à la disponibilité de l'eau dans différentes zones. Cet indice a été utilisé dans le domaine de l'assurance indicielle, notamment dans le cadre de l'Index-Based Livestock Insurance (IBLI) et de l'Oromia Insurance Company (OIC), qui opèrent au Kenya et en Éthiopie.

6. DYNAMIQUE DE LA PHÉNOLOGIE DE LA VÉGÉTATION

Le NDVI accumulé sur une année est un bon indicateur du **potentiel de production** des pâturages. Il est largement utilisé dans l'assurance bétail indicielle. La zone au potentiel de production le plus élevé se trouve dans la partie méridionale et à proximité des masses d'eau.

Il est important d'examiner l'amplitude du NDVI, qui indique que les régions les plus appropriées pour l'assurance indicielle se trouvent au centre et au sud du Sahel.

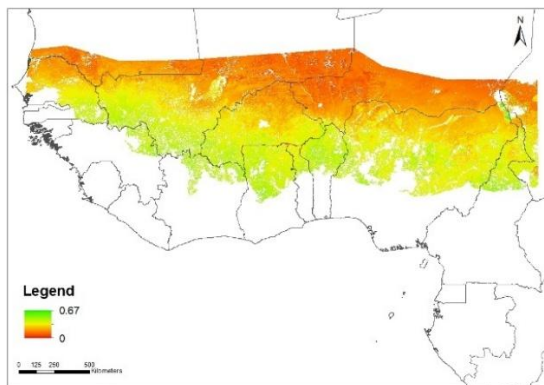


Figure 2. Carte du potentiel productif (moyenne annuelle cumulée du NDVI, 2002-2023)

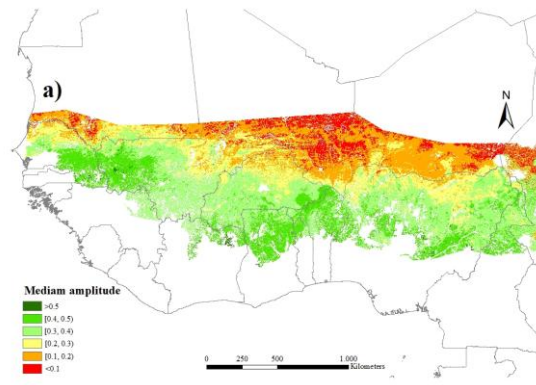


Figure 3. Amplitude du NDVI (différence entre le NDVI min et le NDVI max)

Un autre élément important de l'assurance indicielle est de savoir comment la production est répartie au cours de la saison :

- un pic ;
- un pic mineur et un pic majeur ;
- deux pics majeurs.

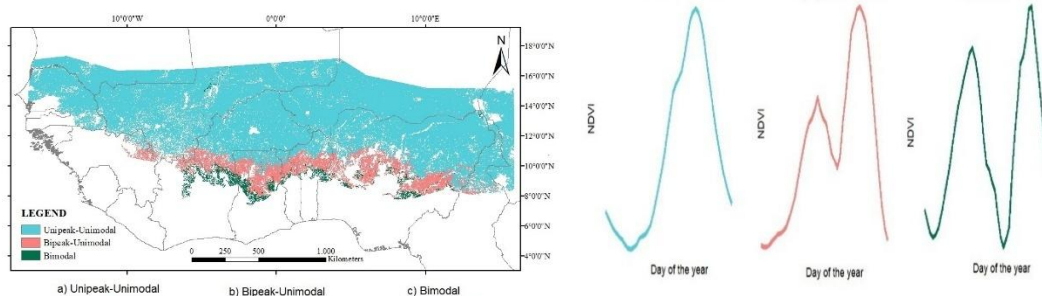


Figure 4. Répartition de la production au cours de l'année

Les cartes ci-dessous identifient le début et la fin de la saison de pâturage et établissent la période assurée dans chaque zone. Elles permettent de caractériser les mouvements de transhumance et reflètent la forte dépendance entre les pays et les régions.

