

INTERNATIONAL JOURNAL

Water Sciences and Environment Technologies

ISSN Online: 1737-9350 ISSN Print: 1737-6688
Open Access Journal

Volume (ix) - Issue 4 - December 2024

Water - **A**griculture - **C**limate'2024



**Water, Agriculture, Climate Change
and Food Security**

Eau-Agriculture, Sécurité Alimentaire et Changement climatique

Editor-in-Chief: Pr Nouredine Gaaloul

Published by:

**Scientific and Technical Association for Water and
the Environment in Tunisia (*ASTEETunisie*)**

International Scientific Committee (ISC-WAC'2024)

Nouredine Gaaloul	Prof. University of Carthage – IRESA - INRGREF (Tunisia)
Hamadi Habaieb	Prof. University of Carthage – IRESA -IN-AT (Tunisia)
Zouhaier Nasr	Prof. University of Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisia)
Mohamed Hachicha	Prof. University of Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisia)
Zouhaier Hlaoui	Prof. University of Tunis - Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis (Tunisia)
Adel Kharroubi	Prof. University of Gabès – ISSTEG (Tunisia)
Rachid Boukchicha	M.Conf. University of Gabès – ISSTEG (Tunisia)
Nouredine Hamdi	Prof. Université of Gabès – ISSTEG (Tunisia)
Taoufik Hermassi	M.Conf. University of Carthage – IRESA -INRGREF (Tunisia)
Mohamed Habib Sellami	M.Conf. University of Jendouba – IRESA- ESIM (Tunisia)
Heclmi Belaid	M. Assistant. University of Jendouba -IRESA- ESIM (Tunisia)
Rim Katlane	M.Conf. University of Manouba - Faculté des Lettres, des Arts et des Humanités (Tunisia)
Ibrahim Amadou Traoré	Expert Hydrogeologist
Mohamed Meddi	Prof. ENSH, (Algeria)
Aggédine Hani	Prof. Univ. Annaba (Algeria)
Larbi Djabri	Prof. Univ. Annaba (Algeria)
Salah Eddine Ali Rahmani	Prof. University Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (Algeria)
Saadane Djorji	Prof. University of Annaba (Algeria)
Mohammed Achite	Prof. University of Chlef (Algeria)
Abdelhalim Yabiaooui	Prof. University of Bechar (Algeria)
Mohamed Bessenane	Prof. University of Saad Dahlab- Blida (Algeria)
Benabadji Noury	Prof. University of Tlemcen (Algeria)
Abdessamad Mergouk	Prof. University of Tlemcen (Algeria)
Beloulou Laroussi	Prof. University Badji Mokhtar, Annaba (Algeria)
Abdelhalim Yabiaooui	M.Conf. Univ. Bechar (Algeria)
Gmergazj Saadia	M.Conf. University of Biskera (Algeria)
Gwendouz Abdelhamid	M.Conf. University of Blida1 (Algeria)
Khonaldia Wacila	M.Conf. University of Souk-Abras (Algeria)
Belkacem Bekkenoussa	M.Conf. University Mustapha Stambouli de Mascara (Algeria)
Ali Essahlaoui	Prof. University Moulay Ismail Meknes (Morocco)
El Ouadi Abdelhadi	Prof. University Moulay Ismail Meknes (Morocco)
Abdellab El Hmaidi	Prof. University Moulay Ismail Meknes (Morocco)
Imad Manssour	Prof. University Moulay Ismail Meknes (Morocco)
Abdelmajid Moumen	Prof. University Nadour (Morocco)
Mbamed Anyay	Prof. University of Fès (Morocco)
Abdelaziz Abdallaoui	Prof. University Moulay Ismail (Morocco)
Nadia Lablou	M.Conf. University Mohamed V Rabat (Morocco)
Amadou Thierno Gaye	Prof. University of Cheikh Anta Diop, Dakar, (Senegal)
Sousou Sambou	Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Senegal)
Diop Ngom Fatou	Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Senegal)
Abdoulaye Faty	Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST ((Senegal)
Soro Nagnin	Prof. UFR STRM (Ivory Coast)
Gnamba Franck Maxime	Prof. UFR STRM (Ivory Coast)
Soro Nagnin	Prof. UFR STRM (Ivory Coast))
Cash Ngongo Lwesi	Prof. Univ. Dem. Rep. (Congo)
Koussoubon A. Leonard	Prof. FLAC/ UAC (Congo)
Koumassi Dègla Hervé	Prof. LACEEDE/ UAC (Benin)
Hamma Yaouba	Prof. 2iE (Burkina Faso)
Harouna Karambiri	Prof. 2iE (Burkina Faso)
Lienou Gaston	Prof. Univ. Yaoundé (Cameroun)
Gnandi Kissao	Prof. Univ. Lomé (Togo)
Hamadou Bokar	Prof. Univ. ENI-abt (Mali)
Salina Sanou	Pan African Climate Justice Alliance (Kenya)
Saeid Eslamian	Prof. University of. Isfahan (Iran)
Amadou Gaye	Prof. CR4D (Ethiopia)
Richard Anyab	Prof. CR4D (Ethiopia)
Benjamin Lamptey	Prof. CR4D (Ethiopia)
Aqeel Al-Adili	Prof. Univ. Technology (Iraq)
Moumtaz Razuck	Prof. University of Poitiers (France)
Lucila Candella	Prof. Univ. Catalonia (Spain)
Fotis K. Pliakas	Prof. Univ. Thrace (Greece)
Andreas Kallioras	Prof. Univ. Athens (Greece)
Christoph Schüth	Prof. Tech.Univ. Darmstrad (Germany)
Jean-François Deléage	Prof. University of Liège (Belgium)

Preface



L'eau est source de vie : elle est partie intégrante de la sécurité alimentaire et de la nutrition et constitue l'élément vital des écosystèmes dont tous les êtres humains sont tributaires. L'eau potable et l'assainissement sont cruciaux pour la nutrition, la santé et la dignité de chacun. Sécuriser l'accès à l'eau peut être particulièrement difficile pour les populations vulnérables et les femmes. L'eau, en quantité et de qualité, est essentielle à la

production agricole, ainsi qu'à la préparation et à la transformation des aliments. L'agriculture irriguée représente 70 pour cent de l'ensemble des prélèvements d'eau dans le monde (eau de surface et eau souterraine).

L'eau Est Fondamentale Pour La Sécurité Alimentaire et la Nutrition (SAN)

1. L'eau est source de vie. Elle est fondamentale pour la sécurité alimentaire et la nutrition. Elle est l'élément vital des écosystèmes, et notamment des forêts, des lacs et des terres humides, qui conditionne la sécurité alimentaire et la nutrition des générations actuelles et à venir. De qualité et en quantité appropriées elle est indispensable pour la boisson et l'assainissement, la production d'aliments (pêches, cultures et élevage), la transformation et la préparation des aliments. Elle a également son importance pour les secteurs de l'énergie, de l'industrie et d'autres secteurs économiques. Les cours et les plans d'eau sont souvent utilisés comme voies de transport (notamment d'intrants, d'aliments destinés à la consommation humaine et animale). En fin de compte, l'eau favorise la croissance économique et la création de revenus et par conséquent, l'accès économique aux aliments.
2. L'eau potable et l'assainissement sont cruciaux pour la nutrition, la santé et la dignité de chacun. L'absence d'accès à l'eau potable, aux installations sanitaires et aux pratiques d'hygiène compromet l'état nutritionnel en raison des maladies transmises par l'eau et des infections intestinales chroniques. Malgré des progrès significatifs en ce qui concerne l'accès à l'eau potable et à l'assainissement, il y avait encore dans le monde en 2012, selon l'OMS et l'UNICEF, 4 pour cent de la population urbaine et 18 pour cent de la population rurale (mais 47 pour cent de la population rurale en Afrique subsaharienne) qui étaient privés d'accès à une source améliorée d'eau de boisson² et 25 pour cent de la population qui ne bénéficiaient pas d'installations sanitaires améliorées ou collectives.
3. Selon la FAO, en 2009, 311 millions d'hectares étaient équipés pour l'irrigation, 84 pour cent de ceux-ci étant effectivement irrigués, soit 16 pour cent des terres cultivées et 44 pour cent de la production végétale totale. Une irrigation fiable permet également l'accroissement et la stabilisation des revenus et confère une résilience aux moyens d'existence d'un grand nombre de petits exploitants. L'agriculture irriguée est de loin le premier consommateur d'eau dans le monde, puisqu'elle a absorbé au total en 2013† 252 milliards de mètres cubes prélevés dans les eaux de surface et eaux souterraines en 2013, soit 6,5 pour cent des flux des ressources mondiales renouvelables en eau douce et 70 pour cent des prélèvements anthropiques dans le monde, avec des différences sensibles entre les pays: 90 pour cent dans les pays à faible revenu, 43 pour cent dans les pays à revenu élevé.

La gestion des penuries d'eau dans le secteur de l'agriculture et Dans les systèmes alimentaires

1. L'amélioration de la gestion de l'eau dans le secteur de l'agriculture et dans les systèmes alimentaires vise à améliorer leur contribution à la SAN (disponibilité, accès, stabilité, nutrition), malgré les contraintes hydriques. On peut y parvenir en renforçant l'efficacité de l'eau à tous les niveaux (modalités d'utilisation de l'eau, de l'écosystème au végétal) et en accroissant la productivité de l'eau agricole (le rapport entre l'apport d'eau et la productivité) dans les systèmes pluviaux et irrigués.
2. L'amélioration de la gestion de l'eau pour favoriser la SAN passe par des mesures allant d'une planification appropriée et de l'optimisation des ressources, des apports et des moyens de production, à la fois dans les systèmes pluviaux et dans les systèmes irrigués, ainsi que d'un bout à l'autre des filières alimentaires, à une gestion durable des écosystèmes et des paysages de nature à améliorer, réguler et stabiliser l'approvisionnement en eau. La gestion de l'eau sera déterminante pour l'adaptation au changement climatique des systèmes agricoles, qu'ils soient pluviaux ou irrigués.
3. Pour la sécurité alimentaire de demain, il faut que la gestion des terres et des eaux préserve les fonctions de l'écosystème et assure la pérennité de la ressource. La gestion durable des écosystèmes et une approche écosystémique de la gestion de l'eau, du niveau local jusqu'à un niveau continental, sont fondamentales pour assurer la quantité et la qualité de l'eau nécessaires pour la sécurité alimentaire et la nutrition de demain

Noureddine Gaaloul

Professor of higher education and full Researcher in the National Institute of Research in Rural Engineering of Water and Forestry (University of Carthage- IRESA- INRGREF-Tunis).

Founder and Chief Editor International Journal Water Science and Environment Technologies

President of Scientific and Technical Association for Water and the Environment in Tunisia (ASTEE ^{Tunisienne})

www.iistee.org

Preface



W

ater is life: it is integral to human food security and nutrition, and it is the

lifefood of ecosystems upon which all humans depend. Safe drinking water and sanitation are fundamental to the nutrition, health and dignity of all. Securing access to water can be particularly challenging for vulnerable populations and women. Water of sufficient quantity and quality is essential for agricultural production and for the

preparation and processing of food. Irrigated agriculture accounts for 70 percent of all surface and ground water withdrawals globally. **Water is central to Food Security and Nutrition (FSN)**

1. *Water is life. Water is essential to food security and nutrition. It is the lifefood of ecosystems, including forests, lakes and wetlands, on which depend the food security and nutrition of present and future generations. Water of appropriate quality and quantity is essential for drinking and sanitation, for food production (fisheries, crops and livestock), food processing, transformation and preparation. Water is also important for the energy, industry and other economic sectors. Water streams and bodies are often key ways for transport (including inputs, food and feed). All in all, water supports economic growth, and income generation, and thus economic access to food.*
2. *Safe drinking water and sanitation are fundamental to the nutrition, health and dignity of all. Lack of access to safe drinking water, sanitation facilities and hygiene practices undermines the nutritional status of people through water-borne diseases and chronic intestinal infections. Despite significant advances in access to drinking water and sanitation, in 2012, according to WHO and UNICEF, globally 4 percent of the urban population and 18 percent of the rural population (but 47 percent of the rural population in Sub-Saharan Africa) still lacked access to an improved drinking water source² and 25 percent of the population lacked access to improved or shared sanitation.*
3. *According to FAO, in 2009, 311 million hectares were equipped with irrigation, 84 percent of those actually being irrigated, corresponding to 16 percent of all cultivated land and contributing to 44 percent of total crop production. Reliable irrigation is also essential to increasing and stabilizing incomes and provides livelihood resilience for a vast number of smallholder farmers. Irrigated agriculture is by far the largest water user globally, totalling 252 billion cubic meters of surface and groundwater withdrawals⁴ in 2013[†], equivalent to 6.5 percent of the global renewable freshwater resources flows, and 70 percent of anthropic withdrawals globally, with significant differences between countries: 90 percent in low income countries, 43 percent in high income countries.*

Managing water scarcities in agriculture and food systems

1. *Improving water management in agriculture and food systems aims at improving the productivity of agriculture and food systems for FSN (availability, access, stability, nutrition), given water constraints. This can be achieved by improving water efficiency at all levels (how water is used, from ecosystems to plants) and by improving the agricultural water productivity (the ratio of output to the water input), in rainfed and irrigated systems.*
2. *Improving water management for FSN mobilises actions ranging from appropriate planning and optimization of resources, inputs and means of production, in both rainfed and irrigated systems, as well as along food chains, to sustainable management of ecosystems and landscapes which enhance, regulate and stabilize water provision. Water management will be key to the adaptation to climate change of agricultural systems both rainfed and irrigated.*
3. *For future food security, land and water management needs to preserve ecosystem functions and ensure the future of the resource. Sustainable management of ecosystems, and an ecosystem's approach to water management from local to continental levels is key to ensuring quantity and quality of water for food security and nutrition in the future.*

Noureddine Gaaloul

Professor of higher education and full Researcher in the National Institute of Research in Rural Engineering of Water and Forestry (University of Carthage- IRESA- INRGREF-Tunis).

