SPATIALISATION DES PRATIQUES HYDROAGRICOLES D'ADAPTATION À LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE DANS LE BASSIN VERSANT DU MASSILI À LOUMBILA (BURKINA FASO) À L'AIDE DES SIG ET DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE

[Etapes de traitement de l'article]
Date de soumission : 24-04-2026 / Date de retour d'instruction : 06-05-2026/ Date de publication : 15-07-2026

Sayouba ILBOUDO
Département de Géographie, Université Joseph KI-ZERBO
Ouagadougou, Burkina Faso
sayoubailboudo@gmail.com

Résumé : Face aux effets néfastes des aléas climatiques sur les cultures pluviales, l'hydroagriculture a été développée au Burkina Faso comme une stratégie d'adaptation en saison sèche visant à atténuer les déficits de production agricole. L'objectif de cette étude est d'analyser l'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation à la variabilité climatique dans le bassin versant du Massili à Loumbila. La méthodologie repose sur le couplage des systèmes d'information géographique (SIG) et l'analyse multicritère (AMC). La modélisation spatiale a nécessité l'identification par les populations locales de facteurs et de contraintes d'adaptation. La pondération des variables a été faite par celles-ci à partir d'un tableau de classification préférentielle. La combinaison linéaire des valeurs des facteurs pondérées par leur poids et multiplié par le produit des contraintes a permis d'élaborer des cartes d'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation en saison sèche sur la base de trois catégories : efficacité importante, efficacité moyenne et efficacité faible. L'étude a révélé que les zones où l'efficacité des stratégies hydroagricoles d'adaptation est importante occupent 18,03 % de la superficie totale du bassin versant. Elles se situent à proximité des grandes retenues d'eau qui permettent l'irrigation des cultures. Les surfaces à efficacité moyenne représentent 51,48 % et se localisent tout autour des petites retenues d'eau. Les espaces où l'efficacité des pratiques hydroagricoles est faible, voire nulle (30,49 %) sont ceux qui ne disposent pas de plans d'eau à usages agricole.
Mots clés : Hydroagriculture, variabilité climatique, analyse spatiale multicrière, bassin versant du Massili, Burkina Faso.

SPATIAL ANALYSIS OF HYDROAGRICULTURAL PRACTICES FOR ADAPTING TO CLIMATE VARIABILITY IN THE MASSILI CATCHMENT AREA IN LOUMBILA (BURKINA FASO) USING GIS AND MULTI-CRITERIA ANALYSIS

Abstract: In response to the adverse effects of climate variability on rain-fed crops, hydroponics has been developed in Burkina Faso as a dry-season adaptation strategy aimed at mitigating shortfalls in agricultural production. The aim of this study is to analyse the effectiveness of hydroagricultural practices in adapting to climate variability in the Massili catchment area in Loumbila. The methodology is based on the integration of geographic information systems (GIS) and multi-criteria analysis (MCA). The spatial modelling required local communities to identify factors and constraints affecting adaptation. The variables were weighted by the local communities using a preference ranking table. The

linear combination of factor values, weighted by their respective weights and multiplied by the product of the constraints, enabled the development of maps showing the effectiveness of hydroagricultural adaptation practices during the dry season, categorised into three groups : high effectiveness, medium effectiveness and low effectiveness. The study revealed that areas where hydroagricultural adaptation strategies are highly effective account for 18.03% of the total area of the catchment. These areas are located near large reservoirs that enable crop irrigation. Areas of medium efficiency account for 51.48% and are located all around the small reservoirs. Areas where the effectiveness of hydroagricultural practices is low or non-existent (30.49%) are those that lack water bodies used for agricultural purposes.

Keywords : Hydroponics, climate variability, multi-criteria spatial analysis, the Massili catchment, Burkina Faso.

Introduction

L'Afrique de l'Ouest est confrontée, depuis ces dernières décennies, à des crises climatiques à répétition. Ces variations du climat influencent l'agriculture, particulièrement dans la zone soudano-sahélienne où les conséquences sont ressenties à travers les perturbations des systèmes agricoles (I. Ouédraogo, 2024, p.1). La variabilité climatique impacte fortement les activités socioéconomiques des populations rurales, en particulier les productions agricoles et maraîchères (G. L. Djohy et A. H. Edja, 2018, p.84). La région est régulièrement affectée par des crises alimentaires dues à des saisons pluvieuses déficitaires ou trop excédentaires (O. Koudamiloro, 2017, p.11), et en raison de sa démographie ascendante (R. Pachauri et A. Reisinger, 2008, p.38).

Le Burkina Faso est confronté à la récurrence des phénomènes climatiques extrêmes et à ses répercussions sur les activités agricoles. Le pays est en proie aux crises environnementales de toutes sortes (sécheresses, inondations, vagues de chaleur, dégradation des terres, etc.). Les impacts sont ressentis de manière accentuée dans les zones agricoles, où les aléas climatiques bouleversent les cycles culturaux et mettent en péril la sécurité alimentaire de nombreuses populations (I. Ouédraogo, 2024, p.3). La production agricole, fortement influencée par la variabilité climatique, demeure insuffisante pour satisfaire une demande alimentaire en constante augmentation, renforçant ainsi la dépendance alimentaire du pays (A. Nacanabo, 2025, p.819). Des projections ont montré qu'à l'horizon 2080, les rendements des cultures céréalières pourraient diminuer de 15 à 25 % et ceux des cultures maraîchères de 10 à 30 % (MAAH, 2020, p.85).

Selon le MAAH (2019, p.56), l'hydroagriculture se développe au rythme de la disponibilité des ressources hydriques. Pour limiter les conséquences des variations climatiques sur l'agriculture et accroître la productivité des terres, le gouvernement burkinabè, avec l'appui de certains partenaires techniques et financiers, a entrepris la réalisation de nombreux barrages hydroagricoles (P. I. Yanogo, 2012, p.13). En 2021, le Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement (MEEA, 2022, p.58) estimait à 1 033 le nombre de barrages hydroagricoles construits au Burkina Faso dont une trentaine dans le bassin versant du Massili à Loumbila. La réalisation des ouvrages

