



VULNERABILITES CLIMATIQUES DES AMENAGEMENTS D'IRRIGATION DU SOUS BASSIN VERSANT DE NARIARLE, NAKANBE À KOUBRI AU BURKINA FASO

Abdoul-Azize SAMPEBGO

Doctorant

Université Norbert Zongo

Département de géographie

Laboratoire de recherche en science humaine, UFR/SH, BP :376, Koudougou, Burkina Faso.

Mahamadi ZOUNDI

Chercheur

Ministère de l'Agriculture des Aménagements Hydroagricoles et de la Mécanisation
(MAAM)

Joachim BONKOUNGOU

Chercheur

Maître de recherche, INERA/CNRST Centre National de la recherche Scientifique et
Technologique/Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

This is an open access article under the [CC BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) license.



Résumé : Le changement climatique est un phénomène universel ; aucun pays n'est épargné, des plus riches aux plus pauvres. Ses conséquences sont multiples et touchent à tous les domaines de la vie de l'homme et des États (CEDRA & Wiggins, 2009, p. 03; Ouoba, 2013, p. 11). Les aménagements d'irrigation du bassin versant du Nariarlé, Nakanbé au Burkina Faso sont exposés aux vulnérabilités liées aux changements climatiques. Ces vulnérabilités sont accentuées par la conjugaison de plusieurs facteurs biophysiques et anthropiques. L'objectif de cette étude est d'évaluer les vulnérabilités climatiques des aménagements d'irrigation du bassin versant du Nariarlé selon le cinquième rapport du GIEC. L'agrégation arithmétique des sous composants des « vulnérabilités », la recherche documentaire et le traitement des images satellitaires ont servi de méthodologie. L'analyse des vulnérabilités montre une évolution nette des risques climatiques. La carte d'occupation du sol révèle la forte pression démographique sur les ressources naturelles des aménagements d'irrigation, des densités de recouvrement relativement moyenne et un niveau d'érodibilité reste élevé pour les aménagements de Nabazana et de Koubri. L'évaluation des vulnérabilités climatiques constitue des outils d'aide de décision et d'orientation des stratégies efficaces d'adaptation aux risques climatiques. Les aménagements d'irrigation sont une des alternatives pour faire face aux changements climatiques et à l'insécurité alimentaire.

Mots-clés : Ouagadougou, vulnérabilité climatique, Nariarlé, Nakanbé

Abstract: Climate change is a universal phenomenon; No country is spared, from the richest to the poorest. Its consequences are manifold and affect all areas of human and state life (CEDRA & Wiggins, 2009, p. 03; Ouoba, 2013, p. 11). Irrigation facilities in the Nariarlé, Nakanbé watershed in Burkina Faso are exposed to vulnerabilities related to climate change. These vulnerabilities are exacerbated by a combination of several biophysical and anthropogenic factors. The objective of this study is to assess the climatic vulnerabilities of irrigation facilities in the Nariarlé watershed according to the fifth IPCC report. The arithmetic aggregation of the sub-components of the "vulnerabilities", the documentary search and the processing of satellite images were used as methodology. The vulnerability analysis shows a clear evolution of climate risks. The land cover map reveals the strong demographic pressure on the natural resources of the irrigation schemes, relatively average cover densities and a high level of erodibility for the Nabazana and Koubri schemes. The assessment of climate vulnerabilities is a tool to support decision-making and guide effective climate risk adaptation strategies. Irrigation schemes are one of the alternatives to cope with climate change and food insecurity.

Keywords : Ouagadougou, climate vulnerabilities, Nariarlé, Nakanbé

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.10951511>

1 Introduction

La lutte contre le changement climatique et de ses effets est une affaire à tous des responsables gouvernementaux aux représentants de la société civile, en passant par les dirigeants d'entreprise et les citoyens individuels selon le secrétaire générale de GUTERRES A., de l'ONU (OMM, 2019, p. 06). Il constitue le plus grand défi fondamental du 21ème siècle (INRA, 2015, p. 10; PANA, 2021, p. 03; PANA-BF, 2015, p. 10). Les aménagements d'irrigation du bassin versant de Nariarlé du Burkina Faso sont exposés aux vulnérabilités climatiques. Le Burkina Faso,

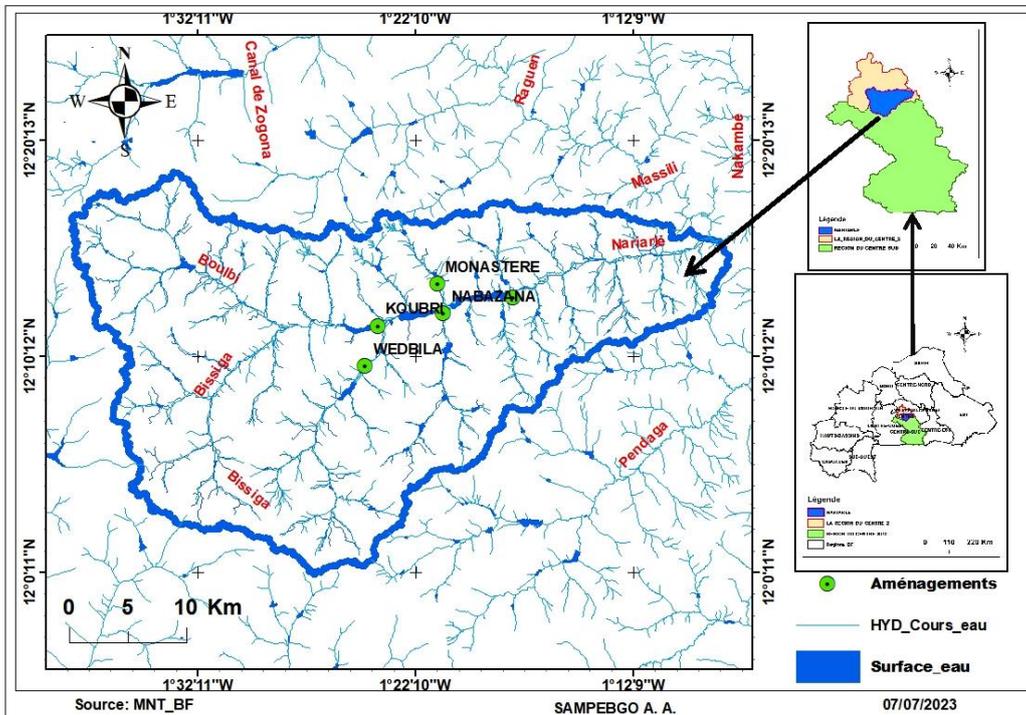
comme bon nombre de pays africain, restent extrêmement exposés et vulnérables aux risques climatiques. Comme présenté dans le rapport sur l'état du climat en Afrique (OMM, 2019, p. 28), les pays africains et les petits États insulaires en développement sont les territoires les plus vulnérables aux risques liés au changement climatique. Ces vulnérabilités sont entre autres les déficits de capacités dans le domaine des services climatologiques, le faible niveau de développement des réseaux d'observation terrestre et d'adaptation. En plus, en termes d'économie, l'Afrique dépend énormément de l'agriculture pluviale (FAO, 2008, p. 06). L'étude des sous concepts du risques liés aux changements climatiques des aménagements d'irrigation est une opportunité pour l'Afrique d'évaluer les risques liés aux changements climatiques des aménagements d'irrigation et d'élaborer des stratégies efficaces d'adaptation dans ce domaine. Les aménagements d'irrigation sont une des alternatives pour faire face aux changements climatiques et à l'insécurité alimentaire en Afrique.