Founder and Chief Editor International Journal Water Science and Environment Technologies

President of Scientific and Technical Association for Water and the Environment in Tunisia (ASTEE *Tunisienne*)

www.iistee.org



International Journal Water Sciences and Environment Technologies (IJWSET)

Journal International Sciences et Techniques de

l'Eau et de l'Environnement (JISTEE)

ISSN Online: 1737-9350 ISSN Print: 1737-6688

Open Access

09 Volumes, 30 Issues, (426 Papers) and 1 Book



Book (01): *Why green water saving is not fully rewarded by farmers in mount kenya region*
A research frontier of pure: applied sciences and engineering, 120 pages, August 2022

Volume (ix): 4 Issues (25 Papers) Water -Agriculture-Climate'2024

Issue 1 – July 2024 (6 Papers) *Water Agriculture and Climate Change*

Issue 2 – Octobre 2024 (10 Papers) *Water, Agriculture, Climate Change and Food Security Qualitative and quantitative characterization of water resourcessue*

Issue 3 – Novembre 2024 (4 Papers): *Water, Agriculture, Climate Change and Food Security Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing*

Issue 4 –Decembre 2024 (5 Papers) *Water, Agriculture, Climate Change and Food Security: Water-Agriculture and Food Security and Climate Change*

Volume (viii): 4 Issues (27 Papers) Water -Drought-Climate'2023

Issue 1 – March 2023 (6 Papers) *Water Scarcity, Rising Temperatures. Facing Climate Change, from the Fight to Adaptation?*

Issue 2 – December 2023 (11 Papers) *Water -Drought-Climate'2023 Integrated Water Resources Management*

Issue 3 – December 2023 (6 Papers) *Water -Drought-Climate'2023 Reuse of treated wastewater in agriculture*

Issue 4 – December 2023 (7 Papers) *Water -Drought-Climate'2023 Climate Change and Adaptation*

Volume (vii): 4 Issues (32 Papers) Water -Health-Climate'2022

Issue 1 – March 2022 (7 Papers) *Climate change: What effects on our health?*

Issue 2 – June 2022 (10 Papers) *Impacts of Climate Change on Water, Ecosystems and Human Health*

Issue 3 – September 2022 (7 Papers) *Water, Climate, Health, Disparities: Solutions*

Issue 4 – December 2022 (8 Papers) *Climate Changes Health: Water Quality and Accessibility*

Volume (vi): 4 Issues (31 Papers) Water -Agriculture-Climate'2021

Issue 1 – April 2021 (11 Papers) *Faced with climate and food issues: Reinventing Water-Agriculture-Climate relations*

Issue 2 – June 2021 (6 Papers) *Climate Change, Water, Agriculture - What trajectories?*

Issue 3 – September 2021 (6 Papers) *Climate Change, Water and Agriculture Towards Resilient Systems*

Issue 4 – December 2021 (8 Papers) *Climate Change, Water and Agriculture: What Strategies?*

Volume (v): 2 Issues (27 Papers) Water -Climate'2020

Issue 1 – September 2020 (14 Papers) *Water Resources and Climate Change.*

Issue 2 – Décembre 2020 (13 Papers) *Integrated Water Resources Management and Climate Change*

Volume (iv): 2 Issues (68 Papers) Water -Energy-Climate'2019

Issue 1 – December 2019 (56 Papers) *Integrated Water Resources Management*

Issue 2 – December 2019 (12 Papers) *Renewable Energies and climate change*

Volume (iii): 3 Issues (103 Papers) Water -Environnement-Climate'2018

Issue 1 – April 2018 (62 Papers) *Water Resources Management*

Issue 2 – August 2018 (34 Papers) *Environmental Earth Sciences*

Volume (ii): 5 Issues (53 Papers) Water -Society-Climate'2017

Issue 1 – February 2017 (17 Papers) *Qualitative and quantitative characterization of water resources.*

Issue 2 – April 2017 (8 Papers) *Assessment of water resources under pressure from humanity and climate change*

Issue 3 – June 2017 (9 Papers) *Vulnerability of Water Resources to Climate Change.*

Issue 4 – August 2017 (8 Papers) *Modeling the impact of anthropogenic and climatic changes on water resources*

Issue 5 – October 2017 (11 Papers) *Numerical Modeling in Hydraulics, Hydrology and Hydrogeology*

Volume (i): 3 Issues (36 Papers) Water -Climate'2014

Issue 1 – April 2014 (17 Papers) *Surface Water Resources in the Mediterranean Region.*

Issue 2 – August 2014 (8 Papers): *Ground Water Resources in the Mediterranean Region*

Issue 3 – December 2014 (11 Papers) *Climate Change in the Mediterranean Region*

Copyright © 2022 – Jistee Tous droits réservés



Table of Contents

- Ali Nouhou** (Université Abdou Moumouni de Niamey -Niger) *Lemou Faya, Boukpassi Tchaa, Lare Lalle Yendonkoa*, Analyse des conditions climatiques dans le parcours de la mousson du Togo à Pouest du Niger 6
- Makhoukhi Benamar** (Université de Tlemcen – Algérie) *Benguella Belkacem* Modification de la bentonite par les sels de bisimidazolium et applications à l'adsorption de colorants textiles 18
- Okkacha Hasnaoui** (Université Dr Moulay Tahar- Saida – Algérie) *Sid Ahmed Aouadj; Abdelkrim Benaradj ; Abdeslam Morsli*; Dynamique des écosystèmes steppiques dans un environnement changeant : Cas de la région de Ain-Skhouna (Wilaya de Saida – Algérie occidentale) 23

www.jistee.org

jistee@iresa.agrinet.tn

jistee@yahoo.com

Analyse des conditions climatiques dans le parcours de la mousson du Togo à l'ouest du Niger

Ali Nouhou¹, *, Lemou Faya², Boukpessi Tchaa², Lare Lalle Yendoukoa²

¹Laboratoire LERTESS, Département de Géographie, FLSH, Université Abdou Moumouni de Niamey -Niger

² Laboratoire LaRBE, Département de Géographie, Université de Lomé – Togo

Résumé

La mousson ouest-africaine est l'élément essentiel du climat de la sous-région. Elle est de plus en plus influencée par des anomalies dans sa durée (arrivée et retrait), dans son humidité ainsi qu'à travers ses précipitations engendrées. Cette étude vise à analyser les particularités des paramètres climatiques de la mousson dans son parcours entre le Togo et le Niger en se basant sur les statistiques de la NASA de 1982 à 2022 et celles des stations météorologiques synoptiques obtenues à l'Agence Nationale de Météorologie du Togo (ANAMET) et à la Direction de la Météorologie du Niger (DMN). Les indices climatiques (précipitations et températures) furent analysés avec Rclimdex. Les tests de Pettitt dans les différentes stations étudiées ainsi que les autres courbes (SPI et tendances des précipitations) ont été réalisées à l'aide de XLSTAT. Les résultats montrent, partout dans les cinq localités, des tendances à la hausse de l'humidité de l'air, des précipitations et des températures. Le test de Pettitt a décelé le changement climatique amorcé à Kantchari ainsi qu'à Dapaong à partir de l'année 2003. Une tendance à la hausse de l'intensité des pluies journalières a été relevée sur la chronique retenue. Cependant cette intensité varie d'une localité à une autre. Ainsi, 60 % des stations présentent une pente supérieure à 0,06. La durée des séquences chaudes a également connu une hausse (TX>90ème) avec des pentes statistiquement significatif (p-value > 90) à l'échelon de toutes les stations sauf au niveau de Kantchari qui affiche une valeur de pente de (-0,093) avec une (p-value) de 0,391.

Mots clés : mousson ouest-africaine, variabilité climatique, Niger, Burkina Faso, Togo

Analysis of climatic conditions along the monsoon trail from togo to western niger

Abstract

The West African monsoon is the essential element of the sub-region's climate. It is increasingly influenced by anomalies in its duration (onset and withdrawal), its humidity and the rainfall it generates. This study aims to analyse the particularities of the monsoon's climatic parameters in its course between Togo and Niger, based on NASA statistics from 1982 to 2022 and those of synoptic weather stations obtained from Togo's National Meteorological Agency (ANAMET) and the Niger Meteorological Department (DMN). Climatic indices (precipitation and temperature) were analyzed with Rclimdex. Pettitt tests at the various stations studied, as well as other curves (SPI and rainfall trends), were carried out using XLSTAT. The results show increasing trends in humidity, precipitation and temperature at all five locations. The Pettitt test detected the climate change that began in Kantchari and Dapaong in 2003. An upward trend in the intensity of daily rainfall was observed over the selected period. However, this intensity varies from one locality to another. For example, 60% of stations have a slope greater than 0.06. The duration of warm sequences also increased (TX>90th) with statistically significant slopes (p-value > 90) at all stations except Kantchari, which showed a slope value of (-0.093) with a (p-value) of 0.391.

Keywords: West African monsoon, climate variability, Niger, Burkina Faso, Togo

¹ Corresponding author: nouhougeo@yahoo.de

1. INTRODUCTION

La zone côtière du Togo se situe dans la bande de déficit pluviométrique qu'on observe sur le littoral Ghana-Togo-Bénin [1]. Elle a même souvent servi de repère car elle serait l'un des points les moins arrosés de cette zone littorale. La particularité climatique de cette enclave de relative sécheresse dans le golfe du Bénin reste un sujet auquel plusieurs études se sont intéressées à des échelons divers. En effet, cette partie australe du Togo marquée par l'indigence pluviométrique qui, contraste avec les autres pays situés dans le même espace géographique entre 6 °C et 7 °C de latitude nord domaine du climat subéquatorial est une anomalie, négative [2-3]. A ce contexte d'anomalie climatique négative du littoral togolais, vient s'ajouter le phénomène de dérèglement du climat lié à la dynamique générale de l'atmosphère relevée dans ce couloir de mousson ouest-africaine.

Au Sahel, le climat est marqué par une irrégularité spatio-temporelle des précipitations et une permanence de la chaleur. Dans leur étude, T. Lebel et T. Vischel [4] avaient affirmé que la disponibilité de l'eau sur les terres ouest-africaines varie fortement selon les latitudes, le couvert végétal et le bilan hydrologique. Cette dynamique résulte du gradient de pluie sud-nord qui caractérise cette région de ouest-africaine [5]. Dans ces manifestations climatiques, les totaux annuels et intra-saisonniers des pluies connaissent, d'une année à une autre, une forte variabilité avec des répercussions sur le déroulement normal des activités agricoles [6-7-8]. Dans ces contextes, il s'avère important d'étudier la mousson dans son parcours en partant du Golfe de Guinée, c'est-à-dire des côtes togolaises, à travers l'Est du Burkina jusque dans la partie ouest du Niger.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 Milieu d'étude

Le milieu étudié en suivant la direction de la mousson s'étend des côtes togolaises, l'Est du Burkina jusque dans la partie ouest du Niger (figure 1).

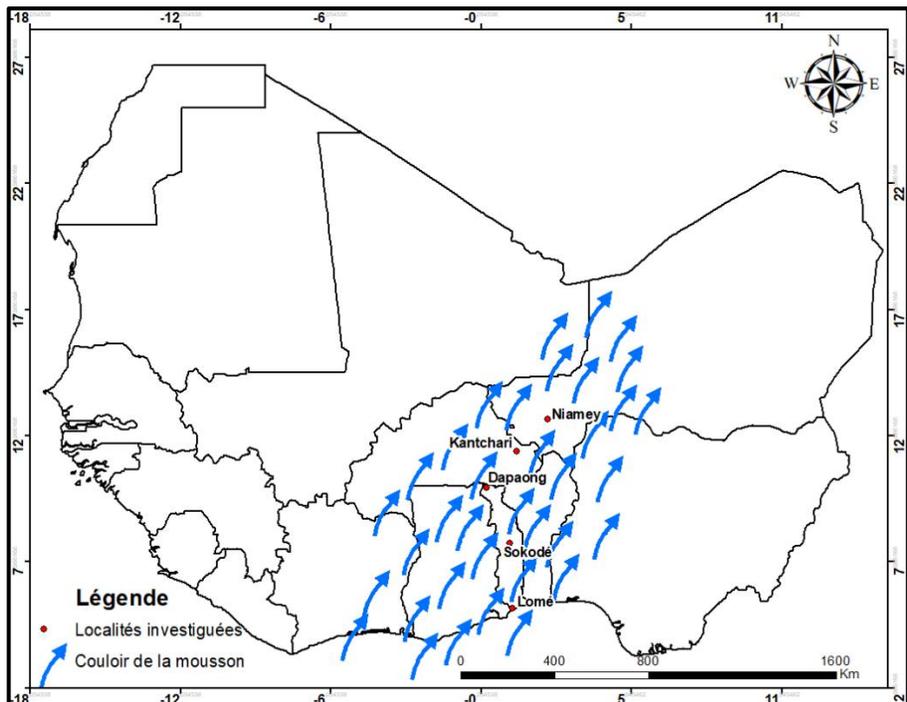


Figure 1 - Situation géographique du secteur d'étude

Source : ESRI-QGIS 3.6 Noosa

D'après cette figure 1, ce milieu se situe globalement entre 5°0'0" et 25°0'0" de latitude nord et 5°0'0" longitude ouest et 5°0'0" longitude est. Le secteur part du Golfe de Guinée à savoir des côtes togolaises à travers l'Est du Burkina-Faso jusque dans la partie ouest du Niger. Il couvre du sud au nord, cinq localités : Lomé, Sokodé, Dapaong, Kantchari et Niamey qui constituent des lieux d'étude. Pour atteindre l'objectif de cette étude, une approche méthodologique a été utilisée.

2.2 Approche méthodologique

Cette étude vise à analyser les particularités des paramètres climatiques de la mousson dans son parcours entre le Togo et le Niger en se basant sur les statistiques de la NASA de 1982 à 2022 et celles des stations météorologiques synoptiques obtenues à l'Agence Nationale de Météorologie du Togo (ANAMET) et de la Direction de la Météorologie du Niger (DMN). Ces données furent collectées sur cinq stations météorologiques dont trois du Togo (Lomé, Sokodé, Dapaong), une du Burkina Faso (Kantchari) et une du Niger (Niamey). Les indices d'extrêmes climatiques (intensité journalière des pluies SDII, durée des séquences sèches et chaudes WSDI,) furent analysés avec Rclimdex. Les tests de Pettitt dans les différentes stations étudiées ainsi que les autres courbes (SPI et tendances des précipitations) ont été réalisées à l'aide de XLSTAT. La carte du milieu d'étude a été réalisée avec ArcGIS.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Résultats

Les statistiques des paramètres climatiques comme les pluies quotidiennes, les températures et l'humidité relatives ont fait l'objet d'une analyse pour montrer la manifestation, des conditions climatiques dans le parcours de la mousson ouest-africaine. La mousson ouest-africaine soufflant sur le Togo, l'Est du Burkina Faso et la partie ouest du Niger engendre la grande partie des précipitations du mois de mars à novembre. La période hivernale entre ces trois pays décroît du sud au nord. Elle est de deux saisons au Togo connues sous les appellations de celle de la grande (avril à juillet) et de la petite (août à novembre). En général, de l'Est du Burkina Faso jusqu'aux environs de Niamey au Niger, la mousson occasionne une seule saison hivernale. Mais ses arrivées et retrait (on- and offset) fluctuent assez [9].

3.1.1 L'humidité de l'air

La figure 2 montre partout dans les cinq villes étudiées des tendances à la hausse de l'humidité de l'air. Les hausses les plus élevées sont observées à Lomé où R² est égale à 0,42 et Kantchari où elle est 0,21.