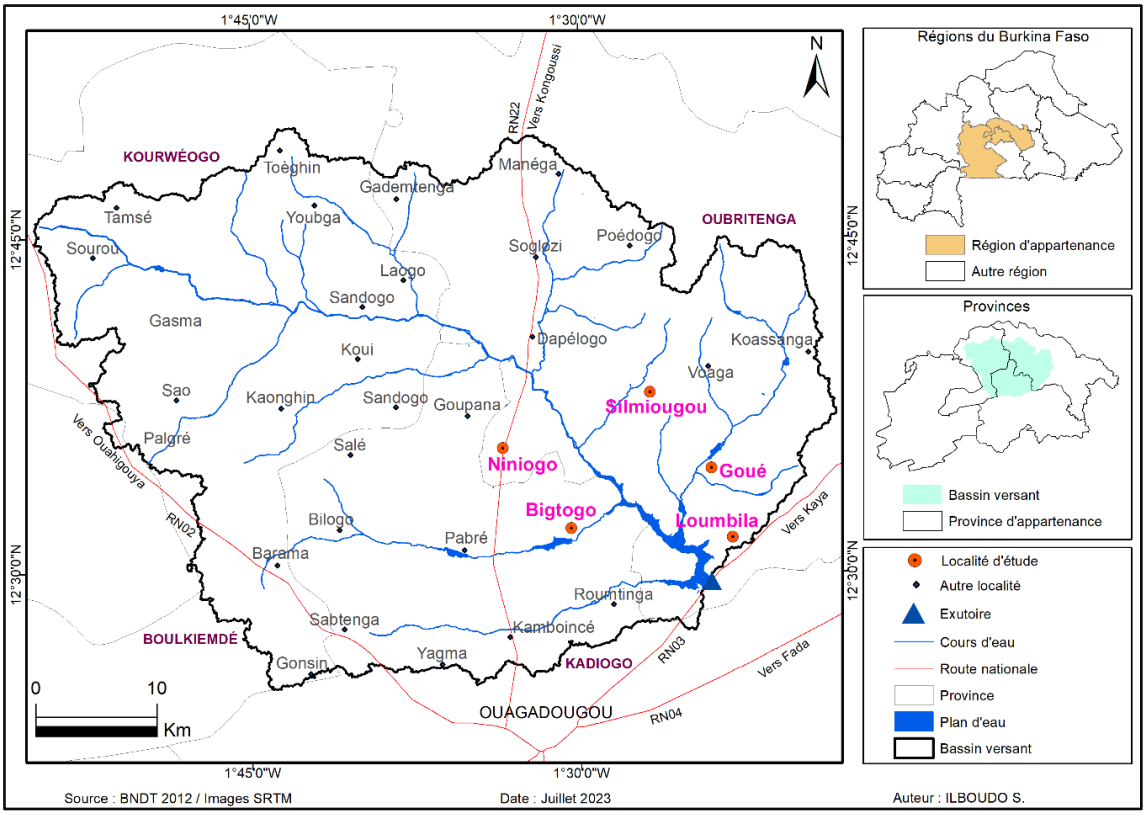
hydrauliques témoigne de leur importance pour le développement agricole (P. I. Yanogo, 2012, p.13). Au fil du temps, l'hydroagriculture s'est imposée comme une stratégie d'adaptation visant à compenser les déficits de production des cultures pluviales (M. Ouandé, 2021, p.5). Cependant, le développement des cultures irriguées se heurte à des défis majeurs car les communautés locales sont confrontées à des contraintes socioéconomiques qui limitent leur capacité d'adoption de nouvelles techniques agricoles. L'objectif de cette étude est d'analyser l'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation à la variabilité climatique dans le bassin versant du Massili à Loumbila à partir du couplage des SIG et de l'analyse multicritère.

1. Matériels et méthodes

1.1. Présentation de la zone d'étude

À cheval entre les provinces de l'Oubritenga, du Kadiogo, du Boulkiemdé et du Kourwéogo, le bassin versant du Massili à Loumbila est situé au centre du Burkina Faso entre 12°24'48'' et 12°49'57'' de latitude nord et entre 1°18'12'' et 1°54'54''de longitude ouest (carte 1). Il couvre une superficie de 2 120 Km².

Carte 1 : Situation du bassin versant du Massili à Loumbila



La zone d'étude se caractérise par l'alternance d'une saison sèche et d'une saison pluvieuse. La saison des pluies s'étend sur quatre à cinq mois. Juillet et août sont les mois les plus pluvieux.

Le relief est dominé par une vaste pénéplaine centrale d'environ 300 m d'altitude, reposant sur un socle cristallin peu perméable, ce qui limite le potentiel d'exploitation

des eaux souterraines. Cette pénéplaine présente un modelé globalement aplani et des buttes cuirassées à certains endroits.

Les principales unités pédologiques rencontrées sont les sols ferrugineux tropicaux, les lithosols, les sols bruns eutrophes et les sols hydromorphes. Dans l'ensemble, ces sols sont pauvres et dégradés.

Le réseau hydrographique est assez important. Cependant, la majorité des cours d'eau ont un écoulement intermittent. Le maximum des crues s'enregistre en août. Le Massili est le principal cours d'eau qui traverse le bassin versant, et le barrage de Loumbila, le principal plan d'eau.

La savane arbustive est la formation végétale la plus dominante. Elle est composée majoritairement d'espèces tels que *Acacia dudgeoni, Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis*, *Vitellaria paradoxa, etc.*

Les moosé représentent la population majoritaire. L'agriculture pluviale, le maraîchage et l'élevage extensif sédentaire constituent les principales activités socioéconomiques des communautés locales. Les retenues d'eau du bassin versant attirent de nombreux migrants agricoles originaires de localités ou de régions voisines. Ceux-ci s'installent aux abords des barrages en vue d'y pratiquer les cultures irriguées. Les principales spéculations produites sont la tomate, l'oignon, le chou, etc.

1.2. Collecte des données

1.2.1. Données de terrain

L'étude s'est déroulée dans cinq localités du bassin versant du Massili à Loumbila que sont : Loumbila, Goué, Silmiougou, Bigtogo et Niniogo. Le choix de ces villages se justifie par un certain nombre de critères notamment géographiques, socioéconomiques et démographiques.

Les entretiens effectués auprès des paysans ont porté sur les variations climatiques et les stratégies hydroagricoles développées en saison sèche pour s'adapter. Un questionnaire individuel, des guides d'entretien et un GPS ont servi d'outils de collecte.

La technique raisonnée a été utilisée pour l'identification de la population cible. La méthode d'échantillonnage de D. Schwartz (1995) a été utilisée pour déterminer le nombre de personnes à enquêter selon la formule suivante :

$$\boldsymbol{N = \frac{Z^2 * P(1-P)}{e^2}}$$

Avec *N* : la taille de l'échantillon ; *Z* : le niveau de confiance accepté (1,96 pour un taux de confiance de 95 %) ; *e* : la marge d'erreur (qui est égale à 5 %) ; *P* : la proportion estimative de ménages à enquêter. En application de cette formule, 240 personnes ont été interrogées. De plus, 13 focus groupes ont été réalisés auprès des groupements de producteurs agricoles des localités d'étude.