2 Matériel et méthodes

2.1 Présentation de la zone d'étude

Le bassin versant de Nariarlé se localise entre la latitude 12°12'54.03" nord et 1°19'46.57"ouest du Burkina Faso (Carte 1). Il est défini comme une entité géographique globale et cohérente pour une gestion de la ressource en eau (Doubs, 2012, p. 06). Le bassin versant de Nariarlé est un sous bassin du Nakanbé (l'un des bassins nationaux du Burkina Faso). Il couvre sept (07) communes (PCD/ Koubri, 2021, p. 18): quatre de la région du centre (Koubri, de Saaba, Komsilga et Ouagadougou) et trois de la région du centre-sud, province du Bazèga (Saponi, Kombissiri et Boulgou).

Carte 1: Localisation du sous bassin versant de Nariarlé



Les périmètres irrigués s'organisent autour de cinq sous bassins (Carte 2) : Wédabila, de Koubri, du Monastère, du Boussouma et du Nabazana

Le barrage de Wèdbila a été construit en 1979 par l'entreprise Oumarou KANAZOE avec le concours financier de la Fédération des Eglises et Missions Évangéliques (FEME). Il est situé au sud-ouest du village de Wèdbila (673262.07E, 1345008.523N) dans la commune de Koubri à environ 40 km de Ouaga. Il a été réfectionné à un coût estimé 158.000.000 FCFA avec une crue décennale à l'évacuateur du barrage estimée 65 m³/s. son débit est estimé à 2480000 m³/s. Le barrage de Wèdbila se localise entre 280 m et 354 m d'altitude. Les aménagements existants sont :

- ❖ 45 ha de périmètre aménagés
- ❖ Le canal primaire, trapézoïdale (long 2054 m, débit 225 l/s, formule de Manning avec coefficient de Strickler égal à 60).
- ❖ 9 canaux secondaires rectangulaires de 20 cm de hauteur (parpaings posés sur un radier en béton d'épaisseur 5 cm avec une largeur un plafond 30 cm.),
- ❖ Les canaux tertiaires de 1915 m de long (1760 m en terre et 155 m revêtu)
- ❖ Quatre types de colatures contribuent au drainage du périmètre
 - La colature de ceinture a une longueur totale de 1 2544 m, débit 8 m³/s
 - Les colatures secondaires (sauf C5) recueillent les eaux des colatures tertiaires, et parfois des eaux de la colature de ceinture (cas de C3, C5, C7, C9, C10, C11). Ces eaux sont rejetées dans le marigot central, ou directement hors du périmètre, par un système de vannette de contrôle.
 - Colature principale (ancien marigot, évacue environ 400 l/s par l'intermédiaire d'une conduite munie de batardeau).
 - Quatre digues de protection (érodées par la pluie).

Le bassin (carte 6) enregistre les données suivantes : une superficie de 148,6 km², 58,95 km de périmètre, les altitudes max varient entre 354 m et 280 m et 74 affluents.

Les aménagements de Koubri, Financé par le fond canadien (85.300.000 CFA), les aménagements de Koubri se situe 674320.871 Est et 1348480.929 Nord. Son altitude se situe entre 273 m et 356 m. Il se localise dans le village de Tanvi dans la commune de Koubri à environ 30km de Ouaga. Réalisés dans les années 1976 (ONBAH, 1986, p. 03), réhabilité en 1986, le barrage de Koubri est caractérisé par :

- ❖ Une digue de retenue d'eau de trois mètre (3m) de hauteur et de 360 m de longueur
- ❖ Un barrage homogène (capacité 1960000m³, débit 2300000 m³/s,)
- ❖ Un déversoir central
- ❖ Deux ouvrages de prise (vanne amont, rive droite ; vanne aval, rive gauche)

Volume d'eau stocké 670000 m³ (disponibilité en eau avril-mai).

