

Évolution des paramètres physico-chimiques des sols des aménagements d'irrigation du sous bassin-versant de Nariarlé au Burkina Faso de 1997 à 2022

Evolution of physico-chemical soil parameters of irrigation schemes in the Nariarlé sub-watershed in Burkina Faso from 1997 to 2022

SAMPEBGO Abdoul-Azize

Doctorant, Université Norbert Zongo, Département de géographie.
Laboratoire de recherche en science humaine, UFR/SH, BP :376, Koudougou, Burkina Faso.

ZOUNDI Mahamadi

Doctorant, Université Abdou Moumouni, Département de géographie,
École Doctorale des Lettres, Art Sciences de l'Homme et de la Société, FLSH, B.P. 418 Niamey,
Niger .

BONKOUNGOU Joachim

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

Date de soumission : 25/04/2024

Date d'acceptation : 02/06/2024

Pour citer cet article :

SAMPEBGO A. A. & al. (2024) «Évolution des paramètres physico-chimiques des sols des aménagements d'irrigation du sous bassin-versant de Nariarlé au Burkina Faso de 1997 à 2022», Revue Internationale du Chercheur «Volume 5 : Numéro 2» pp : 969 - 982

Résumé

La présente étude de l'impact des changements climatiques sur l'évolution des paramètres physico-chimiques des sols des aménagements d'irrigation du sous bassin versant de Nariarlé, du Nakanbé au Burkina Faso de 1997 à 2022, s'est basée sur l'exploitation documentaire et des résultats d'analyses des échantillons de sols selon les coordonnées des profils de 1997. Les aménagements d'irrigation du sous bassin-versant de Nariarlé sont confrontés aux risques liés aux changements climatiques (Sampebgo, Ibrahim, et al., 2024, p. 13). Leurs niveaux d'exposition et de vulnérabilité restent très élevés (Sampebgo, Zan, et al., 2024, p. 17; Sampebgo, Zoundi, et al., 2024, p. 13). La méthodologie d'analyse repose sur trois parties. L'objectif est d'analyser les effets des variations extrêmes des paramètres climatiques sur l'évolution des paramètres physico-chimiques des sols des aménagements d'irrigation. Les échantillons ont été analysés par le laboratoire du Bureau National des Sols (BUNASOLS). Les résultats indiquent que les changements climatiques influencent la texture à trois (0 3) fractions, le carbone, la matière organique et les bases échangeables des sols des aménagements irrigués. Pour garantir la sécurité alimentaire et renforcer l'économie des Etats, il est crucial de mettre en place des stratégies et des techniques efficaces d'adaptation aux risques climatiques des aménagements d'irrigation en Afrique.

Mots clés : aménagements d'irrigation, changements climatiques, Nariarlé, Burkina Faso

ABSTRACT

This study of the impacts of climate change on the evolution of soil parameters of irrigation schemes in the Nariarlé sub-watershed, Nakanbé in Burkina Faso from 1997 to 2022, was based on documentary and of the results of analyzes of soil samples according to the coordinates of the 1997 profiles. Irrigation schemes in the Nariarlé sub-watershed are faced with risks linked to climate change (Sampebgo, Ibrahim, et al., 2024, p. 13). The level of exposures and vulnerabilities remains very high (Sampebgo, Zan, et al., 2024, p. 17; Sampebgo, Zoundi, et al., 2024, p. 13). The analysis methodology is based on three parts. The objective is to analyze the effects of extreme variations in climatic parameters on the evolution of physico-chemical parameters of soils from irrigation schemes. The samples were analyzed by the laboratory of the National Soil Office (BUNASOLS). The results indicate that climate change influences the three (0 3) fraction texture, carbon, organic matter and exchangeable bases of irrigated soils. To guarantee food security and strengthen the economy of States, it is crucial to put in place effective strategies and techniques for adapting to the climatic risks of irrigation developments in Africa.