1.2.2. Données spatiales

Les données spatiales de la Base Nationale de Données Topographiques (BNDT) de 2012 ont été acquises auprès de l'Institut Géographique du Burkina (IGB).
Des images Landsat OLI (*Operational Land Imager*) de 2019 ont été acquises auprès du Secrétariat Permanent du Conseil National sur le Développement Durable (SP/CNDD).
Des images à hautes résolutions de Google Earth ont été téléchargées et numérisées à l'écran.
Tous ces traitements géospatiaux ont permis de produire des données spatiales sur les pratiques hydroagricoles d'adaptation dans le bassin versant du Massili à Loumbila, et de faire la modélisation spatiale.
Le GPS a servi à la géolocalisation des aménagements hydroagricoles.

1.3. Traitement des données

1.3.1. Traitement des données de terrain

Les données collectées ont été traitées grâce à divers outils :

- Sphinx+ 5.1.0.4 a permis le dépouillement du questionnaire ;
- Expert GPS a été utilisé pour le transfert des données spatiales collectées sur le terrain et leur enregistrement sous le format *Shape* ;
- Le tableur « EXCEL » du logiciel « Microsoft Office 2016 » a permis de faire le traitement statistique des données ;
- « WORD » a servi à la saisie et à la mise en forme du texte.

1.3.2. Traitement des images satellitaires

Le traitement des images satellitaires a été effectué grâce au logiciel QGIS 3.14.0. Cet outil a servi aussi à leur numérisation. La classification dirigée à l'aide de l'algorithme du maximum de vraisemblance a été appliquée à chaque image afin d'identifier les différentes unités d'occupation des terres. Elle s'est faite selon la composition colorée 5/4/3. Il a été ensuite procédé à la vectorisation qui consiste à convertir les images classifiées du mode *raster* en mode *vecteur* dans le but de faciliter leur gestion dans un logiciel d'analyse SIG. Les images traitées ont servi enfin à l'analyse de l'occupation spatiale et à la réalisation de la cartographie.
Le logiciel Google Earth Pro a servi à la vectorisation des entités visibles sur les images satellitaires issues de Google Earth, ce qui a permis de générer des données spatiales sur les ouvrages hydroagricoles, en particulier les barrages, les mares, les boulis, etc.
La fonction mapcalculator du logiciel GRASS GIS 7.2.2 a servi à l'analyse spatiale multicritère.

1.4. Processus d'analyse spatiale multicritère

L'analyse spatiale multicritère s'est faite en plusieurs étapes :

1.4.1. Identification des contraintes et des facteurs d'adaptation

Les échanges effectués auprès des paysans ont permis de retenir plusieurs critères constitués de facteurs et de contraintes d'adaptation. Ces critères ont des impacts réels sur l'efficacité des stratégies hydroagricoles mises en œuvre dans le bassin versant du Massili à Loumbila face à la variabilité climatique.

De ces échanges, il ressort que les contraintes majeures pouvant affecter l'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation sont les précipitations car elles représentent la principale source de recharge de la nappe phréatique et des plans d'eau qui sont exploités par les populations en saison sèche au profit de l'hydroagriculture. À cela s'ajoutent les prélèvements intenses d'eau pour divers usages, l'évaporation, l'infiltration et l'écoulement. Selon les communautés locales, ces contraintes peuvent engendrer un assèchement rapide des retenues d'eau et une insuffisance hydrique pour l'irrigation des cultures.

Les facteurs sont des variables qui facilitent l'atteinte d'un objectif donné. Dans la présente étude, les variables retenues pour la modélisation spatiale sont : les barrages, les mares, les boulis, les forages, les puits maraîchers, les puisards, les cours d'eau et les zones de cultures irriguées. Ces variables ont été sélectionnées sur le terrain parmi tant d'autres et leur efficacité évaluée par les populations locales.

1.4.2. Normalisation des facteurs d'adaptation

Elle consiste à hiérarchiser les variables sur une échelle commune d'efficacité. La Combinaison Linéaire Pondérée (CLP) a servi à cette normalisation. Les variables ont été hiérarchisés sur une échelle allant de 0 % (la stratégie la moins efficace) à 100 % (la plus efficace). Ainsi, la valeur maximale 100 % indique les zones où les stratégies hydroagricoles d'adaptation sont les plus efficaces et 0 %, celles où les stratégies d'adaptation sont faibles.

1.4.3. Affectation de poids aux facteurs d'adaptation

Un coefficient de pondération a été attribué à chaque facteur en fonction de son importance par rapport aux autres facteurs. Cette pondération a été faite par les producteurs agricoles à partir d'un tableau de classification préférentielle (tableau 1).

Tableau 1 : Classification préférentielle de l'efficacité des stratégies hydroagricoles d'adaptation à la variabilité climatique

Stratégies d'adaptation	Barrages	Boulis	Mares	Forages	Puits maraîchers	Puisards	Cours d'eau	Cultures irriguées
Barrages		Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	Ba	CI
Boulis			B	F	B	P	B	CI
Mares				M	Pm	M	CE	CI
Forages					F	P	F	CI
Puits maraîchers						P	CE	CI
Puisards							P	CI

Cours d'eau								CI
Cultures irriguées								

Ba = barrages ; B = boulis ; M = mares ; F = forages ; Pm = puits maraîchers ; P = puisards ; CE = cours d'eau ; CI = cultures irriguées

La méthode des comparaisons par paire de T. L. Saaty (1977, p.246) a servi de base à la pondération des facteurs. Cette méthode consiste à comparer les variables deux à deux en termes d'importance relative.

1.4.4. Evaluation de la cohérence des jugements

L'Indice de Cohérence (IC) a été calculé afin de tester la pertinence du choix des facteurs, et de mesurer la validité et la fiabilité de la comparaison par paires de Saaty. L'IC permet de savoir si les données ont un rapport logique entre elles. Ainsi, plus l'IC devient grand, plus le jugement à la base des choix dans la matrice de comparaison est incohérent et vice-versa.

La formule de calcul est la suivante : $IC = \frac{\lambda max - n}{n-1}$

Où λmax est une valeur calculée sur la base de la moyenne des valeurs de la matrice de Saaty, des vecteurs propres et n est le nombre d'éléments comparés.

En outre, le Ratio de Cohérence (RC) a été calculé pour évaluer la cohérence des jugements. Le RC fourni des renseignements sur la cohérence des critères à comparer. Il se calcule à partir de la formule suivante : $RC = \frac{IC}{IA}$

Où *IA* est un indice aléatoire fixé en fonction du nombre de critères.

Si RC est > 10 %, il y a une incohérence dans la comparaison par paire. Par contre, si RC est < 10 %, la comparaison par paire des facteurs traduit une cohérence significative entre les différentes variables.