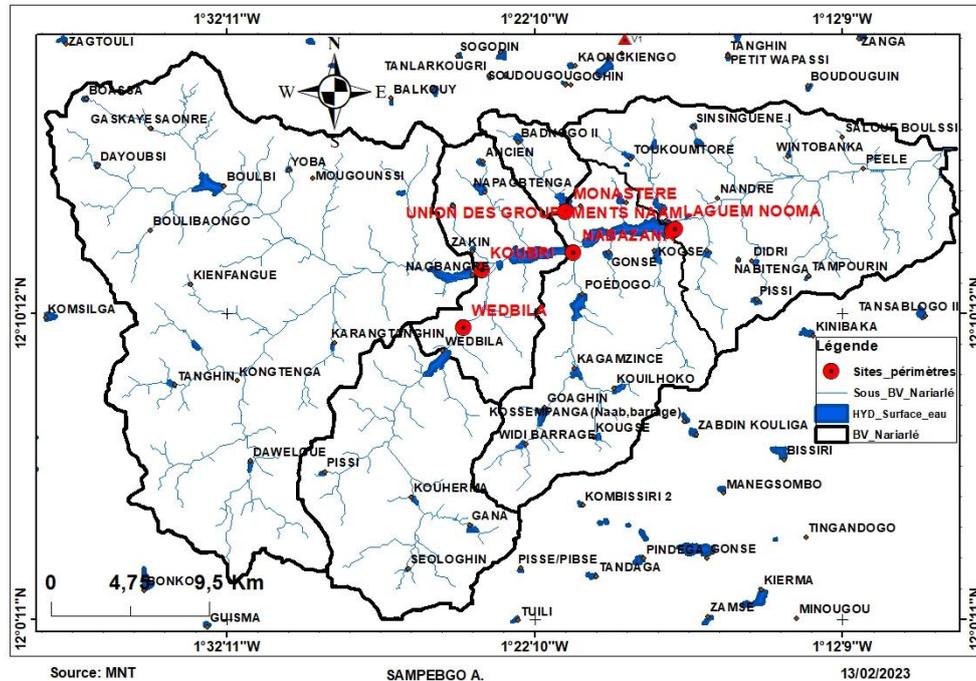
Les aménagements du Monastère s'organisent sur un périmètre irrigué de 15ha de type gravitaire. La prise de l'eau se fait par vanne ou par pompage, aménagée et mise à la disposition des producteurs en 1989. Il a pour coordonnées géographiques 12°13'33.2" latitude Nord et 1°21'08.9" longitude Est. Cédé en 2018, le niveau de dégradation du barrage reste moyen. Il se situe de 277m à 323 m d'altitude.

L'aménagement d'irrigation de Nabazana se localise à l'altitude 12°12'10.8" nord et à longitude 1°20'52.2" est. Il a pour une altitude comprise entre 270 m et 356 m aménagé et mis en exploitation en 1974, le bassin enregistre 20 ha de superficie aménagée et un barrage d'une capacité de 380000 m³ d'eau.

Les aménagements d'irrigation de Boussouma sont situés à 1°17'40.2" Est, 12°12'55.2" Nord, à 170 km de Ouagadougou. Le bassin versant de Boussouma couvre une superficie de 3,3 km² avec une pente moyenne de

0,01 selon les études techniques. Le bilan hydrologique déduit par analogie avec les résultats de ORSTOM (1995) indiquait un débit spécifique maximal de 11,40 m³/s/km² soit une crue maximale de 38m³/s (Q= 3,3*11,40) (DGIH, 2020, p. 26).

Carte 2: Les aménagements d'irrigations du bassin versant du Nariarlé



2.2 Méthodologie

La méthode d'évaluer des vulnérabilités climatiques s'organise en deux sous indices qui sont : la vulnérabilité à l'érosion et les vulnérabilités aux stress hydriques. Pour les vulnérabilités, des valeurs entre 1-0 sont données, 0 étant une valeur pour l'aménagement très faiblement exposés aux vulnérabilités et 1 pour des aménagements très vulnérables.

- **Les vulnérabilités à l'érosion** du bassin versant permettent de déterminer la carte d'érodibilité des sols des aménagements d'irrigations par la cartographie et la modélisation des facteurs qui contrôlent l'érosion des sols telles que **la pente** (la vitesse d'altération ou de friabilité du bassin) et **la protection du sol par la végétation**.

Plus la pente est forte, plus les manteaux d'altération des roches sont rajeunis par l'érosion. Elle permet d'exprimer le potentiel du bassin versant à fournir les éléments à l'érosion. La carte des états érosifs est obtenue par superposition de la carte normalisée des altitudes selon les méthodes de normalisation et d'agrégations de GIZ (2017). La carte des états érosifs est la première phase prédictive des risques futurs des érosions des sols selon les directives de la PAP/CAR (Programme Action Prioritaire du Centre d'Activité Régionale pour le pourtour méditerranéen). La carte de la protection des sols par la végétation est obtenue par supposition de la carte d'occupation du sol et la carte de densité de recouvrement des types d'aménagements. La carte d'occupation du sol dérive de la méthode de classification non supervisée par le logiciel QGIS des données tiff sur sentinel-2 10m de 2017- 2022. Le niveau d'occupation des aménagements d'irrigation est obtenue en calculant la moyenne des min-max des indicateurs des différentes classes. Que sont :

Forêt galerie : végétation dense, haute (-15 m ou plus),

Bâti : structures créées par l'homme, réseaux routiers et ferroviaires

Cultures irriguées : céréales, graminées ou culture plantées ou mises en place par l'homme,

Savane herbeuse : herbes homogènes

Sol nu : zone de roche ou de sol avec très peu ou pas de végétation pendant toute l'année, étendues de sable et de désert

Savane arborée : zone inondée de tout type de végétation pendant la majeure partie de l'année.

La carte de couverture végétale a pour objectif de répartir l'efficacité de l'occupation du sol selon les espèces végétales. Les différents types d'espèces selon leurs ports, leurs feuillages, leurs réseaux racinaires, qu'ils soient herbacés ou arboricole, naturelle ou anthropique protègent les sols contre l'érosion. L'étude statistique de la densité de recouvrement des aménagements d'irrigation est faite en trois étapes :

- Calcul de la densité de recouvrement par végétations (Dc) :
- L'agrégation des densités de recouvrement
- Evaluation du niveau de vulnérabilité

$$DC = \frac{C_v}{S_{bv}}; \text{ (Eq. 1)}$$

Avec :

C_v : couverture végétale

S_{bv} : surface bassin versant

L'absence de coefficients de protection des sols ou de vulnérabilité végétale à la densité de recouvrement au Burkina Faso nous amène aux propositions suivantes (Tableau 10) :