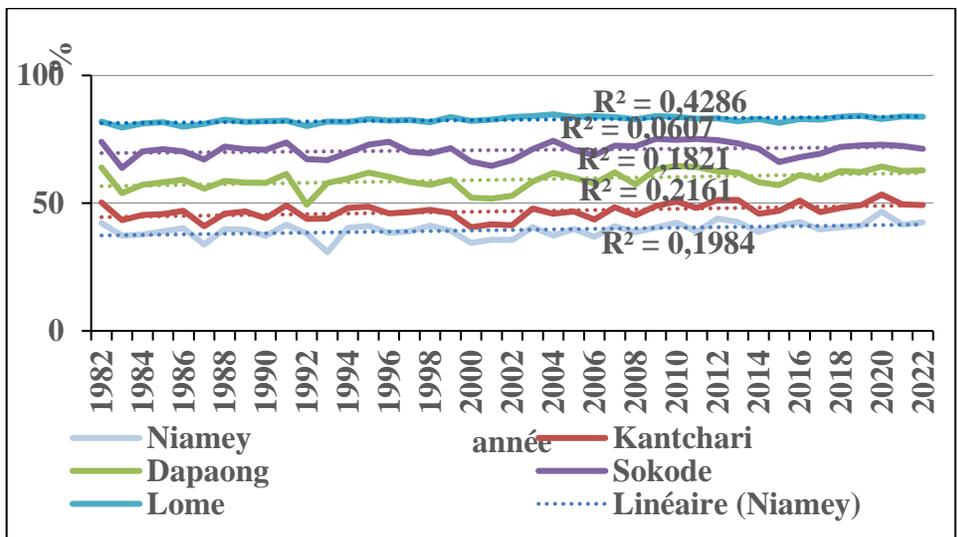
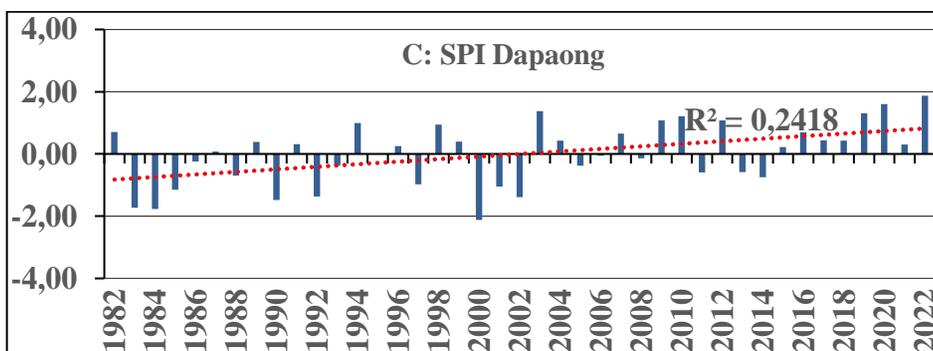
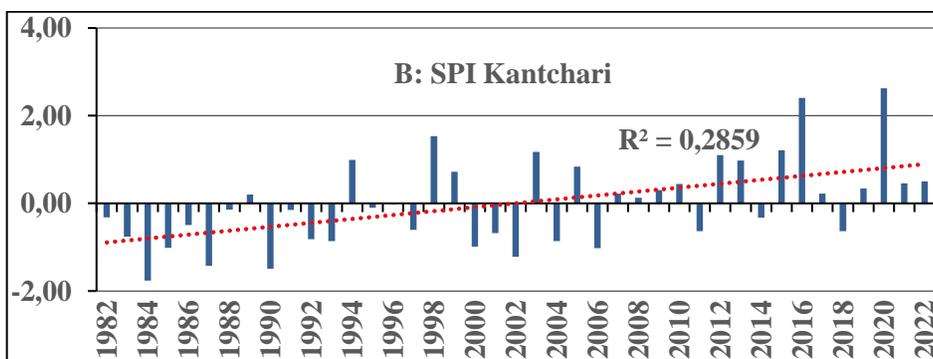
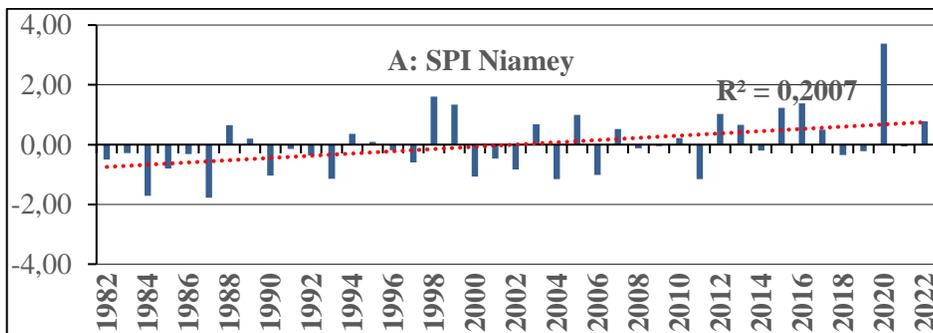


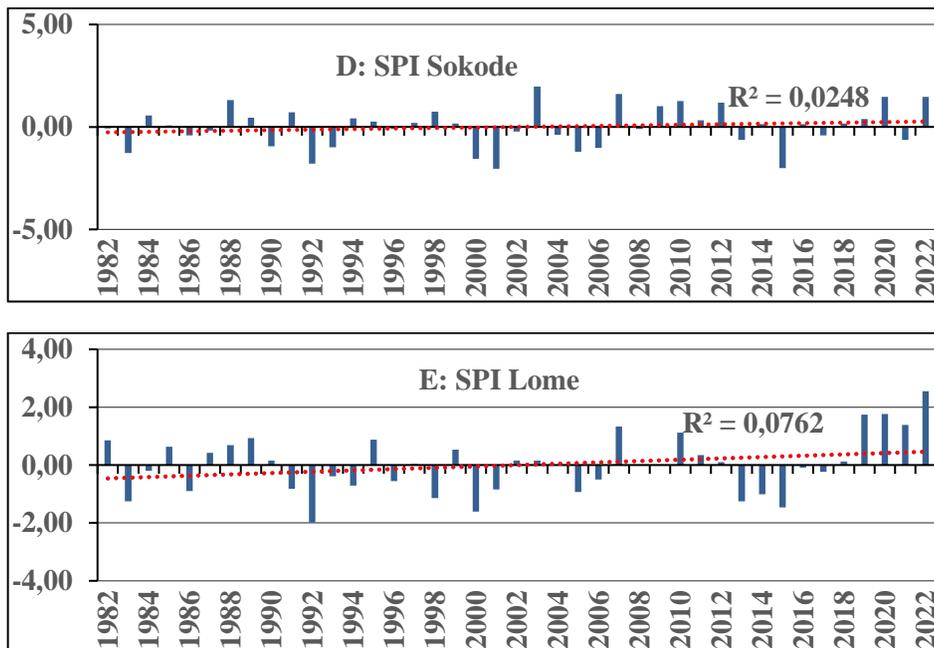
Figure 2- Evolution de l'humidité de l'air et courbes de tendances dans les stations étudiées.

Les moyennes de la série varient entre 39,52 % à Niamey et 82,63 % à Lomé. C'est à Dapaong où la moyenne de l'humidité de l'air est de 59,23 % que la tendance reste la plus faible, R2 étant de 0,18 %.

3.1.2 Les indices standardisés des précipitations (SPI)

Ces tendances à la hausse sont aussi remarquées dans l'évolution des précipitations (figures 3A à E). En effet, le coefficient de détermination est de 0,07 à Lomé, 0,02 à Sokodé, 0,24 à Dapaong, 0,28 à Kantchari et 0,20 à Niamey



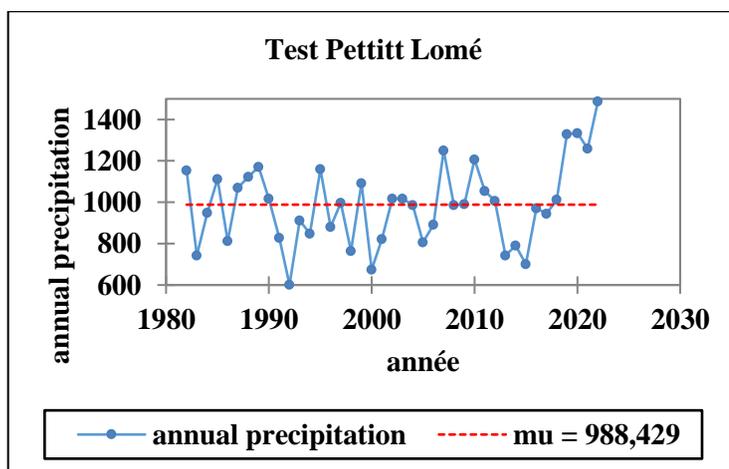


Figures 3A à E - Indices standardisés des précipitations des cinq stations étudiées

A Lomé, Dapaong et Kantchari, une reprise nette des précipitations est en cours depuis les quatre dernières années. A Niamey de même qu'à Sokodé, des fluctuations entre les années déficitaires et excédentaires sont observées (graphiques 3A et 3D). A Sokodé, les années excédentaires consécutives étaient de 2009 à 2012. Celles-ci étaient entre 2015 et 2017 à Niamey. Les séquences sèches ont marqué cette ville surtout dans les années 1980.

3.1.3 Les tests de Pettitt

Pour savoir plus sur les changements intervenus relatifs aux précipitations, des tests d'homogénéité de Pettitt (figure 4) ont été effectués.



Figures 4 - Test d'homogénéité de Pettitt pour la ville de Lomé

Le test d'homogénéité de la ville de Lomé a pris en considération un niveau de signification de 5 % et la p-value a été calculée en utilisant 10000 simulations Monte Carlo. L'intervalle de confiance autour de cette p-value est à 99%, les deux hypothèses étant H_0 si les données sont homogènes, et H_a s'il y a eu une rupture c'est-à-dire une date à partir de laquelle il y a eu un changement. Ce changement peut être positif, dans le cas où la seconde moyenne μ_2 serait supérieure à la première μ_1 . Ceci n'est pas le cas pour cette figure n°4 étant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha = 0,5$. On ne peut donc pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 . Le risque de la rejeter alors qu'elle est vraie est de 18,09%.

L'explication du test en ce qui concerne la ville de Sokodé (figure 5) est presque identique à celle de Lomé avec ses précipitations de la même série chronologique (1980 à 2022) soumises aux mêmes hypothèses.

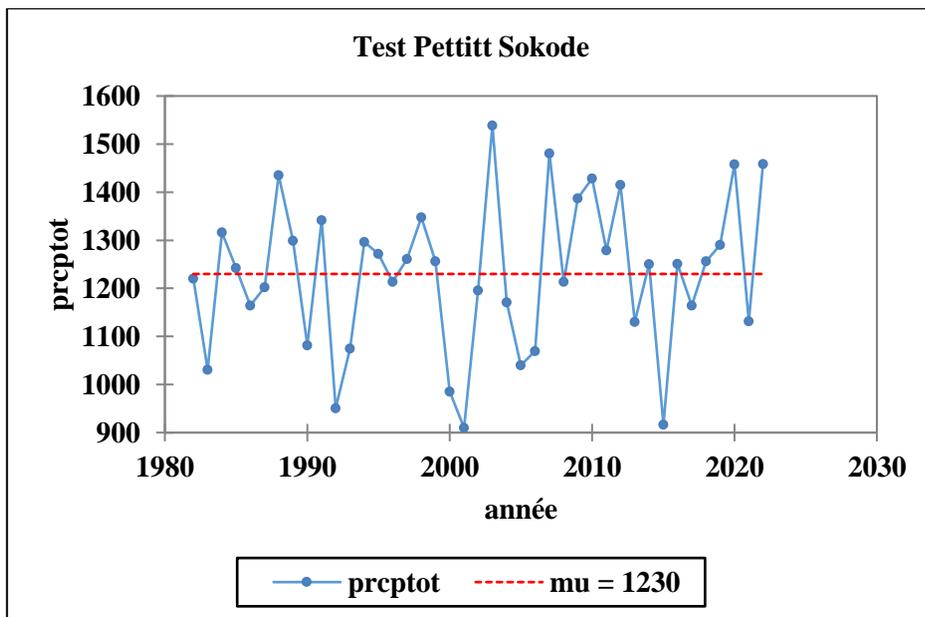


Figure 5 - Test d'homogénéité de Pettitt pour la ville de Sokodé

La figure 5 ne montre pas de rupture au cours de la série chronologique. La moyenne pluviométrique est de 1230 mm avec un écart-type de 156,32 mm. Dans ce cas aussi, la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha = 0,5$. On ne peut donc pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 . Le risque de la rejeter alors qu'elle est vraie est de 42,61 %.

Par contre, l'analyse du test concernant Dapaong (figure 6) distingue clairement la rupture observée à partir de 2003. La moyenne μ_2 (1105 mm) est nettement supérieure à μ_1 (977,25). L'hypothèse nulle H_0 est rejetée et H_a (hypothèse alternative) retenue. Il s'agit d'un changement climatique survenu dans cette région de savane.

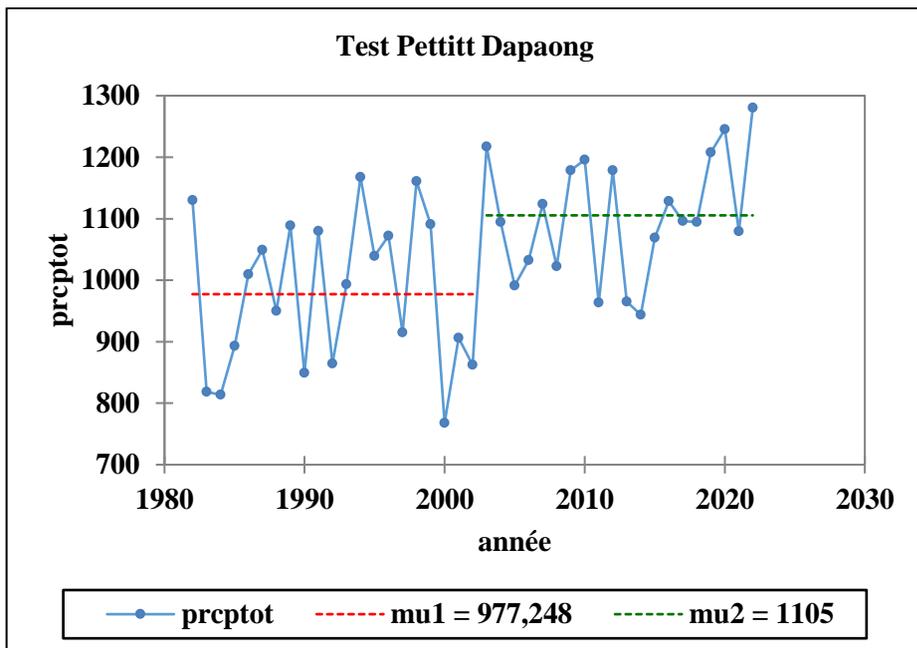


Figure 6 - Test d'homogénéité de Pettitt pour la ville de Dapaong

Un changement climatique identique est observé à Kantchari (figure 7) également à partir de 2003. La rupture de série montre une différence de 100,2 mm entre μ_1 et μ_2 .

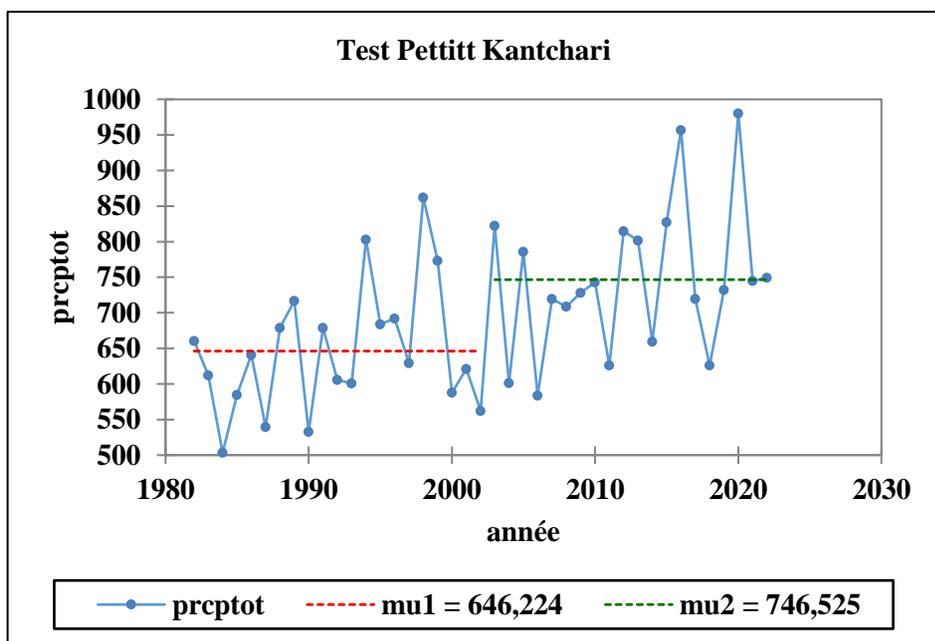


Figure 7 - Test d'homogénéité de Pettitt pour la ville de Kantchari

Pour cette ville, la moyenne pluviométrique est de 695,15 mm avec un écart-type de 108,83 mm. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est très faible (inférieur à 0,91%). En ce qui concerne ces deux villes en zone de savane, le changement climatique est bien réel, alors qu'à Niamey (figure 8), il n'est pas encore amorcé. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 n'est que de 5,55%.