Keywords: irrigation developments, climate change, Nariarlé, Burkina Faso

Introduction

Les changements climatiques sont des phénomènes universels qui présentent des défis de développement durable de façon générale dans le monde. Les experts s'accordent sur les liens étroits du changement climatique et les problématiques du développement durable (DAB, 2012, p. 05; FERDI et al., 2018, p. 18; GIEC, 2014, p. 66; Nectar et al., 2012, p. 81). Depuis les années 1980, la température mondiale de chaque décennie a été plus élevée que toutes celles qui se sont précédées depuis la période préindustrielle de référence 1850-1900 (1°C). Le rapport spécial sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC, 2022, p. 07) conclut qu'en 2017, le réchauffement d'origine anthropique avait atteint environ 1 °C par rapport aux niveaux préindustriels, soit une augmentation de 0,2 °C par décennie. Les données actualisées pour l'année 2019 confirment la poursuite du réchauffement de 0,1 à 0,3 °C par décennie. L'année 2016, qui avait débuté avec un épisode El Niño d'une intensité exceptionnelle, demeure l'année la plus chaude jamais enregistrée avec des impacts géographiques très importants. Ainsi, nous pouvons nous demander alors quels sont les effets des variations extrêmes des paramètres climatiques sur les paramètres physico-chimique des aménagements d'irrigation ?

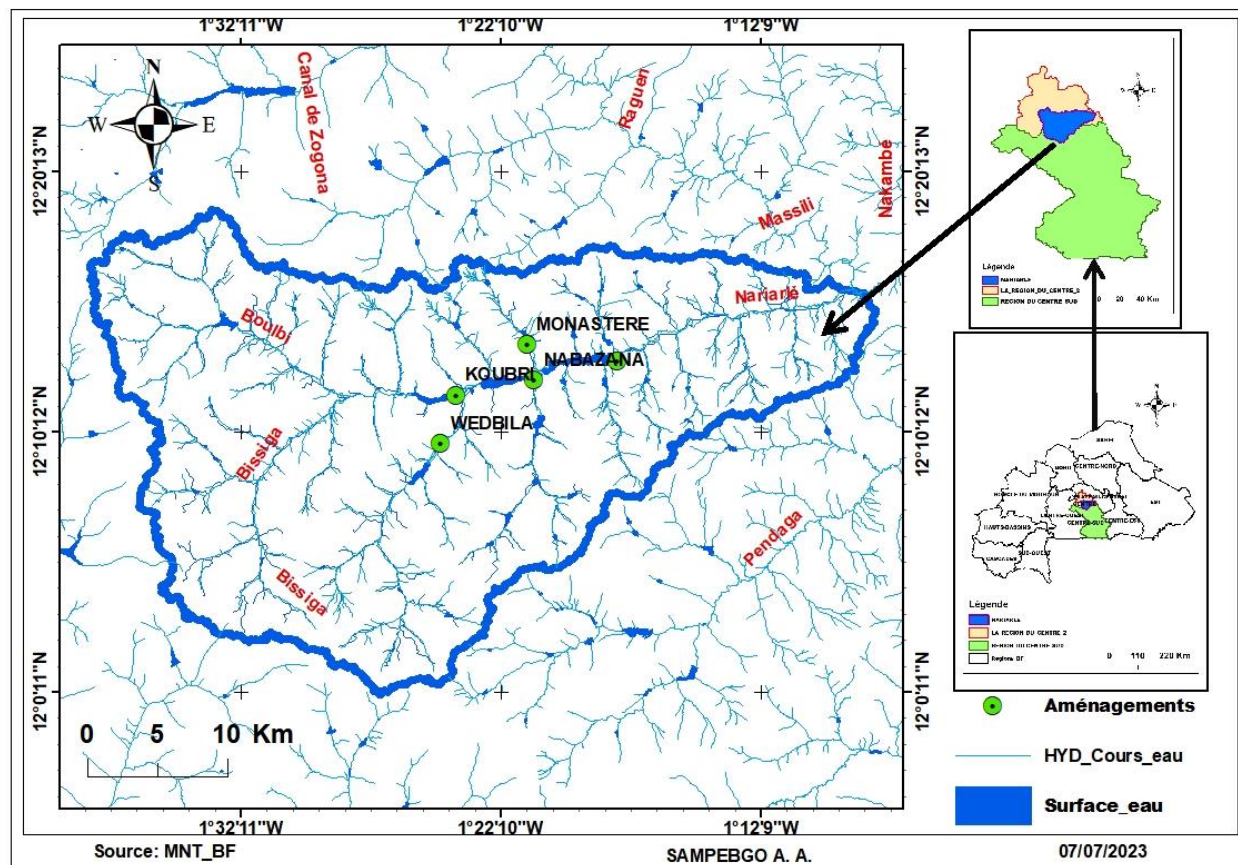
L'objectif de cette étude est d'évaluer la réaction des sols aux aléas climatiques. Elle permet une meilleure appréciation des expositions et des vulnérabilités des aménagements d'irrigation aux aléas climatiques. En d'autres termes, l'étude pédologique permet d'évaluer la sensibilité du système d'aménagement aux changements climatiques.