Tableau 1: Coefficients de protection des sols

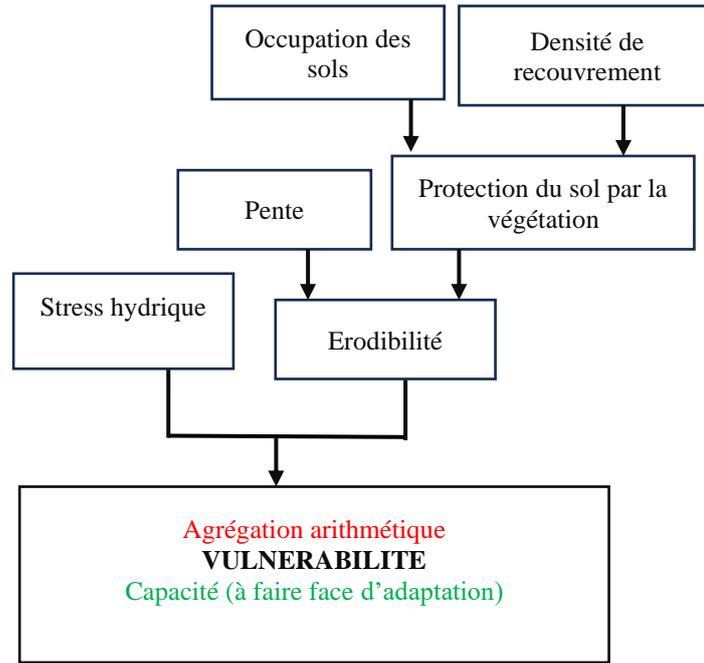
Type de végétations	Forêt dense	Forêt galerie	Savane arborée	Savane arbustive	Savane herbeuse
Coefficient	5	4	3	2	1

SAMPEBGO A.A.

2023

➤ **Les vulnérabilités aux stress hydriques**

La carte des vulnérabilités aux stress hydriques est déterminée à partir de la carte d'exposition du bassin versant. Plus un aménagement est soumis aux aléas d'ensoleillement, plus il est contraint aux effets de l'évapotranspiration donc plus favorables aux stress hydriques. L'étude des expositions et des vulnérabilités liées aux changements climatiques constitue un outil d'aide à la décision en matière de choix et de priorité d'intervention pour une gestion plus efficace des risques climatiques. Elle permet également d'évaluer les formes et les processus d'érosion des sols (escarpements, ravinements). La carte des formes d'érosions réelles est numérisée par Google Earth.



3 Résultats

Les aménagements d’irrigation du bassin versant de Nariarlé constituent un ensemble de système vulnérable aux changements climatiques.

a. Les vulnérabilités à l’érosion des aménagements d’irrigation du bassin versant de Nariarlé

Les vulnérabilités à l’érosion du bassin versant est déduit par la vitesse d’altération ou de friabilité du bassin et la protection du sol par la végétation. Plus la pente du bassin est élevée, plus elle crée des conditions défavorables à l’irrigation et vice versa. (Tableau 2).

Tableau 2: Normalisation des altitudes

Les aménagements d’irrigation	Altitude	Altitude moyenne	Valeur normalisée	Niveau de vulnérabilité
Boussouma 1	267-356	311,5	0,67	Faible
Monastère	277-323	300	0	Très faible
Nabazana	270-356	313	0,76	Moyenne
Koubri	273-356	314,5	0,85	Elevé
Wèdbila	280-354	317	1	Très élevé

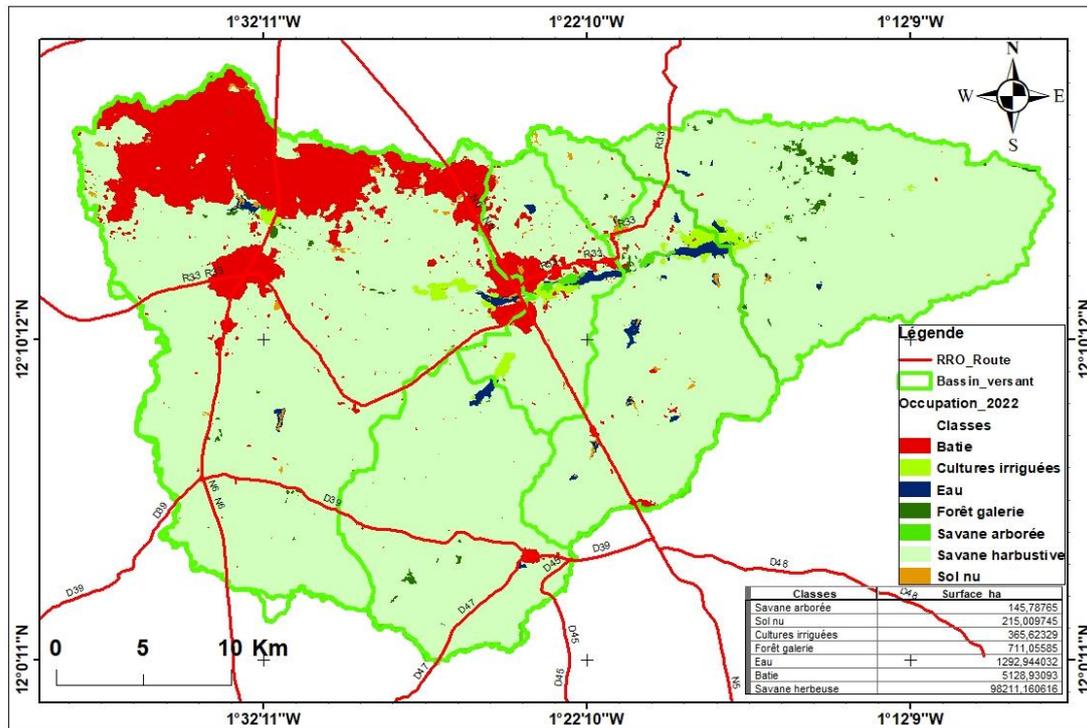
SAMPEBGO A. A.,2023

Les résultats de l’étude révèlent que les altitudes les plus élevées sont les aménagements de Wèdbila, PK25. Nabazana enregistre une altitude moyenne, celui de Boussouma et du Monastère représentent les plus faibles altitudes. La protection du sol par la végétation dépend de la nature de l’occupation des sols et de la densité de recouvrement. L’élaboration de la carte de protection des sols est faite par superposition de la carte d’occupation des sols et la carte de densité de recouvrement.