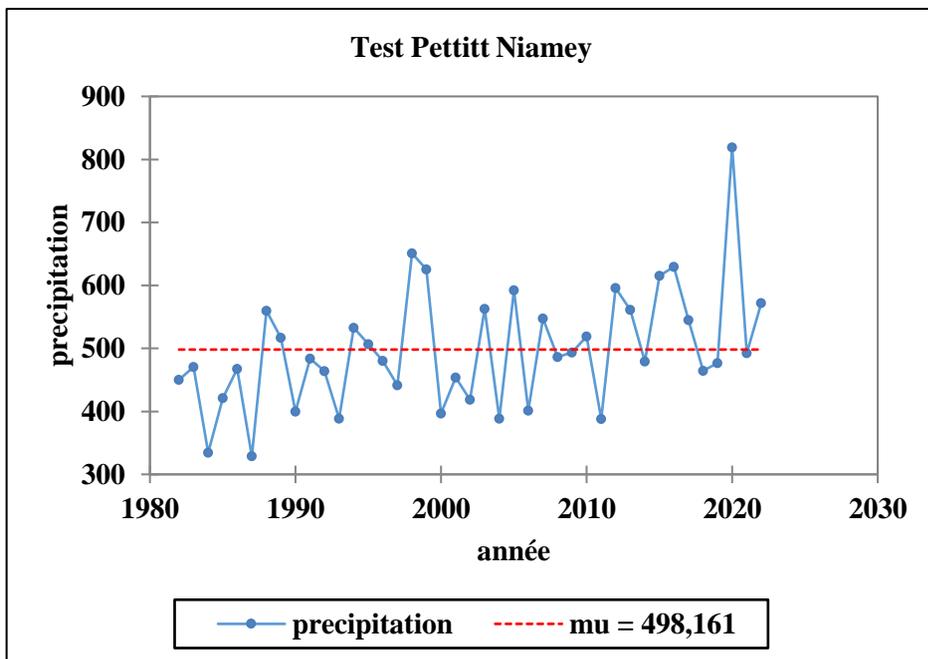


Figure 8 - Test d'homogénéité de Pettitt pour la ville de Niamey

3.1.4 Caractérisation des indices de précipitations et de températures

3.1.4.1 Caractérisation des indices de précipitations et de températures

L'analyse de l'évolution des indices de l'intensité des pluies journalières dans les cinq localités d'études permet de caractériser l'évolution des pluies journalières au cours de la série retenues pour l'étude (figure 9).

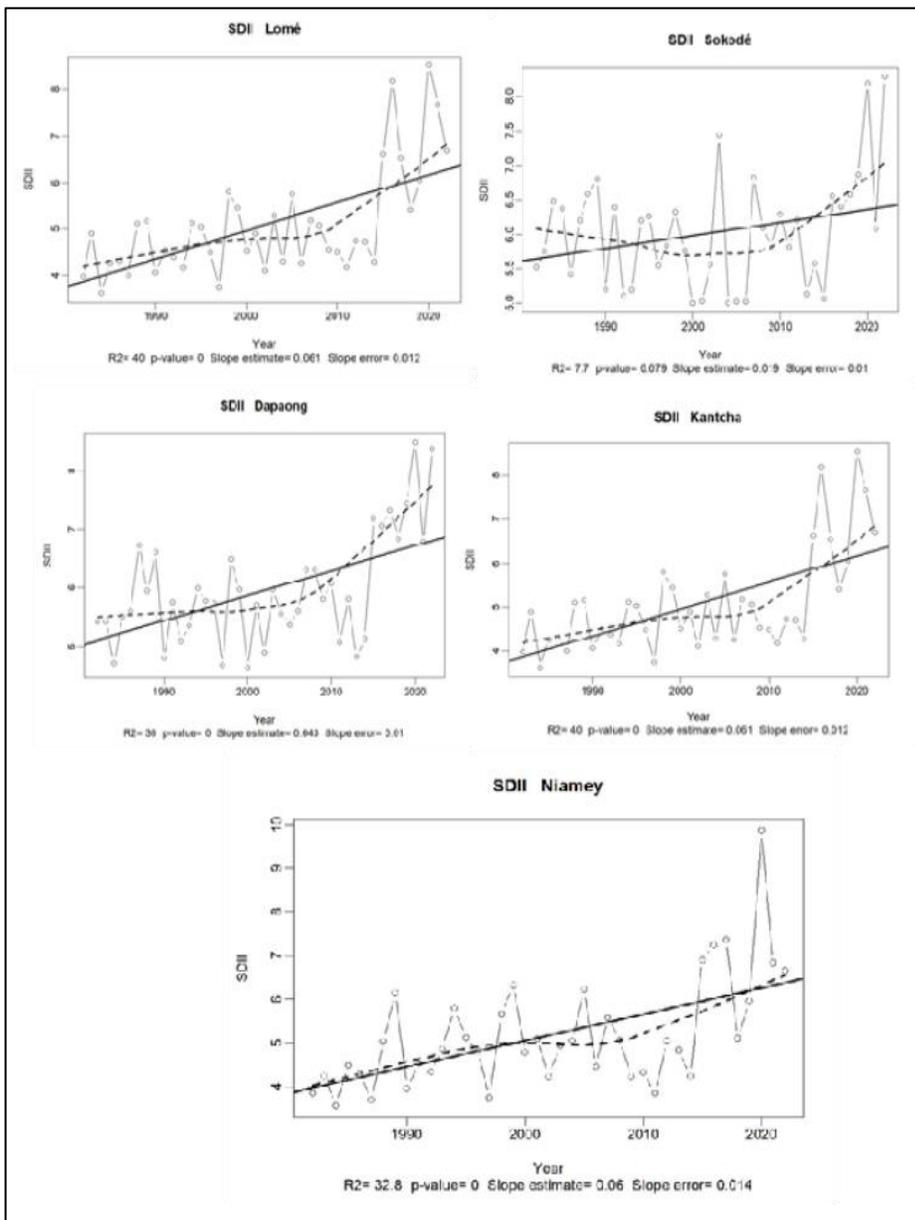


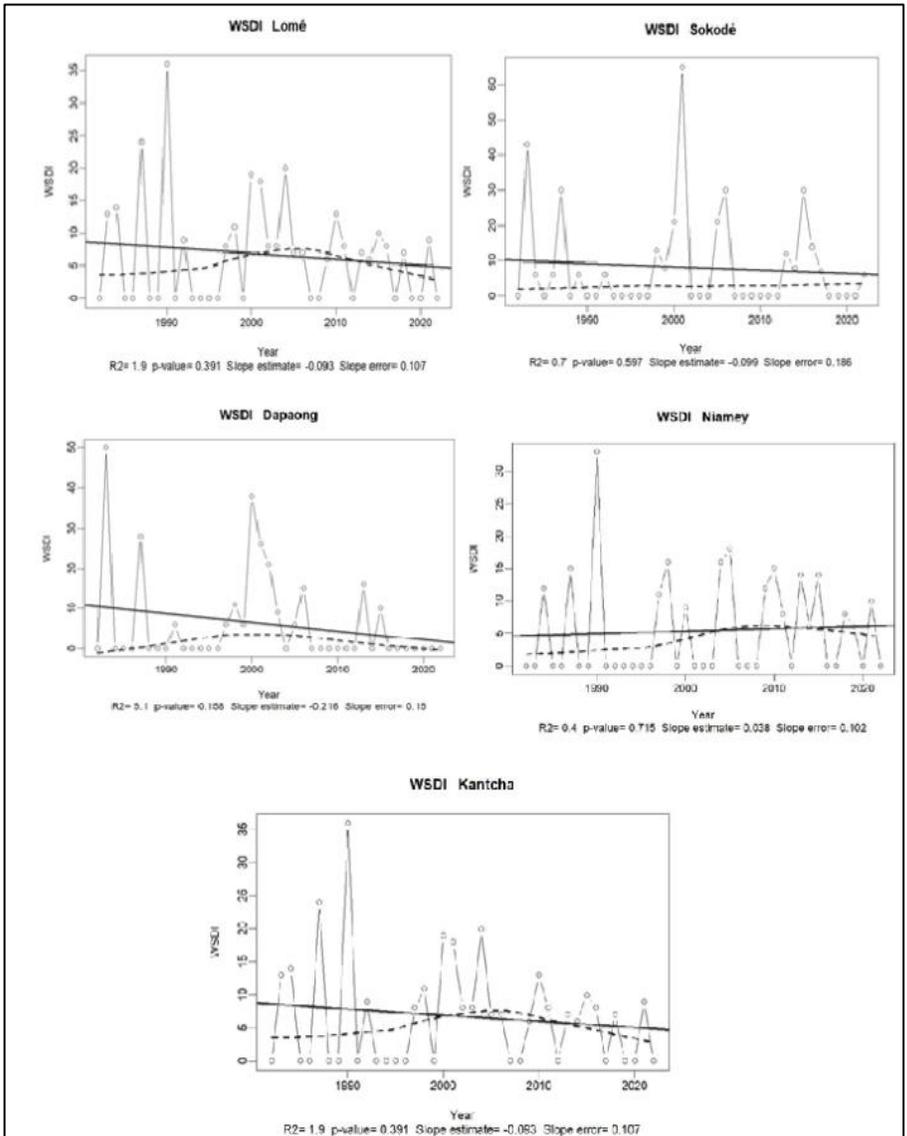
Figure 9 - Indices de l'intensité journalière de pluie (SDII)
 Source : Traitement statistique des données climatiques de 1982-2022

L'analyse de la figure 9 indique une variabilité de l'indice de l'intensité des pluies journalières à l'échelon des stations retenues pour l'étude. Au regard des tendances indiquées par les différents graphiques, on retient que l'intensité des pluies journalières est en augmentation dans toutes les stations sur la période 1982-2022. Cependant, cette intensité varie d'une localité à l'autre. Ainsi, sur l'ensemble des stations météorologiques indiquées, 60 % ont des valeurs des pentes supérieures à 0,06 %. Ces valeurs sont de 0,061 ; 0,061 ; 0,06

respectivement pour les stations de Lomé, de Kantchari et de Niamey. Cette analyse amène à déduire que sur le même couloir, Lomé, Kantchari et Niamey sont des villes plus pluvieuses voire plus humides que Sokodé et Dapaong avec pour pentes successivement de 0,019 et 0,043. Cette situation explique plus ou moins les avènements d'abondances précipitations relevées suivant les années au cours de ces dernières décennies sur l'ensemble de la région ouest-africaine.

3.1.4.2 Evolution de la durée des séquences chaudes

L'évolution de la durée des séquences chaudes dans le couloir de passage de la mousson ouest-africaine est illustrée par la figure 10.



Figures 10 - Evolution de la durée des séquences chaudes (WSDI)
 Source : Traitement statistique des données climatiques de 1982-2022

En somme, à l'exception de la station de Kantchari, une augmentation de la durée des séquences chaudes sur la série chronologique 1982-2022 est observée dans 80 % des localités couvertes par l'étude. Toutes ces ambiances climatiques identifiées, viennent accentuer dans une large mesure, le réchauffement climatique marqué dans ces dernières années et qui, préoccupe aussi bien les pays développés que ceux en développement.

3.2 Discussion

L'analyse de la variabilité climatique dans le couloir de la mousson qui va de la côte du Golfe de Guinée jusqu'au Sahel a été effectuée sur la base des indices climatiques de précipitations et de températures. Les différentes tendances ont été relevées sur la base des méthodes telles que celle de la rupture et de régression linéaire. Ces approches méthodologiques ont été adoptées par Gaspaldy [10]. Par ailleurs, E. Adéwi et V. Dubreuil [11] ont dans leur recherche, utilisé l'approche basée sur la régression linéaire simple pour montrer les tendances climatiques dans la région des Savanes au Togo. Ces auteurs dans leur travail n'ont pas pris en compte, les tendances basées sur les ruptures de stationnarité et des indices de RCLIMDEX.

Les résultats de la présente étude montrent que la variabilité climatique a été significative durant la période retenue pour l'étude à savoir, 1982-2022. Cette fluctuation suite aux traitements et représentations des paramètres climatiques, se traduit par la hausse des précipitations, l'augmentation des températures couplées avec des séquences sèches et humides. Ces manifestations climatiques relevées au cours de ces dernières décennies, s'expliquent par le réchauffement climatique dont l'incidence sur le couplage océan-atmosphère conduit probablement à un accroissement des phénomènes climatiques extrêmes. Cette indication concorde avec les travaux du GIEC [12] qui, prouvent qu'un climat plus chaud conduit très probablement à un accroissement de la fréquence et/ou de l'intensité de certains types d'événements extrêmes.

Pour cette étude, la tendance à la hausse des jours chauds consécutifs ($T_x > 90^{\text{ème}}$) avec une pente statistiquement significative est observée à Lomé, à Sokodé, à Dapaong et à Niamey sauf à Kantchari où sa valeur est de 0,391 avec une pente de valeur égale à -0,093. Ces résultats sont en phase avec ceux de E.W. Vissin [13] qui, a constaté que les températures extrêmes changent dans le bassin béninois du fleuve Niger.

Les tests d'homogénéité effectués ont montré qu'il y a bien eu des changements, c'est-à-dire des ruptures dans les séries des données à Dapaong et Kantchari. Ceci révèle que le changement climatique est plus marquant en zone forestière et de savane qu'aux zones côtières (Lomé et Sokodé) ou sahélienne (Niamey).

Ces résultats confirment le réchauffement global qui entraîne la hausse des températures, les fortes évaporations et l'intensité des pluies, avec la tendance actuelle de l'humidité de la mousson, celle-ci est partout en hausse dans les localités étudiées. Tout de même, dans son parcours de Lomé où elle est chargée à 81% de vapeur d'eau, la mousson souffle en moyenne sur Niamey avec une humidité de 39%, soit une perte de plus de 50%.

Concernant les précipitations, l'étude a révélé que ce n'est pas partout au Sahel les hausses prévues se réalisent [14 -15]. Malgré ces reprises des conditions favorables au reverdissement, l'état de la flore reste toujours impacté par les pressions anthropiques comparativement aux résultats de E. Tindano et al. [16]. En plus, les reprises des précipitations ne doivent pas cacher les séquences sèches prévues par les prévisions [17-18] ainsi que les variations spatio-temporelles des pluies annuelles [10].

4. CONCLUSION

Les résultats de la présente étude montrent que la variabilité climatique a été significative durant la période retenue pour l'étude à savoir, 1982-2022. Cette fluctuation suite aux traitements et représentations des paramètres climatiques, se traduit par la hausse des précipitations, l'augmentation des températures couplées avec des séquences sèches et humides. On note que l'évolution des jours chauds consécutifs ($T_x > 90^{\text{ème}}$) a connu une tendance à la hausse à l'échelon de presque toutes les stations du secteur d'étude avec une pente statistiquement significative observée à Lomé, à Dapaong, et à Niamey. Au regard du profil de ces tendances sur la série 1982-2022, il ressort que seule, la station de Kantchari a connu une baisse avec une valeur de pente égale à -0,093. Ces tendances à la hausse sont par contre remarquées dans l'évolution des précipitations

de toutes les stations météorologiques des localités d'étude. En effet, le coefficient de détermination est de 0,07 à Lomé, 0,02 à Sokodé, 0,24 à Dapaong, 0,28 à Kantchari et 0,20 à Niamey. Ces manifestations climatiques relevées dans le parcours de la mousson du Togo à l'ouest du Niger s'expliquent par le réchauffement climatique dont l'incidence sur le couplage océan-atmosphère conduit probablement à un accroissement des phénomènes climatiques extrêmes. En perspective, des études sur les impacts de ces tendances dans les secteurs de l'agriculture, l'élevage, et le transport s'avèrent nécessaires en vue de bien améliorer les rendements agricoles et adapter les infrastructures de transport, surtout que des pluies exceptionnelles s'enregistrent dans le sahel et même dans le Sahara au cours de cette saison 2024.

