

1 **Impact de l'Utilisation et l'Occupation des Sols sur la**
2 **Gestion de l'Eau dans un Contexte de Changement**
3 **Climatique : cas de la Zone de M'Bewani (Office du**
4 **Niger, Mali)**

5 **Résumé**

6 Cette étude évalue l'impact des dynamiques d'occupation des sols sur la gestion
7 des ressources en eau dans la zone agricole de M 'Bewani à l'Office du Niger,
8 dans un contexte de changement climatique. À partir d'images Landsat des
9 années 1997, 2013 et 2023, des cartes d'occupation du sol ont été produites et
10 validées avec des coefficients Kappa estimés à plus de 92 %. Les résultats
11 montrent une augmentation marquée des terres agricoles, en particulier les
12 parcelles de riz (de 8,49 % à 21,52 %) et de canne à sucre (de 5,63 % à 20,71
13 %), principalement au détriment des zones aquatiques, passées de 2,62 % à
14 seulement 0,59 % entre 1997 et 2023. En parallèle, une augmentation de la
15 végétation autour des infrastructures d'irrigation a été observée.

16 L'intégration des données climatiques sur 32 ans (1992–2023) révèle une baisse
17 progressive de la pluviométrie annuelle(avec une moyenne de 523.7 en 1992
18 contre 369.93 en 2023) et une augmentation des périodes de sécheresse(0.732
19 en 1992) à, confirmée par des indices SPI négatifs (-1.088 en 2023). Ces
20 tendances accentuent la pression sur les ressources hydriques. Les résultats
21 soulignent la nécessité de repenser les pratiques de gestion des terres et de
22 l'eau dans la zone agricole de M'Bewani, en intégrant les dynamiques spatiales
23 et les contraintes climatiques croissantes.

24 **Mots-clés** : Occupation des sols, irrigation, images satellitaires, végétation,
25 M'Bewani, Mali.

27

28 **Abstract:** This study deals with the impact of land use dynamics on water
29 resource management in the agricultural area of M'Bewani. The main objective of
30 the work is to analyze land use changes over a period of 26 years (1997-2023).
31 To achieve this goal, land use maps were produced for the years 1997, 2013 and
32 2023. These were validated with a Kappa Coefficient of 92%, 97% and 96%
33 respectively for the years 1997, 2013 and 2023. Between 1997 and 2023, the
34 area of land developed for agriculture increased significantly. In 1997, sugarcane
35 plots and rice plots occupied 5.63% and 8.49% of the study area, respectively,
36 while in 2023, this proportion increased to approximately 20.71% and 21.52%.
37 This expansion was to the detriment of aquatic areas and natural spaces. At the
38 same time, the areas covered by water (2.62%) in 1997 decreased to only 0.59%
39 in 2023, due to the increase in agricultural land and the impacts of climate
40 change on the availability of water resources. Trees and shrubs, once scattered
41 throughout the study area, have experienced a notable increase around irrigation
42 infrastructure. Between 1997 and 2023, vegetation (trees and shrubs) decreased
43 from 23.20% to 22% in these areas, probably related to leaks or water losses in
44 irrigation systems. Another objective is to integrate climate data to understand the
45 evolution of precipitation and water resources over a 32-years period 1992-2023.
46 The integration of climate data over 32 years (1992–2023) reveals a progressive
47 decline in annual rainfall (with an average of 523.7 in 1992 compared to 369.93
48 in 2023) and an increase in dry periods (0.732 in 1992), confirmed by negative
49 SPI indices (-1.088 in 2023). These trends are increasing pressure on water
50 resources. These results demonstrate the urgency of rethinking land and water
51 resource management methods, by integrating new land use dynamics and the
52 impacts of climate change.

53 **Keywords :** Land Use, irrigation, satellite images, vegetation, M'Bewani, Mali.

54

55 1. Introduction

56 Les dynamiques mondiales d'occupation des sols et d'utilisation des terres ont
57 des impacts environnementaux et socio-économiques profonds. Le changement
58 d'affectation des sols est en partie dû à l'intensification de l'agriculture à l'échelle
59 mondiale, qui vise à satisfaire la demande d'une population humaine croissante,
60 mais qui entraîne une grave dégradation des sols arables (Smith, P. et al., 2016).
61 En 2020, environ 38% des terres émergées étaient consacrées à l'agriculture, ce
62 qui a conduit à une perte de 70% de la biodiversité terrestre due à la conversion
63 des forêts et des prairies en terres agricoles (FAO, 2021).

64 La pression sur les ressources en eau est également croissante, exacerbée par
65 les changements climatiques et la mauvaise gestion des ressources hydriques
66 (Ciampittiello et al., 2024). La vulnérabilité des ressources en eau face aux effets
67 des changements climatiques impacte d'autres secteurs d'activités, notamment
68 l'agriculture, l'élevage, la pêche, le tourisme, l'habitat et le cadre de vie, l'énergie,
69 la santé, etc. Cette vulnérabilité sera accentuée par un certain nombre de
70 facteurs tels que la croissance démographique qui impactera les usages de
71 l'eau, le contexte socioéconomique, l'occupation de l'espace et par la
72 gouvernance du secteur de l'eau,(Ruddel, 2018).

73 Au Mali, les parts de savane et de forêts ont diminué de 23 % entre 1975 et 2013
74 (CILSS, 2016), ceci est principalement dû à la croissance démographique et à la
75 demande alimentaire. Selon une étude menée par Diancoumba et al. (2023), une
76 autre cause de la diminution des forêts dans certaines zones du Mali est
77 principalement due à la déforestation. Le Mali, avec une population
78 principalement rurale, dépend fortement de l'agriculture. L'Office du Niger, situé
79 dans la région de Ségou, est le principal périmètre irrigué du pays et l'un des
80 plus grands d'Afrique de l'Ouest. Créé dans les années 1930, il couvre une
81 superficie de plus de 100 000 hectares et est essentiel pour la production de riz
82 et de culture maraîchère (Office du Niger,2014). Toutefois, la gestion de l'eau et
83 des terres dans cette région est confrontée à des défis significatifs liés à la
84 variabilité climatique, à l'intensification agricole et à l'augmentation de la
85 population.

86 En particulier, la Zone de M'Bewani potentiellement abritée par des promoteurs
87 privés, fait face à des préoccupations liées à l'occupation des sols, à la gestion
88 de l'eau. M'Bewani est la plus récente des zones de production de l'Office du
89 Niger et se distingue par plusieurs caractéristiques uniques. C'est la seule zone
90 où la production de canne à sucre est toujours active, une culture qui nécessite
91 une gestion intensive de l'eau (Office du Niger, 2014). L'aménagement récent de
92 cette zone comparé aux autres zones de production de l'office nu Niger offre une
93 opportunité unique pour étudier les impacts initiaux de l'aménagement des terres
94 et des infrastructures d'irrigation sur l'environnement et la sécurité alimentaire. Au
95 regard de ces défis complexes, il est donc nécessaire de trouver des solutions
96 durables aux défis multiples auxquels est confrontée ladite Zone. L'intérêt de

97 cette étude résulte donc dans sa capacité à fournir une analyse approfondie de
98 la dynamique d'occupation des sols dans la zone de M'Bewani permettant ainsi
99 une meilleure compréhension des facteurs sous-jacents et leurs implications sur
100 la gestion de l'eau ainsi que la préservation des écosystèmes.