➤ La carte d’occupation du sol

La carte d’occupation du sol révèle la forte pression démographique sur les ressources naturelles des aménagements d’irrigation (Carte 3).

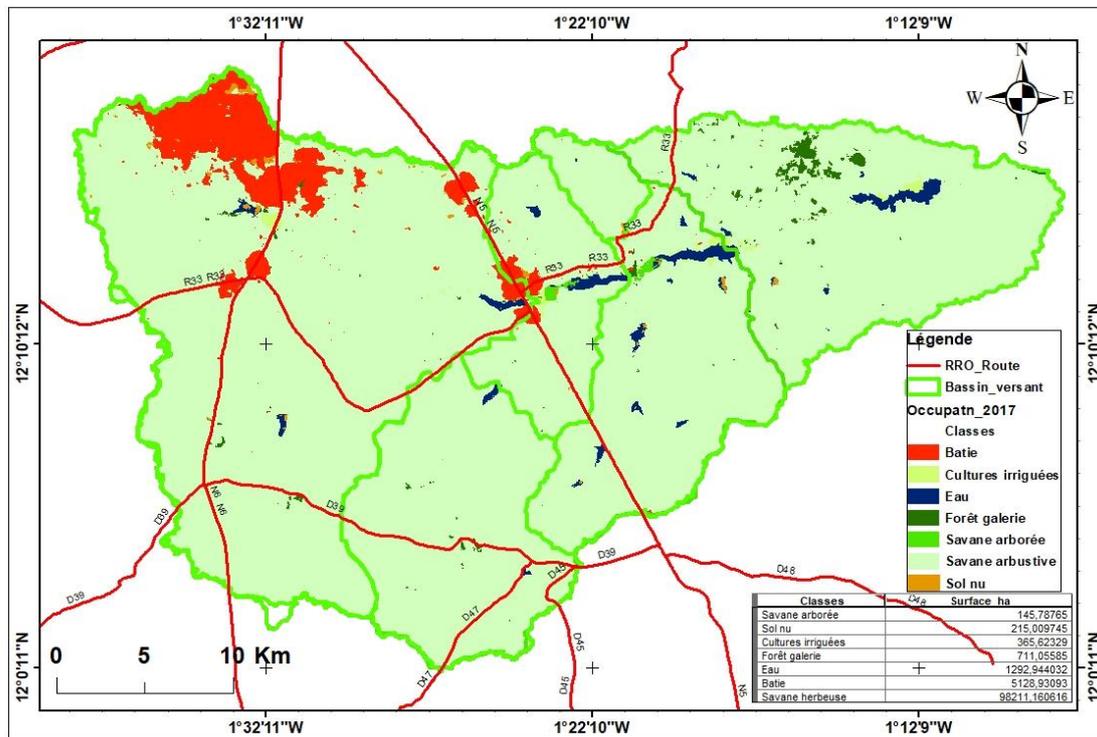
Carte 3: Occupation des sols



Source: MNT/Sentinelles 2_land_cover

SAMPEBGO A.

17/05/2023



Source: MNT/Sentinelles 2_land_cover

SAMPEBGO A.

17/05/2023

L'analyse comparative de la carte d'occupation du sol de 2017-2022 montre une extension des bâtis de 40,14%, une hausse du taux de dégradation des sols de 37,35%, une augmentation de la surface culturale irriguées de 45,51%. En huit (08) ans, les aménagements d'irrigation ont connu une déforestation de 108ha (08,21%) et une diminution des retenues d'eau de 484,8 ha (23,07%) témoignant la disparition de certains cours d'eaux dans les

aménagements. L'extension de la population rurale, l'augmentation des besoins des familles, la paupérisation, la faible acquisition des outils et techniques performantes d'irrigation ont des incidences sur la hausse des risques climatiques.

Tableau 3: : le niveau d'occupation du sol

Les aménagements d'irrigation	Valeur normalisée	Niveau d'occupation
Boussouma 1	0,169	Moyenne
Monastère	0,148	Faible
Nabazana	0,176	Elevé
Koubri	0,204	Très élevé
Wédbila	0,145	Très faible

SAMPEBGO A.A.