Références

1. Badameli, K.M et Tchamie T.T.K. 1997. Le climat de Lomé : une expression de l'anomalie climatique du Golfe de Guinée. Centenaire de Lomé, capitale du Togo (1897-1997). Actes de colloque de Lomé, 7, PP 189-201.
2. Lemou, F. 2022. Analyse des caractéristiques pluviométriques de Lomé au cours de la période 2010-2020 (SUD-TOGO). Revue de géographie du laboratoire Leïdi_ISSN 0851-2515_N°27, pp. p.178-188.
3. Edjame, K.S. 2007. Régime des précipitations sur le littoral océanique dans le golfe de guinée ; Revue du CAMES-Nouvelle Série B. n. Vol. 008 N° 1 – (1er Semestre) ; 185-194.
4. Lebel, T. et Vischel, T. 2004. Climat et cycle de l'eau en zone tropicale : un problème d'échelle. C. R. Geoscience 337 (2005), pp. 29-38.
5. Salako, A.P.M. 2021. Migrations de l'équateur météorologique et variabilité intra-saisonnière des pluies au Benin. Thèse de Doctorat Unique de l'Université de Lomé, 383 pages.
6. Yabi, I. 2008. Etude de l'agroforesterie à base de l'anacardier et des contraintes climatiques à son développement dans le Centre du Bénin. Thèse de Doctorat Unique. EDP/FLASH/UAC. 235 pages.
7. Ogouwale, E. 2006. Changement climatique dans le Bénin méridionale et central : Indicateurs, scénarios et perspectives de la sécurité alimentaire. Thèse de Doctorat/Université d'Abomey-Calavi, 320 pages.
8. Boko, M. et Adjovi, L.C. 1994. Recherche de tendance dans les séries pluviométriques du Bénin : implication agro-climatique. Publications de l'AIC, vol 7. pp. 294-304.
9. Talib, J.; Taylor, C.M.; Klein, C.; Harris, B.L.; Anderson, S.R.; Semeena, V.S. 2022. The sensitivity of the West African monsoon circulation to intraseasonal soil moisture feedbacks. Q J R Meteorol Soc., 148, pp 1709–1730.
10. Gaspaldy, R.S. 1998. Part de la variabilité climatique sur les fluctuations de la production agricole au Pérou de 1960 à 1993. Thèse de Doctorat 3ème cycle, Paris, 324 pages.
11. Adewi, E. et Dubreuil, V. 2012. Variabilité climatique et paludisme à Kara, une ville du Nord-Togo. Bigot S. et Rome S. (Eds), Les climats régionaux : observation et modélisation, Actes du colloque organisé à Grenoble du mercredi 05 au samedi 08 octobre 2012, p. 57-62.
12. GIEC, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Suisse, 103 p.
13. Vissin, E.W. 2007 : Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du bassin du fleuve Niger. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 267p.
14. Ingrassio, R.; Pausata, S.R.; Francesco, .R. 2024. Contrasting consequences of the Great Green Wall : Easing aridity while increasing heat extremes. One Earth 7, pp.455–472.
15. Wang, G. and Alo, A.C. 2011. International Journal of Geophysics, Volume 2012, pp. 1-10.
16. Tindano, E.; Kadeba, A.; Traoré, I.C.E.; Thiombiano, A. 2023. Effects of abiotic factors on the flora and vegetation of inselbergs in Burkina Faso. Environmental Advances 12 (2023) 100378, pp. 1-10.
17. Sawadogo, W.; Neya, T.; Semde, I.; Korahir, J.A.; Combass, A.; Traore, D.E.; Ouedraogo, P.; Diasso, U.J.; Abiodun, B.J.; Bliefert, J.; Kunstman, H.; .2024. Potential impacts of climate change on the sudan-sahel region in West Africa – Insights from Burkina Faso. Environmental Challenges 15 (2024) 100860, pp. 1-16
18. Badameli, K.M. 1998. Analyse et prise en compte des risques climatiques en agriculture : cas de la région maritime du Togo Travaux et Recherche géographiques, Revue Géographique de l'Université du Bénin, Lomé N° spécial, Presse de l'Université de Lomé, 1998, pp 239-250.

Modification de la bentonite par les sels de bisimidazolium et applications à l'adsorption de colorants textiles

Makhoukhi Benamar¹, Benguella Belkacem

¹ Laboratoire de Chimie Inorganique et Environnement, Université de Tlemcen BP 113,

² Laboratoire de Chimie Inorganique et Environnement, Université de Tlemcen BP 113,

Résumé

La modification d'une bentonite par intercalation des cations de bismidazolium (MBIM) pourrait fournir des matériaux argileux organophiles qui permettent une rétention efficace des colorants textiles. Le présent travail porte sur la modification de la bentonite (Bt) par les cations (ortho, méta et para) bisimidazolium et sur les tentatives d'élimination de colorants textiles synthétiques, tels que (Rouge-Telon, Orange-Telon et bleu-Telon) par adsorption, à partir de solutions aqueuses.

Les bentonites modifiées ont été caractérisées par spectroscopie infrarouge (FTIR), diffraction des rayons X (XRD) et analyse thermogravimétrique (TGA). Les tests d'adsorption appliqués aux colorants ont révélé une augmentation importante des capacités d'adsorption (de 21-28 à 88-108 mg.g⁻¹) après intercalation. Les meilleurs rendements ont été obtenus en utilisant la bentonite modifiée par le p-MBIM pour adsorber le colorant Orange. L'équation de vitesse de pseudo-premier ordre a été en mesure de fournir la meilleure description des données de cinétique d'adsorption pour les trois colorants. Les modèles d'adsorption de Langmuir et Freundlich ont été appliqués pour décrire les isothermes d'équilibre et les constantes d'isothermes ont également été déterminées.

Mots clés: Bentonite, Bisimidazolium, Colorants textiles, Adsorption, Isotherme.

Organophilic bentonite for Telon derivatives removal from aqueous media

Abstract

Clay ion-exchange using bismidazolium salts (MBIM) could provide organophilic clays materials that allow effective retention of polluting dyes. The present investigations deal with bentonite (Bt) modification using (ortho, meta and para) bisimidazolium cations and attempts to remove a synthetic textile dyes, such as (Telon-Orange, Telon-Red and Telon-Blue) by adsorption, from aqueous solutions. The surface modification of MBIM-Bt was examined using infrared spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD) and thermogravimetric analysis (TGA). Adsorption tests applied to Telon dyes revealed a significant increase of the maximum adsorption capacity from ca. 21-28 to 88-108 mg.g⁻¹ after intercalation. The highest adsorption level was noticed for Telon-Orange dye on the p-MBIM-Bt, presumably due higher interlayer space and better diffusion. The pseudo-first order rate equation was able to provide the best description of adsorption kinetics data for all three dyestuffs. The Langmuir and Freundlich adsorption models were applied to describe the equilibrium isotherms and the isotherm constants were also determined. The results show that MBIM-Bt could be employed as low-cost material for the removal of Telon dyes from effluents.

Keywords: Bentonite, Organoclay, Bisimidazolium, Dyes, Isotherms, Adsorption.

¹ Corresponding author: benamarmakh@yahoo.fr

INTRODUCTION

The removal of color dyes from wastewater before they are contacted with unpolluted natural water bodies is currently one of the major problems faced by the textile dyeing industry [1]. Various physical, chemical and biological processes have been used for the removal of dye from aqueous solutions; such as adsorption, chemical precipitation, ion exchange, membrane processes, biological degradation, chemical oxidation and solvent extraction [2].

In this regard, montmorillonite-rich materials like bentonites exhibit highly interesting properties, e.g. high specific surface area, cation-exchange capacity (CEC), porosity, and tendency to retain water or other polar and non-polar compounds [3]. The modification of clay surface is called as organoclay to cause to transform organophobic to strongly organophilic and therefore the adsorption capacity increases to compare with natural clay mineral and it can be used as an adsorbent for the adsorption of dyes. This kind of surfactant modified organobentonite has been used extensively for a wide variety of environmental applications [4].

The aim of the present work is to investigate the possibility of new organo-bentonites as an adsorbent for removal of Telen dyes, which is, namely Red, Blue and Orange, from aqueous solution by adsorption method. Thus, organo-bentonites containing different organic cations (para, meta or ortho) bisimidazolium dichloride (MBIM) were prepared. The organobentonites were characterized by FTIR spectroscopic technique, powder X-ray diffraction analysis and thermogravimetric analysis. The adsorption capacity of Telen dyes with modified bentonites was carried out using two kinetic models, which are the pseudo-second-order and first order. Finally, the experimental data were compared sing two isotherm equation, which are Langmuir and Freundlich.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Bentonite sample

The natural bentonite used in this study was obtained from deposits in the area of Maghnia, Algeria. The chemical composition determined by X-ray fluorescence spectroscopy (PHILIPS PW 3710) was found to be as follows: 62.4% SiO₂, 17.33% Al₂O₃, 1.2% Fe₂O₃, 3.56% MgO, 0.8% K₂O, 0.81% CaO, 0.2% TiO₂, 0.33% Na₂O, 0.05% As, 13.0% loss on ignition at 900°C. The mineralogical analysis showed that the native crude clay mineral contains preponderantly montmorillonite (Mt), in a proportion exceeding 85 wt.%. The clay composition also includes quartz (10 wt.%), cristoballite (4.0 wt.%) and beidellite (less than 1 wt.%) [5].

2.2. Synthesis of Bis-imidazolium salts

Synthesis of bisimidazolium salts were based on the reaction of bis(chloromethyl) benzenes (1 eq) with imidazoles (2 eq) in dimethylformamide (DMF) as solvent [6].

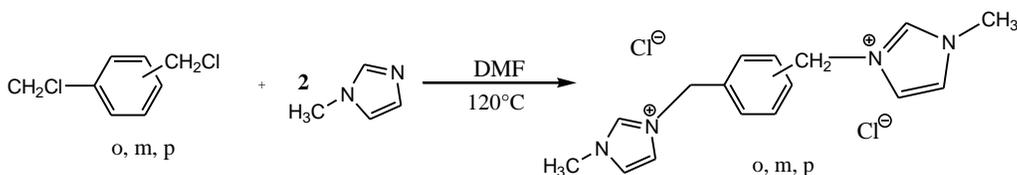


Fig. 1 - Synthesis of bis-imidazolium dichloride

2.3. Preparation of Organo-clays

The intercalation of the bis-imidazolium salts into the Na-Bt galleries was carried out by cationic exchange reaction following a previously described procedure: 10 g of Na-Bt were dispersed into 200 ml of hot water under continuous stirring. Then 50 mmole of bis-imidazolium salt was added under strong stirring [7].

The XRD pattern of crude Na-Bt, p.MBIM-Bt, m.MBIM-Bt and o.MBIM-Bt were exhibiting the reflection peak occurred at 6.9°, 4.8°, 5.2° and 5.5°, respectively. The interlayer spacing distance of the clays was found to be

12.8, 19.53, 18.4 and 16.05 Å, respectively. The interlayer spacing of bisimidazolium-Bt clays was found to be higher than the crude bentonite clay. The IR spectra of the intercalated bentonites reveal the presence of characteristic absorption bands of both inorganic and organic components, the characteristic bands of the initial bentonite remaining unaffected (i.e. band at 991 cm^{-1} can be associated at Si–O stretching vibrations) [8].

The onset temperatures of degradation for the different organoclays are derived from DTGA curves at the point where the derivative weight loss increases. The DTGA curves in region between (300-500 °C) are characterised by an exothermic peaks. The temperature at the onset of the first (prominent) isotherm is taken to represent the point at which the intercalated surfactant begins to decompose [9]. For the partially exchanged MBIM-bentonite this peak has a maximum (T_{max}) at 360°C.

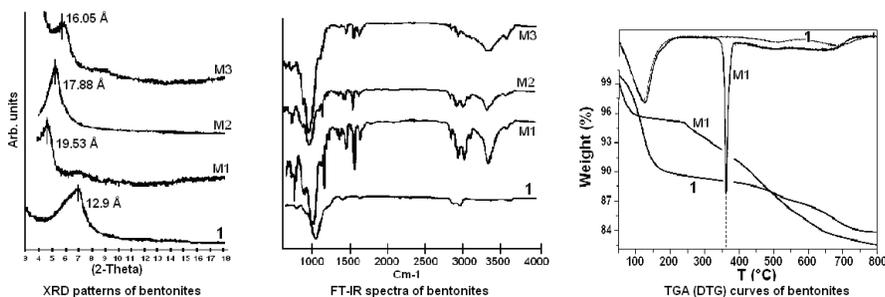


Fig. 2 - Characterization of bentonites before and after modification. (1)Bt; (M1) p.MBIM–Bt; (M2) m.MBIM–Bt; (M3) o.MBIM–Bt

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. Dye adsorption over Na-Bt

In an attempt to express the mechanism of dyes adsorption onto the Na-Bt, the following kinetic model equations are used to analyze the adsorption experimental data for determination of the related kinetic parameters.

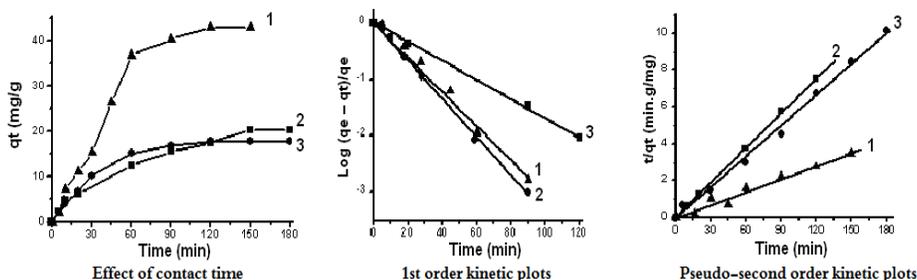


Fig. 3 - Kinetic plots for the adsorption of dye onto Na-Bt. 1: Telon-Orange, 2: Telon-Red, 3: Telon-Blue

The coefficients values of the pseudo-first order model (≥ 0.98) were better than those of the pseudo-second order model for the adsorption of dyes at the considered concentration, suggesting that pseudo-first order model was more suitable to describe the adsorption kinetics of dyes onto Na-Bt.

3.2. Adsorption on Organo-Bt

The type of bisimidazolium cation and dye to be retained played key roles, inasmuch as maximum dye amounts of 108.3 (for Telon-orange), 96.7 (for Telon-red) and 82.4 mg/g (for Telon-blue) were adsorbed of p-MBIM–Bt, while the lowest were obtained when using o-MBIM–Bt. Compared to Na-Bt (the maximum dye retention level did not exceed 27.8 mg/g), the use of organo-Bt for dyes adsorption is more favourable.

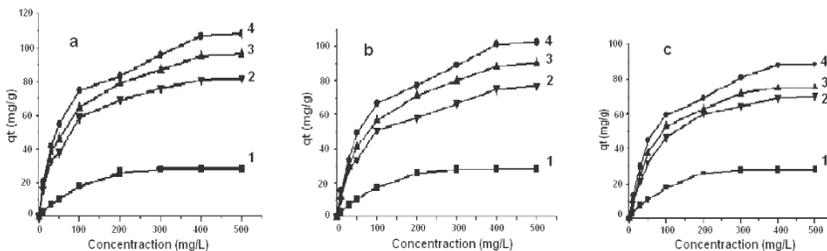


Fig. 4 - Amount of adsorbed dye on organo-Bt. a: Telon-Orange, b: Telon-Red, c: Telon-Blue. 1: Na-Bt, 2: o-MBIM-Bt, 3: m-MBIM-Bt, 4: p-MBIM-Bt

3.3. Dye Adsorption modeling

A first approach to describe the adsorption process was achieved with Langmuir's model, by plotting (C_e/q_e versus C_e). Satisfactory linearity was obtained, and the (R^2) values reached 0.98 for the adsorption of Telon-blue onto (o, m, p)-MBIM-Bt (Table 4). The values between 68.44 to 88.45 mg/g for the amount of an adsorbed dye monolayer (q_m) were in agreement with the respective maximum amounts of dye adsorbed (q_{max}) onto these organo-Bt, namely 68.44 (o-MBIM-Bt), 83.53 (m-MBIM-Bt) and 88.45 mg/g (p-MBIM-Bt). Adsorption of Telon-orange and Telon-red did not correlate with Langmuir's model. The specific behaviour of Telon-blue must be due to its higher molecule length and its higher number of sulfonate groups.