101 En raison des contraintes environnementales, climatiques et socio-économiques,
102 il est nécessaire de savoir comment l'augmentation des surfaces cultivé
103 impactent sur la gestion de l'eau dans la zone de M'Bewani ? Et comment
104 contribuer la résilience des communautés locales face aux défis du changement
105 de la dynamique d'occupation des sols et la raréfaction de l'eau ? Ces questions
106 guident cette étude vers la recherche de solutions intégrées permettant la mise
107 œuvres des différentes activités.

108 **2. Objectifs de l'étude**

109 L'objectif général de cette étude est de contribuer à l'évaluation de l'impact des
110 pratiques d'occupation des sols sur la gestion de l'eau dans la zone de M'Bewani
111 Les objectifs spécifiques sont :

- 112 ✓ Identifier les types d'usage des sols de la zone d'étude ;
- 113 ✓ Analyser les tendances temporelles de l'occupation des sols ;
- 114 ✓ Proposer des stratégies intégrées de gestion de l'eau adapter au
115 changement climatique observé.

116 **3. Matériels et Méthodes**

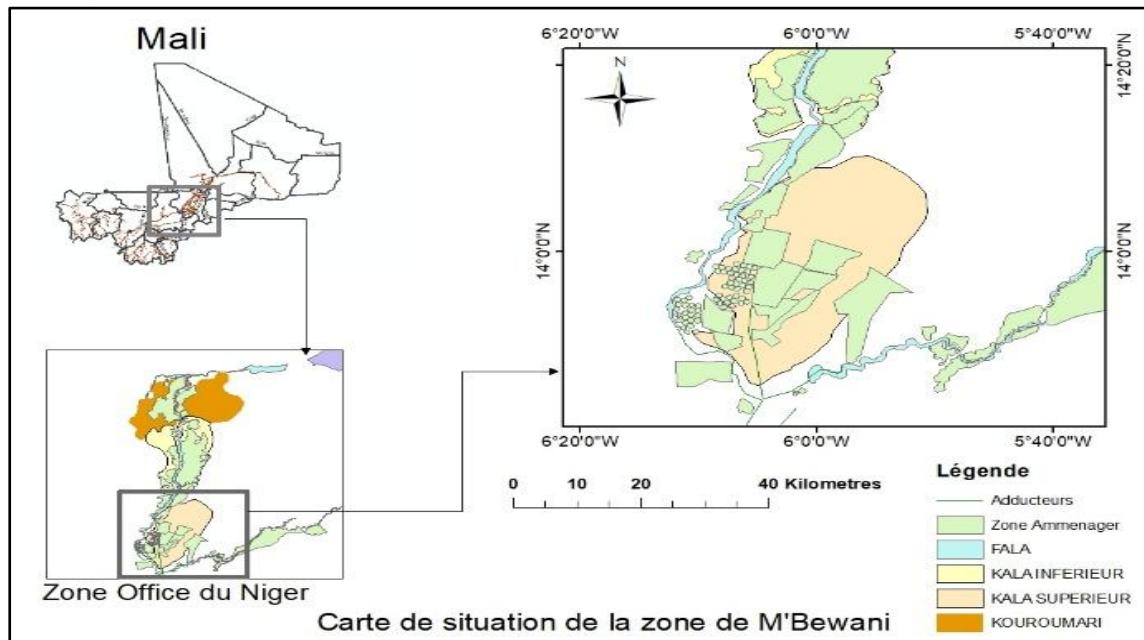
117 **a. Matériels**

118 **i. Zone d'étude**

119 M'Bewani couvre une superficie brute de 22 300 ha et sa principale
120 caractéristique est l'absence de dénivellation importante. Les trois principales
121 activités économiques faites dans la zone de M'Bewani sont l'agriculture,
122 l'élevage et la pêche. Avec une population estimée à 96811 habitants en 2021
123 selon l'Institut National de la Statistique du Mali (INSTAT, 2024). Sur 31 ans
124 (1992-2023), on remarque que la pluviométrie moyenne annuelle varie de 310 à
125 700 mm. Les mois les plus pluvieux sont juillet aout et septembre. Le nombre de
126 jours pluvieux est de 45 jours au maximum. Le relief est bas avec la non
127 présence de montagne, colline et facilitant ainsi l'irrigation de la zone. Les
128 différents types de sols dans la zone de M'Bewani sont : les sols limoneux-
129 argileux ; les sols argilo-limoneux ; les sols sablo-argileux

130 La zone de M'Bewani est située dans la commune rurale de Pogo, cercle de
131 Niono, dans la région de Ségou. C'est la zone nouvellement aménagée d'Office

132 du Niger (ON).



133

134 Figure 1 : carte de présentation de la zone de M'Bewani

135 **ii. Données utilisées:**

136 **Images satellitaires** : Des images LANDSAT (TM/ETM+ pour 1997 et OLI pour 137 2013 et 2023) ont été téléchargées sur le site <https://earthexplorer.usgs.gov>. Ces 138 images, acquises entre février et mai pour minimiser la couverture nuageuse, ont 139 permis une analyse diachronique de l'occupation des sols. Les caractéristiques 140 de ces images sont récapitulées dans le tableau 1.

141 Tableau 1: Scènes et dates d'acquisition des images LANDSAT

Types d'images	Capteurs	Dates d'acquisitions
Image Landsat 4-5	Image Landsat 4-5	06/02/1997
Image Landsat 8	Capteur Oli	25/05/2013
Image Landsat 8	Capteur Oli	05/05/2023

142 • **Données cartographiques** : Les limites des casiers et le réseau 143 d'irrigation ont été obtenus auprès de l'Office du Niger en format shapefile. 144

145 • **Données climatiques** : Les précipitations et températures mensuelles 146 (1992-2023) ont été téléchargées depuis la plateforme WaPOR de la FAO.

147 • **Données d'enquêtes**

148 • **Logiciels/outils utilisés**

- 149 ✓ ENVI 5.3 (ENvironment for Visualizing Images) : Le logiciel ENVI a été
150 utilisé pour les traitements des images satellitaires ;
151 ✓ Google EATH pro : Google Earth Pro pour la visualisation, l'évaluation, la
152 superposition et la création de données géospatiales. (Source :
153 <https://uottawa.libguides.com/>). Dans le cadre de notre étude, ce logiciel a
154 été utilisé pour confirmer les classifications en y identifiant 5 points de
155 vérification pour chaque classe et en les projetant sur les cartes pour
156 validation.
157 ✓ ArcGis 10.8 pour la réalisation des cartes d'occupation des sols
158 ✓ Deux questionnaires, constituées de questions ouvertes et fermées, ont
159 été élaborés, un adressé aux gestionnaires et l'autre aux paysans. Ces
160 questions étaient relatives à l'évaluation de l'efficacité des comités de
161 gestion de l'eau mis en place dans la zone.
162 ✓ Excel pour l'analyse statistique des données
163 ✓ Word pour la rédaction du document

164 **b. Méthodes**

165 Une combinaison de méthodes a été utilisée notamment des analyses spatiales
166 et climatiques en plus des enquêtes sur le terrain pour évaluer l'impact des sols
167 sur la gestion de l'eau dans la zone de M'Bewani.