1.4.5. Agrégation des opinions

Cette méthode permet d'évaluer les impacts de plusieurs facteurs qui impliquent différents degrés d'informations dépendantes ou indépendantes (A. Amaya et *al.*, 2021, p.493). L'agrégation consiste à combiner toutes les variables pour déterminer la moyenne géométrique des jugements et obtenir une matrice unique de comparaison qui exprime l'importance de chacune. Ainsi, la combinaison linéaire des valeurs des facteurs (*Xi*) pondérées par leur poids (*Wi*) et multiplié par le produit des contraintes (*Cj*) a permis de faire les analyses à partir de l'équation suivante : $C = \Sigma Wi\ Xi * \Pi Cj$

Wi représente le poids de chaque facteur ; *Xi*, la valeur du facteur *i* normalisée et *Cj*, la valeur de la contrainte j.

1.4.6. Modélisation des opérations cartographiques

La modélisation des différentes opérations cartographiques a permis de créer une couche matricielle constituée de différents pixels représentant chacun des niveaux

d'efficacité. Ainsi, plus la valeur du pixel est élevée, plus l'efficacité de la stratégie est importante.

À partir de la pondération faite par les hydroagriculteurs, l'efficacité des stratégies hydroagricoles d'adaptation a été simulée selon la codification suivante :

*[(barrage_rast_cost_recode@PERMANENT*23)+(boulis_rast_cost_recode@PERMANENT*5)+(mare_rast_cost_recode@PERMANENT*9)+(forage_rast_cost_recode@PERMANENT*4)+(puits_rast_cost_recode@PERMANENT*6)+(puisards_rast_cost_recode@PERMANENT*10)+(cours_eau_rast_cost_recode@PERMANENT*7)+(maraîchage_rast_cost_recode@PERMANENT*36)].*

2. Résultats

2.1. Identification des zones où les pratiques hydroagricoles d'adaptation sont efficaces

La combinaison des SIG et de l'AMC a permis d'identifier les zones où les stratégies hydroagricoles d'adaptation à la variabilité climatique sont efficaces en saison sèche.

Le tableau 2 présente la pondération paysanne des pratiques hydroagricoles d'adaptation.

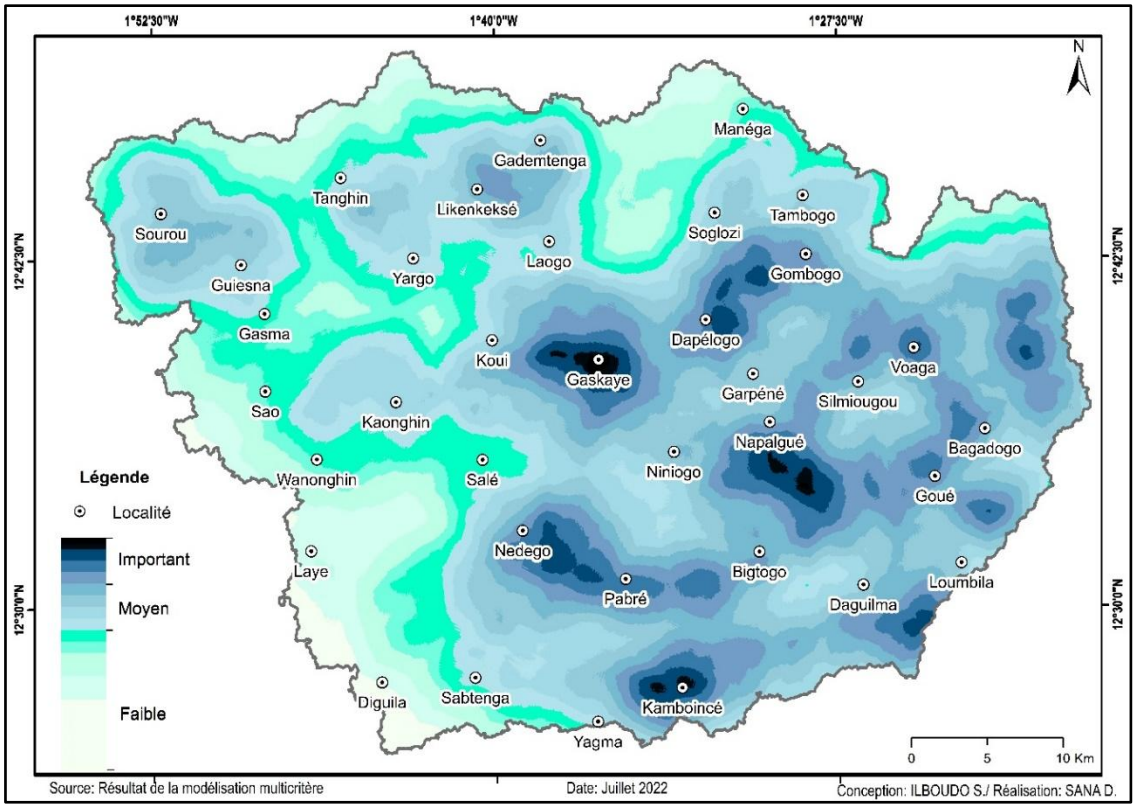
Tableau 2 : Pondération paysanne des pratiques hydroagricoles d'adaptation

Variables hydroagricoles	Coefficients de pondération (%)
Barrages	23
Cultures irriguées	36
Mares	09
Boulis	05
Forages	04
Puits	06
Puisards	10
Cours d'eau	7
Total	**100**

Source : Travaux de terrain, mars-avril 2021

La modélisation, réalisée à partir du croisement des variables hydroagricoles spatialisées et de leur pondération par les hydroagriculteurs, a permis de cartographier les zones d'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation en saison sèche (carte n°2).

Carte 2 : Efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation en saison sèche dans le bassin versant du Massili à Loumbila



L'analyse de cette carte montre que les zones où les pratiques hydroagricoles d'adaptation ont une efficacité importante se localisent au centre, au centre-est, à l'est, au sud et au nord du bassin versant. Ces espaces sont situés à proximité de certains sites tels que Gaskaye, Dapelogo, Loumbila, Kamboincé, etc., qui disposent de retenues d'eau et où les cultures irriguées occupent une emprise spatiale importante. En revanche, les zones où l'efficacité des stratégies adaptatives est moyenne occupent plus de la moitié du secteur d'étude. Elles se localisent globalement dans des domaines ne disposant pas de retenues d'eau ou disposant de petits plans d'eau sommaires tels que des mares et des boulis. Les zones à efficacité faible s'identifient au sud-ouest, à l'ouest, au nord-ouest et au nord du bassin versant. Cela pourrait s'expliquer par l'absence de retenues d'eau dans cette partie.

Dans les localités d'étude, l'efficacité des stratégies hydroagricoles d'adaptation est importante à Goué, à Loumbila et à Bigtogo, mais moyenne à Niniogo et à Silmiougou. L'absence de grands barrages et la présence de boulis dans ces deux dernières localités pourraient expliquer cette efficacité moyenne.

Le tableau 3 présente les statistiques de la simulation.