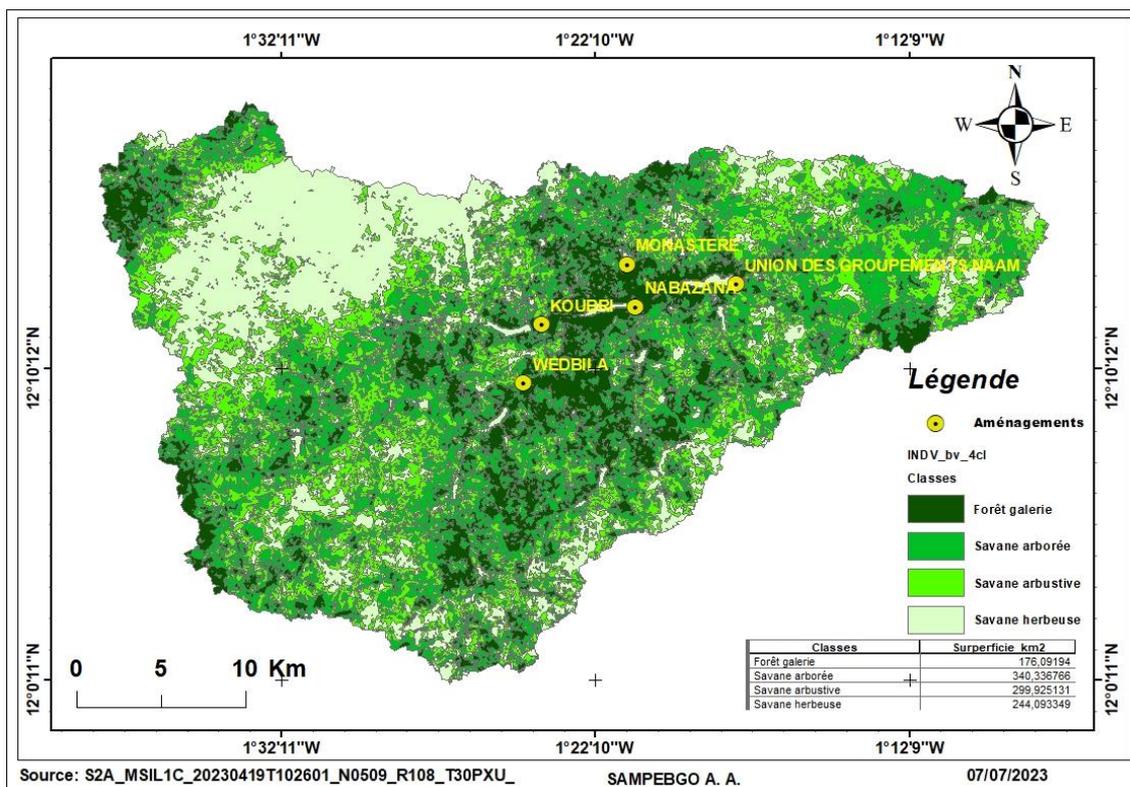
2023

Le niveau d'occupation du sol des différents aménagements d'irrigation est déterminé selon la surface d'occupation des classes ou des indicateurs d'occupation. La valeur normalisée des aménagements est obtenue en calculant la moyenne des min-max des indicateurs (Tableau 3).

- La densité de recouvrement ou taux de couverture végétale

Le bassin versant de Nariarlé est une zone de savane par excellence (Carte 4). Les types de végétations rencontrées : la forêt galerie qui occupe 16,6% du bassin (16,6%), la savane arborée (32,08%), la savane arbustive (28,3%), la savane herbeuse (23%).

Carte 4: Couverture végétale de Nariarlé



SAMPEBGO A.A.

2023

Tableau 4: Agrégation des densités de recouvrement par coefficient

Les aménagement	Superficie (km ²)	Densité de recouvrement				Agrégation	Efficacité de l'occupation du sol (Valeur normalisée)	Valeur de vulnérabilité (normalisée inverse)	Niveau de vulnérabilité
		Forêt galerie	Savane arborée	Savane arbustive	Savane herbeuse				
		4	3	2	1				
Boussouma 1	854	0,69	0,9	0,26	0,18	0,19	0,16	0,84	Elevé
Monastère	21,67	0,8	1,41	0,4	0,05	0,24	1	0	Très faible
Nabazana	679	0,60	0,84	0,52	0,28	0,2	0,33	0,67	Moyenne
Koubri	450,1	0,39	0,72	0,54	0,246	0,18	0	1	Très élevé
Wédbila	148,6	0,76	1,11	0,56	0,14	0,23	0,83	0,17	Faible

SAMPEBGO A.A.

2023

Les résultats montrent que les aménagements de Monastère et de Wédbila ont une grande efficacité de l'occupation avec une forte densité de recouvrement. Ils subissent moins les vulnérabilités des aléas climatiques (Tableau 4). La carte de protection de sol est obtenue en superposant la carte de l'occupation et la carte de couverture végétale par la méthode d'agrégation (Tableau 5).

Tableau 5: Agrégation de la carte de protection de sol

Les aménagements d'irrigation	Occupation du sol	Recouvrement végétale	Valeur agrégée	Niveau de vulnérabilité de protection de sol
Boussouma 1	0,16	0,84	0,5	Elevé
Monastère	0,14	0	0,07	Très faible
Nabazana	0,17	0,67	0,42	Moyenne
Koubri	0,20	1	0,6	Très élevé
Wédbila	0,14	0,17	0,15	Faible

SAMPEBGO A.A.

2023

Le niveau d'érodibilité des aménagements d'irrigation (Carte 5) est déterminé statistiquement par l'agrégation des valeurs normalisées de la pente et de protection de sol (Tableau 6).

Tableau 6 : Niveau d'érodibilité des aménagements d'irrigation

Les aménagements d'irrigation	Valeur normalisée de la pente	Valeur normalisée protection de sol	Valeur de l'érodibilité	Niveau de vulnérabilité de l'érodibilité
Boussouma 1	0,67	0,5	0,58	Moyenne
Monastère	0	0,07	0,03	Très faible