168 **i. Traitement des images satellitaire :**

169 La méthode de classification supervisée, utilisant l'algorithme du maximum
170 Vraisemblance du logiciel Envi 5.3 couplée au logiciel ArcGIS 10.8, a été
171 appliquée aux images Landsat téléchargées. Ces images LANDSAT (TM/ETM+
172 pour 1997 et OLI pour 2013 et 2023) ont été téléchargées sur le site
173 earthexplorer.usgs.gov. Elles sont, acquises entre février et mai pour minimiser le
174 taux de couverture nuageuse, pour une meilleure analyse diachronique de
175 l'occupation des sols. Les différentes classes identifiées sont validées par les
176 matrices de confusion produites à cet effet. Ces classes sont : Arbres et Arbustes
177 (AA), Eau, Parcelles de canne à sucre (PCS), Parcelles de riz (PR), Zone bâties
178 (ZB), Sol nu (SN). Des coordonnées géographiques de quelques points de
179 chaque classe ont été identifiées et sur Google Earth pro et superposées sur les
180 images classées afin de servir de sites d'entraînement. Le coefficient de Kappa et
181 la matrice de confusion ont permis de valider la classification. Lorsque l'indice de
182 Kappa est supérieur à 75 %, la classification adoptée est valable et les résultats
183 peuvent être judicieusement utilisés pour l'élaboration des cartes d'occupation du
184 sol (Pontius et Millones, 2011). La numérisation est la dernière étape du
185 traitement des images satellitaires. Ainsi, les cartes d'occupation des sols ont été
186 élaborées pour les années 1997, 2013 et 2023.

187

188

189

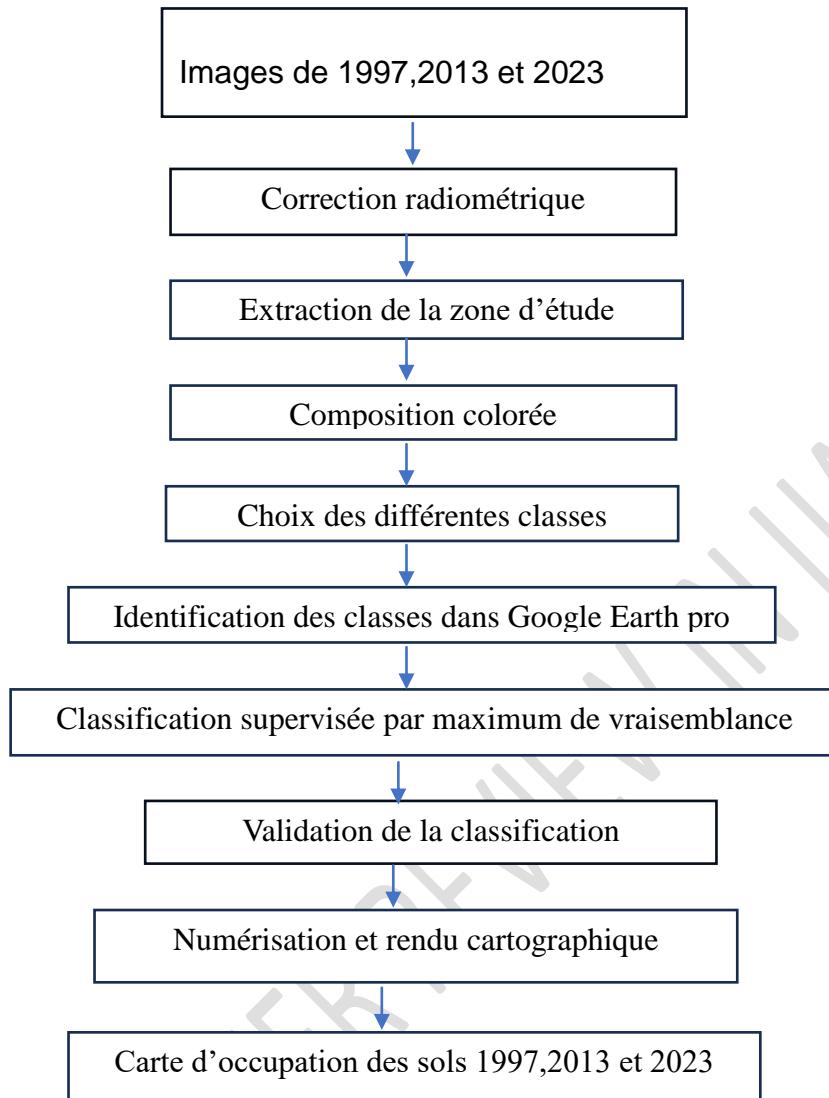


Figure 2: étapes d'élaboration des cartes d'occupation des sols

ii. Analyse climatique des données climatique

Les données climatiques utilisées sont : la précipitation moyenne mensuelle et la température maximales et minimales mensuelle sur la période 1992-2023(32ans). Pour chacune des données, les traitements suivants ont été réalisés :

✓ Calcul de l'indice Standardisé des Précipitations ou Standardized Precipitation Index (SPI) de McKee et al. (1993) répond à la formule suivante :

$$SPI = (Pi - Pm) / Si$$

Où Pi , Pm et Si représentent respectivement le cumul de la pluie pour une année i , la moyenne et l'écart-type des pluies annuelles observées pour la série de données considérée.

221 ✓ Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) : l'ETP a été calculée par
222 la méthode de Thornthwaite(Bonnet, 1970). Selon cette méthode, l'ETP
223 pour un mois donné est basé sur la température mensuelle de l'air de ce
224 mois et sur la température annuelle de l'air. Elle est énoncée comme suit :

225 $ETP=16(10t/l)^a$. Cette formule est appliquée lorsque la température
226 moyenne mensuelle est inférieure à 26.5°

227 Lorsque la température est comprise entre 26.5°C et 38°C,

228 $Etp=(16*(10t/l)^a)*kc$

229 Avec t : température mensuelle

230 I : indice thermique de chaleur annuelle qui est égale à la somme des
231 indices mensuels calculés à partir des températures moyennes mensuelles
232 selon la formule $i=(t/5)^{1.514}$

233 a: $((6.75*10^{-7})*I^3)-((7.71*10^{-5})*I^2)+((1.79*10^{-2})*I)+0.49$

234 kc : coefficient de correction mensuel avec $kc=t/T$ (T : la température moyenne
235 annuelle).