Tableau 3 : Statistiques de la simulation des pratiques hydroagricoles

Degrés d'impact	Superficies (ha)	Proportions (%)
Important	37 510,04	18,03
Moyen	107 098,13	51,48
Faible	63 425,97	30,49
Total	**208 035,14**	**100**

Source : Modélisation spatiale multicritère

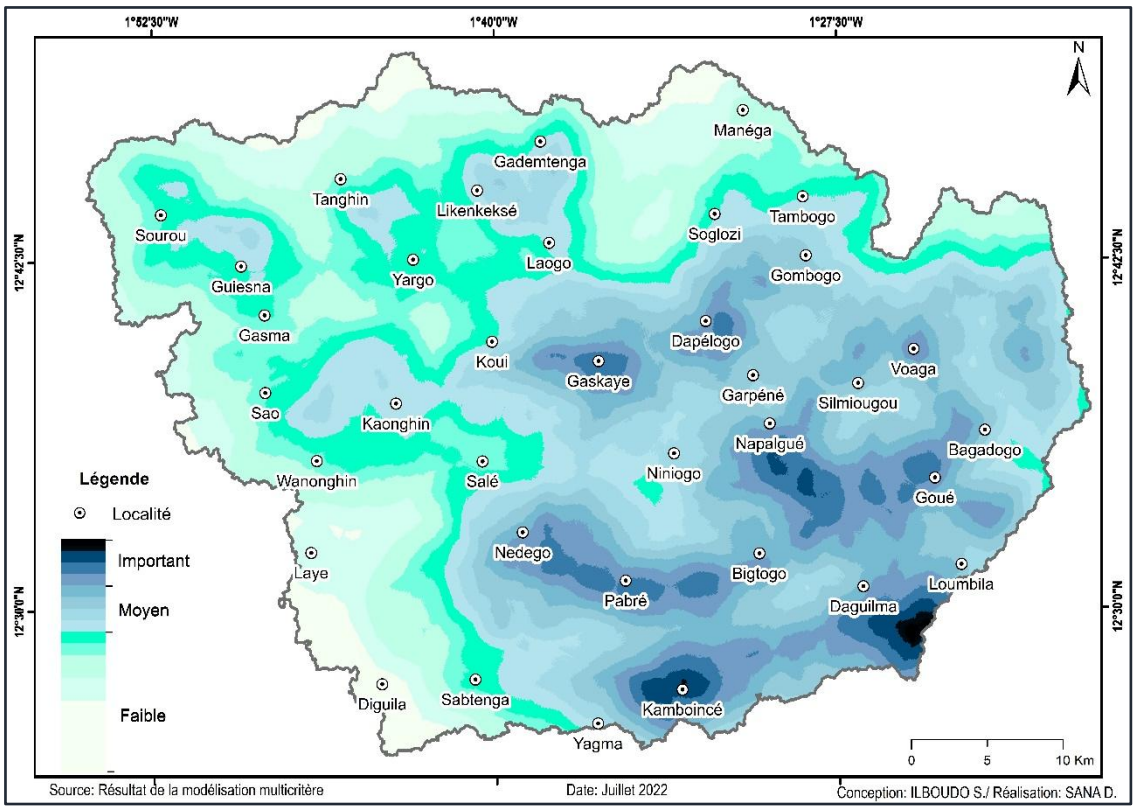
L'analyse du tableau 3 indique que les zones où l'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation est importante occupent 18,03 % de la superficie totale du bassin versant. Celles où l'efficacité est moyenne occupent 51,48 % de la surface de la zone d'étude. Les espaces à efficacité faible représentent 30,49 %.

Afin de tester l'efficacité réelle des pratiques hydroagricoles d'adaptation, des contraintes, constituées de la pluviométrie, des prélèvements d'eau, de l'évaporation et de l'infiltration, ont été opposées aux facteurs d'adaptation pour la modélisation spatiale. Les simulations ont été effectuées sur la base de trois scénarios de contraintes (10 % ; 20 % et 30 %).

2.2. Simulation de l'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation au scénario de 10 % de contraintes

Dans ce scénario, le poids accordé aux précipitations est de 5 %, celui des prélèvements de 3 %, et la valeur 1 % pour l'évaporation et l'infiltration, soit un total de 10 %. La pondération des facteurs passe alors à 90 %. Ce qui donne un total général de 100 % pour la simulation de l'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation.
La carte 3 est le résultat de la modélisation spatiale au scénario de 10 % de contraintes.

Carte 3 : Efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation en saison sèche au scénario de 10 % de contraintes



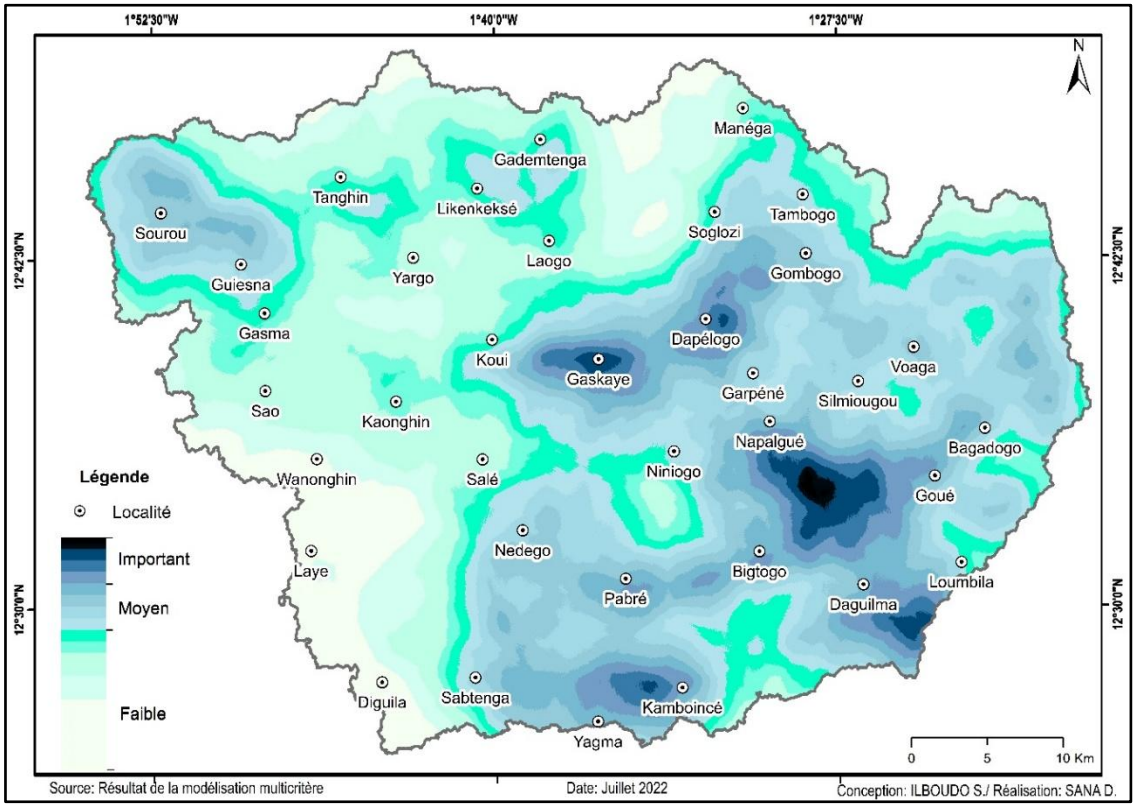
L'analyse de la carte 3 montre qu'au scénario de 10 % de contraintes d'adaptation, les zones où les stratégies hydroagricoles d'adaptation sont efficaces occupent 15,45 % de