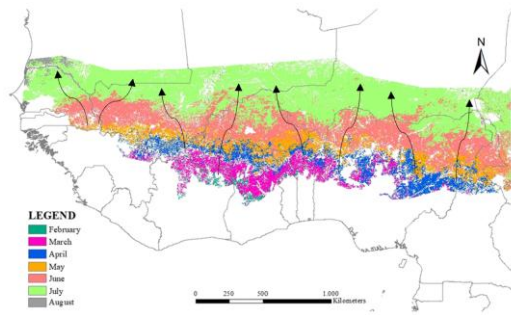


Figure 5. Période de début de la saison

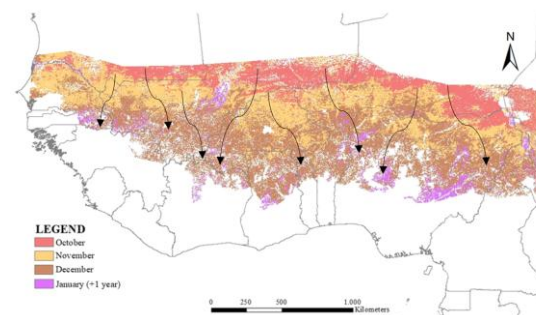


Figure 6. Période de fin de la saison

Le risque systémique est défini comme la probabilité que celui-ci s'étende aux zones voisines, provoquant un choc dans l'économie locale. Le risque systémique le plus élevé (les zones les plus vulnérables) se situe dans le nord.

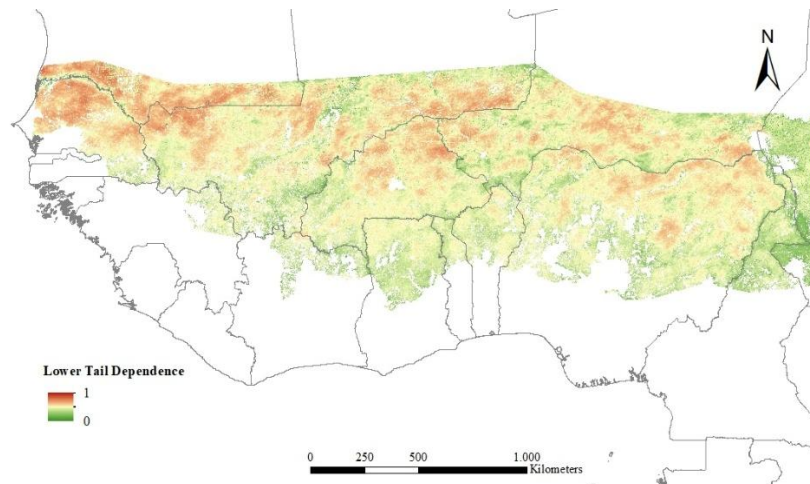


Figure 7. Risque systémique

Il est important de voir si le changement climatique a eu un impact significatif au cours des 22 dernières années. Le constat est que le début de la période humide est retardé dans le sud et la fin de la période humide est plus tardive et plus hétérogène, comme indiqué ci-dessous.

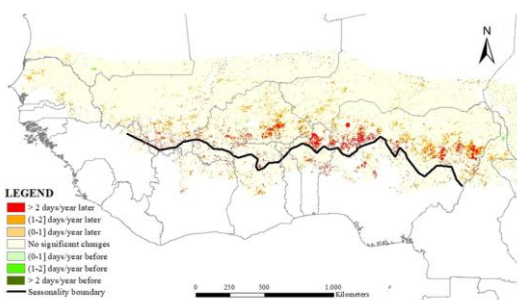


Figure 8. Durée du risque en début de la saison

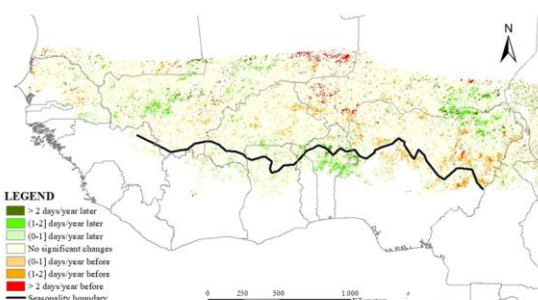


Figure 9. Durée du risque en fin de la saison

La durée de la saison des pluies est plus courte au sud, ce qui signifie moins de pâturage pour le bétail. La limite de saisonnalité (en noir) signale une saison de pointe au-dessus et deux saisons de pointe au-dessous. En ce qui concerne la tendance du NDVI, on observe un verdissement dans les zones septentrionales, mais une tendance négative (réduction de la biomasse) dans le sud, où se trouvent les pâturages les plus productifs.