Table 1 - Langmuir parameters for dyes adsorption onto organo-Bt

orbent	p-MBIM-Bt		m-MBIM-Bt		o-MBIM-Bt	
	ng/g)	/g)	ng/g)	/g)	ng/g)	/g)
elon-ange	3.23	1	3.16	18	4.48	19
elon-red	2.57	8	2.47	1	2.45	4
elon-blue	2.45	3	2.53	3	2.44	4

In most cases of dyes adsorption onto organo-Bt, Freundlich model turned out to be more adequate, inasmuch as the (R^2) values were highly significant, being closer to unity than those obtained in Langmuir's approach (Table 5).

Table 2 - Freundlich parameters for dyes adsorption onto organo-Bt

Dye	p-MBIM-Bt		m-MBIM-Bt		o-MBIM-Bt	
	F	n	F	n	F	n
Telon-Orange	24	71	19	73	49	19
Telon-Red	68	49	18	20	96	18
Telon-Blue	72	43	18	50	73	18

Better linearity was observed for all isotherms in the whole range of concentration investigated, when plotting $\ln(q_e)$ as a function of $\ln(C_e)$. This was presumably due to heterogeneity of the organo-Bt surface and to dye-adsorbent interactions. The latter may strongly depend on the chemical structure of the dye molecules.

CONCLUSION

The research was carried out in this paper clearly suggests that bisimidazolium modified bentonite acts a well adsorbent for the removal of Telon dyes from aqueous solutions.

Preparations of new organo-Bt were carried out through the intercalations of bisimidazolium cations into purified bentonite. The surface modification of organo-Bt was examined by using various technique; measurement of the d-spacing of the (001) peak indicate that about (3–7 Å) increase in basal spacing was due to the introduction of organic cations into the bentonite interlayer.

Batch studies applied to Telon dyes revealed a significant increase of the maximum adsorption capacity from 21-28 on Na-Bt to 88-108 mg.g⁻¹ on organo-Bt. Physical adsorption may take place on Na-Bt, but stronger dye-adsorbent interactions and anion exchange on positively charged edge sites must also be involved in Telon-dyes retention on organo-Bt. The highest adsorption capacity was noticed for Telon-orange dye on the p-MMBI-Bt, presumably due higher interlayer space and better diffusion.

The pseudo-first order rate equation was able to provide the best description of adsorption kinetics data for all three dyestuffs. Also, a pseudo-second order kinetic and intraparticle diffusion models have been applied to predict the rate constants of adsorption and equilibrium adsorption capacities. The straight lines obtained for the Langmuir and Freundlich models obey to fit well with the experimental equilibrium data but the Freundlich model gives slightly better fitting than Langmuir model.

The results show that bisimidazolium modified bentonite could be employed as low-cost material for the removal of Telon dyes from effluents.

References

- [1] K. Tizaoui, B. Benguella, B. Makhoukhi, Selective adsorption of heavy metals (Co²⁺, Ni²⁺, and Cr³⁺) from aqueous solutions onto natural marne clay, *Desalin. Water Treat.* 142 (2019) 252–259.
- [2] M. Djab, B. Makhoukhi, Adsorption of Cadmium onto modified bentonites from aqueous solutions, *J. Mat. Env. Sci.* 9 (2018) 2238-2246.
- [3] B. Makhoukhi, Application of new organoclays for the adsorption of bemicide dyes from aqueous solutions, *Desalin. Water Treat.* 113 (2018) 235–243.
- [4] I. Belbachir, B. Makhoukhi, Adsorption of Bezathren dyes onto sodic bentonite from aqueous solutions, *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 75 (2017) 105–111.
- [5] B. Makhoukhi, D. Villemin, M.A. Didi, Preparation, characterization and thermal stability of bentonite modified with bis-imidazolium salts, *Mater. Chem. Phys.* 138 (2013) 199–203.
- [6] B. Makhoukhi, D. Villemin, M.A. Didi, Synthesis of bisimidazolium–ionic liquids: Characterization, thermal stability and application to bentonite intercalation, *J. Taibah Univ. Sci.* 10 (2016) 168–180.
- [7] B. Makhoukhi, M.A. Didi, H. Moulessehoul, A. Azzouz, D. Villemin, Diposphonium ion-exchanged montmorillonite for Telon dye removal from aqueous media, *Appl. Clay Sci.* 50 (2010) 354–361.
- [8] B. Makhoukhi, M. Djab, M.A. Didi, Adsorption of Telon dyes onto bis-imidazolium modified bentonite in aqueous solutions, *J. Env. Chem. Eng.* 3 (2015) 1384–1392.
- [9] I. Lansari, B. Benguella, N. Kruchinina, A. Nistratov, Adsorption of Textile Dye from Aqueous Solution on Natural and Modified Sawdust. *Desalin. Water Treat.* 194 (2020) 259–268.

Dynamique des écosystèmes steppiques dans un environnement changeant : Cas de la région de Ain-Skhouna (Wilaya de Saida – Algérie occidentale)

Okkacha Hasnaoui^{1,2}; Sid Ahmed Aouadj^{2,3}; Abdelkrim Benaradj^{2,4} et Abdeslam Morsli⁵;

- 1- Faculté SNV ; Départ. Agronomie ; Université Dr Moulay Tabar- Saida – Algérie
- 2- Laboratoire d'écologie et gestions des écosystèmes naturels – Université de Tlemcen- Algérie
- 3- Faculté des Sciences et technologie ; Département de Biologie- Relizane ; Algérie
- 4- Centre universitaire de Naama- Institut des Sciences- Départ. Scie. Agro. Algérie
- 5- I.N.R.F Ain-Skhouna – Saida ; Algérie

Résumé

Devant la surexploitation des ressources naturelles et les changements climatiques les différents écosystèmes du pourtour méditerranéen sont devenus vulnérable. Nombreuses espèces tant végétales qu'animales sont fragiles et sont exposées à une disparition. Les écosystèmes des hauts plateaux algériens n'échappent pas à ce fléau ; de ce fait ils représentent un exemple d'étude très intéressant. Dans le cadre de cette étude nous nous sommes intéressés à identifier les espèces végétales steppiques de la région de Ain Skhouna (Wilaya de Saida- Algérie occidentale) d'une part et quantifier leurs phytomasses aériennes d'autres part. Cette partie des hauts plateaux algérien se compose essentiellement de trois formations végétales : i) Formation à *Stipa tenacissima*, ii) Formation à *Artemisia herba alba* ; iii) Formation à *Lygeum spartum*. Devant les changements globaux que connaît la partie ouest algérienne ces formations sont devenues fragiles. Dans cette région du sud-ouest algérien on retrouve trois faciès pour chaque formation : dégradé, moyennement dégradé et bien venant. Ces formations steppiques jouent un rôle écologique et socioéconomique importants et sont menacées de disparition sous l'effet de la synergie anthropico-climatique (surexploitation des parcours, défrichement et des fluctuations climatiques). Afin d'aboutir à nos attentes nous avons considéré que la phytomasse aérienne est un bon indicateur de la dynamique végétale ; de ce fait nous avons fait un échantillonnage aléatoire basé sur des quadras de 100 m². Dans chaque faciès nous avons retenu 10 quadras dans chaque formation. Les résultats obtenus sont révélateurs puisque toutes les formations connaissent un recul important sur le plan floristique ; avec la disparition de certaines espèces et une régression de la biomasse aérienne de l'ordre de 82% en moyenne. Cette situation induit un départ de la couche arable du sol et l'accélération du processus d'ensablement. Ainsi la biomasse de *Stipa* régresse de 81,7 Kg MS/Ha et sa strate herbacée de 90, 2 %. La formation à *Artemisia herba alba* connaît une diminution de 81,4 % pour *Artemisia* et 87,4% pour les annuelles. Pour *Lygeum*, la phytomasse diminue de 81,5 % et de 81,75 % pour les herbacées. Globalement la rétrogradation des formations est une réalité à prendre au sérieux par les décideurs et des déterminations doivent être prise afin de préserver le reste du patrimoine phytogénétique de la région d'étude.

Mots clés : écosystème steppique ; identification ; quantification ; phytomasse ; dynamique ; Ain Skhouna- Algérie

Dynamics of steppe ecosystems in a changing environment: Case of the Ain-Skhouna region (Wilaya of Saida – Western Algeria)

Abstract

Faced with the overexploitation of natural resources and climate change, the various ecosystems around the Mediterranean have become vulnerable. Many plant and animal species are fragile and are at risk of disappearing. The ecosystems of the Algerian highlands are not immune to this scourge; therefore they represent a very interesting example of study. As part of this study we are interested in identifying the steppe plant species of the Ain Skhouna region (Wilaya of Saida-western Algeria) on the one hand and quantifying their aerial phytomasses on the other hand. This part of the Algerian highlands is essentially composed of three plant formations : i) Formation of *Stipa tenacissima*, ii) Formation of *Artemisia herba alba*; iii) *Lygeum spartum* training. Faced with the global changes that the western part of Algeria is experiencing, these formations have become fragile. In this region of southwest Algeria we find three facies for each formation: degraded, moderately degraded and good. These steppe formations play an important ecological and socio-economic role and are threatened with disappearance under the effect of anthropico-climatic synergy (overexploitation of rangelands, land clearing and climatic fluctuations). In order to meet our expectations, we considered that phytomass is a good indicator of plant dynamics; therefore we did a random sampling based on quadras of 100 m². In each facies we retained 10 quadras in each formation. The results obtained are revealing since all the formations are experiencing a significant decline in terms of floristics; with the disappearance of certain species and a decline in aboveground biomass which is around 82% on average. This situation induces a departure of the topsoil from the soil and the acceleration of the empowerment process. Thus the biomass of *Stipa* decreased by 81.7% Kg DM/Ha and its herbaceous stratum by 90.2%. *Artemisia herba alba* formation has decreased by 81.4% for *Artemisia* and 87.4% for annuals. For *Lygeum*, the phytomass decreases by 81.5% and by 81.75% for herbaceous plants. Overall, the downgrading of formations is a reality to be taken seriously by decision-makers and determinations must be made in order to preserve the rest of the plant genetic heritage of the study region.

Keywords: steppe ecosystem; identification; quantification; phytomass; dynamic; Ain Skhouna- Algeria

¹ Corresponding author: okkacha.hasnaoui@univ-saida.dz

I. INTRODUCTION

Les steppes algériennes sont dominées par quatre grands types de formations végétales : les steppes graminéennes à base d'alfa (*Stipa tenacissima*) et de sparte (*Lygeum spartum*) qui constituent des parcours médiocres et les steppes chamaephytiques à base d'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) dont les valeurs pastorales sont très appréciables et de *Hamada scoparia* localisées sur les regs [1]. Toutes les formations végétales de l'espace steppique sont utilisées comme ressource fourragères et sont surexploitées par les troupeaux et la population [2]. De la « mer d'alfa » décrite par Trabut [3] et dont la superficie avait été évaluée à 3 976 174 ha par le gouvernement général d'Algérie en 1921, il ne reste que 2 025 864 ha [4]. En 70 ans, la nappe alfatière a profondément régressé [5-16]. La pression exercée sur cette ressource, en absence d'une politique d'aménagement rationnel des parcours steppiques, compromet gravement la survie des espèces clés de voûte des formations steppiques et qui sont *Stipa tenacissima*, *Artemisia herba-alba* et *Lygeum spartum*. La pression anthropozoogène pratiquée sur cet espace se traduit par une diminution de la biomasse aérienne avec toutes les conséquences écologiques et socioéconomiques qui en découlent [2]. Le présent travail a pour objectif principal de quantifier la phytomasse aérienne des trois faciès de *Stipa tenacissima* ; *Artemisia herba alba* et *Lygeum spartum* afin d'apprécier la dynamique évolutive des formations steppiques dans cette partie ouest des hauts plateaux algérien d'un côté et restreindre la détérioration de ces bio-ressources de l'autre côté. Malgré les différents dispositifs mis en place par les pouvoirs publics et les décideurs ; la dégradation et l'accélération du processus de désertification ne cesse de s'alourdir et un non-retour à l'équilibre écologique n'est pas à écarter.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

I. Caractérisation de la zone d'étude

1.1. Localisation

La zone d'Ain-Skhouna s'étend sur une superficie de 500 km² ; ces coordonnées géographiques sont 34° 30' 20" nord, 0° 50' 59" est ; elle est située sur les hautes plaines steppiques ouest en bordure Nord de la partie orientale du Chott Chergui (Fig. 1). Elle est limitée au sud par la commune de Rogassa (El Bayadh), à l'Est et au nord par la wilaya de Tiaret et au nord-ouest par la commune de Maamoura (Wilaya de Saïda).

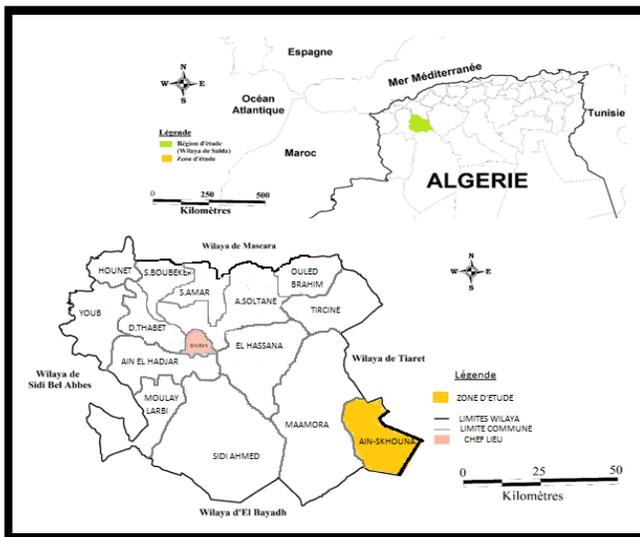


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude [13]

1.2. Climat et bioclimat

Les relevés des précipitations sur une période de soixante-dix ans (1948-2018) au niveau de la station météorologique d'Ain Skhouna donnent une moyenne annuelle de 281 mm. Les mois pluvieux se situent entre Octobre et Mai, correspondant à plus de 75 % de la pluviométrie annuelle moyenne (Fig. 2).



Fig. 2. Variations moyennes mensuelles des précipitations du milieu d'étude

Les températures moyennes baissent progressivement jusqu'à atteindre leur minimum au mois de janvier (2,5 °C), les plus élevées (36°C) sont observées aux mois de juillet et Août. La région est caractérisée par un mois humide (Janvier), 4 mois sub-secs et 7 mois secs. L'évapotranspiration est assez forte durant la période de Mai à Septembre, l'ETP enregistrée au mois de Juillet est de 173,3 mm et celle du mois d'Août 163,40 mm [17]. Le nombre de jours des vents asséchants (sirocco) ne cesse d'augmenter ; il a été à 14 jours/an il y a de cela une décennie [13].

1.3. Les aspects édaphiques

Les sols relèvent du type salin développé sur un substratum constitué de croûte calcaire et de limons argileux, marneux et d'argile rouge. Les sols sableux sont localisés aux bordures du chott (apport éolien) et les sols alluvions (les plus profonds) ne couvrent que quelques dépressions. Cette diversité édaphique permet le développement d'une diversité floristique connue et exploitée par les habitants.