la superficie totale du bassin versant (soit 32 144,57 ha). Elles se localisent au centre, au centre-sud, au sud et au nord-ouest, autour de quelques retenues d'eau telles que Gaskaye, Kamboincé, Dapelogo, Loumbila, Goué, Bigtogo, etc. Par contre, celles où l'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation est moyenne se situent au centre, au centre-est, au centre-sud et au nord-ouest du bassin versant avec une superficie de 96 066,89 ha (représentant 46,17 % de la surface totale). Les espaces à efficacité faible occupent 38,38 % (soit 79 823,68 ha). Ils se situent globalement au nord et à l'ouest de la zone d'étude.

2.3. Simulation de l'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation au scénario de 20 % de contraintes

Au scénario de 20 % de contraintes, le poids accordé aux précipitations pour la simulation est de 9 %, celui des prélèvements de 6 %, celui de l'évaporation de 3 % et 2 % pour l'infiltration, soit un total de 20 %. La pondération des facteurs passe à 80 %. Le résultat de la modélisation spatiale est présenté dans la carte 4.

Carte 4 : Efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation en saison sèche au scénario de 20 % de contraintes



Il ressort de l'analyse de cette carte que si les contraintes interviennent à 20 %, les zones où l'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation est importante représentent 13,25 % (soit 27 555,08 ha) de la surface du bassin versant. Elles se localisent tout autour des barrages de Loumbila, Kamboincé, Bigtogo, Goué, Dapelogo et Gaskaye. En outre, les territoires où l'efficacité de l'hydroagriculture est moyenne s'identifient à l'est, au

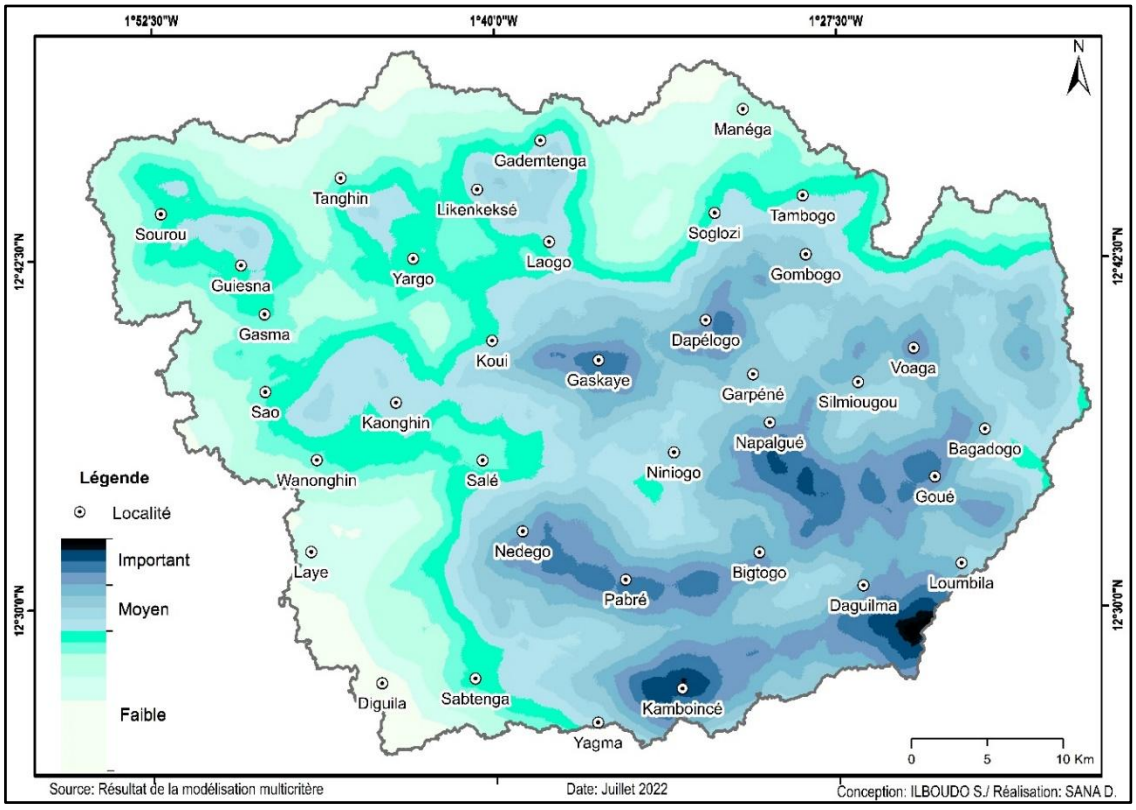
centre-nord et au nord-ouest du domaine d'étude, avec une surface de 117 735,71 ha (correspondant à 56,59 %). Ces zones représentent la majorité du territoire du bassin versant. Enfin, les surfaces où les stratégies hydroagricoles d'adaptation sont faiblement efficaces occupent le reste de la zone d'étude (62 744,35 ha, soit 30,16 %).

2.4. Simulation de l'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation au scénario de 30 % de contraintes

Au scénario de 30 % de contraintes, l'importance accordée aux précipitations est de 14 % et celle des prélèvements de 7 %. L'évaporation et l'infiltration occupent des poids respectifs de 6 % et de 3 %, soit un total de 30 %. La pondération des facteurs passe à 70 %.

La carte 5 est le résultat de cette simulation.

Carte 5 : Efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation en saison sèche au scénario de 30 % de contraintes



L'analyse de la carte 5 montre que si les contraintes d'adaptation interviennent à 30 %, les zones où l'efficacité de l'hydroagriculture est importante occupent de petites portions d'espaces (7,41 %, représentant 14 416,37 ha de la superficie totale du bassin versant). Elles sont presque confondues à celles du scénario de 20 %, avec toutefois une emprise spatiale moins grande. Elles s'identifient autour des retenues d'eau de Loumbila, Kamboincé, Goué, Gaskaye, Dapelogo et Pabré. Par contre, les zones à efficacité moyenne occupent une grande surface au centre, au centre-sud, au centre-est, et à l'est de la zone d'étude, avec une superficie de 90 328,01 ha (soit 43,42 %). Les

zones à faible efficacité occupent 49,17 % (soit 102 290,76 ha) de la superficie du bassin versant. Elles s'identifient globalement au nord, au nord-ouest et à l'ouest.