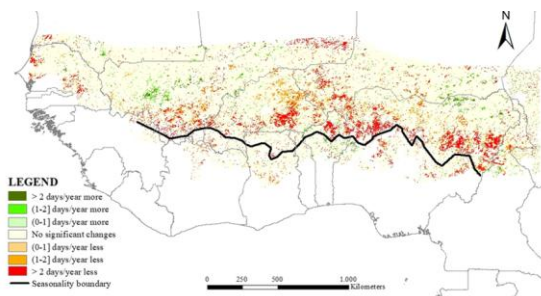


Figure 10. Durée de la saison

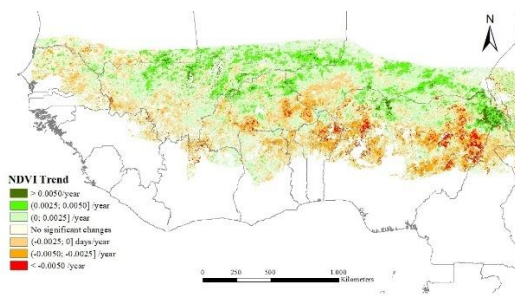


Figure 11. Tendance du NDVI

7. TENDANCES DU SECTEUR DE L'ÉLEVAGE

L'analyse historique des tendances dans le secteur de l'élevage révèle une forte augmentation du nombre de têtes de bétail, qui a été **multiplié par plus de trois** au cours de la dernière décennie. Cependant, le potentiel des pâturages a été réduit par l'expansion agricole et l'urbanisation. Le changement climatique montre également un raccourcissement de la période humide. Pour analyser la durabilité du taux de chargement, un bilan a été établi en comparant les besoins des animaux au potentiel énergétique de la biomasse pastorale.

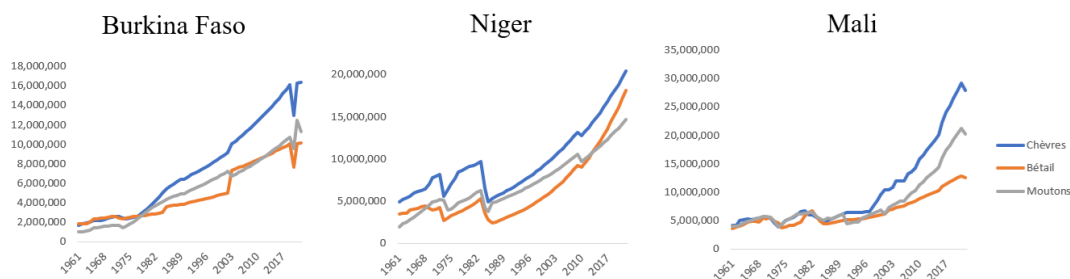


Figure 12. Evolution du cheptel (bovins, ovins, caprins) de 1961 à 2017

8. ANALYSE DES MARCHÉS DU BÉTAIL ET DES ALIMENTS DU BÉTAIL

L'analyse des **abattages** montre une tendance générale parallèle à l'évolution du cheptel et un impact marqué de la sécheresse (i.e. croissance des abattages au Mali entre 2009 et 2012). En période de sécheresse, les marchés se remplissent d'animaux de mauvaise qualité et les prix chutent (entre 20 et 50% en 2018 après la sécheresse de 2017). Les prix des aliments du bétail dépendent largement de la saison et de la localisation des marchés, étant plus élevés pendant les mois de la saison sèche et dans les zones périurbaines. Les informations et les données sont limitées et discontinues.