1.4. Les aspects humains

La population de la zone connaît un accroissement important, elle est passée de 4500 habitant en 1977 à 7272 habitants en 2009 et avoisine les 10 000 actuellement dont 1800 dans l'agglomération secondaire de Zeraguet, avec principalement 500 nomades et 800 en zones épars [18]). L'activité économique de la région s'articule essentiellement autour du secteur agricole et de l'élevage avec un cheptel totalisant en 15000 équivalents ovins détenus par 600 agriculteurs et 100 éleveurs. La pression sur les formations végétales steppiques est forte puisque la charge pastorale est supérieure à 5 équivalent ovin/ha alors que les possibilités ne sont que de 0.5 [19].

2. Matériels et méthode

Pour évaluer la biomasse des trois formations végétales dominantes dans la steppe, un zonage écologique a été effectué grâce aux différentes sorties sur terrain ce qui nous a permis de caractériser la végétation d'une part et connaître les contraintes que subit la diversité floristique. Selon l'état de la végétation trois faciès ont été retenus pour chaque formation et cela en fonction du degré de dégradation de la végétation : dégradé, moyennement dégradé et bien venant. L'échantillonnage subjectif a été retenu puisque les parcelles de 100 m² s'inscrivent dans des zones homogènes [20].

L'estimation de la phytomasse aérienne permet d'apprécier la tendance évolutive et/ou régressive d'un écosystème. Dix répétitions (dix mesures) ont été faites pour les trois formations et dans chaque faciès ; à savoir : *Stipa tenacissima*, *Artemisia herba alba* et *Lygeum spartum*. Globalement 90 quadrats de 100 m² chacun ont fait l'objet de mesures. La technique destructive (coupe à ras de sol) a été employée. Lors de notre

travail nous avons pris le soin de séparer les espèces pérennes (vivaces) d'un côté et les annuelles de l'autre. Le poids a été estimé avec une balance de précision de 1000 grammes. L'extrapolation des résultats obtenus à l'hectare a permis de caractériser la biomasse servant généralement de ressources fourragères des parcours steppiques de la région d'Ain-Skhouna.

3. Résultats et discussion

La dynamique des écosystèmes est sous la dépendance de la synergie climato-anthropique. La régénération et/ou la dégradation des plantes dépendent de ces facteurs. Les résultats obtenus sont représentés graphiquement pour chaque de figure.

3.1. Phytomasse du faciès à *Stipa tenacissima*

Selon les travaux de Aidoud et Nedjaroui [20] la phytomasse totale des steppes à *Stipa tenacissima* peut atteindre 10 tonnes MS/ha ; mais la partie verte qui est la partie exploitable a une production de 1000 à 1500 kg MS/ha. Il est à noter que *Stipa* présente une faible valeur fourragère de 0,3 à 0,5 UF/KgMS selon le recouvrement et le cortège floristique [21]. Il faut rappeler le terme d'alfa avait évoqué en 1889; ce qui signifie que la production aérienne de cette formation est très importante en terme de productivité [3]. Dans notre cas on note une disparité en terme de résultats obtenus selon le cas :

3.1.1 Faciès à *Stipa tenacissima* bien venant (ABV).

Le faciès bien venant offre une phytomasse moyenne de 1405 kg MS/ha pour les espèces vivaces et seulement 627 kg MS/ha pour les espèces annuelles. Ces résultats corroborent globalement avec ceux de [22]. Les biomasses restent assez intéressantes dans les conditions environnementales tant climatiques qu'anthropiques. La figure 3 représente les moyennes des phytomasses aériennes pour *Stipa* et pour les annuelles.

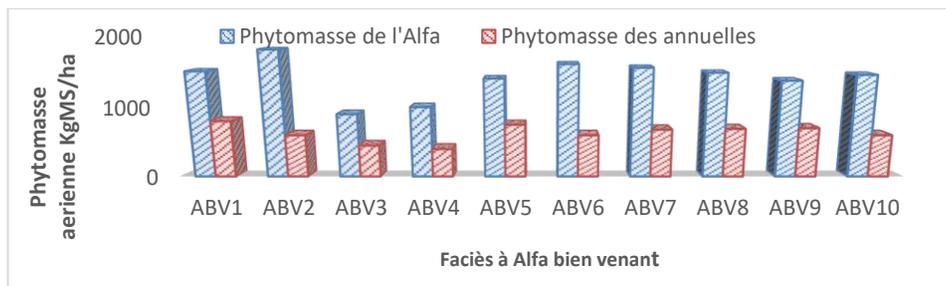


Fig. 3. Evaluation de la phytomasse des faciès à Alfa bien venants.

3.1.2. Faciès à *Stipa tenacissima* moyennement dégradés (AMD).

La phytomasse de *Stipa* atteint 651 kg MS/ha alors que les herbacées n'offrent que 160 KG MS/ha comme le confirment les résultats consignés dans la figure 4.

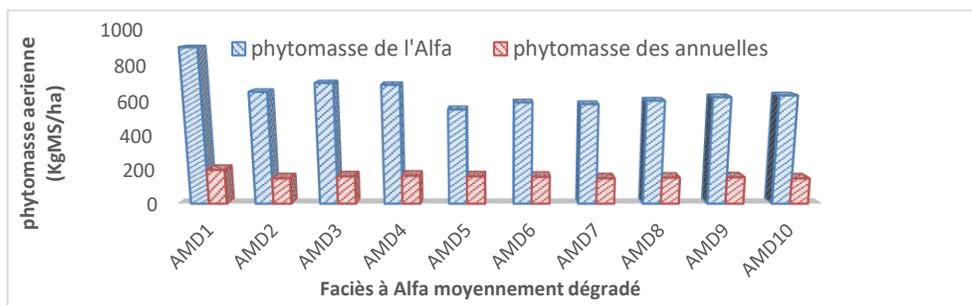


Fig. 4. Evaluation de la phytomasse des faciès à Alfa moyennement dégradé.

3.1.3. Faciès à *Stipa tenacissima* dégradé (AD).

Les chiffres obtenus sont les plus faibles puisqu'ils ne sont que de 271 et 68 Kg MS/ha respectivement pour *Stipa* et les espèces annuelles (Fig. 5).

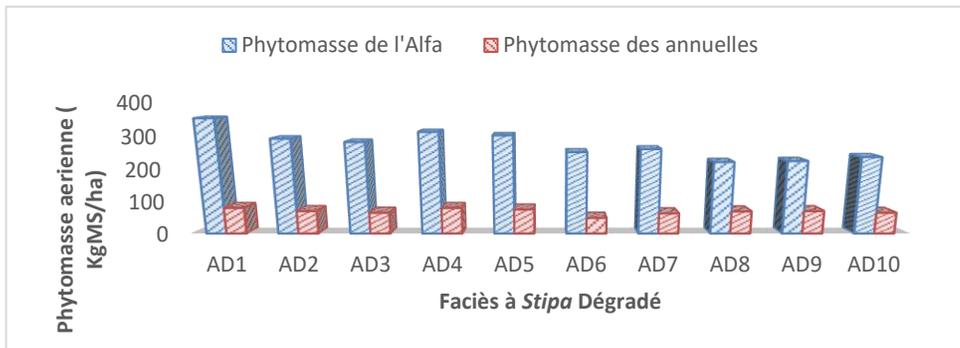


Fig. 5. Evaluation de la phytomasse des faciès à *Stipa* dégradé.

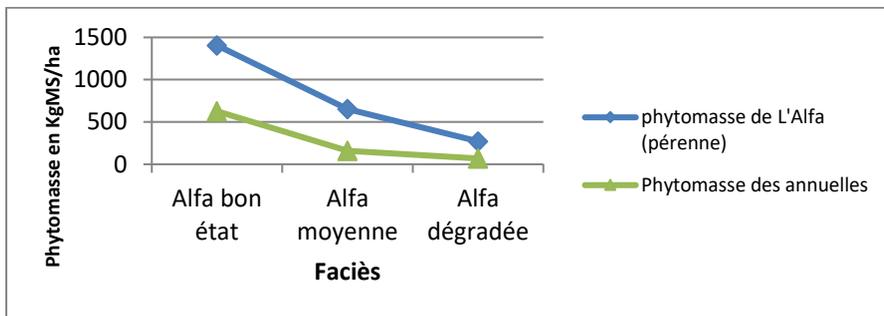


Fig. 6. Evolution de la phytomasse aérienne de l'Alfa selon l'état des faciès

Nous constatons que les résultats pour l'alfa bien venant sont proches de ceux de Aidoud [22]. Les touffes d'alfa sont inhérentes. Ceci reste nommément vrai pour l'alfa bien venant ; cependant la comparaison avec les autres faciès montre une dynamique régressive. Ainsi la phytomasse connaît une diminution très importante puisqu'elle passe de 1405 à seulement 271 Kg MS/ha pour *Stipa* et de 627 à 62 Kg MS/ha pour les annuelles ; soit une réduction de 81,7% pour *Stipa* et de 90,2% pour les annuelles. Cette régression de la phytomasse constitue un indicateur écologique inquiétant quand à l'avenir des ces formations. Il y a lieu de signaler que Nedjraoui [1] notait dans les mêmes formations et dans la même région une biomasse oscillant entre 1000 et 1500 Kg MS/ha pour les formations bien venantes. Dans le même contexte Aidoud [23] a estimé la biomasse verte de l'alfa à 1750 Kg MS/ha. Comparativement une baisse notable a été constatée. La figure 6 montre le recul en terme de production dans les trois formations à *Stipa*. La déperdition en terme de Kg Ms/ha est importante.

3.2. Faciès à *Artemisia herba alba* :

Selon les travaux de Nedjaoui [1] les steppes à *Artemisia herba alba* offre une production primaire de 500 à 4500 Kg MS/ha pour les espèces vivaces et un total de 1 000 Kg MS/ha pour les annuelles. La production annuelle consommable est de 500 Kg MS/ha, soit une productivité pastorale moyenne de 150 à 200 UF/ha. Dans notre cas la phytomasse aérienne dans les faciès à *Artemisia herba alba* en bon état (bien venant) est de 4338 Kg MS/ha ; ceci coïncide avec les données de Nedjraoui [1]. Cependant les deux autres faciès (AMD et AD) sont marqués par une régression assez importante. Les résultats sont reportés dans la figure 6. La comparaison de la biomasse calculée dans les trois faciès ; récapitulée dans la figure 6 ; met en

évidence l'état de dégradation des parcours à *Artemisia herba alba*, puisque la biomasse a chuté de 81,4 % pour les vivaces et de 87,4% pour les annuelles.

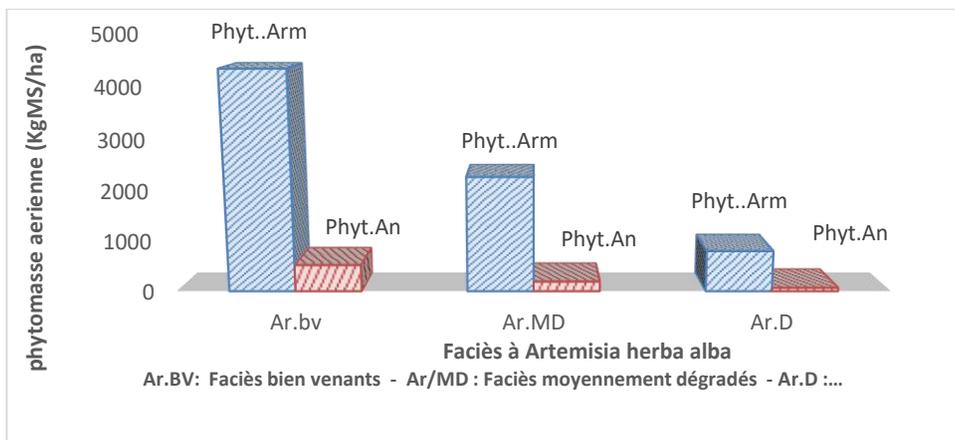


Fig. 6. Evolution de la biomasse aérienne dans les différents faciès à *Artemisia herba alba*.

3.3. Faciès à *Lygeum spartum*

Les steppes à *Lygeum spartum* sont peu productives ; une production moyenne annuelle variant de 300 à 500 Kg MS/ha, a été enregistrée. Il faut noter que ces formations constituent des parcours pastorales d'assez bonne qualité. Leur intérêt vient de leur diversité floristique et de leur productivité relativement élevée en espèces annuelles et petites vivaces. Selon les travaux de Nedjaoui [1] la phytomasse est de 110 Kg MS/ha en moyenne. Toutefois les valeurs enregistrées dans notre cas sont contrastées et une régression nette a été observée.

3.3.1. Faciès à *Lygeum spartum* bien venants(LYBV)

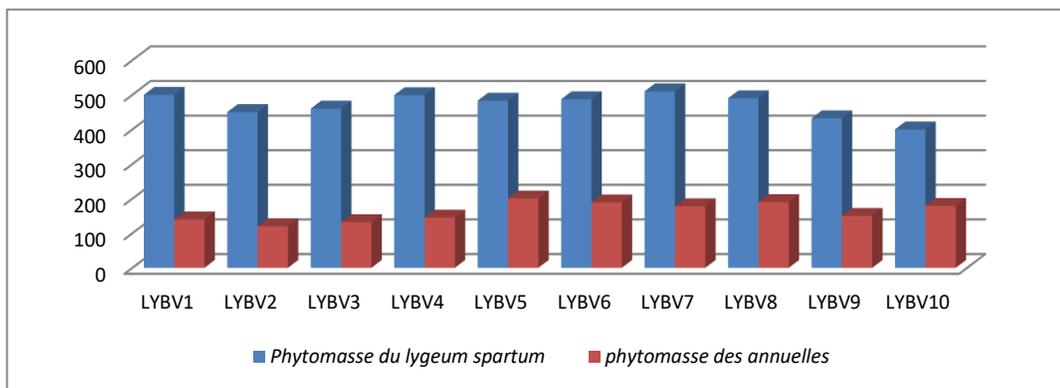


Fig. 7. Biomasse brute des faciès à *Lygeum spartum* en bon état.

La moyenne de la phytomasse des pérennes des faciès bien venants passe de 471 KgMS/ha à seulement 87 KgMS/ha (Figure 7). La phytomasse des annuelles est relativement importante dans les faciès moyennement dégradés, elle représente 30,90 % de la biomasse totale du faciès par contre elle n'est que de 25,62 % dans les bien venants et 26,44% dans les faciès dégradés.

3.3.2. Faciès à *Lygeum spartum* moyennement dégradés(LYMD)

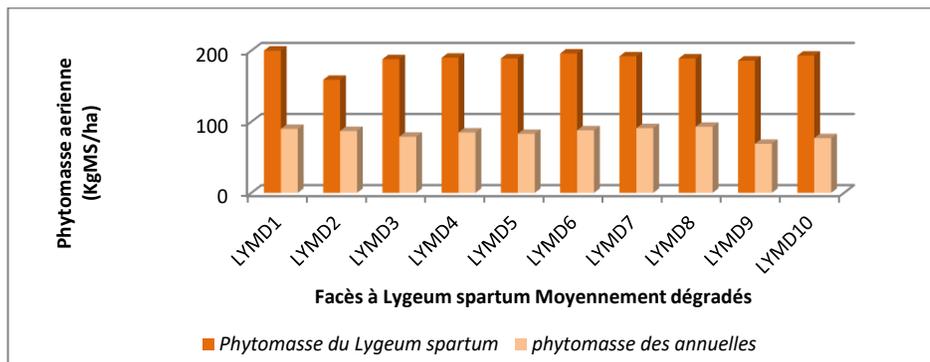


Fig. 8. Biomasse brute des facies à *Lygeum spartum* moyennement dégradés.