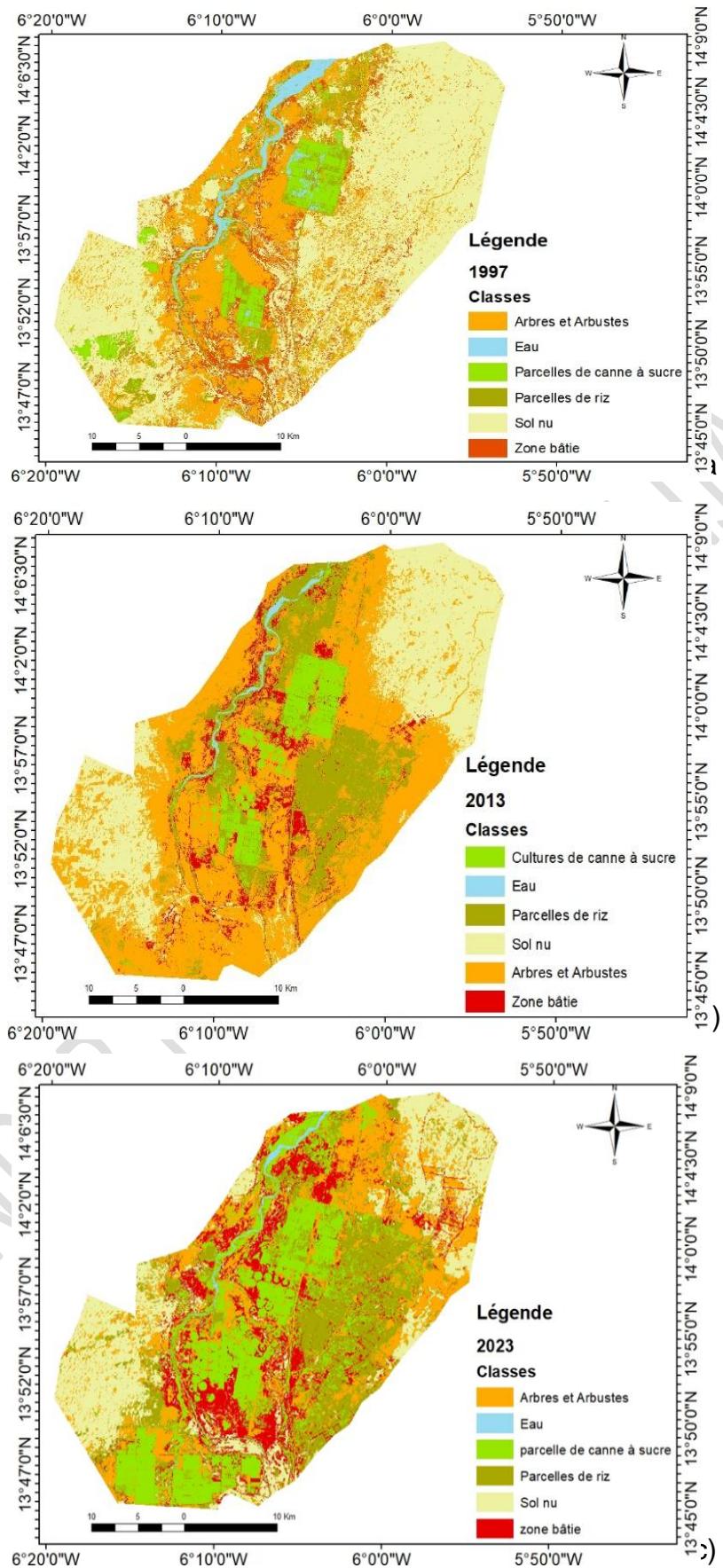
236 **iii. Traitement des données d'enquêtes :**

237 Les enquêtes ont permis d'évaluer l'efficacité des comités de gestion de l'eau et
238 des terres, ainsi que les défis rencontrés dans la gestion des ressources
239 hydriques. Les réponses ont été analysées pour identifier les points forts et les
240 faiblesses des structures de gouvernance.

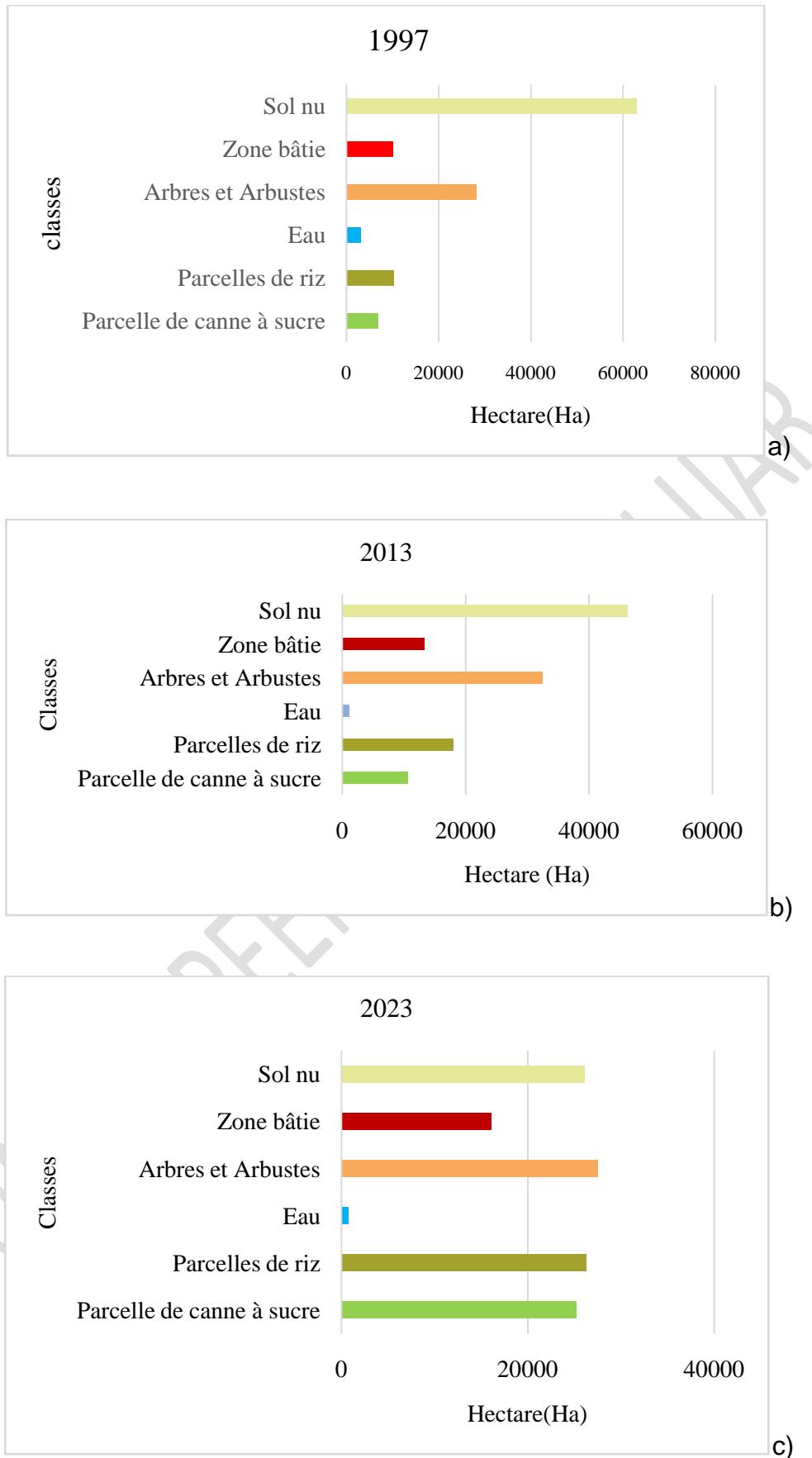
241 **4. Résultats**

242 **4.1. Cartes d'occupation des sols**

243 L'analyse diachronique des cartes d'occupation des sols dans la zone de
244 M'Bewani, élaborées pour les années 1997, 2013 et 2023,révèle des
245 transformations profondes et progressives dans l'utilisation des terres, fortement
246 influencées par le développement agricole, les infrastructures d'irrigation et les
247 effets du changement climatique.Ces cartes ont été validées pour les années
248 1997, 2013 et 2023avec un coefficient kappa estimés respectivement p à 92 %, à
249 97 % et à 96%.



251 Figure 3: cartes d'occupation des sols des années a) 1997, b) 2013 et c) 2023



252 Figure 4: Répartition en hectares des unités d'occupation du sol a) 1997, b) 2013
 253 et c) 2023

254

255 A travers ces résultats, les principales observations sont les suivantes :

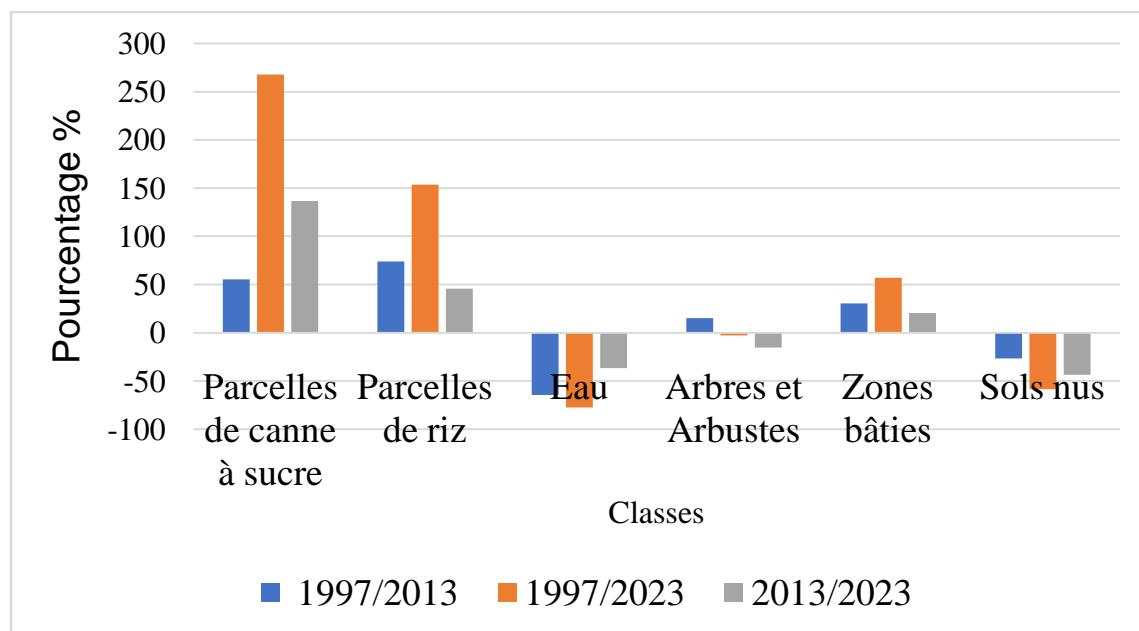
256 Entre 1997 et 2023, la zone d'étude a connu une transformation marquée de
257 l'occupation du sol. Le sol nu est passé d'environ 67 000 ha à 30 000 ha, soit
258 une réduction de plus de la moitié, traduisant une intensification des activités
259 humaines et agricoles. Les parcelles de riz et les parcelles de canne à sucre ont
260 fortement augmenté, passant respectivement d'environ 7 000 ha à 20 000 ha et
261 de 9 000 ha à 25 000 ha, illustrant une extension significative des
262 aménagements hydro-agricoles. Les zones bâties ont également progressé, de
263 près de 4 000 ha en 1997 à environ 10 000 ha en 2023, témoignant de la
264 croissance démographique et urbaine. En revanche, les plans d'eau sont restés
265 relativement stables (autour de 1 000 ha), tandis que les formations arborées et
266 arbustives ont légèrement diminué (de 25 000 ha à environ 23 000 ha),
267 conséquence probable de la pression agricole et du développement des
268 infrastructures.

269 **4.2. Détection de changement**

270 On note une progression des zones bâties (+57.03%) selon le tableau 2 et la
271 figure 6, témoignant de la pression démographique locale et du développement
272 des infrastructures agricoles. Les zones de sol nu (SN) ont également régressé
273 de plus de 50%, ce qui peut être interprété comme un indicateur de forte
274 augmentation des surfaces emblavées pour l'agriculture (267.86% pour les PCS
275 et 153.51% pour PR). En revanche, la surface en eau a chuté de 77,38 %,
276 indiquant une diminution notable des plans d'eau. Les zones bâties (ZB) ont
277 augmenté de 57,03 %, témoignant d'une croissance urbaine marquée, tandis
278 que le sol nu (SN) a fortement diminué de 58,53 %, reflétant la mise en valeur
279 progressive des terres.

280 Tableau 2: Détection de changement en pourcentage

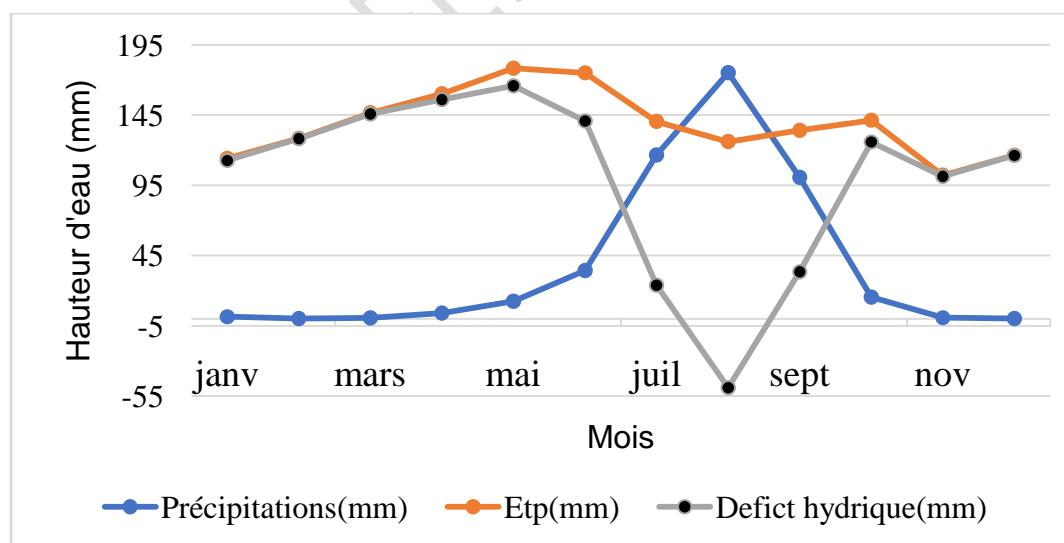
Classes	Année			Période		
	1997	2013	2023	1997-2013	2013-2023	1997-2023
PCS (%)	5.6	8.748	20.71	55.4	136.76	267.86
PR(%)	8.4	14.78	21.52	74.08	45.63	153.51
Eau (%)	2.62	0.93	0.59	-64.42	-36.43	-77.38
AA (%)	23.20	26.68	22.55	15.03	-15.48	-2.78
ZB (%)	8.40	10.96	13.19	30.44	20.39	57.03
SN (%)	51.67	37.90	21.43	-26.64	-43.46	-58.53



283 Figure 5: Représentation en pourcentage du changement 1997-20213-2023

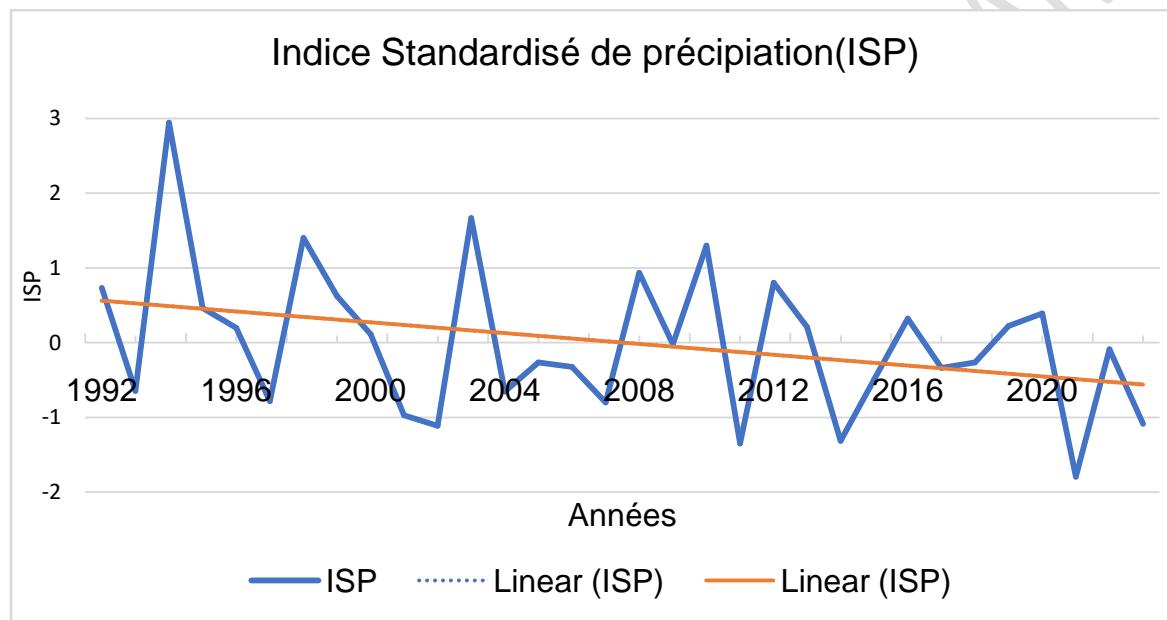
284 **4.3. Pluviométrie**

285 Entre 1997 et 2023, la surface des zones aquatiques a diminué de façon
 286 significative (jusqu'à -77 % selon le change détection en pourcentage). Cette
 287 diminution est particulièrement visible en contre-saison (février-mai), période
 288 caractérisée par un déficit hydrique élevé et une évapotranspiration potentielle
 289 accrue, aggravée par la faible pluviométrie (figure 5).

291 Figure 6: Représentation du déficit hydrique mensuel sur la période de l'étude
 292 1992-2023

293 L'analyse de l'indice standardisé de précipitations (SPI) sur la période 1992–
 294 2023 révèle une variabilité interannuelle importante des précipitations dans la

295 zone de M'Bewani. Certaines années ont été marquées par des épisodes de
 296 sécheresse modérée à sévère, notamment en 2002, 2011 et 2021, où le SPI est
 297 descendu en dessous de -1 (respectivement -1,05 ; -1,21 ; et -1,08), traduisant
 298 un déficit pluviométrique significatif. À l'inverse, des épisodes humides ont été
 299 enregistrés en 1999 et 2007 avec un SPI supérieur à +1 (respectivement +1,12
 300 et +1,35), indiquant des années exceptionnellement pluvieuses(figure7).
 301 Cependant, la tendance générale reste dominée par des valeurs négatives ou
 302 proches de zéro, confirmant une tendance à l'assèchement et une irrégularité
 303 croissante des saisons des pluies. Ces conditions climatiques accentuent les
 304 défis de gestion de l'eau et rendent l'agriculture pluviale de plus en plus risquée,
 305 justifiant le recours accru à l'irrigation.



306
 307 Figure 2:Représentation de la tendance de l'ISP entre 1992-2023

308 En parallèle, les résultats de l'enquête révèlent que plus de 70 % des répondants
 309 jugent les comités de gestion de l'eau "efficaces" ou "très efficaces", notamment
 310 dans le suivi et la planification de l'entretien du réseau hydraulique. Cependant,
 311 plusieurs défis persistants sont soulignés, notamment l'insécurité, le manque de
 312 communication, les retards de paiement de la redevance d'eau, et les difficultés
 313 d'implication des exploitants. Les comités jouent aussi un rôle important dans la
 314 médiation des conflits entre les producteurs et l'Office du Niger, mais leur
 315 efficacité reste freinée par le manque de moyens et les contraintes
 316 institutionnelles. Ces résultats soulignent l'importance de renforcer la
 317 gouvernance locale et d'adopter des stratégies intégrées d'adaptation à la
 318 variabilité climatique.

319 **5. Discussions**

320 Cette étude met en lumière les dynamiques d'occupation des sols et leur impact
 321 sur la gestion de l'eau dans la zone de M'Bewani. Elle rapporte également

322 l'augmentation des surfaces irriguées et bâties, en lien avec l'expansion des
323 périmètres rizicoles et l'urbanisation. La croissance des terres agricoles dans la
324 zone de M'Bewani, qui dépend directement de l'eau fournie par le barrage de
325 Markala, augmente la pression sur les ressources hydriques locales. Ce constat
326 est corroboré par l'étude de (Keita et al., 2002), qui souligne le rôle essentiel
327 du barrage dans la gestion de l'eau pour les zones agricoles de la région de
328 Ségou. Roudier et al. (2011), montrent également que dans plusieurs régions de
329 l'Afrique de l'Ouest, l'expansion agricole accroît la demande en eau et met en
330 évidence le rôle crucial des infrastructures de régulation comme les barrages.
331 Entre 1997 et 2023, les terres agricoles irriguées ont considérablement
332 augmenté (267,86 % pour les parcelles de canne à sucre et 153,51 % pour les
333 parcelles de riz), au détriment des surfaces aquatiques (-77,38 %) et des sols
334 nus (-58,53 %). Ces résultats sont corroborés par des études similaires,
335 notamment celle de Faye et al. (2018) sur le lac de Guiers année? et celle de
336 l'IRD (2010) sur le Delta intérieur du Niger, qui montrent une augmentation des
337 terres irriguées et une diminution des plans d'eau. La baisse des précipitations
338 annuelles, confirmée par l'indice standardisé de précipitation (ISP), accentue la
339 pression sur les ressources hydriques locales. Les données climatiques révèlent
340 une diminution des précipitations moyennes annuelles, passant de 523 mm en
341 1992 à 365 mm en 2023, avec des périodes de sécheresse prolongées. Selon
342 Daou et al. (2019), au Mali, l'analyse de la dynamique de l'occupation
343 dessols dans la zone de Nyamina montre une baisse des surfaces en eau (-0,04%
344 chaque an) et l'un des facteurs identifier à cette baisse est la variabilité et le
345 changement climatique. Cette baisse est aussi observée dans les eaux
346 souterraines conformément à l'étude de Diancoumba et al. (2021), portant sur
347 l'évaluation des impacts de l'Occupation et l'Utilisation des Sols sur les eaux
348 souterraines du bassin de Koda, au Mali. Au Bénin, la variabilité des
349 précipitations entre 1987 et 2016 a perturbé l'écoulement de l'eau. La baisse
350 continue des précipitations réduit la disponibilité en eau, rendant la ressource
351 incertaine selon (Yabi, 2018). Ces tendances sont cohérentes aussi avec les
352 travaux de Hassane et al. (2017) et Haylock et al. (2005), qui rapportent une
353 baisse significative des précipitations au Sahel. (Kupper et al., 2002) et (Lino et
354 al., 2022) mettent en avant le rôle crucial des barrages dans la gestion de l'eau,
355 mais soulignent que la variabilité climatique rend la ressource de plus en plus
356 incertaine, nécessitant des approches de gestion adaptatives. Les enquêtes
357 montrent que les comités de gestion de l'eau jouent un rôle important dans la
358 régulation de l'accès à l'eau, mais leur efficacité est limitée par des défis tels que
359 l'insécurité, le manque de communication et la variabilité des ressources en eau.
360 Ces observations sont en phase avec celles de Ben Daoud et al. (2019) et
361 AMCOW (2018), qui soulignent l'importance des stratégies intégrées de gestion
362 de l'eau dans un contexte de changement climatique.

363

364 **6. Conclusion**

365 Cette étude menée dans la zone de M'Bewani a permis de mettre en lumière les
366 interactions complexes entre l'occupation des sols, la gestion de l'eau et les
367 effets du changement climatique. L'analyse des cartes d'occupation du sol sur
368 une période de 26 ans (1997–2023) révèle une expansion importante des terres
369 agricoles irriguées, notamment les parcelles de riz et de canne à sucre, au
370 détriment des zones occupées par l'eau, qui ont connu une diminution de plus de
371 77 %. Cette évolution s'explique en partie par l'intensification des activités
372 agricoles soutenues par les infrastructures d'irrigation de l'Office du Niger, mais
373 aussi par les conditions climatiques défavorables.

374 Les données climatiques confirment une tendance à la baisse de la pluviométrie
375 et une augmentation des déficits hydriques, avec des valeurs de SPI inférieures
376 à -1 observées à plusieurs reprises, traduisant des épisodes de sécheresse
377 récurrents. Dans ce contexte, les résultats de l'enquête soulignent que les
378 comités de gestion de l'eau sont globalement perçus comme efficaces, bien que
379 confrontés à des difficultés structurelles, telles que le manque de communication,
380 les retards de paiement et l'insuffisance de moyens. Ces constats appellent à la
381 mise en œuvre de stratégies d'adaptation intégrées, combinant amélioration de
382 la gouvernance locale, renforcement de la résilience climatique et gestion
383 durable des ressources en eau. Ainsi, ce travail contribue à documenter les
384 dynamiques locales et à orienter les décisions en matière de gestion territoriale
385 et de planification hydrique dans un contexte sahélien vulnérable.

386 Enfin, nous proposons ces solutions afin de garantir une gestion durable et
387 intégrée de l'eau et de renforcer la résilience des communautés agricoles face
388 aux changements climatiques et à la raréfaction des ressources en eau :

- 389 • Cultures résistantes à la sécheresse : Mil, sorgho, riz à cycle court pour
390 réduire la consommation d'eau.
- 391 • Diversification agricole : Promouvoir des cultures comme le sésame et le
392 fonio pour une meilleure sécurité alimentaire et économique.
- 393 • Gestion collective et participative de l'eau : Renforcer les comités de
394 gestion pour une distribution équitable et former les exploitants à une
395 gestion durable.
- 396 • Pratiques de conservation des sols : Agroforesterie et culture en bandes
397 pour maintenir l'humidité du sol.
- 398 • Réhabilitation des infrastructures : Moderniser les canaux d'irrigation pour
399 réduire les pertes d'eau.
- 400 • Systèmes de suivi et prévision climatiques : Utilisation des
401 TIC(Technologies de l'Information et de la Communication) pour surveiller
402 les niveaux d'eau et anticiper les besoins en irrigation.

403 **Remerciements**

404 Les auteurs remercient les responsables de l'Office du Niger pour leur
405 collaboration, les appuis techniques et les facilités accordées durant la collecte
406 des données sur le terrain qui ont été déterminants pour la conduite de ce travail.
407 L'Office du Niger, étant un des acteurs stratégiques du développement agricole
408 au Mali, a une fois de plus démontré son engagement à soutenir la recherche et
409 à accompagner les initiatives contribuant à une meilleure gestion des ressources
410 naturelles.

411 Les auteurs remercient également le Professeur Mamadou NIENTAO, de
412 l'Université Kurukanfunga de Bamako, pour sa contribution à la collecte des
413 données.

414 **Références bibliographiques :**

415 - AMCOW, 2018, Rapport 2018 sur l'état d'avancement de la mise en œuvre de
416 la gestion intégrée des ressources en eau en Afrique – Rapport régional
417 concernant l'indicateur 6.5.1 desODD relatif à la mise en œuvre de la GIRE.
418 92Pages.

419 -Ben-daoud, M., Mouhaddach, O., Moumen, A., &Khazaz, L. (2019). Gestion
420 intégrée de l'eau par bassin : du concept à l 'action Gestion intégrée de l'eau par
421 bassin : du concept à l'action . April, 3.

422 -Bonnet, M., Delarozière-Bouillin, O., Jusserand, C., & Roux, P. (1970). Calcul
423 Automatique des "Bilans D'Eau" Mensuels Et Annuels Par Les Méthddes De
424 Thornthwaite Et De Turc. 21 pages.

425 -Ciampittiello, M., Marchetto, A., &Boggero, A. (2024). Water Resources
426 Management underClimate Change: A Review. Sustainability (Switzerland),
427 16(9). <https://doi.org/10.3390/su16093590>

428 -CILSS. (2016). Paysages d'Afrique de l'Ouest – Une fenêtre sur un monde en
429 mutation. US. Geological Survey EROS, 47914 252nd St, Garretson, SD 57030,
430 ÉTATS-UNIS.