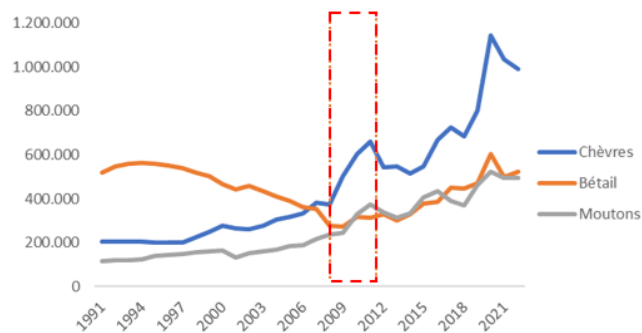


Figure 13. Evolution des abattage (bovins, ovins, caprins) de 1061 à 2017

9. CARTES DE RISQUE: GROUPE DE DISCUSSION D'EXPERTS ET ANALYSE DES ENQUÊTE

Pour faire les cartes de risque, l'aide des acteurs de terrain et experts est requis pour construire les indicateurs de risque. Le risque est défini comme suit :

$$\text{RISQUE} = \text{DANGER} \times \text{EXPOSITION} \times \text{VULNÉRABILITÉ}$$

- **Danger** : Probabilité et intensité qu'un épisode de sécheresse se produise
- **Exposition** : Présence d'éléments exposés au danger
- **Vulnérabilité** : Sensibilité des éléments exposés aux dommages causés par la sécheresse

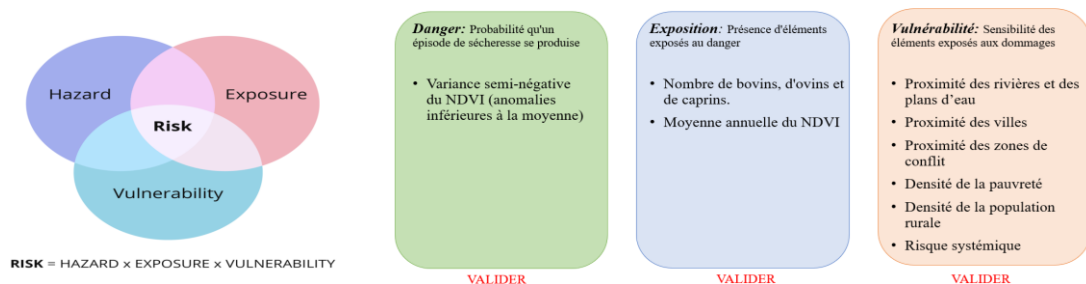


Figure 14. Schématisation du risque et présentation des indicateurs du risque

Une revue de la littérature a été faite et sélectionné les variables qui sont généralement considérées comme expliquant chaque facteur. Mais, ces variables doivent être adaptées à l'étude de cas. La méthode du processus analytique hiérarchique (AHP) est utilisées pour intégrer l'opinion d'experts et évaluer l'importance relative des différents indicateurs afin de construire un indice composite de vulnérabilité à la sécheresse.

Cette méthodologie est basée sur l'évaluation d'experts :

- **Groupe de discussion avec des experts** du groupe thématique sur l'alimentation du bétail pour sélectionner et valider l'ensemble des indicateurs qui déterminent la vulnérabilité d'une zone à la sécheresse ;
- **Enquête** : l'expert doit indiquer lequel des indicateurs est plus important pour évaluer la vulnérabilité de la zone en utilisant une échelle de de grandeur pour mesurer la force de cette importance sur la base des jugements verbaux.

Tableau III. Facteurs d'appréciation des indicateurs de vulnérabilité à la sécheresse

GRUPE DE FACTEURS	FACTEUR	DESCRIPTION	JUDGEMENT VERBALE
Accès à l'eau et à l'alimentation animale	Accès à l'eau	Accès à sources d'eau disponibles à proximité	Les zones les plus proches des points d'eau disponibles sont moins vulnérables à la sécheresse.
	Accès à l'alimentation animale	Accès à une banque d'alimentation animaux d'urgence à proximité	Les banques alimentaires d'urgence peuvent vendre du fourrage ou du foin pendant la sécheresse, ce qui réduit les taux de mortalité du bétail. Les zones ayant accès à une banque d'aliments pour le bétail à proximité seront moins vulnérables à la sécheresse.
Accès aux marchés et services	Accès aux marchés	Distance des marchés aux bestiaux	L'accès aux marchés aux bestiaux permettra de vendre certains animaux afin d'éviter leur mort et de collecter de l'argent pour acheter de la nourriture pour le bétail restant. Les zones proches des marchés seront donc moins vulnérables à la sécheresse.
	Accès a sante animal	L'accès aux services vétérinaires à proximité	L'accès aux services vétérinaires est important pour réduire la morbidité pendant la sécheresse. Les zones où l'accès aux services vétérinaires est faible seront plus vulnérables à la sécheresse.
Facteurs socioéconomiques	Probabilité de conflit	Nombre de conflits dans la région	Les zones qui connaissent davantage de conflits peuvent être limitées dans leurs déplacements, souffrent davantage de tensions sociales et seront plus vulnérables à la sécheresse.
	Pauvreté	Niveau de pauvreté	Les régions plus pauvres disposent de moins de ressources pour faire face à la sécheresse et seront plus vulnérables.
	Risque systémique	Probabilité que les régions voisines soient également touchées par la sécheresse	Un risque systémique plus élevé signifie que la sécheresse affecte également les zones voisines, ce qui accroît la concurrence pour les ressources et crée des tensions sociales plus fortes. Elles seront donc plus vulnérables à la sécheresse.
Charge du bétail	Charge du bétail	Nombre de têtes de bétail par hectare et tonne de biomasse	Les zones où la charge du bétail est plus élevée auront plus de concurrence pour les pâturages et seront donc plus vulnérables à la sécheresse.

Au total, 8 indicateurs de vulnérabilité ont été sélectionnés. La manière de mesurer l'indicateur d'accès à l'eau et la disponibilité des données ont été suggérées. Les indicateurs sélectionnés ont été classés en 4 groupes. Un plan d'enquête à deux niveaux (facteurs et groupes) a été réalisé, ce qui a donné lieu à un total de 11 questions.

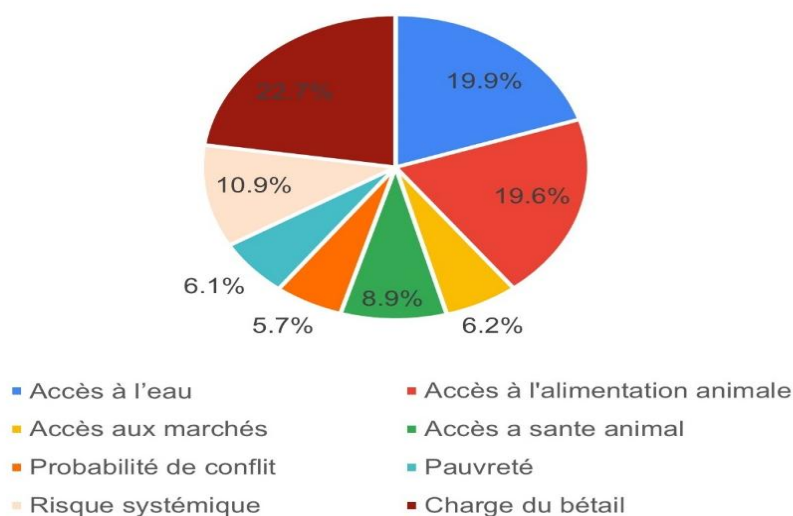


Figure 15. Résultats des enquêtes auprès des acteurs sur la vulnérabilité à la sécheresse

L'accès à l'eau, l'accès aux aliments pour animaux et la densité de peuplement ont été identifiés comme les plus importants, suivis par le risque systémique, l'accès aux services vétérinaires, l'accès aux marchés, la pauvreté et la probabilité d'un conflit. En appliquant la méthodologie du processus analytique hiérarchique, on détermine le poids ou l'importance des différents facteurs qui déterminent la vulnérabilité à la sécheresse. Avec ces pondérations, un indicateur de vulnérabilité à la sécheresse est construit et appliqué dans les différentes zones du Sahel.

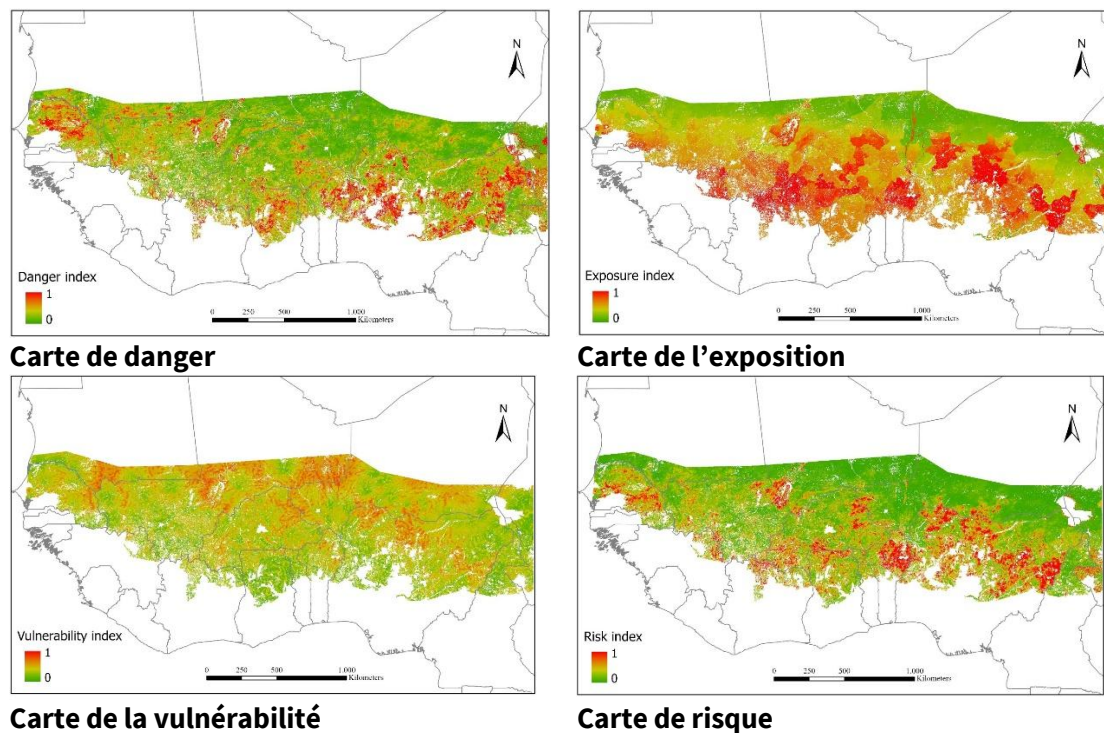


Figure 16. Carte de risque intégrant les données d'enquête

10. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le secteur de l'élevage est très important au Sahel et la sécheresse a un fort impact économique et social. **L'assurance indicielle est un instrument nécessaire** pour renforcer la résilience climatique et économique de la région. Il existe une importante lacune dans la zone d'étude et un besoin urgent d'investir et de soutenir le développement de ces instruments afin d'améliorer la résilience climatique des communautés rurales. Cependant, son succès nécessite un **environnement institutionnel** fort pour l'intégrer dans les stratégies nationales de développement rural et de résilience climatique.

Il est important de : (i) surmonter les obstacles techniques, sociaux et financiers et de **renforcer la collaboration** entre les institutions internationales et les acteurs locaux ; (ii) **renforcer l'innovation** et tirer parti des possibilités offertes par les mégadonnées satellitaires pour concevoir un modèle d'assurance précis et de qualité.

Une approche adaptée aux réalités du Sahel est essentielle pour assurer sa durabilité et son efficacité. À cette fin, le développement de programmes dans des zones pilotes est essentiel. L'intégration de l'assurance dans un système efficace de gestion des stocks (réserve d'aliments pour animaux) ainsi que la numérisation et l'amélioration des informations sont des outils importants pour améliorer le fonctionnement de la chaîne d'approvisionnement.

CONTACT

Agence régionale pour l'agriculture et l'alimentation (ARAA)

4^{ème} et 5^{ème} Étages, Immeuble de la CRBC, Place de la Réconciliation, Quartier Atchanté
01 BP 4817 Lomé 01, Togo



+228 22 21 40 03



araa@araa.org



www.araa.org



[@araaraaf](https://www.facebook.com/araaraaf)



[@ARAA_CEDEAO](https://twitter.com/ARAA_CEDEAO)