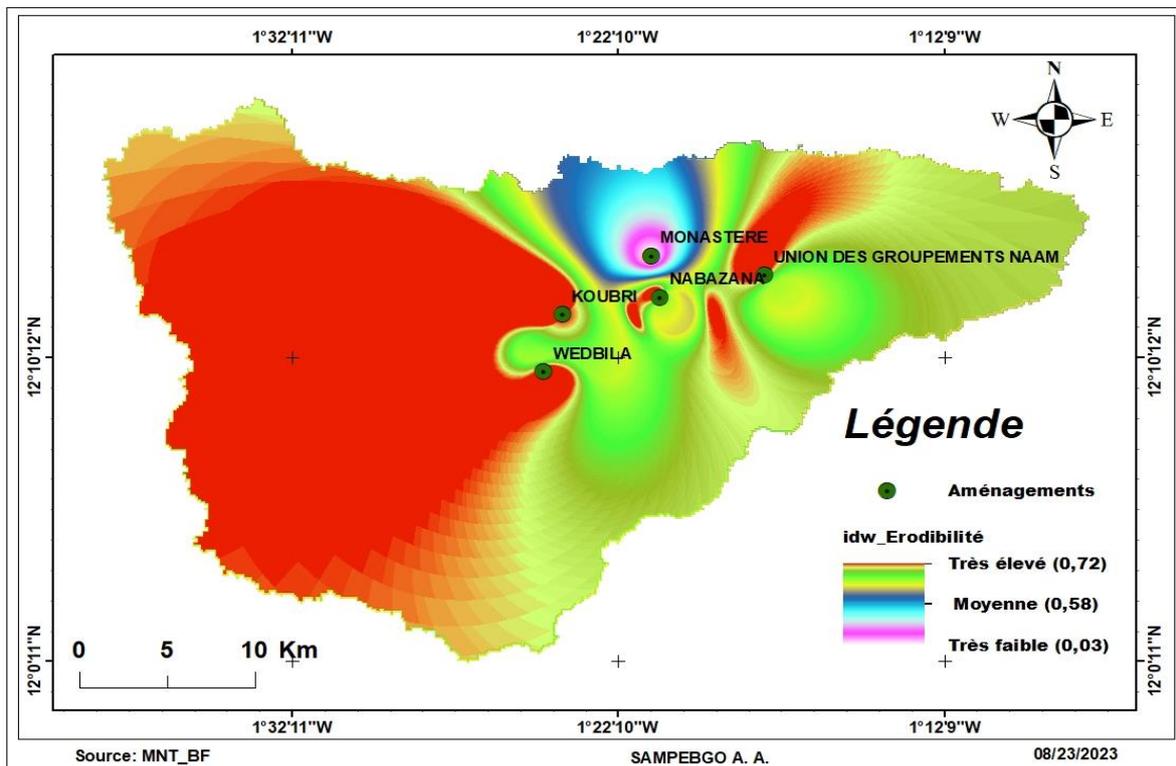
Nabazana	0,76	0,42	0,59	Élevé
Koubri	0,85	0,6	0,72	Très Elevé
Wédbila	1	0,15	0,57	Faible

SAMPEBGO A.A.

2023

Le niveau d'érodibilité reste élevé pour les aménagements de Nabazana et de Koubri. Il est moyen pour les aménagements de Boussouma et respectivement faible et très faibles pour les aménagements de Wédbila, du Monastère.

Carte 5 : Erodibilité



b. Les vulnérabilités aux stress hydriques

La transformation de valeurs normalisées des indicateurs d'expositions sur une échelle catégorielle en un champ de valeur de 0 à 1 se présente dans le tableau ci-dessous (Tableau 7).

Tableau 7 : Niveau de stress

Les aménagements d'irrigation	Exposition	Valeur normalisée	Niveau de stress
Boussouma 1	14,07	0,89	Elevé
Monastère	14,51	1	Très élevé
Nabazana	13,58	0,77	Moyenne
Koubri	10,80	0,11	Faible
Wédbila	10,30	0	Très faible

SAMPEBGO A.A.

Les résultats montrent que les aménagements d'irrigation de Monastère restent très exposés aux stress hydriques, suivi de Boussouma. Nabazana subit d'une manière modérée les stress, les aménagements de Koubri et des Wédbila restent faiblement exposés.

La carte des vulnérabilités (Carte 7) climatiques est déterminée en superposant la carte d'érodibilité et la carte aux stress hydriques selon la méthode d'agrégation arithmétique (Tableau 8).

Tableau 8: Niveau de vulnérabilités

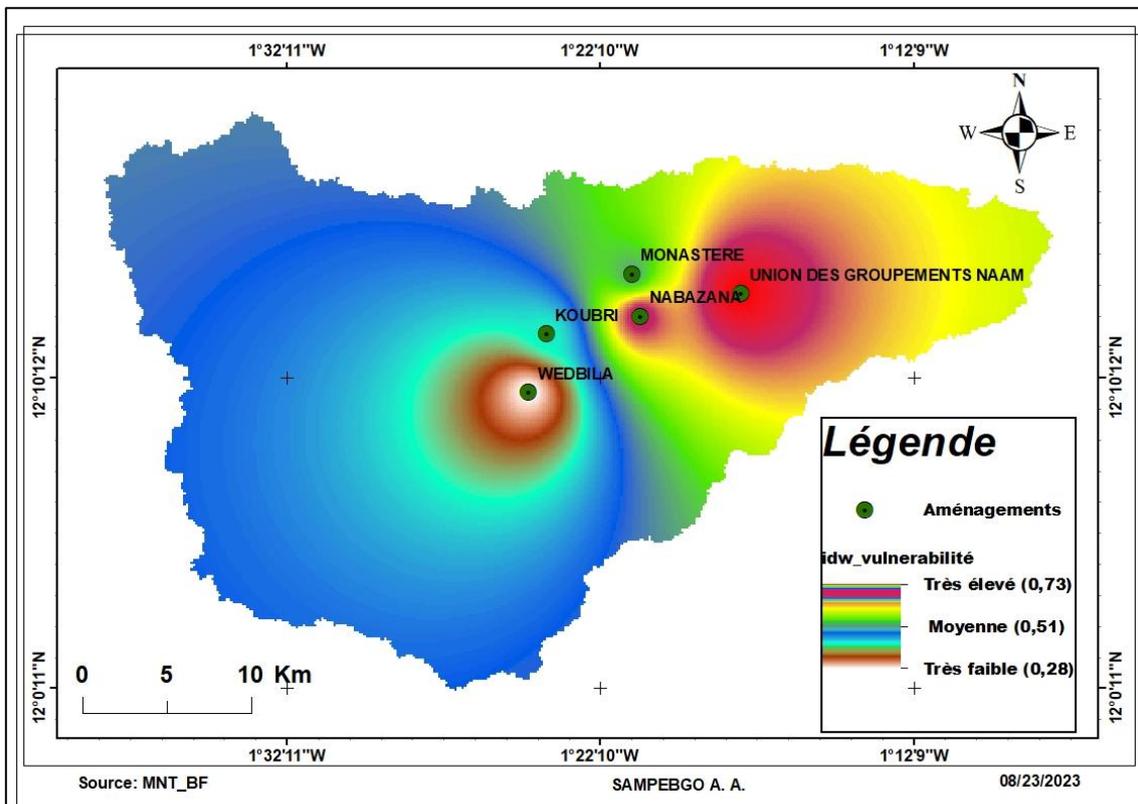
Les aménagements d'irrigation	Les vulnérabilités		Valeur agrégée	Niveau de vulnérabilités
	Érodibilité	Stress		
Boussouma 1	0,58	0,89	0,73	Très élevé
Monastère	0,03	1	0,51	Moyenne
Nabazana	0,59	0,77	0,68	Elevé
Koubri	0,72	0,11	0,41	Faible
Wédbila	0,57	0	0,28	Très faible

SAMPEBGO A.A. 2023

Les résultats observés sont :

- un niveau de vulnérabilités très élevé des aménagements de Boussouma,
- un niveau de vulnérabilités élevé des aménagements de Nabazana,
- un niveau de vulnérabilités moyenne des aménagements de Monastère ,
- un niveau de vulnérabilités faible à Koubri ou PK25,
- un niveau de vulnérabilités très faible à Wédbila.