1. Matériel et méthodes

1.1. Présentation de la zone d'étude

Le sous bassin-versant de Nariarlé, se localise à la latitude 12°12'54.03" Nord et à la longitude 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 est limité à l'Est par le Nakanbé, à l'Ouest par le Nazinon, au Nord par le Massili et au Sud par la Pendjarie. Le sous bassin-versant de Nariarlé couvre sept (07) communes (PCD/ Koubri, 2021, p. 18). Quatre de la région du centre (Koubri, Saaba, Komsilga et de Ouagadougou) et trois de la région du centre-sud, de la province du Bazèga (Saponie, Kombissiri et de Boulgou).

Carte 1: Situation géographique de la zone d'étude



Source : Auteurs

1.2. Méthodologie

La démarche méthodologique adoptée pour évaluer l'évolution des paramètres physico-chimiques des sols des aménagements d'irrigation du sous bassin versant de Nariarlé, du Nakanbé au Burkina Faso de 1997 à 2022 s'organise autour de trois (03) parties :

- la première à consister à la localisation des coordonnées géographiques des profils,
- la deuxième section à concerner aux prélèvements des échantillons des profils localisés,
- la troisième est consacré à l'analyse des échantillons.

Le nombre de points de prélèvement retenu est de huit (08). Les coordonnées de ces points de prélèvement ont été préalablement générées à l'aide du logiciel QGIS et intégrées dans un GPS, pour permettre leur identification sur le terrain (Tableau 1). Ces coordonnées correspondent aux

profils du rapport technique de l'étude morphologique de 1997 de la province à 1/100.000 (BUNASOLS, 1996, p. 10). Le choix de ces coordonnées s'explique par la volonté d'apporter une réponse plus objective sur les conséquences des changements climatiques sur notre sous bassin-versant par une étude comparative de l'évolution des composants physico-chimiques des sols, de 1997 à nos jours.