Le tableau 4 fait la synthèse de l'efficacité des stratégies hydroagricoles d'adaptation à la variabilité climatique.
L'analyse de ce tableau montre que plus le poids des contraintes augmente, moins les stratégies hydroagricoles développées par les populations locales pour s'adapter à la variabilité climatique en saison sèche sont efficaces.

Tableau 4 : Synthèse de l'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation

Efficacité / Degrés	Sans contraintes (%)	Contraintes à 10 %	Contraintes à 20 %	Contraintes à 30 %
Important	18,03	15,45	13,25	7,41
Moyen	51,48	46,17	56,59	43,42
Faible	30,49	38,38	30,16	49,17
Total	**100**	**100**	**100**	**100**

Source : Modélisation spatiale multicritère

Les études ont aussi révélé que les zones où les pratiques hydroagricoles d'adaptation en saison sèche sont les plus efficaces se situent à proximité des grandes retenues d'eau permettant l'irrigation des cultures sur des surfaces relativement plus importantes. Par contre, les zones à efficacité moyenne se localisent tout autour des petites retenues d'eau. Les espaces où l'efficacité est faible, voire nulle sont ceux qui ne disposent pas de plans d'eau à usages agricole.

3. Discussion

3.1. Contraintes d'adaptation

Il ressort des études que face aux impacts des variations climatiques sur les cultures dans le bassin versant du Massili à Loumbila, des pratiques hydroagricoles d'adaptation sont développées par les populations locales en saison sèche. Cependant, l'efficacité de ces stratégies est impactée par un certain nombre de contraintes telles que les précipitations. Des résultats similaires ont été obtenus par plusieurs auteurs en Afrique et au Burkina Faso.

En effet, les travaux de I. Mballo et *al*. (2024, p.28) menés dans le bassin de l'Anambé en Haute-Casamance au Sénégal montrent que la pluviométrie représente l'élément climatique fondamental qui conditionne globalement la réussite des activités agricoles. Selon A. G. Adou et *al*. (2025, p.25) à Brizeboua dans le centre-ouest de la Côte d'Ivoire,

l'irrégularité des précipitations freine l'élaboration de stratégies d'adaptation efficaces. Pour B. Ouédraogo (2015, p.12) dans le bassin versant de Yakouta dans le Sahel burkinabè, les précipitations impactent fortement l'efficacité des stratégies paysannes d'adaptation à la variabilité climatique. Les travaux de R. Addou et *al*. (2021, p.58) dans le bassin versant de Melloulou au Maroc montrent que les précipitations ne sont efficaces pour l'agriculture que lorsque des aménagements hydroagricoles qui visent le stockage des ressources hydriques sont réalisés.

Les études ont aussi montré que l'évaporation, l'infiltration et les prélèvements sont des contraintes qui impactent l'efficacité des stratégies hydroagricoles d'adaptation à la variabilité climatique. Ainsi, pour G. L. Djohy et A. H. Edja (2018, p.89), l'augmentation de la température favorise l'élévation du taux d'évapotranspiration et la baisse de la quantité d'eau disponible dans les plans d'eau. Cette situation compromet la disponibilité des ressources hydriques et perturbe fortement les activités agricoles. Les études de B. L. C. N. Karambiri (2017, p.126) montrent que dans le bassin versant du Sourou au Burkina Faso, pour 100 % de pluie reçue, on note, selon les années, 58 à 88 % de perte d'eau par évaporation, 13 à 20 % qui s'infiltre pour la recharge de la nappe phréatique et 1 à 6 % qui s'écoule, indiquant ainsi d'énormes pertes d'eau par évaporation. Ces résultats sont en phase avec ceux obtenus par certains auteurs dont B. Ibrahim (2012, p.23) dans le bassin du Nakanbé au Burkina Faso et D.H. Koumassi (2014, p.23) dans le bassin versant de la Sota au Bénin.

3.2. Efficacité des stratégies hydroagricoles d'adaptation

L'utilisation des SIG et de l'AMC a permis d'identifier les zones où les stratégies hydroagricoles mises en œuvre par les producteurs agricoles pour s'adapter à la variabilité climatique sont efficaces dans le bassin versant du Massili à Loumbila. Ces zones se situent à proximité des grandes retenues d'eau qui facilitent le prélèvement hydrique pour l'irrigation des cultures en saison sèche sur de grandes surfaces.

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus au Burkina Faso par G. M. C. Kêdowidé (2010, p.16) dans la commune de Ouagadougou et L. Ouédraogo (2012, p.181) dans le bassin versant de Yakouta dans le Sahel. Il en est de même pour les études de P. H. Coulibaly Naga et *al*. (2015, p.114) dans le district du Denguélé au nord-ouest de la

Côte d'Ivoire, Z. Koumoi et *al*. (2017, p.261) dans le centre-Togo, O. S. Chabi Adimi (2018, p.260) à Ouèssè au Bénin et A. Amaya et *al*. (2021, p.500) dans le département du Diamaré à l'Extrême-nord du Cameroun.

Ces auteurs ont tous montré dans leurs études l'importance du couplage des SIG et de l'AMC pour la détermination des zones propices ou efficaces.

Conclusion

Face aux impacts des variations climatiques sur les activités agricoles, l'hydroagriculture s'est imposée au Burkina Faso comme une stratégie d'adaptation visant réduire la vulnérabilité des cultures pluviales aux aléas climatiques, et à sécuriser les productions agricoles, particulièrement celles de la saison sèche. Ainsi, de nombreux aménagements hydroagricoles ont été réalisées par l'Etat et ses partenaires au développement dans plusieurs localités du pays. Dans le bassin versant du Massili à Loumbila, le maraîchage s'est fortement développé au profit des hydroagriculteurs. La combinaison des SIG et de l'AMC a permis d'évaluer la performance des pratiques hydroagricoles. La modélisation spatiale a montré que les zones où les stratégies hydroagricoles d'adaptation sont efficaces sont situées à proximité des grandes retenues d'eau qui facilitent l'irrigation des cultures. Cependant, il ressort des études que l'efficacité de l'hydroagriculture est entravée par un certain nombre de contraintes tels que les précipitations, l'évaporation, l'infiltration, etc. La pluviométrie étant la contrainte principale simulée, elle impacte largement l'efficacité des pratiques hydroagricoles d'adaptation développées en saison sèche.

De ce qui précède, il apparaît nécessaire au sein du triptyque chercheurs-gouvernants-bailleurs de fonds d'intégrer davantage les paramètres environnementaux et socioéconomiques dans les projets de développement rural afin de renforcer la résilience des communautés locales.