431 -Daou, I., Coulibaly, A., Sidibé, A., Sangare, H., Keita, I., Bolozogola, Y.,...
432 Mariko, A. (2019). Suivi de la dynamique environnementale de 1985 à 2018 en
433 zone soudano-sahélienne par Télédétection : Cas de la commune rurale de
434 Nyamina.14 Rév. Ivoire. Sci. Techno., 34(janvier 2020), 13 pages.

435 -FAO. 2021. *L'État des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et*
436 *l'agriculture dans le monde - Des systèmes au bord de la rupture. Rapport de*
437 *synthèse 2021.* Rome.<https://doi.org/10.4060/cb7654fr>

- 438 -Hassane, R., Gastineau, B., Guichard, F., Sultan, B., & Vishel, T. (2017). Analyse
439 environnement et changement climatique en milieu rural au Niger.
440 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01772530>
- 441 -Faye, V. M., Mbow, C., & Thiam, A. (2018). Évolution de l'occupation et de
442 l'utilisation du sol entre 1973 et 2010 dans la zone agropastorale du lac de
443 Guiers (Sénégal). *Vertigo*. <https://journals.openedition.org/vertigo/17206>
- 444 -Haylock, M., et al. (2005). Tendances des précipitations au Mali et au Niger
445 (1941-1990). *OpenEdition*. <https://journals.openedition.org>.
- 446 -Institut de Recherche pour le Développement (IRD). (2010). *Gestion intégrée
447 des ressources naturelles en zones inondables tropicales : Impacts
448 environnementaux de la mise en valeur d'une zone inondable par irrigation*. IRD
449 Éditions. <https://books.openedition.org/irdeditions/23589>
- 450 -Institut National De La Statistique(INSAT). (2021).Données historiques de statistique
451 des populations du Mali
- 452 -Keita, N., Bélières, J.-F., & Sidibé, S. (2002). Extension de la zone aménagée de
453 l'Office du Niger. In D. Orange, R. Arfi, M. Kuper, P. Morand, & Y. Poncet
454 (éds.), *Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables
455 tropicales* (1-). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.8663>
- 456 -Lino, M., Bonviller, A. De, & Deroo, L. (2022). *Quels barrages pour l ' Afrique
457 sahélienne ? What dams for Sahelian Africa ?* 04002, 1–17.
- 458 -Kuper, M., Hassane, A., Orange, D., Chohin-Kuper, A., & Sow, M. (2002).
459 Régulation, utilisation et partage des eaux du fleuve Niger. In D. Orange, R. Arfi,
460 M. Kuper, P. Morand, & Y. Poncet (éds.), *Gestion intégrée des ressources
461 naturelles en zones inondables tropicales* (1-). IRD Éditions.
462 <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.8575>
- 463 -McKee, T.B., N.J. Doeskenet J. Kleist, (1993): The relationship of
464 droughtfrequency and duration to time scale. In: Proceedings of the
465 EighthConference on AppliedClimatology.
- 466 -Office du Niger, (2014), Manuelle de gestion du réseau hydraulique de l'Office
467 du Niger
- 468 -Organisation des Nations Unies pour L'alimentation et l'agriculture FAO, R. de
469 synthèse. (2021). 2021. L'Etat des ressources en terres et en eau pour
470 l'alimentation et l'agriculture dans le monde. Des systèmes au bord de la rupture.
471 https://www.pseau.org/outils/ouvrages/engref_des_metaux_dans_les_boues_de_stations_d_epuration_consequences_origines_et_prevention_2010.pdf

- 473 -Oumou Diancoumba, Adama Touré, Ibrahima Daou, Seriba Konaré, and
474 HamadounBokar (2023), Accurateevaluation of Land Use Land Cover (LULC)
475 Dynamics in the Southern part of Mali, West Africa, International Journal of
476 Innovation and Scientific Research ISSN 2351-8014 Vol. 65 No. 1 Feb. 2023, pp.
477 109-117, 2023. Innovative Space of Scientific ResearchJournals
478 <http://www.ijisr.issr-journals.org>.
- 479 - Pontius et Millones. (2011). Death to Kappa: Birth of QuantityDisagreement
480 and Allocation Disagreement for Accuracy.produced on 12/20/10. Accepted by
481 International Journal of RemoteSensing.
- 482 -Roudier, P., Sultan, B., Quirion, P., & Berg, A. (2011). L'impact du changement
483 climatique futur sur les rendements des cultures en Afrique de l'Ouest : Que dit la
484 littérature récente ? *Changement environnemental global*, 21(3), 1073-1083.
485 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.007>
- 486 -Ruddel, D.-T. (2018). intégration des changements climatiques dans la gestion
487 intégrée de l'eau. *Québec 1765-1832*, 4. <https://doi.org/10.2307/j.ctv16p04.5>
- 488 -Smith P, House JI, Bustamante M, Sobocká J, Harper R, Pan G, West PC, Clark
489 JM, Adhya T, Rumpel C, Paustian K, Kuikman P, Cotrufo MF, Elliott JA,
490 McDowell R, Griffiths RI, Asakawa S, Bondeau A, Jain AK, Meersmans J,
491 Pugh TA. Global change pressures on soilsfrom land use and management.
492 *Glob Chang Biol.* 2016 Mar;22(3):1008-28. doi: 10.1111/gcb.13068. Epub
493 2015 Dec 26. PMID: 26301476.Hassane, R., Gastineau, B., Guichard, F.,
494 Sultan, B., & Vishel, T. (2017). *Analyse environnement et changement*
495 *climatique en milieu rural au Niger*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01772530>
- 497 Lino, M., Bonviller, A. De, & Deroo, L. (2022). *Quels barrages pour l ' Afrique*
498 *sahélienne ? What dams for Sahelian Africa ?* 04002, 1–17.
- 499 Organisation des Nations Unies pour L'alimentation et l'agriculture FAO, R. de
500 synthèse. (2021). 2021. *L'Etat des ressources en terres et en eau pour*
501 *l'alimentation et l'agriculture dans le monde. Des systèmes au bord de la*
502 *rupture.*
503 https://www.pseau.org/outils/ouvrages/engref_des_metaux_dans_les_boues_de_stations_d_epuration_consequences_origines_et_prevention_2010.pdf
- 505 Ruddel, D.-T. (2018). intégration des changements climatiques dans la gestion
506 intégrée de l'eau. *Québec 1765-1832*, 4. <https://doi.org/10.2307/j.ctv16p04.5>
- 507 Yabi, J. A. (2018). *vallée de l ' Ouémé , au sud Bénin (Afrique de l ' Ouest) [*
508 *Availability of water resources and climatic var ... Disponibilité de la*
509 *ressource en eau et variabilité climatique dans la basse vallée de l ' Ouémé*
510 *, au sud Bénin (Afrique de l ' Ouest) [A. March 2021, 13.*
- 511
- 512