Tableau 1: Coordonnées des profils

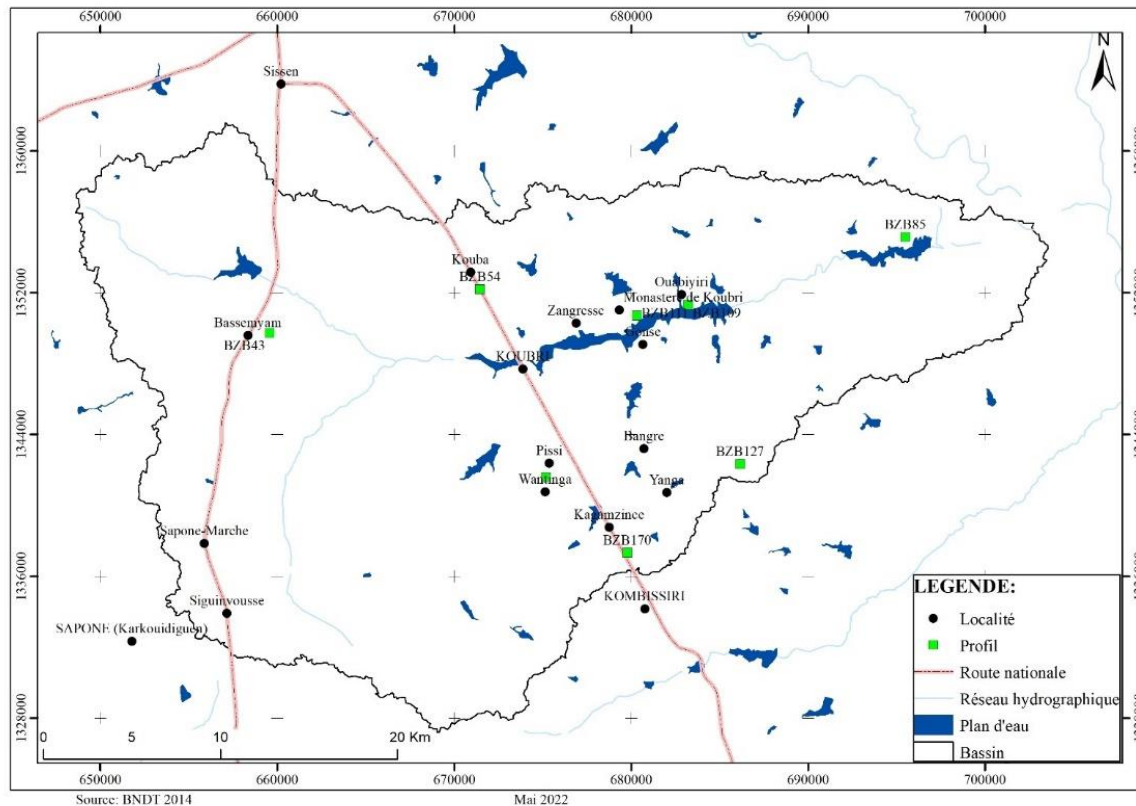
Profils	X	Y
BZB109	683228,83	1351321,58
BZB111	680327,57	1350700,45
BZB127	686182,22	1342333,3
BZB170	679796,83	1337316,28
BZB210	675193,37	1341582,92
BZB43	659572,19	1349715,94
BZB54	671453,11	1352194,95
BZB85	695499,5	1355149,22

Source : BUNASOLS

Prélèvement d'échantillons de sols pour l'analyse au laboratoire

Le nombre de points de prélèvement retenu est de 03 (Carte 2). Le profil BZB 54, vu sa localisation sur la route nationale, nous avons eu recours aux coordonnées géographiques 671 455.886 E et 1352356.792 N_30P, pour le prélèvement de l'échantillon BZB 54. Les échantillons prélevés ont été conditionnés dans des sachets plastiques étiquetés et acheminés au laboratoire pour analyse. Les carottes de terre prélevées ont été mélangées et homogénéisées dans un seau en plastique, pour en tirer un échantillon composite d'environ 500 g. Les échantillons de sol ont été prélevés à l'horizon [0-20] cm et [20-40] cm.

Carte 2: Localisation des profils



Source : Auteurs

Analyses physico-chimiques d'échantillons de sols au laboratoire

L'analytiques des paramètres physico-chimiques des sols prélevés a été faite au laboratoire du Bureau National des Sols (BUNASOLS) selon les méthodes qui sont ci-dessous définies.

- **Carbone organique total et matière organique.** Le carbone organique total a été déterminé par la méthode Walkley et Black (1934). L'oxydation à froid de l'échantillon de sol par une solution de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$), en présence d'acide sulfurique, est suivie d'un dosage colorimétrique de Cr^{3+} . Le taux de la matière organique a été estimé en appliquant à la teneur en carbone organique total déterminée un coefficient multiplicateur de 1,724 : $MO (\%) = C \text{ organique total } (\%) \times 1,724$ En effet, on admet que le taux de carbone dans la matière organique est de 58%.



- **Bases échangeables.** Les cations échangeables ont été déplacés du complexe adsorbant par une solution de nitrate d'argent (AgNO_3) et de thiouré (H_2NCSNH_2). Les cations Ca^{2+} et Mg^{2+} ont été dosés en utilisant le spectromètre en absorption atomique, puis de Na^+ et K^+ en émission de flamme.
- **PH eau.** Les mesures ont été faites par la méthode électrométrique en utilisant un pH-mètre à électrode en verre et à lecture directe. La solution servant à la lecture se prépare dans le rapport terre/eau égal à 1/2,5.

Les données des analyses ont été interprétées et présentées dans le tableau ci-dessous selon les normes internationales de la FAO (1976) adaptées par le BUNASOLS aux conditions agro écologiques du Burkina Faso et contenues dans la documentation technique n°6, "Manuel pour l'évaluation des terres" (BUNASOLS, 1990). L'évaluation de la réaction des sols du bassin-versant aux changements climatiques s'est faite par une étude comparative des données du premier rapport technique d'étude morphologique de la province du BAZEGA, échelle 1 /100.000 (1982, loi n°010/96/ADP du 24 Avril 1996), portant modification des limites de provinces qui consacre son rattachement à la province du Kadiogo et érigée en commune rurale selon le nouveau cadre juridique de la décentralisation dénommé « Code Général des Collectivités Territoriales » (21 décembre 2004). Il a été élaboré dans le cadre du schéma directeur de cartographie pédologique du territoire actuel Burkina Faso.



Ouagadougou le, 18 Août 2022

Résultats d'analyses des échantillons sols

Demandeur : SAMPEBGO Abdoul Azize

N° de Laboratoire	700	701	702	703	704	705
N° d'origine	BZB54	BZB 54	BZB 109	BZB 109	BZB 127	BZB 127
Profondeur	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
TEXTURE 3 Fractions	L S	LAS	L	L	L S	LAS
Argile %	13,73	27,45	17,65	25,49	15,69	21,57
Limons totaux %	19,60	17,65	35,29	31,37	31,37	23,53
Sables totaux %	66,67	54,90	47,06	43,14	52,94	54,90
CARBONE ET MATIERE ORGANIQUE						
Matière Organique totale %	1,800	1,245	0,847	0,707	1,645	0,800
Carbone total %	1,044	0,722	0,491	0,410	0,954	0,464
BASES ECHANGEABLES méq/100g						
Calcium (Ca ²⁺)	4,25	2,76	1,67	2,35	1,63	1,84
Magnésium (Mg ²⁺)	0,33	0,52	0,46	1,18	0,74	0,88
Potassium(K ⁺)	0,15	0,12	0,07	0,29	0,12	0,19
Sodium (Na ⁺)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07
Somme des bases (S)	4,78	3,45	2,25	3,87	2,54	2,98
Capacité d'échange (T) méq/100g	5,94	5,22	4,31	6,00	5,00	5,65
Taux de saturation (S/T) %	80	66	52	65	51	53
REACTION DU SOL						
pH eau (P/V : 1/2,5)	7,62	7,21	4,50	4,46	5,30	5,23

Le Directeur du Laboratoire d'Analyses

Le Directeur du Laboratoire d'Analyses

SORI S. Ibrahima



2. Résultats

L'étude comparative de l'évolution des paramètres physico-chimique des sols révèle les résultats suivant (Tableau 2) :

- la texture trois (03) fractions du bassin-versant de Nariarlé (argile, limons, sable), montre une diminution de l'argile, de limons et une légère hausse du sables.
- la matière organique connaît une baisse de -4,36 % pour le BZB 127, une hausse significative de +16,02 % pour le BZB 54 et moyenne de +6,5% pour le profil BZB 109. Ces paramètres restent relativement élevés au niveau des profils situés dans les périmètres irrigués. Cela s'explique par l'utilisation intensive des engrais minéraux (Urée, NPK) et organiques (fumure organique) sur les parcelles de cultures. Le taux du carbone reste dans l'ensemble élevé. En 25 ans il est passé de 1,25% à 18,17% pour le BZB 54. Soit une hausse de +16,92 %. De 13,55% pour le profil BZB 109 en 1997 le taux de carbone est passé à 19,10% en 2022 (soit +5,55%).
- les bases échangeables connaissent une hausse très significatives dans les aménagements d'irrigation. En 25 ans, la teneur du potassium (K^+) au sol s'est passée de +18,85 au niveau du profil BZB 54, +6,11 pour le BZB 109 et +2,32 pour le BZB 127. La quantité du sodium (Na^+) connaît dans son ensemble une diminution (-2,66 BZB 109 ; -5,91 BZB 127).
- Le PH eau est en hausse, les eaux deviennent de plus en plus basiques. Les produits chimiques agricoles tels que les fertilisants contiennent des composants basiques (l'ammoniac) qui entraînent une augmentation du pH de l'eau. Les interactions entre le changement climatique et la dégradation des terres affectent diverses fonctions de l'écosystème et ont une incidence importante sur la production alimentaire, les moyens de subsistance et le bien-être humain (CNULCD, 2015, p. 03).

Tableau 2: Évolution des paramètres physico-chimique de 1997 à 2022

N° de Laboratoire						
N° d'origine	BZB 54	BZB 54	BZB 109	BZB 109	BZB 127	BZB 127
Profondeur	1997	2022	1997	2022	1997	2022
TEXTURE 3 Fractions						
Argile %	9,80	23,33	22,10	21,81	27,77	21,57
Limons totaux %	15,69	19,47	15,78	19,41	20,97	18,57
Sables totaux %	74,51	19,03	14,29	19,56	19,63	20,18
CARBONE ET MATIÈRE ORGANIQUE						
Matière Organique totale % (MO)	2,15	18,170	12,540	19,090	20,900	16,540
Carbone total %	1,251	18,176	13,550	19,100	20,890	10,480
BASES ÉCHANGEABLES						
méc/100g						
Calcium (Ca ²⁺)	1,85	17,87	16,90	21,69	22,26	20,60
Magnésium (Mg ²⁺)	0,38	22,23	18,87	24,39	24,16	20,86
Potassium (K ⁺)	0,03	18,88	12,85	26,11	19,93	22,25
Sodium (Na ⁺)	0,01	20,00	22,66	20,00	27,57	21,66
Somme des bases (S)	2,26	18,38	17,19	22,65	22,99	20,79
Capacité d'échange (T) méq/100g	2,42	19,35	18,43	21,64	23,52	20,61
Taux de saturation (S/T) %	94	19	16	21	22	20
RÉACTION DU SOL						
pH eau (P/V : 1/2,5)	7	19,72	16,90	19,96	22,34	19,93

BUNASOL, 202

SAMPEBGO A.A.

3. Discussion

Les aménagements d'irrigation sont confrontés aux variations extrêmes des paramètres climatiques. Ces variations climatiques affectent les composants physico-chimique des sols. Les aménagements d'irrigation sont de plus en plus confrontés aux problèmes d'ensablement et d'appauvrissement des sols en argile (Tahirou et al., 2022, p. 09). Selon Gérald et al. (2011, p. 07), l'humus « protège » l'argile et stabilise la structure du sol par la liaison argile-humus et par l'intermédiaire des cations Ca²⁺. Cela, renforce la stabilité des agrégats aux érosions hydriques. L'analyse des paramètres physico-chimiques des aménagements d'irrigation révèle une hausse de la quantité de carbone au sol. Une forte quantité de carbone dans le sol peut avoir plusieurs conséquences sur les aménagements d'irrigation. Tout d'abord, le carbone peut affecter la structure du sol en le rendant plus compact et moins perméable à

l'eau. Cela peut entraîner des problèmes d'écoulement de l'eau, ce qui peut causer des inondations ou des zones de stagnation d'eau. De plus, le carbone peut également influencer la capacité du sol à retenir l'eau et les nutriments. Une forte quantité de carbone peut entraîner une augmentation de l'acidité du sol, ce qui peut affecter la disponibilité des nutriments pour les plantes. Enfin, le carbone favoriser également le développement de certaines maladies du sol, telles que la pourriture des racines. Cependant, il faut noter que le carbone du sol peut être organique, c'est-à-dire un élément constitutif de la matière organique du sol, mais il peut aussi exister sous forme minérale (« carbone inorganique ») (Bernoux et al., 2013, p. 09).

La teneur du potassium (K^+) au sol, la quantité du sodium (Na^+) connaît une faible diminution dans les aménagements. Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation. Il influence sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau (Couture & Montérégie-Est, 2004, p. 02; Ramdani Abir, 2022, p. 20). Les minéraux tels que le sodium et le potassium peuvent jouer un rôle important dans les aménagements d'irrigation en Afrique. Leurs présence dans les eaux d'irrigation en Afrique peut être due à la salinisation des sols, à l'utilisation excessive d'engrais, de la décomposition de matières organiques riches en sodium ou en potassium ou à des processus naturels tels que l'érosion des sols. La diminution de la quantité de potassium dans les aménagements d'irrigation peut avoir plusieurs conséquences sur les plantes. Le potassium est un élément essentiel pour de nombreuses fonctions physiologiques des plantes, notamment la régulation de l'ouverture et de la fermeture des stomates, la croissance des racines et la résistance aux maladies. Une carence en potassium peut entraîner des symptômes tels que des feuilles jaunâtres, des bords bruns et des taches sur les feuilles, une croissance ralentie et une sensibilité accrue aux maladies et aux stress environnementaux. Par exemple, dans le cas des cultures de pommes de terre, une carence en potassium peut entraîner une diminution du rendement et de la qualité des tubercules, ainsi que des problèmes de conservation après la récolte. En ce qui concerne la diminution de la quantité de sodium dans les aménagements d'irrigation, cela peut également avoir des conséquences sur les plantes. Le sodium peut être toxique pour de nombreuses plantes s'il est présent en trop grande quantité dans le sol. Une augmentation du sodium dans le sol peut entraîner une diminution de l'absorption des nutriments essentiels par les plantes, une perturbation de l'équilibre hydrique des plantes et des dommages au niveau des racines. Il est donc important de surveiller et de maintenir un équilibre adéquat de potassium et de sodium dans les aménagements d'irrigation pour assurer une croissance saine et optimale des plantes.

La hausse de la quantité de magnésium (Mg^{2+}) et de calcium (Ca^{2+}) dans les aménagements d'irrigation peut également avoir des conséquences sur les plantes. Tout d'abord, une augmentation du magnésium peut entraîner une compétition avec d'autres cations, comme le potassium et le calcium, pour l'absorption par les plantes. Cela peut entraîner des carences en potassium et en calcium, ce qui peut affecter la croissance et le développement des plantes. De plus, un excès de magnésium peut également provoquer une alcalinité du sol, ce qui peut affecter l'absorption des nutriments par les plantes et entraîner des problèmes de toxicité pour certaines cultures sensibles.

En ce qui concerne le calcium, une augmentation de sa quantité dans le sol peut avoir des effets positifs sur les plantes, car le calcium est essentiel pour la formation des parois cellulaires, la croissance des racines et la résistance aux maladies. Cependant, un excès de calcium peut également entraîner des problèmes, tels que des troubles de l'absorption d'autres nutriments, des déséquilibres nutritionnels et des problèmes de salinité du sol.

Conclusion

L'analyse des paramètres physico-chimiques des sols des aménagements d'irrigation de Nariarlé révèlent que les changements climatiques influencent les activités d'irrigation des aménagements. Ils occasionnent l'érosion hydrique des sols et l'utilisation excessive des engrais dans les périmètres irrigués. La modification et l'intensification des pratiques et techniques culturales entraînent la hausse de la quantité de magnésium (Mg^{2+}) et de calcium (Ca^{2+}). La teneur du potassium (K^{+}) au sol et la quantité du sodium (Na^{+}) connaissent une faible diminution. Le carbone est de plus en plus stocké par les aménagements d'irrigation. La quantité des matières organiques restent relativement élevées au niveau des profils situés dans les périmètres irrigués. Ainsi, en 25 ans les aménagements d'irrigations ont subi d'une manière significative aux effets liés aux changements climatiques. De ce fait, des pratiques et techniques efficaces d'adaptation doivent être adoptées pour un développement durable de l'agriculture irriguée en Afrique.

BIBLIOGRAPHIE

- Bernoux, M., Chevallier, T., Cornet, A., & collab. (2013). *Le carbone dans les sols des zones sèches : Des fonctions multiples indispensables*. 10, 44.
- BUNASOLS. (1996). *Rapport technique n° 106, 1997*, Bazeba (p. 96).
- CNULCD. (2015). *Changement climatique et dégradation des terres : Relier les connaissances aux enjeux*. 19.
- Couture, P. I., & Montérégie-Est, M. (2004). *Analyse d'eau pour fin d'irrigation*. 08.
- DAB. (2012). *Les Solutions pour le changements climatique- la réponse de la Banque africaine de développement aux impacts en Afrique.p df* (p. 48).
- 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
- FERDI, Goujon, M., & Magnan, A. K. (2018). *Appréhender la vulnérabilité au changement climatique, du local au global. Regards croisés*. 22.
- Gérald, H., Christiane, S., & Environnement-Innovation, S. (2011). *La fertilité des sols : L'importance de la matière organique*. 46.
- GIEC. (2014). *Changements climatiques 2014 Incidences, adaptation et vulnérabilité* (p. 222).
- GIEC. (2022). *Consensus Scientifique sur Rapport technique du GIEC 2022 sur le changement climatique*. 17.
- Nectar, Beucher, O., & Bazin, I. (2012). *L'agriculture en Afrique face aux défis du changement climatique*. 98.
- PCD/ Koubri. (2021). *Plan communal de développement (PCD) de la commune de Koubri 2022-2026* (p. 132).
- Ramdani Abir, A. S. (2022). *Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux utilisée en irrigation et leur impact sur le sol Cas de la ferme BOURIACHI (bouchegouf Nord Est Algerien)* (p. 122) [Master. Sciences de la Nature et de la Vie. Biodiversité et Environnement. Filière : Ecologie et environnement]. Université 8 Mai 1945 Guelma .Ecologie et Génie de l'Environnement. https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/bitstream/123456789/13514/1/AFIFI_SOUFIAN_F4.pdf
- Sampebgo, A.-A., Ibrahim, O., & Joachim, B. (2024). *Climate Risks of Irrigation Developments in the Nariarle Sub- watershed in Koubri, Nankanbé Basin, Burkina*



- Faso. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 24(5), 50-64.
<https://doi.org/10.9734/ajaar/2024/v24i5506>
- Sampebgo, A.-A., Zan, A., & Bonkounou, J. (2024). Expositions climatiques des aménagements d'irrigation du sous bassin versant de Nariarlé à Koubri, bassin du Nakanbé au Burkina Faso. *Revue Francophone*, 2(2), Article 2.
- Sampebgo, A.-A., Zoundi, M., & Bonkounou, J. (2024). Vulnérabilités climatiques des aménagements d'irrigation du sous bassin versant de Nariarlé, Nakanbe à Koubri au Burkina Faso. *Revue Internationale de la Recherche Scientifique (Revue-IRS)*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10951511>
- Tahirou, S., Zerbo, P., Ouattara, S., & Ado, M. N. (2022). Caractérisation des paramètres physico-chimiques du sol de la zone rizicole de Saga (Niamey) dans la vallée du fleuve Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(2), 842-854. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v16i2.26>