Carte 6: Vulnérabilité climatique



4 Discussion

L'étude des vulnérabilités climatiques du bassin versant de Nariarlé à Koubri montrent que les aménagements d'irrigations du Burkina Faso subissent les effets des changements climatiques dans son ensemble. Les aménagements sont les plus exposés et les plus sensibles à l'érosion (Bouguerra, 2018, p. 69; Yaméogo, 2021, p. 138). Selon Madiodio (2004, p. xi), la baisse des débits s'est traduite par la réduction significative de la superficie des principales zones humides naturelles. Les aménagements sont vulnérables aux stress hydriques, ces résultats sont en phase avec ceux de Bollin (2014, p. 13). Selon le rapport de CSAO/OCDE (2006, p. 02), avec une population majoritairement agricole (2/3 de la population active et 50% du PIB national) les Etats africains sont caractérisés par une grande proportion de population vulnérable (environ 60% de ménages) (Khattabi, 2021, p. 24). Ces expositions aux vulnérabilités climatiques posent des niveaux élevés d'insécurité alimentaire et des taux de malnutrition (Darmencier, 2020, p. 11).

5 Conclusion

L'analyse des vulnérabilités des aménagements d'irrigation du bassin versant de Nariarlé révèlent que les aménagements d'irrigation du bassin versant sont exposés aux vulnérabilités climatiques. Le niveau de vulnérabilité de protection de sol reste relativement faible. La pression démographique de la population liée à la forte croissance des populations des aménagements d'irrigations entrave le développement de la couverture végétale. Elle reste très faible dans les aménagements du Monastères (0) et de Wédbila (0,17). L'eau est l'un des principaux agents climatiques d'érosion des aménagements d'irrigation du bassin versant de Nariarlé. Les aménagements d'irrigation du bassin versant de Nariarlé sont confrontés aux différents processus d'érosion liés aux changements climatiques. Ces processus d'érodibilités sont influencés par les caractéristiques biophysiques du bassin telle que la pente. Les caractères biophysiques du bassin jouent un rôle dans la réponse hydrologique du bassin aux paramètres climatiques (précipitations, températures, vents, etc.). Les aménagements d'irrigation du bassin versant de Nariarlé sont confrontés aux vulnérabilités climatiques, de ce fait des pratiques et techniques efficaces d'adaptations doivent être élaborer pour une meilleure gestion des aménagements d'irrigation au Burkina Faso.

RÉFÉRENCE

- Bollin, C. al. (2014). *Analyse intégrée de la Vulnérabilité au Burundi* (p. 23). <https://bi.chm-cbd.net/sites/bi/files/2020-12/analyse-vulnerabilit-bi-vol%20I.pdf>
- Bouguerra, H. (2018). *Quantification et modélisation des transports solides, cartographie des zones à risques d'érosion hydrique par utilisation d'un SIG: application aux bassins de Bouhamdane et Ressoul (Nord-Est Algérien)* [Hydraulique]. Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen Faculté de Technologie.
- CEDRA, & Wiggins, S. (2009). *Évaluation des risques et de l'adaptation au changement climatique et à la dégradation de l'environnement*. (p. 72).
- CSAO/OCDE. (2006). *Situation alimentaire dans le Sahel et en Afrique de l'Ouest : Le criquet pèlerin compromettra t-il la bonne saison agricole annoncée ?* 04.

- Darmencier, M. (2020). *Diagnostic de vulnérabilité au changement climatique Département de la Nièvre* (p. 193).
- DGIH. (2020). *Réhabilitations du barrage de Boussouma , volume 1-etude de base techniques (hydrologie-topographie-géotechnique)*.
- Doubs. (2012). *Comprendre :les bases à acquérir sur le fonctionnement des cours d'eau*. 2012-07-04-nevers-comprendre-le-fonctionnement-d-un-bassin-versant_doc.pdf
- FAO. (2008). *L'action de la FAO face au changement climatique*. 43.
- INRA. (2015). *Les recherches sur l'adaptation au changement climatique : Une priorité !* 52.
- Khattabi, A. al, el. (2021). *Vulnérabilités climatiques et stratégies de développement* (p. 37).
- Madiodio, N. (2004). *Réduire la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux impacts du climat sur les ressources en eau, les zones humides et la désertification* (p. 17).
- OMM. (2019). *État du climat en Afrique 2019*. 1253, 37.
- ONBAH. (1986). *Projet de développement de la petite et moyenne irrigation* (p. 35) [BOAD, n° 15 /10/86/ONBAH].
- Ouoba, A. P. (2013). *Changements climatiques, dynamique de la végétation et perception paysanne dans le Sahel burkinabè*. Université de Ouagadougou.
- PANA. (2021). *Communication sur l'adaptation aux changements climatiques du Burkina Faso* (p. 43).
Ministère de l'environnement, de l'économie verte et du changement climatique.
- PANA-BF. (2015). *Plan national d'adaptation aux changements climatiques (PNA) du Burkina Faso* (p. 155).
- PCD/ Koubri. (2021). *Plan communal de développement (PCD) de la commune de Koubri 2022-2026* (p. 132).
- Yaméogo, A. (2021). *Caractérisation de la dynamique érosive dans le bassin versant supérieur de la Sissili (Burkina Faso)* [Thèse de doctorat]. Université Joseph KI-ZERBO.