3.3.3. Facies à *Lygeum spartum* dégradés(LYD)

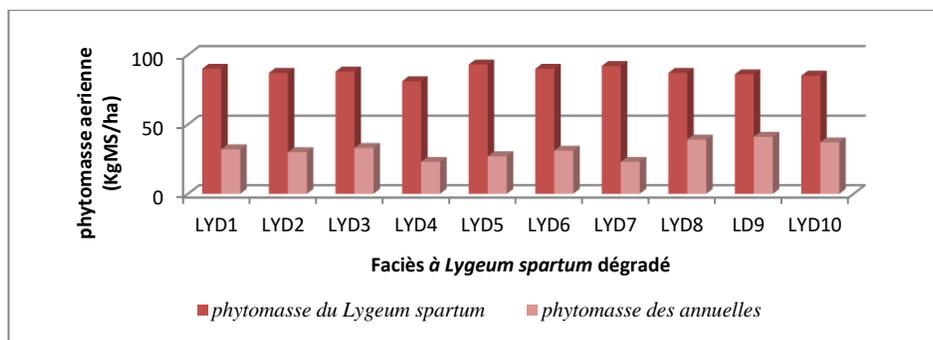


Fig. 9. Biomasse brute des facies à *Lygeum spartum* dégradés.

La phytomasse moyenne de *Lygeum* est de 85 kg MS/Ha et de seulement 31 Kg MS/Ha pour les annuelles soit une régression importante par rapport au facies bien venant de l'ordre de 80% *Lygeum* et 80% pour les annuelles (Figure 9).

CONCLUSION

La phytomasse aérienne des espèces steppiques est l'expression par excellence de son état en vigueur. La régression des formations steppiques est une réalité. Les résultats obtenus confirment la régression importante de la phytomasse aérienne des formations steppiques, non soumises à protection, avec toutes les conséquences écologiques et socioéconomiques qui en découlent. La phytomasse aérienne dans les trois formations étudiées a connu une diminution significative. Comparativement la rétrogradation entre les formations bien venantes et les dégradées est de l'ordre de 82% en moyenne dans les différents facies. Nous avons noté une déperdition spécifique et de nombreuses espèces sont éteintes et/ou menacées de disparaître. Ce recul est un indicateur permettant d'alerter sur la prédisposition de ces écosystèmes à l'ensablement à cause de la faible couverture du sol.

Malgré les différentes solutions prises par les décideurs, la dynamique régressive ne cesse de s'accroître. Les espèces fourragères sont menacées par une disparition même si quelques tentatives de conservation et de préservation sont mises en place par les autorités locales voir nationales. L'impact est tellement important que le rééquilibrage reste difficile à atteindre. Dans son analyse en utilisant le SWOT [24] dégage

les menaces qui pèsent sur les écosystèmes steppiques et qui sont : le changement climatique et la grande dépendance de l'élevage aux parcours malgré le faible apport en valeur fourragère.

Devant l'amplification de la régression des écosystèmes steppiques et vu le recul continue il sera plus judicieux de penser à la création d'une banque de graines d'une part et faire appel à la biotechnologie végétale dans le but de valoriser le clonage des espèces steppiques phares d'autres part. Nous pensons que cette approche permettra la stabilité des formations et le retour à un équilibre écologique.

Références

- [1] D. Nedjraoui, Les ressources pastorales en Algérie. Doc FAO (2002) (en ligne : www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/Algeria/Algerie.htm).
- [2] K. Benabdeli, A. Benguerai et H. Yerou, L'utilisation de l'espace steppique comme terrain de parcours entre identification, potentialités, utilisation et contraintes socio-écologiques en Algérie. Revue de l'écologie-environnement n°04-novembre (2008) 54-67
- [3] L. Trabut. Etude sur l'alfa. Jourdan, (1889) Alger, 90 p
- [4] CNTS (Centre National de Télé-détection Spatiale, Arzew). Inventaire des nappes alfatières des wilayates. Rapp CNTS, (1989), 15 p.
- [5] CRBT (Centre de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres), Rapport phytoécologique et pastorales sur les Hautes Plaines steppiques de la Wilaya de Saida CRBT, Alg.er, (1978) 256 p.
- [6] S. Djebaili, Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas Saharien. OPU. Alger, (1984) 177 p.
- [7] A. Aidoud, and J. Touffet, Regression of Alfa (*Stipa tenacissima* L.), Perennial Grass, an Indicator of Desertification the Algerian Steppe. Sécheresse, 7, (1996) 187-193.
- [8] K. Benabdeli, Évaluation de l'impact des nouveaux modes d'élevage sur l'espace et l'environnement Steppique Commune de Ras El Ma (Sidi Bel Abbes-Algérie) Options Méditerranéennes, Sér. A /n°39, (2000) 130-141.
- [9] H. Kadi-Hanifi, Diversité biologique et phytogéographique des formations à *Stipa tenacissima* L. de l'Algérie. Sécheresse, 14, (2003)169-179.
- [10] M. Bouazza, N. Benabadji, R. Loisel., & G. Metge, Evolution de la végétation steppique dans le Sud-Ouest de l'Oranie (Algérie). Ecologia Mediterranea, 30, (2004) 219-31.
- [11] DGF. (Direction Générale des Forêts), Rapport national de l'Algérie sur la mise en œuvre de la Convention de lutte contre la Désertification. Alger, (2004). <http://www.unccd.int/cop/reports/africa/national/2004/algeria-fre.pdf>
- [12] D. Nedjraoui et S. Bedrani, La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte », Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 8 Numéro 1 (2008) : <http://vertigo.revues.org/5375> ; DOI : 10.4000/vertigo.5375
- [13] O. Hasnaoui , H. Meziane , A. H. Borsali, M. Bouazza, Evaluation of Characteristics Floristico-Edaphic of the Steppes at Alfa (*Stipa tenacissima* L.) in the Saida Region (Western Algeria) Open Journal of Ecology, 4, (2014), 883-891 ; <http://dx.doi.org/10.4236/oje.2014.414074>
- [14] A. Moulay, K. Benabdeli et A. Morsli, Contribution à l'identification des principaux facteurs de dégradation des steppes à *Stipa tenacissima* du sud-ouest Algérien, Mediterranea: Serie de Estudios Biológicos, N°. 22, (2011) 149-188
- [15] M. Henni, Spatio-Temporal Evolution of Vegetation and Soil in *Atriplex canescens* and Role of the Species in Improving Feed Provides Degraded Steppe Rangelands of the Wilaya of Saida (Western Algeria). Ph.D. Thesis, Djillali Liabes University of Sidi Bel-Abbes, Algeria. (2014)
- [16] K. Cherifi, A. Bouker, M. Benabbou, D. Guemour et O. Hasnaoui ; Influence du pâturage sur la phytodiversité et la variation de la composition chimique de cinq plantes broutées dans le mont de Tessala (Algérie nord occidentale) Acta Botanica Malacitana 46 (2021). 31-44 ; <http://doi.org/10.24310/abm.v46i.11929>
- [17] Moulay A., 2013.contribution à l'étude de la régénération naturelle et artificielle de *Stipa tenacissima* L. dans la région steppique occidentale (Algérie). Thèse doctorat, Inst Biologie, Univ. Mascara, 172p.

- [18] APC Ain Skhouna
- [19] K, Benabdeli, Impact socio-économique et écolo-gique de la privatisation des terres sur la gestion des espaces et la conduite des troupeaux : cas de la com-mune de Télagh (Algérie). Options méditerranéennes n°32 : (1996) 185-194.
- [20] Gounot, M. (1969). Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Éditions Masson et Cie. Paris. 314 p
- [21] A. Aidoud et D. Nedjraoui, The steppes of alfa (*Stipa tenacissima* L) and their utilisation by sheeps. In Plant animal ineractions in mediterrean-type ecosystems.MEDECOS VI, Grèce. (1992) 62-67
- [22] A. Aidoud, Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques pâturés. Thèse Doct., Univ. Sci. Technol. H. Boumediene (1989), Alger.
- [23] A. Aidoud, La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. Sécheresse, 7, (1996) 87-93.
- [24] A.T. Youcefi : Approche intégrée en vue de l'aménagement agro-pastoral et de la gestion durable de l'espace steppique. Étude de cas de la wilaya de Naâma ; Thèse doct. LMD Centre Universitaire de Naama (Algérie) (2024) ; 222 p.

2024



Colloque-Formation International

Eau - Agriculture - Climat'2024

Et Sécurité Alimentaire

Ressources en Eau, Agriculture et Changement Climatique

10 au 15 Novembre 2024, Hammamet (Tunisie)

www.jistee.org



Eau - Agriculture - Climat'2024

Et Sécurité Alimentaire

'Ce qui compte c'est demain'

Pour plus d'informations veuillez contacter
Pr. Nouredine GAALOUJ
E-mail: eauclimat@iresa.agrinet.tn
eauclimat@yahoo.com

ASTEE Tunisie

Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement en Tunisie
الجمعية العلمية والفنية للمياه والبيئة التونسية

L'Eau : Notre Métier
L'Environnement : Notre Vie
Le Climat : Notre Planète
Le Développement : Notre Objectif
La Formation : Notre Devoir
La Recherche : Notre Avenir



International Journal Water Sciences and Environment Technologies (IJWSET/JISTEE)
©2024 by the authors | Open Access Journal | ISSN Online: 1737-9350, ISSN Print: 1737-6688
V (ix), Issue 4 –December 2024 - jistee.org/volume-ix-2024/



Colloque-Formation Internationale (EAC'2024)

10 au 15 Novembre 2024, Hammamet (Tunisie)

Eau - Agriculture - Climat'2024 Et Sécurité Alimentaire

Ressources en Eau, Agriculture et Changement Climatique

www.jistee.org



Pour plus d'informations veuillez contacter

Pr. **Noureddine GAALOUL**

E-mail: eauclimat@iresa.agrinet.tn

eauclimat@yahoo.com



International Journal Water Sciences and Environment Technologies (IJWSET/JISTEE)

©2024 by the authors | Open Access Journal | ISSN Online: 1737-9350, ISSN Print: 1737-6688

V (ix), Issue 4 –December 2024 - jistee.org/volume-ix-2024/

2024

13 au 14 Novembre 2024

Hammamet (Tunisie)

Formation Internationale

Eau - Agriculture - Climat'2024

Cinq modules au choix des formations au profit des Doctorants et chercheurs seront animés par des experts internationaux:



eauclimat@yahoo.com
eauclimat@iresa.agrinet.tn

Module 1 : Modélisation des Ressources en Eaux (Eaux de Surface ; Eaux Souterraines et Hydro chimie des eaux)

Module 2 : Système d'Information Géographique (SIG) et Télédétection

Module 3 : Modélisation Hydro-Agro-Climatologique SWAT

Module 4 : Intelligence Artificielle

Module 5 : Smart Agriculture: L'agriculture intelligente face au climat

Module 6 : Anglais Scientifique; Comprendre et communiquer



International Journal Water Sciences and Environment Technologies (IJWSET/JISTEE)

©2024 by the authors | Open Access Journal | ISSN Online: 1737-9350, ISSN Print: 1737-6688

V (ix), Issue 4 –December 2024 - jstee.org/volume-ix-2024/



International Journal Water Sciences and Environment Technologies (IJWSET)

Journal International Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (JISTEE)

ISSN Online: 1737-9350 ISSN Print: 1737-6688

Open Access

09 Volumes, 30 Issues, (426 Papers) and 1 Book



Book (01): *Why green water saving is not fully rewarded by farmers in mount kenya region*
A research frontier of pure: applied sciences and engineering. 120 pages. August 2022

Volume (ix): 4 Issues (25 Papers) Water -Agriculture-Climate'2024

Issue 1 – July 2024 (6 Papers) *Water -Agriculture and Climate Change*

Issue 2 – Octobre 2024 (10 Papers) *Water, Agriculture, Climate Change and Food Security Qualitative and quantitative characterization of water resourcessue*

Issue 3 – Novembre 2024 (4 Papers): *Water, Agriculture, Climate Change and Food Security Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing*

Issue 4 –Decembre 2024 (5 Papers) *Water, Agriculture, Climate Change and Food Security: Water-Agriculture and Food Security and Climate Change*

Volume (viii): 4 Issues (27 Papers) Water -Drought-Climate'2023

Issue 1 – March 2023 (6 Papers) *Water Scarcity, Rising Temperatures. Facing Climate Change, from the Fight to Adaptation?*

Issue 2 – December 2023 (11 Papers) *Water -Drought-Climate'2023 Integrated Water Resources Management*

Issue 3 – December 2023 (6 Papers) *Water -Drought-Climate'2023 Reuse of treated wastewater in agriculture*

Issue 4 – December 2023 (7 Papers) *Water -Drought-Climate'2023 Climate Change and Adaptation*

Volume (vii): 4 Issues (32 Papers) Water -Health-Climate'2022

Issue 1 – March 2022 (7 Papers) *Climate change: What effects on our health?*

Issue 2 – June 2022 (10 Papers) *Impacts of Climate Change on Water, Ecosystems and Human Health*

Issue 3 – September 2022 (7 Papers) *Water, Climate, Health, Disparities: Solutions*

Issue 4 – December 2022 (8 Papers) *Climate Changes Health: Water Quality and Accessibility*

Volume (vi): 4 Issues (31 Papers) Water -Agriculture-Climate'2021

Issue 1 – April 2021 (11 Papers) *Faced with climate and food issues: Reinventing Water-Agriculture-Climate relations*

Issue 2 – June 2021 (6 Papers) *Climate Change, Water, Agriculture - What trajectories?*

Issue 3 – September 2021 (6 Papers) *Climate Change, Water and Agriculture Towards Resilient Systems*

Issue 4 – December 2021 (8 Papers) *Climate Change, Water and Agriculture: What Strategies?*

Volume (v): 2 Issues (27 Papers) Water -Climate'2020

Issue 1 – September 2020 (14 Papers) *Water Resources and Climate Change.*

Issue 2 – Décembre 2020 (13 Papers) *Integrated Water Resources Management and Climate Change*

Volume (iv): 2 Issues (68 Papers) Water -Energy-Climate'2019

Issue 1 – December 2019 (56 Papers) *Integrated Water Resources Management*

Issue 2 – December 2019 (12 Papers) *Renewable Energies and climate change*

Volume (iii): 3 Issues (103 Papers) Water -Environnement-Climate'2018

Issue 1 – April 2018 (62 Papers) *Water Resources Management*

Issue 2 – August 2018 (34 Papers) *Environmental Earth Sciences*

Volume (ii): 5 Issues (53 Papers) Water -Society-Climate'2017

Issue 1 – February 2017 (17 Papers) *Qualitative and quantitative characterization of water resources.*

Issue 2 – April 2017 (8 Papers) *Assessment of water resources under pressure from humanity and climate change*

Issue 3 – June 2017 (9 Papers) *Vulnerability of Water Resources to Climate Change.*

Issue 4 – August 2017 (8 Papers) *Modeling the impact of anthropogenic and climatic changes on water resources*

Issue 5 – October 2017 (11 Papers) *Numerical Modeling in Hydraulics, Hydrology and Hydrogeology*

Volume (i): 3 Issues (36 Papers) Water -Climate'2014

Issue 1 – April 2014 (17 Papers) *Surface Water Resources in the Mediterranean Region.*

Issue 2 – August 2014 (8 Papers): *Ground Water Resources in the Mediterranean Region*

Issue 3 – December 2014 (11 Papers) *Climate Change in the Mediterranean Region*

Copyright © 2022 – Jistee Tous droits réservés

INTERNATIONAL JOURNAL

Water Sciences and Environment Technologies

ISSN Online: 1737-9350 ISSN Print: 1737-6688

Open Access Journal

Volume (ix) - Issue 4 - December 2024

Water - **A**griculture - **C**limate'2024



**Water, Agriculture, Climate Change
and Food Security**

Eau-Agriculture, Sécurité Alimentaire et Changement climatique

Editor-in-Chief: Pr Nouredine Gaaloul

Published by:

**Scientific and Technical Association for Water and
the Environment in Tunisia (*ASTEETunisie*)**