Références bibliographiques

ADOU Aka Giscard, KOUAO N'kpomé Styvince Romaric, NDIAYE Mamadou, KOUASSI Gbawli Nixon Hermann-Joel. 2025. « Stratégies d'adaptation aux effets de la variabilité climatique en milieu agricole : cas du Finage de Brizeboua (Centre-Ouest Ivorien). *Revue territoires environnement et développement (TED)*, vol. 4, n°1, p. 25-37.

ADDOU Rachid, HANCHANE Mohamed, OBDA Khalid et LASRI Mohamed. 2021. « Mise en évidence de l'impact climatique et anthropique sur la disponibilité des ressources en eau dans les milieux arides : cas du bassin versant de l'Oued Melloulou ». *In* Les ressources en eau dans un contexte de variabilité climatique : gestion, mutations et enjeux de durabilité. Ouvrage collectif, Publications de la FLSH, Agadir (Maroc), pp. 46-60.

AMAYA Adama, NTOUMBE Mama, DIGUIM Amadou Kepnamou et KAH Elvis. 2021. « Cartographie de la susceptibilité aux inondations par la méthode de l'analyse multicritère hiérarchique (AHP) combinée au Système d'Information Géographique (SIG) : cas du Département du Diamaré (Extrême-nord, Cameroun) ». *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 33, n°3, pp.491-501.

CHABI ADIMI Olatondji Salomon, TOHOZIN Coovi Aimé Bernadin et OLOUKOI Joseph. 2018. « Modélisation spatiale et évaluation multicritère dans la détermination des sites propices à la production du maïs à Ouèssè, Bénin ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 12, n°1, pp.253-265.

COULIBALY NAGA Pinatibi Hyann, COULIBALY Talnan Jean Honoré et SAVANÉ Issiaka. 2015. « Cartographie des potentialités en eaux souterraines par l'utilisation de l'analyse multicritère et les SIG : cas du district du Denguélé (nord-ouest de la Côte d'Ivoire) ». *European Scientific Journal*, vol.11, n°35, pp. 1857- 7881.

DJOHY Gildas Louis et EDJA Ange Honorat. 2018. « Effet de la variabilité climatique sur les ressources en eau et stratégies d'adaptation des éleveurs et maraîchers au Nord-Bénin ». *Annales de l'université de Parakou, Série « Sciences Naturelles et Agronomie »*, vol.18, n°2, pp. 83-91.

IBRAHIM Boubacar. 2012. *Caractérisation des saisons de pluies au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakanbé*. Thèse de Doctorat ès SCIENCES, Université Pierre et Marie Curie (France).

KARAMBIRI Bienvenue Lawankilea Chantal Noumpoa. 2017. *Variabilité climatique et gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin-versant du Sourou au Burkina Faso*, Thèse de Doctorat Unique de Géographie, Université OUAGA I Pr Joseph KI-ZERBO (Burkina Faso).

KÊDOWIDE Conchita Mèvo Guézo. 2010. « Modélisation géomatique par évaluation multicritère pour la prospection des sites d'agriculture urbaine à Ouagadougou ». *VertigO,* vol. 10, n°2, pp.1-20.

KOUDAMILORO Olivier. 2017. *Vulnérabilité aux risques hydroclimatiques et stratégies d'adaptation des populations dans le bassin versant de l'Ouemé à Beterou (Benin)*. Thèse de Doctorat Unique de Géographie, Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO (Burkina Faso).

KOUMASSI Dègla Hervé. 2014. *Risques hydroclimatiques et vulnérabilités des écosystèmes dans le bassin versant de la Sota à l'exutoire de Couberi*, Thèse de Doctorat Unique de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin).

KOUMOI Zakariyao, BOUKPESSI Tchaa et KPEDENOU Koffi Djagnikpo. 2017. « Principaux facteurs explicatifs de la dynamique de l'occupation du sol dans le Centre-Togo : apport des SIG et des statistiques spatiales ». *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, n°3, pp. 252-273.

MBALLO Issa, SY Oumar, BALDE Aliou et BALDE Moussa Mamadou. 2024. « Les aménagements hydroagricoles dans le Bassin de l'Anambé, une stratégie d'adaptation par rapport à la vulnérabilité climatique en Haute-Casamance (Sud-Sénégal) ». *Revue Espace Géographique et Société Marocaine*, n°85, pp. 27-40.

Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydro-Agricoles. 2019. *Projet d'étude sur l'élaboration du programme national de développement de bas-fonds*. Rapport final, Ouagadougou (Burkina Faso).

Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydro-Agricoles. 2020. *Annuaire des statistiques agricoles 2019*, Ouagadougou (Burkina Faso).

Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement. 2022. *Annuaire statistique de l'eau et de l'assainissement 2021*, Ouagadougou (Burkina Faso).

NACANABO Amadé, 2025, « Effet du changement climatique sur le rendement du mil, du sorgho et du maïs au Sahel : un modèle ARDL ». *African Scientific Journal*, vol. 3, n°28, pp. 818-843.

OUANDE Moumouni. 2021. *Recomposition de l'espace hydroaménagé de la commune rurale de Bama (ouest du Burkina Faso)*, Thèse de Doctorat Unique de Géographie, Université Joseph KI-ZERBO (Burkina Faso).

OUEDRAOGO Blaise. 2015. *Stratégies d'adaptation des agropasteurs à la variabilité climatique dans le bassin versant de Yakouta (Burkina Faso)*. Thèse de Doctorat Unique de Géographie, Université de Ouagadougou.

OUEDRAOGO Ibrahim. 2024. *Résilience des agriculteurs dans un contexte d'agriculture climatointelligente dans la commune de Korsimoro au Burkina Faso*. Thèse de Doctorat Unique de Géographie, Université Norbert ZONGO (Burkina Faso).

OUEDRAOGO Lucien. 2012. *Gestion de l'eau et adaptation des populations au changement climatique dans le bassin versant de Yakouta (dans le Sahel du Burkina Faso)*. Thèse de Doctorat Unique de Géographie, Université ABDOU MOUMOUNI, Niamey (Niger).

PACHAURI Rajendra et REISINGER Andy. 2008. *Bilan 2007 des changements climatiques : rapport de synthèse*. GIEC, Génève (Suisse).

SAATY Thomas L. 1977. « A scaling method for priorities in hierarchical structures ». *Journal of mathematical psychology*, n°15, pp.234-281, (En ligne), consulté le 20/06/2022, URL : https://doi.org/10.1016/0022-2496.

SCHWARTZ Daniel. 1995. *Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes*. Editions médicales, Flammarion, Paris (France).

YANOGO Pawendkisgou Isidore. 2012. *Les stratégies d'adaptation des populations aux aléas climatiques autour du lac Bagré (Burkina Faso)*. Thèse de Doctorat Unique de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin).