

JOURNAL INTERNATIONAL

Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement

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

Volume (VI) - Numéro 2 – Juin 2021

Eau-Agriculture-Climat'2021



Changement Climatique, Eau, Agriculture - Quelles trajectoires ?

Rédacteur en Chef : Pr Nouredine Gaaloul

Publié par:

L'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et
l'Environnement en Tunisie (ASTEE *Tunisie*)

INTERNATIONAL JOURNAL

Water Sciences and Environment Technologies

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

Open Access

Volume (VI) - Issue 2 – June 2021

Water-Agriculture-Climate'2021



Climate Change, Water, Agriculture - What trajectories?

Editor-in-Chief: Pr Nouredine Gaaloul

Published by:

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

"وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ"

سورة الأنبياء آية 30

Et fait de l'eau toute chose vivante

(Al-Anbiya 30)



<http://jistee.org/journal-international-sciences-et-techniques-de-leau-et-de-lenvironnement/>

Appel à contributions : Prochain numéro la revue Scientifique : JISTEE – Septembre 2021

Nous coordonnons la rédaction, du numéro mois de **Septembre 2021** “Eau- Agriculture – Climat”, (EAC-2021), qui vous est ensuite offert gratuitement en format pdf.

Le thème retenu pour 2021 est “Eau- Agriculture – Climat”, en vous rappelant, si besoin en était, que le changement global couvre à la fois le changement climatique et les changements anthropiques (variations d’occupation des sols et aménagements des bassins versants, prélèvements, etc.).

Nous lançons donc un appel à contributions pour des articles (articles longs, courts, encadrés) qu’il vous paraîtrait intéressant de voir figurer dans ce numéro de la revue Scientifique : Journal International Sciences et Techniques de l’Eau et de l’Environnement (JISTEE).

Les contributions seront attendues pour le courant du mois de Juillet et Septembre 2021 afin de pouvoir être révisées par le Comité Scientifique International et que la mise en forme du numéro ait lieu en Juillet 2021 au plus tard.

Visiter notre site : <https://jistee.org/journal-international-sciences-et-techniques-de-leau-et-de-lenvironnement/>



<http://jistee.org/journal-international-sciences-et-techniques-de-leau-et-de-lenvironnement/>

Call for contributions: Next issue of the Scientific review: JISTEE – September 2021

International Journal of Water Science and Environment Technologies

We are pleased to inform you that the Vol 6, No 3 of International Journal of Water Science and Environment Technologies is available at <https://jistee.org/volume-vi-2021/> Open access Journal are freely accessible via the internet for immediate worldwide. This Journal is an Open Access International Journal and will accept research and review manuscripts ranging from, Basic research on Water, Climate, Environment, Hydrology; hydrogeology and management of water resources; Agricultural hydraulics (Irrigation, Drainage, etc.), Modeling of Water Resources (Hydraulics, Hydrology, Hydrogeology), Physico-chemical quality of Surface and groundwater; Hydrobiology, microbiology, toxicology and ecotoxicology; the structure and function of aquatic ecosystems; Water quality, wastewater treatment and drinking water; Municipal and industrial wastewater treatment; Management of water resources (quantitative, socio-economic and legal aspects)

The manuscript/ paper can be submitted via email to jistee@iresa.agrinet.tn or jistee@yahoo.com

to our online direct submission area, located here:

<http://jistee.org/journal-international-sciences-et-techniques-de-leau-et-de-lenvironnement/>

Comité Scientifique International (CSI-EC'2021) International Scientific Committee (ISC-EC'2021)

Nouredine Gaaloul	Prof. Université de Carthage – IRESA- INRGREF (Tunisie)
Hamadi Habaieb	Prof. Université de Carthage – IRESA- IN-AT (Tunisie)
Zouhaier Nasr	Prof. Université de Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisie)
Mohamed Hachicha	Prof. Université de Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisie)
Zouhaier Hlaoui	Prof. Université de Tunis - Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis (Tunisie)
Adel Kharroubi	Prof. Université de Gabès – ISSTEG (Tunisie)
Taoufik Hermassi	M.Conf. Université de Carthage – IRESA- INRGREF (Tunisie)
Mohamed Habib Sellami	M.Conf. Université de Jendouba – IRESA- ESIM (Tunisie)
Hechmi Belaid	M. Assistant. Université de Jendouba -IRESA- ESIM (Tunisie)
Rim Katlane	M.Conf. Université de la Manouba - Faculté des Lettres, des Arts et des Humanités (Tunisie)
Ibrahima Amadou Traoré	Expert Hydrogéologue
Mohamed Meddi	Prof. ENSH, (Algérie)
Azgedine Hani	Prof. Univ. Annaba (Algérie)
Larbi Djabri	Prof. Univ. Annaba (Algérie)
Salah Eddine Ali Rahmani	Prof. Univ. des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (Algérie)
Saadane Djorfi	Prof. Université de Annaba (Algérie)
Mohammed Achite	Prof. Université de Chlef (Algérie)
Abdelhalim Yabiaoui	Prof. Université de Bechar (Algérie)
Mohamed Bessenasse	Prof. Université de Saad Dahlab- Blida (Algérie)
Benabadi Noury	Prof. Université de Tlemcen (Algérie)
Abdessamad Merzouk	Prof. Université de Tlemcen (Algérie)
Abdelhalim Yabiaoui	M.Conf. Univ. Bechar (Algérie)
Guegazi Saadia	M.Conf. Université de Biskera (Algérie)
Beloulou Laroussi	M.Conf. Université Badji Mokhtar, Annaba (Algérie)
Gaendouz Abdelhamid	M.Conf. Université de Blida1 (Algérie)
Khoulédia Wacila	M.Conf. Université de Souk-Abras (Algérie)
Belkacem Bekkoussa	M.Conf. Université Mustapha Stambouli de Mascara (Algérie)
Ali Essahlaoui	Prof. Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
El Ouali Abdelhadi	Prof. Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
Abdellah El Hmaidi	Prof. Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
Imad Manssour	Prof. Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
Abdelmajid Moumen	Prof. Université Nadour (Maroc)
Mhamed Amyay	Prof. Université de Fès (Maroc)
Abdelaziz Abdallaoui	Prof. Université Moulay Ismail (Maroc)
Amadou Thierno Gaye	Prof. Université Cheikh Anta Diop, Dakar, (Sénégal)
Sousou Sambou	Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Sénégal)
Diop Ngom Fatou	Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Sénégal)
Soro Nagnin	Prof. UFR STRM (Cote d'Ivoire)
Gnamba Franck Maxime	Prof. UFR STRM (Cote d'Ivoire)
Soro Nagnin	Prof. UFR STRM (Cote d'Ivoire)
Cush Ngongzo Luwesi	Prof. Univ. Dem. Rep. (Congo)
Koussouhon A. Leonard	Prof. FL-LAC/ UAC (Congo)
Koumassi Dègla Hervé	Prof. LACEEDE/ UAC (Bénin)
Hamma Yacouba	Prof. 2E (Burkina Faso)
Harouna Karambiri	Prof. 2E (Burkina Faso)
Lienou Gaston	Prof. Univ. Yaoundé (Cameroun)
Gnandi Kissao	Prof. Univ. Lomé (Togo)
Hamadoun Bokar	Prof. Univ. ENI-abt (Mali)
Saeid Eslamian	Prof. Université de Isfahan (Iran)
Amadou Gaye	Prof. CR4D (Ethiopia)
Richard Anyah	Prof. CR4D (Ethiopia)
Benjamin Lamptey	Prof. CR4D (Ethiopia)
Aqeel Al-Adili	Prof. Univ. Technology (Iraq)
Mountaz Razack	Prof. Université de 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. Darmstadt (Germany)
Jean-François Delège	Prof. Univ. de Liège (Belgique)

Préface



Le GIÈC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, IPCC en anglais) s'appuie sur une très large expertise scientifique (des centaines d'experts de tous les pays, des milliers de publications scientifiques) et sur de nombreuses modélisations pour présenter en détail les incidences des changements climatiques à venir, les risques qui y sont liés et les possibilités d'intervention qui peuvent en limiter les conséquences. L'évolution du climat est sujette à diverses fluctuations, les incertitudes sont importantes pour certains paramètres (pour la pluie et l'évapotranspiration

potentielle (ETP), davantage que pour les températures), la variabilité dans le temps et dans l'espace sera plus grande, mais la nature des risques auxquels nous devons faire face est de plus en plus clairement établie

L'échéance de 2050, choisie dans ce rapport se situe au début de la divergence des courbes d'augmentation des températures en fonction des scénarios retenus. Si l'impact du changement climatique sera déjà bien sensible d'ici 2050 (il l'est déjà aujourd'hui), il sera probablement bien plus fort dans la deuxième partie de ce siècle.

Pour le secteur de l'agriculture, le GIÈC met en évidence les perspectives d'une augmentation de la demande en eau d'irrigation et les menaces sur l'agriculture pluviale à cause d'une plus grande variabilité des pluies.

La disponibilité des ressources en eau est très fortement liée au climat dans ses composantes environnementales (milieux humides, rivières, nappes, océans) comme dans sa répercussion sur les usages avec notamment de fortes incidences sur l'agriculture.

Les plans nationaux d'adaptation au changement climatique (PNACC (Plan national d'adaptation au changement climatique (2011-2015)) et 2 (2018-2022)) identifient les mesures d'adaptation en insistant sur la grande diversité de la sensibilité des territoires au regard des questions de quantité et de qualité des ressources hydriques, comme des risques liés aux événements extrêmes de plus en plus marqués.

De nombreuses études à différentes échelles de temps et d'espace permettent d'évaluer les perspectives de ces territoires et nous obligent à repenser les relations entre l'eau et l'agriculture.

Le changement climatique, dont les effets sont déjà perceptibles, aura des conséquences lourdes sur l'agriculture comme sur les ressources en eau et les milieux aquatiques dans les prochaines décennies. Il va nécessiter à la fois des transformations importantes de l'agriculture et la sécurisation de la ressource en eau dans le respect des équilibres naturels.

Le changement climatique exerce de manière directe un impact sur les ressources en eau et les milieux aquatiques par la modification combinée des précipitations et de la température, ce qui modifie l'évapotranspiration potentielle (ETP), la recharge des nappes et leur niveau piézométrique, le débit et la qualité des eaux des cours d'eau (élévation de température). Ces impacts, déjà observés depuis plusieurs années dans tous les bassins, et les espaces montagnards en particulier, vont s'aggraver dans les décennies à venir.

La gestion de l'eau et sa gouvernance sont également interpellées par le changement climatique, tant par les modifications qu'il induit sur la recharge des nappes que sur l'hydrologie des cours d'eau : la réduction des débits d'étiage naturels interroge sur une possible révision des Débits Objectifs d'Étiage (DOE).

Noureddine Gaaloul
Professeur de l'Enseignement Supérieur Agricole (INRGREF)
Fondateur et Rédacteur en Chef de la Revue
Journal International Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement
(www.jistee.org)

Président L'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement en
Tunisie (ASTEE Tunisie)

The IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC in English) relies on a very broad scientific expertise (hundreds of experts from all countries, thousands of scientific publications) and on numerous modeling to present in detail the impacts of future climate change, the associated risks and the possibilities of intervention that can limit the consequences. The evolution of the climate is subject to various fluctuations, the uncertainties are important for certain parameters (for the rain and the potential evapotranspiration (ETP), more than for the temperatures), the variability in time and in space will be larger, but the nature of the risks we will face is increasingly clear.

The 2050 deadline chosen in this report is at the start of the divergence in the temperature increase curves depending on the scenarios selected. While the impact of climate change will already be very noticeable by 2050 (it already is today), it will probably be much stronger in the second part of this century.

For the agriculture sector, the IPCC highlights the prospects for increased demand for irrigation water and threats to rain-fed agriculture from increased rainfall variability.

The availability of water resources is very strongly linked to the climate in its environmental components (wetlands, rivers, aquifers, oceans) as well as in its impact on uses with, in particular, strong effects on agriculture.

The national climate change adaptation plans (PNACC (National Climate Change Adaptation Plan (2011-2015)) and 2 (2018-2022)) identify adaptation measures by emphasizing the great diversity of the sensitivity of territories with regard to questions of quantity and quality of water resources, as well as the risks linked to increasingly marked extreme events.

Numerous studies at different time and space scales make it possible to assess the prospects of these territories and force us to rethink the relationship between water and agriculture.

Climate change, the effects of which are already noticeable, will have serious consequences on agriculture as well as on water resources and aquatic environments in the coming decades. It will require both major transformations in agriculture and the securing of water resources while respecting natural balances.

Climate change has a direct impact on water resources and aquatic environments through the combined modification of precipitation and temperature, which modifies potential evapotranspiration (ETP), groundwater recharge and their piezometric level, the flow rate and quality of water in watercourses (temperature rise). These impacts, already observed for several years in all basins, and mountain areas in particular, will worsen in the decades to come.

The management of water and its governance are also challenged by climate change, both by the modifications it induces in groundwater recharge and in the hydrology of watercourses: the reduction in natural low flow rates raises questions. on a possible review of the Objective Water Flow Rates (DOE).

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, INRGREF-Tunis).

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

Founder and Chief Editor International Journal Water Science and Environment Technologies (www.ijsstee.org)



ISSN Online: 1737-9350 ISSN Print: 1737-6688 Open Access
06 Volumes, 17 Numéros, (304 Articles) (mise à jour Juin 2021)
06 Volumes, 17 luees, (304 Papers) (Up date June 2021)

International Journal Water Sciences And Environment Technologies (IJWSET)

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

Volume (VI) : 4 Numéros (??? Articles) / 4 Issues (: : : : : Papers) Eau-Agriculture-Climat'2021 / Water--Agriculture-Climate'2021

- Numéro 1** – Avril 2021 (11 Articles) Face aux enjeux climatiques et alimentaires : Réinventer les relations Eau-Agriculture-Climat / *Faced with climate and food issues : Reinventing Water-Agriculture-Climate relations*
Numéro 2 – Juin 2021 (6 Articles) Changement climatique, eau, agriculture - Quelles trajectoires ? / *Climate Change, Water, Agriculture - What trajectories ?*
Numéro 3 – September 2021
Numéro 4 – Décembre 2021

VOLUME (V) 2 Numéros (27 Articles) / 2 Issues (27 Papers) Eau-Climat'2020 (EC-2020) / Water-Climate'2020 (EC-2020)

- Numéro 1** – Septembre 2020 (14 Articles) Ressources en Eaux et Changements Climatiques / *Water Resources and Climate Change*.
Numéro 2 – Décembre 2020 (13 Articles) Gestion Intégrée des Ressources en Eau et Changement Climatique / *Integrated Water Resources Management and Climate Change*

VOLUME (IV) : 2 Numéros (68 Articles) / 2 Issues (68 Papers) Eau-Energie-Climat'2019 (2EC-2019) / Water-Energy-Climate'2019 (E'C-2019)

- Numéro 1** – Décembre 2019 (56 Articles) Gestion Intégrée des Ressources en Eaux / *Integrated Water Resources Management*
Numéro 2 – Décembre 2019 (12 Articles) Énergies Renouvelables Et changements climatiques / *Renewable Energies and climate change*

- VOLUME (III) : 3 Numéros (103 Articles) / 3 Issues (103 Papers)
Eau-Environnement-Climat'2018 (E'C-2018) / Water-Environnement-Climate'2018**
Numéro 1 – Avril 2018 (62 Articles) Gestion des Ressources en Eau / *Water Resources Management*
Numéro 2 – Août 2018 (34 Articles) Sciences de l'Environnement / *Environmental Earth Sciences*

VOLUME (II) 5 Numéros (53 Articles) / 5 Issues (53 Papers) Eau-Société-Climat'2017 (ESC-2017) / Water-Society-Climate'2017 (ESC-2017)

- Numéro 1** – Février 2017 (17 Articles) Caractérisation qualitative et quantitative des ressources en eau / *Qualitative and quantitative characterization of water resources*.
Numéro 2 – Avril 2017 (8 Articles) Évaluation des ressources en eau sous les pressions de l'humanité et des changements climatiques / *Assessment of water resources under pressure from humanity and climate change*
Numéro 3 – Juin 2017 (9 Articles) Vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques / *Vulnerability of Water Resources to Climate Change*.
Numéro 4 – Août 2017 (8 Articles) Modélisation de l'impact des changements anthropiques et climatiques sur les ressources en eau / *Modeling the impact of anthropogenic and climatic changes on water resources*
Numéro 5 – Octobre 2017 (11 Articles) Modélisation Numérique en Hydraulique, Hydrologie et Hydrogéologie / *Numerical Modeling in Hydraulics, Hydrology and Hydrogeology*

VOLUME (I) 3 Numéros (36 Articles) / 3 Issues (36 Papers) Eau-Climat'2014 (EC-2014) / Water-Climate'2014 (EC-2014)

- Numéro 1** – Avril 2014 (17 Articles) Ressources en Eaux de Surface en Région Méditerranéenne / *Surface Water Resources in the Mediterranean Region*.
Numéro 2 – Août 2014 (8 Articles) : Ressources en Eaux Souterraines en Région Méditerranéenne / *Ground Water Resources in the Mediterranean Region*
Numéro 3 – Décembre 2014 (11 Articles) Changements Climatiques en Région Méditerranéenne / *Climate Change in the Mediterranean Region*

Copyright © 2020 – Jistee Tous droits réservés





www.jistee.org
jistee@iresa.agrinet.tn
jistee@yahoo.com



Sommaire

Vulnerabilite des femmes aux changements climatiques et strategies d'adaptation dans la commune de glazoue	9
Blalogue Parfait (<i>Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques d'Abomey/ Bénin</i>), Akognongbe Arsène J. S., Azagoun V. Vinassé, A.	
Gestion des dechets dans les établissements scolaires de l'arrondissement de togba dans la commune d'Abomey-Calavi au Benin (Afrique de l'Ouest)	23
Dossou- Yovo C. Adrien (<i>Université d'Abomey-Calavi – Bénin</i>)	
Caracterisation des contraintes climatiques dans la commune de Dassa-Zoume au Benin	32
René Ayéman Zodekon (<i>Université d'Abomey-Calavi - Bénin</i>), Romaric Ogouwale, Léocadie Odoulami	
Strategies paysannes face à la variabilité pluviometrique et ses effets sur les activites agropastorales dans la commune de Ouesse au Benin	46
Wokou C. Guy , (<i>Université d'Abomey-Calavi - Bénin</i>)	
Evaluation of the quality of surface water of Oued Tensift using the water quality index	56
Mimouni Yassine (<i>University of Liège – Belgium</i>), Jean-François Delière	
Water, Climate Change and Agriculture in MENA regions (Middle East and North Africa)	66
Gaaloul Noureddine (<i>University of Carthage – INRGREF - Tunisia</i>), Saeid Eslamian, Rim Katlane	



Vulnérabilité des femmes aux changements climatiques et stratégies d'adaptation dans la commune de glazoué

Blalogue Parfait¹, Akognongbe Arsène J. S., Azagoun V. Vinassé, A. ⁴

¹ Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques d'Abomey/ Bénin

² Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE) ; Université d'Abomey-Calavi (Bénin). BP 1338, Abomey-Calavi, République du Bénin

RÉSUMÉ

Les effets et les impacts des variations climatiques affectent en général les ressources naturelles dont les femmes tirent l'essentiel de leurs revenus. En milieu rural, les femmes sont particulièrement vulnérables aux impacts liés aux changements climatiques, de par leur niveau de responsabilité au sein du foyer et leur accès limité aux informations, ressources et services liés aux inégalités qui les affectent. L'objectif de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la résilience des femmes rurales face aux changements climatiques dans la commune de Glazoué.

La démarche méthodologique utilisée a consisté en la collecte des données, le traitement des données et la méthode d'analyse des résultats. La technique de collecte des données prend en compte la recherche documentaire et les enquêtes de terrain. Pour ce faire, des enquêtes de terrain ont été menées auprès de 180 femmes rurales bénéficiaires du Projet DERICC-Bénin dans la commune, suivies des enquêtes semi-structurées orientées vers des autorités locales pour recueillir des informations relatives aux changements climatiques et la vulnérabilité socio-économique des femmes. Les données de terrain, associées à l'analyse des données météorologiques de 1989 à 2018 ont permis d'identifier les sécheresses, les vagues de chaleur, les inondations et la perturbation des régimes pluviométriques comme risques affectant les femmes rurales dans la commune de Glazoué. Ces risques impactent les moyens et les modes d'existence des femmes de la zone d'étude, en particulier l'agriculture qui constitue la principale source de revenu de ces femmes. De l'analyse des moyens d'existence durables et des impacts climatiques sont assortis les facteurs qui influencent la vulnérabilité. Parmi ces facteurs, on peut citer : le caractère pluvial de l'agriculture, la non-accessibilité des femmes aux ressources de base et l'analphabétisation. Face aux impacts directs des changements climatiques, des options d'alerte précoces et l'utilisation des variétés précoces ont été proposées aux femmes et des recommandations ont été formulées à l'endroit des institutions et des organismes. Dans l'ensemble, l'organisation patriarcale et le statut particulier des femmes béninoises font qu'elles sont plus vulnérables aux changements climatiques.

Mots clés : Résilience - femmes rurales - ressources naturelles - capacité d'adaptation - Production agricoles - Glazoué

Vulnerability of women to climate change and adaptation strategies in the commune of glazoué

Abstract

The effects and impacts of climate change generally affect the natural resources from which women derive most of their income. In rural areas, women are particularly vulnerable to the impacts of climate change due to their level of responsibility within the household and their limited access to information, resources and services related to the inequalities that affect them. The objective of this study is to contribute to the improvement of rural women's resilience to climate change in the commune of Glazoué.

The methodological approach used consisted of data collection, data processing and analysis of the results. The data collection technique takes into account documentary research and field surveys. To this end, field surveys were conducted among 180 rural women beneficiaries of the DERICC-Benin Project in the commune, followed by semi-structured surveys directed at local authorities to gather information on climate change and women's socio-economic vulnerability. The field data, combined with analysis of meteorological data from 1989 to 2018, identified droughts, heat waves, floods and disruption of rainfall patterns as risks affecting rural women in the commune of Glazoué. These risks impact on the livelihoods of women in the study area, particularly agriculture, which is the main source of income for these women. From the analysis of sustainable livelihoods and climate impacts, factors that influence vulnerability are identified. These factors include: the rainfed nature of agriculture, women's lack of access to basic resources and illiteracy. In response to the direct impacts of climate change, early warning options and the use of early varieties were proposed to women and recommendations were made to institutions and agencies. Overall, the patriarchal organisation and the particular status of Beninese women make them more vulnerable to climate change.

Keywords: Resilience - rural women - natural resources - adaptive capacity - agricultural production - Glazoué

¹ Corresponding author: arsene.akognongbe@gmail.com

INTRODUCTION

Le changement climatique est l'un des défis clefs pour l'avenir, à la fois pour les pays développés et les pays en développement. Avec une population mondiale en augmentation, une demande croissante en nourriture, en eau et en énergie et des ressources naturelles qui s'épuisent, le changement climatique agira comme un «multiplicateur de menace» (CNA, 2007), aggravant la pénurie de ressources et imposant un stress supplémentaire sur les systèmes socio-écologiques.

Le système climatique planétaire dans lequel s'inscrit le Bénin, subit des modifications à grande échelle qui restent amplifiées par les facteurs naturels et anthropiques tant régionaux, que locaux. Ainsi, les climats béninois sont sujets à de forte variabilité ou à des changements selon les échelles de temps et d'analyse dont les conséquences restent néfastes pour le développement durable (PANA, 2008).

Les effets et les impacts des variations climatiques affectent en général le milieu rural qui tire l'essentiel de ses revenus de spéculations fortement dépendantes du climat ; mais leur intensité et leur importance varient suivant la vulnérabilité des différentes catégories d'acteurs qui sont confrontés aux perturbations climatiques (Sall *et al.*, 2016).

Selon les dernières données de Recensement Général de la Population et de l'Habitation au Bénin, les femmes représentent 51,3 % de la population béninoise avec un taux de 52 % en milieu rural. Elles demeurent les principales actrices qui interviennent dans tous les secteurs d'activités économiques. Cependant, les programmes d'adaptation au changement climatique ne semblent pas aborder les obstacles des femmes, ce qui peut, de façon involontaire, renforcer l'inégalité genre et même accroître la charge de travail des femmes (ALP, 2016).

Il urge alors de déterminer les facteurs qui influencent la vulnérabilité des femmes rurales et d'analyser leur capacité d'adaptation face aux changements climatiques afin de mieux les accompagner dans leur contribution au développement du pays.

Ainsi, la présente étude vise à contribuer à l'amélioration de la résilience des femmes rurales face aux changements climatiques. La figure 1 présente la situation géographique du lac Ahémé.

L'analyse de la figure 1 indique que la commune de Glazoué est limitée au Nord par les communes de Ouèssè et de Bassila, au Sud par la commune de Dassa-Zoumè, à l'Est par celles de Ouèssè et de Savè et à l'Ouest par les communes de Bantè et de Savalou. La commune de Glazoué est un territoire à caractère rural et couvre une superficie de 1750 km². C'est une commune dont les sols ont des aptitudes culturales reconnues, ce qui explique l'afflux des populations des autres localités vers Glazoué. L'hydrographie favorise le développement et la répartition de certaines espèces végétales sur les différents types de sols.

Par ailleurs, le choix de la commune s'est appuyé sur les résultats d'étude de mise en œuvre du Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation (PAS-PNA) qui ont révélé que Glazoué est l'une des communes les plus menacées par les effets des changements climatiques au Bénin (Akponikpè *et al.*, 2019). Selon le RGPH-4, le taux des femmes agricoles dans la commune est très important et 20 % des ménages agricoles sont dirigés par les femmes. Le choix tient aussi du fait que la réduction de la vulnérabilité des couches sociales marginalisées et l'autonomisation des femmes demeurent des problèmes préoccupants à la commune (PDC, 2017). De plus la commune bénéficie du Projet de Développement d'une Résilience Inclusive aux Changements Climatiques et aux Catastrophes (Projet DERICC-Bénin).

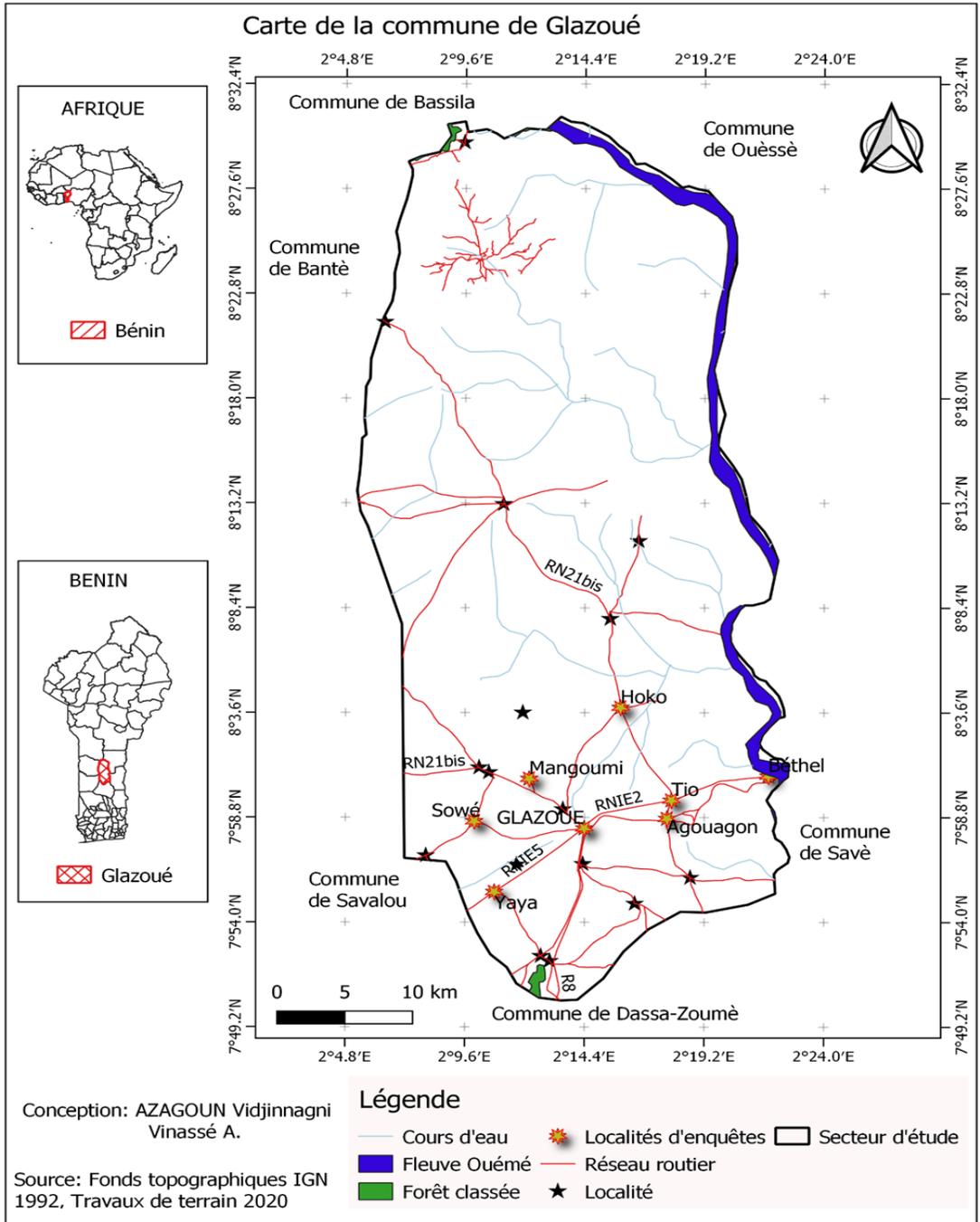


Figure 1 : Situation géographique de la commune de Glazoué

APPROCHE METHODOLOGIQUE

La démarche méthodologique est axée autour de la collecte des données, la méthode de traitement des données et la méthode d'analyse des résultats. Les données climatologiques (Pluie et Température de 1989 à 2018), cartographiques et les données d'enquêtes de terrain ont été collectées auprès des institutions de la place et en milieu réel. La technique de collecte des données a consisté à la recherche documentaire et aux enquêtes de terrain. Celles-ci ont été menées à l'aide de questionnaires, de guides d'entretien et de grille d'observation.

Les travaux de terrain regroupent les enquêtes socio-anthropologiques et les observations directes dans la commune de Glazoué. Les enquêtes sont réalisées à l'aide de questionnaires et de guides d'entretien adressés aux populations et aux personnes ressources identifiées. L'échantillonnage prend en compte les femmes des groupements bénéficiaires du projet DERICC dans la commune. Ces groupements sont constitués d'hommes et de femmes et selon l'hypothèse que les membres d'un même groupement ne disposent pas nécessairement des mêmes capacités pour faire face aux chocs, un questionnaire individuel a été adressé à chacune des femmes. Au total, cent quatre-vingt (180) femmes ont été enquêtées dans la commune de Glazoué. Un échantillon à choix raisonné a été constitué de personnes-ressources et des groupes de personnes fortement impliquées dans le développement local comme les agents ATDA, ONG et les autorités locales pour les entretiens semi-directifs

Les données quantitatives et qualitatives ont été traitées de façon automatique et synthétisées en tableaux, graphiques et analysées. Le guide d'entretien et les fiches d'enquêtes ont été dépeuillés manuellement puis traités avec l'outil informatique sur le Word et le logiciel Excel pour dégager les tendances à l'aide de la statistique descriptive. Les tableaux ont servi à réaliser des graphiques et cartes illustratifs.

L'approche matricielle (tableau I) a été la base à l'analyse des impacts environnementaux à travers l'identification des sources d'impacts et des composantes du milieu et l'analyse des impacts directs et potentiels de même que leur évaluation.

Tableau I : Matrice de sensibilité aux risques liés à l'exploitation des populations de la commune de Glazoué

	Risques liés à l'exploitation du fleuve Ouémé				Indicateurs d'exposition (%)
	Amenusement des ressources halieutiques	Comblement / envasement	Qualité de l'eau	Mutations sociales	
Services rendus par le fleuve Ouémé					
Habitats écologiques					
Ressources halieutiques					
Ressources en eau					
Moyens d'existence					
Produits halieutiques					
Agriculture					
Commerce					
Pisciculture					
Modes d'existence					
Pêcheurs					
Agriculteur					
Commerçants					
Pisciculteur					
Indicateurs d'impacts (%)					

Source : Fall, 2007 et adapté en fonction des données de travaux de terrain, novembre 2007

Le barème d'évaluation de l'ampleur des risques affectant les populations de la commune de Glazoué se présente comme mentionné dans le tableau II.

Tableau II : Barème d'évaluation des risques climatiques dans la commune de Glazoué

Ampleur du risque	Seuil d'impacts ou d'exposition
Faible	1
Assez faible	2
Moyen	3
Assez fort	4
Fort	5

Le seuil est grand selon l'ampleur du risque lié à l'exploitation du milieu. Ce barème qui fait office de seuil a permis de déterminer le degré d'impacts de l'exploitation du lac sur les systèmes naturels, socio-économiques et sur les modes d'existence. Les indicateurs sont calculés en termes de proportion (pourcentage) en fonction du nombre total de points réunis par les éléments constitutifs des rubriques : services rendus par la commune, moyens d'existence et modes d'existence.

Ainsi, l'indice de capacité d'adaptation s'obtient en faisant la moyenne des scores des indicateurs. A cet effet, on a distingué trois classes de capacité d'adaptation en fonction de la valeur du score (tableau III).

Tableau III : Exemple de classes de capacité d'adaptation

Score]0 ;1]]1 ;2]]2 ;3]
Capacité d'adaptation	Faible	Moyenne	Elevée

Ensuite, ces scores sont représentés dans la courbe en toile d'araignée (figure 2) pour indiquer la capacité d'adaptation des acteurs qui varie de faible à élevée.

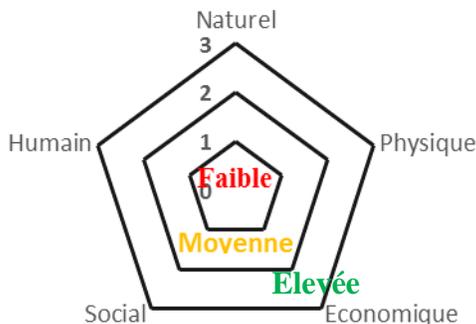


Figure 2 : Schéma illustratif de la capacité d'adaptation des femmes

De la matrice des chaînes d'impact des risques et de l'analyse de la capacité d'adaptation est assorti un référentiel de vulnérabilité qui a permis de classer les facteurs de vulnérabilité en 4 classes pour l'aide à la décision en lien avec la prévention et la gestion des risques climatiques affectant les femmes (tableau IV).

Tableau IV : Exemple de classe des facteurs de vulnérabilité des femmes

Classes	Facteurs de vulnérabilité des femmes
Alerte précoce	
Riposte	
Relèvement	
Structurelle	

A la suite de ceci, les stratégies d'adaptation ont été analysées et il a été ensuite procédé à une priorisation des options d'adaptation.

RESULTATS

Activités et moyens d'existence des femmes de la commune de Glazoué

Selon 95 % des enquêtés, l'agriculture est la principale activité menée par les femmes de la commune de Glazoué. La figure 3 présente les proportions d'activités menées par les femmes de la commune de Glazoué.

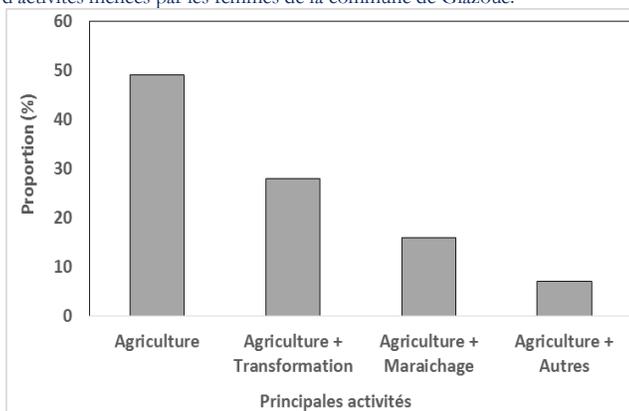


Figure 3 : Proportions d'activités menées par les femmes de la commune de Glazoué

L'analyse de la figure 3 révèle qu'environ 51 % associent d'autres activités telles que la transformation de soja ; l'élevage du riz, le maraichage ; l'élevage des volailles et de petits commerces à leur agriculture (figure 3). Quant à l'élevage, seulement 3 % des femmes enquêtées disposent entre 8 et 20 têtes de volailles. Ainsi, la principale activité de la population demeure l'agriculture à laquelle s'ajoutent les activités de transformation, de maraichage et autres qui sont qualifiées d'activités secondaires. Les matériels

agricoles utilisés par les femmes enquêtées sont encore des matériels rudimentaires. Les activités initiales pratiquées par ces populations sont de plusieurs types selon les ressources naturelles exploitées.

Droit des femmes sur les moyens d'existence dans la commune de Glazoué

Pour subvenir aux besoins d'existence, les femmes utilisent plusieurs types de ressources dans l'exercice de leur activité. La figure 4 présente le droit des femmes dans la gestion des moyens d'existence dans la commune de Glazoué.

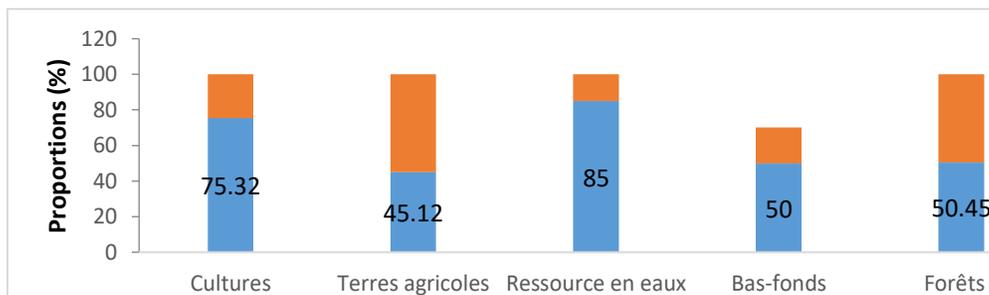


Figure 4 : Droit des femmes à la gestion des moyens d'existence

L'analyse de la figure 4 révèle que, seulement 45,12 % des femmes ont un droit à la gestion des terres agricoles exploitées. Par contre, des 70 % exploitant les bas-fonds, 50 % en ont une autorité. Très peu de femmes (12 %) ont reconnu avoir une autorité sur la gestion des infrastructures sociales (magasin de stockages).

Perception des femmes de la variabilité/changement climatique dans la commune de Glazoué

Les femmes ont plusieurs perceptions sur la variabilité/changement climatique dans la commune de Glazoué. En effet, 98 % des enquêtés ont affirmé qu'il y a actuellement une grande perturbation au niveau des saisons de pluie au point qu'elles n'ont plus la maîtrise des débuts des campagnes agricoles. Selon 49,26 % des femmes, la grande saison des pluies qui démarrait en mars ou au plus tard en début du mois d'avril dans le passé, commence actuellement le plus tôt en avril. Quant à la petite saison, elle commence actuellement en septembre selon 80,97 % des femmes alors que pour 5,21 et 8,82 %, elle commence respectivement en juillet et en août. Soixante-cinq pour cent (65 %) ont perçu que l'intensité des pluies a augmenté au cours de ces dernières années avec des épisodes d'inondation de plus en plus fréquents. Le nombre moyen de séquences sèches a augmenté selon 88 % des femmes, pendant la grande saison.

En ce qui concerne les températures, 94,11 % des femmes enquêtées affirment que les températures sont en augmentation ces dernières décennies. L'augmentation perçue concerne aussi bien les températures diurnes que celles nocturnes. Elles affirment que les températures en journée sont plus élevées ces dernières années que celles nocturnes sont toutes aussi chaudes mais pas autant qu'en journée.

En ce qui concerne les événements climatiques majeurs, il est à noter qu'ils ne sont pas perçus de la même manière par les femmes enquêtées et que leur perception varie d'une localité à une autre. La figure 5 présente la perception des femmes sur les événements climatiques majeurs observés dans la commune de Glazoué.

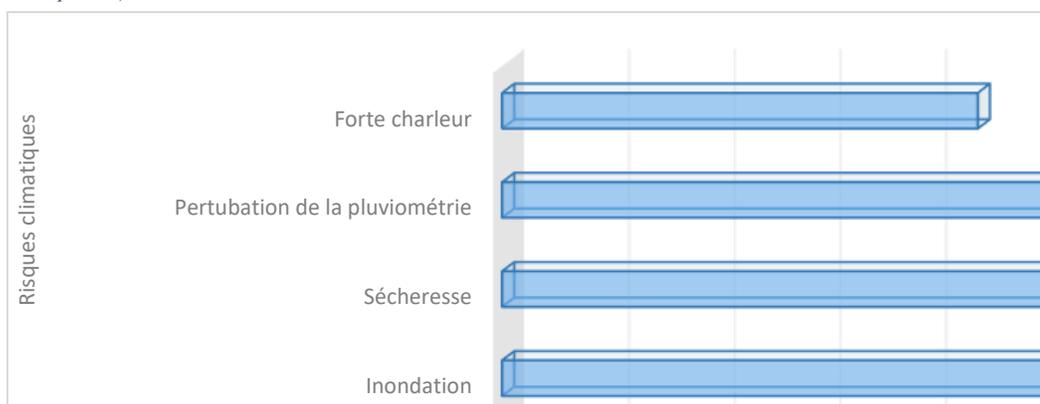


Figure 5 : Risques climatiques vécus par les femmes

Pour l'ensemble de l'échantillon, les perturbations de la pluviométrie (démarrage tardif des saisons, raccourcissement de la longueur des saisons et la baisse des cumuls pluviométriques) occupe la première place (80,7 %). Les autres risques perçus sont entre autres les sécheresses (75,1 %), la fréquence des inondations (65,7 %), les fortes chaleurs (45,9 %). Les femmes enquêtées ont affirmé avoir vécu au moins un de ces événements extrêmes au cours de ces 10 dernières années.

Analyse du risque d'inondation dans la commune de Glazoué

Les figures 6 et 7 présentent respectivement les Variations interannuelle des anomalies de la pluviométrie annuelle de 1989-2018 et l'évolution des jours de précipitations supérieures à 20mm.

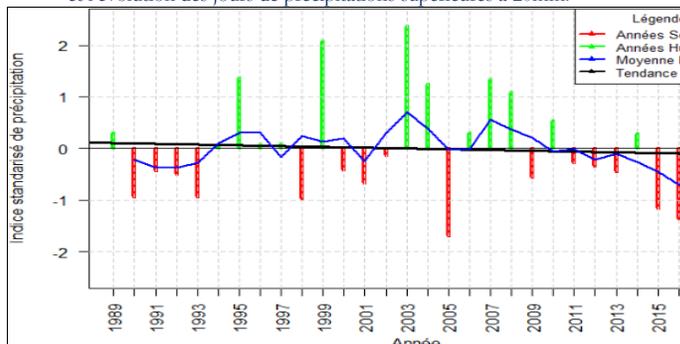


Figure 6 : Variation interannuelle des anomalies de la pluviométrie annuelle de 1989-2018

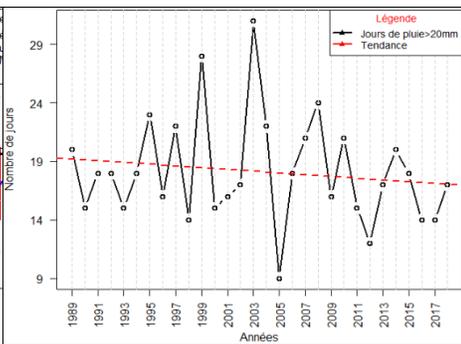


Figure 7 : Evolution des jours de précipitations supérieures à 20mm

L'analyse de la figure 6 révèle que la commune de Glazoué a connu d'importantes périodes humides au cours des années 2003-2010 avec un maximum en 2003. Cette période a enregistré deux années sèches (2005 et 2009) parmi lesquelles l'année 2005 est identifiée la plus déficitaire de la série (1989 à 2018) avec un indice standardisé de précipitation de -1,69.

Quant à la figure 7, elle montre l'évolution de l'indice R20. C'est la longueur des jours des précipitations supérieures à 20 mm. Cette longueur a beaucoup augmenté au cours de la période 1995 à 2015 avec 10 années où l'indice R20 a été supérieur à 20 jours. L'augmentation de ces longueurs explique les risques d'inondations signalés dans la commune.

Evolution des séquences sèches dans la commune de Glazoué

Les longueurs maximales des séquences sèches annuelles varient de 44 à 131 jours. Ces extrêmes ont été enregistrés respectivement aux années 1999 et 2015. La moyenne de ces longueurs maximales calculée est passée de 75 à 93 jours à partir de l'année 2004. Le test de Mann Kendall (pvalue = 0.036762) a montré une tendance significative à la hausse des longueurs maximales des séquences sèches annuelles sur la période d'étude (figure 8).

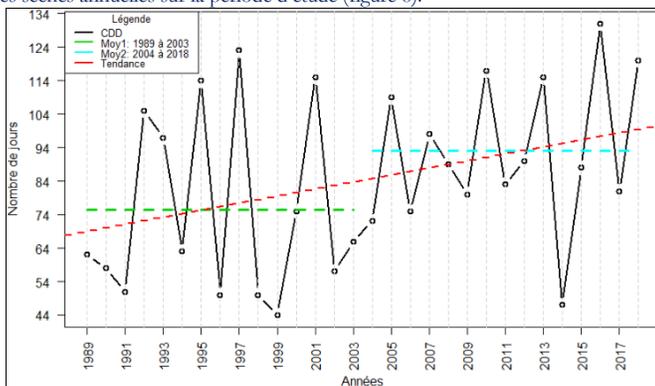


Figure 8 : Evolution des longueurs maximales de séquences sèches

L'analyse des séquences sèches les plus longues des mois les plus pluvieux a montré une tendance à la hausse en avril et en juin tandis que les mois de mai, juillet et septembre ont montré des tendances à la baisse. Toutefois ces tendances d'après le test de Mann Kendall ne sont pas significatives. Cependant des séquences sèches supérieures à 15 jours ont été enregistrées au cours des mois d'avril et d'octobre (figure 9).

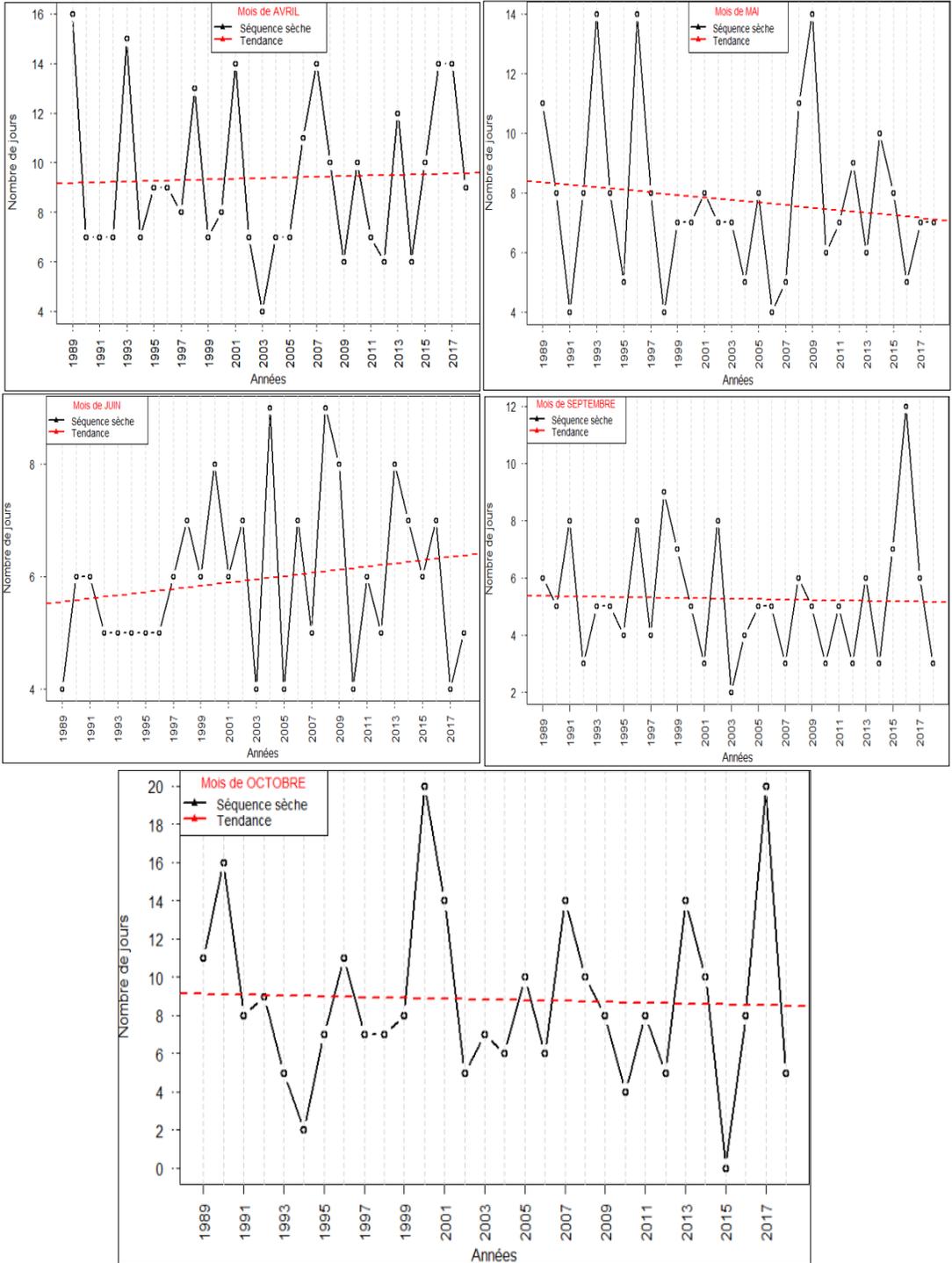


Figure 9 : Evolution des séquences sèches des mois les plus pluvieux

Analyse des risques liés aux températures minimales et maximales

La figure 10 présente l'évolution des températures minimales et maximales dans la commune de Glazoué.

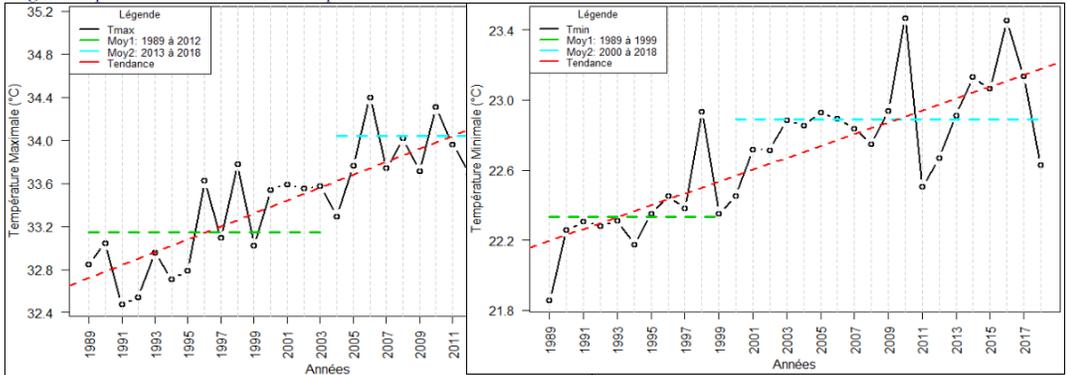


Figure 10 : Evolution des températures maximales et minimales à Glazoué de 1989 à 2018

Les températures maximales annuelles ont varié sur la période 1989-2018 de 32,48 à 35,14°C, avec une moyenne de 33,59°C. Le pic est observé en 2017. Les résultats des tests de rupture de Pettitt au seuil de 5 %, a montré qu'en 2004, la température maximale moyenne est passée de 33,14 à 34,03°C, soit une hausse de 0,89°C.

En ce qui concerne les températures minimales, le test de Pettitt effectué sur la série 1989-2018 a montré une rupture en 1999. La moyenne (22,33°C) de la première série (1989-2018) est inférieure à celle de la seconde série (2000-2018) qui est de 22,89°C. Cette différence est très significative d'après le test de Pettitt appliqué au seuil de 5%. La comparaison de ces deux moyennes montre une augmentation de la température par rapport à la moyenne de la série chronologique qui est de 22,69°C avec un pic en 2010 (23,47°C).

Impacts des risques climatiques sur les moyens de subsistance

Le tableau V présente la matrice de sensibilité des ressources aux risques climatiques identifiés et la matrice d'hierarchisation des risques identifiés dans la commune de Glazoué.

Tableau V : Matrice de sensibilité des moyens d'existences des femmes

Unités d'exposition	Risques climatiques					Rang
	Inondation	Forte chaleur	Sécheresse	Perturbation pluviométrique	Indice d'exposition	
Infrastructures	2	1	1	1	5	6
Santé des femmes	3	3	2	1	9	5
Maraichage	3	2	5	3	13	2
Agriculture	5	4	4	4	17	1
Transformation	2	2	4	4	12	3
Elevage	2	3	4	1	10	4
Indice d'impact	17	15	20	14	66	

1 : le risque n'a pas d'influence sur l'unité d'exposition (ressource) ; 2 : le risque a une influence assez faible sur l'unité d'exposition ; 3 : Moyenne ; 4 : Assez forte ; 5 : Forte.

L'analyse du tableau V, révèle que l'agriculture est la première exposée aux risques climatiques, suivis du maraichage. Il est noté que les infrastructures sont les moins exposées aux risques climatiques. Cette matrice a abouti à hiérarchiser les risques à partir de la matrice d'hierarchisation (tableau VI).

Tableau VI : Matrice d'hierarchisation des risques

Risque climatique	Indice d'impact	Pourcentage	Rang
Inondation	17	26	2
Forte chaleur	15	23	3
Sécheresse	20	30	1
Perturbations pluviométriques	14	21	4

De l'analyse du tableau VI, il ressort que la sécheresse est le risque climatique qui a plus d'impact sur les moyens et modes d'existence des femmes rurales. A ce risque s'ajoute l'inondation qui est au deuxième rang. Le risque de perturbation pluviométriques est rangé en quatrième position après celui les vagues de chaleur.

Détermination des impacts identifiés dans la commune de Glazoué

Le tableau VII montre les impacts directs et indirects des différents risques climatiques sur les ressources de production des femmes.

Tableau VII : Matrice de chaînes d'impacts

Unités d'exposition	Risques climatiques			
	Sécheresse	Inondation	Vague de chaleur	Précipitations pluviométriques
Terres Agricoles / Bas-fonds	Dégradation des sols et accroissement de l'érosion, baisse de productivité	Submersion et érosion hydrique des terres agricoles	Risque d'érosion thermique; diminution de l'humidité des sols, baisse de productivité	Ralentissement de la croissance, Perte de biodiversité (flore et faune), baisse de productivité
Forêts/ Végétation	Dégradation du couvert végétal et disparition d'espèces, baisse de rendement des fruitiers	Morts des arbres par asphyxie, baisse de production de bois et des produits de forêt.	Fort taux d'évapo-transpiration, croissance ralentie- baisse de production de bois et des produits forestiers non ligneux	Baisse de production de bois et des produits forestiers non ligneux
Culture	Baisse des rendements agricoles, contraction du revenu des producteurs agricoles, baisse du pouvoir d'achat des femmes agricoles, dégradation des conditions de vie	Stagnation des eaux dans les champs de culture, perte des cultures par asphyxie	Augmentation de l'évapo-transpiration de cultures, flétrissement des cultures, croissance ralentie et baisse de rendements	Mortalité des 1ers semis et des jeunes plants, développement retardé, faible rendement
Ressources en eau	Diminution des eaux disponibles, Augmentation des besoins en eau	Augmentation des ruissellements	Assèchement des cours d'eau, baisse de la disponibilité en eau pour les cultures	Eloignement et faible recharge de la nappe, tarissement précoce des points d'eau de surface

Source : Enquêtes de terrain et Traitement de données, Janvier, 2020

Capacité d'adaptation des femmes de la commune de Glazoué

La figure 11 présente la capacité d'accès des femmes aux ressources dans la commune de Glazoué.

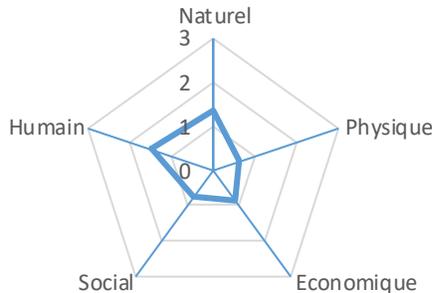


Figure 11 : Capacité d'accès des femmes aux ressources

L'analyse de la figure 11 révèle que le niveau de disponibilité des ressources humaines et naturelles est moyen. Ceci s'explique par l'existence de cours d'eau, de terres agricoles, la connaissance des femmes des risques climatiques et la disponibilité de la main d'œuvre familiale. Quant aux ressources sociales, financières et physiques, elles sont limitées aux femmes du fait que les revenus

des travaux agricoles deviennent de plus en plus faibles, l'accès aux crédits est difficile et que très peu des femmes participent aux prises de décision. Les ressources physiques sont les plus limitées aux femmes de la commune. En effet, très peu de femmes ont accès à la propriété foncière. Le mode d'accès des femmes dans quelques rares exceptions (9 %), est l'héritage et les dons des maris sans aucun garent légal. L'agriculture pratiquée par ces femmes est à caractère pluviale et elles ne disposent pas des infrastructures agricoles adéquates (manque de retenus d'eau pour le maraichage, outils agricoles encore rudimentaires). De façon globale les femmes rurales de la commune ont une capacité d'adaptation limitée.

La photo 1 présente une pratique endogène d'arrosage développée par les femmes dans la commune de Glazoué.



Photo 1 : Arrosage des lits de repiquage des plants au bord du fleuve Ouémé à Béthel a) et des bas-fonds b)
 Prise de vue : Blalogue, 2020

Détermination des facteurs de vulnérabilité des femmes

Le tableau VIII indique les facteurs de vulnérabilité identifiés pour chaque classe de vulnérabilité.

Tableau VIII : Facteurs de vulnérabilité des femmes rurales

Classes	Facteurs de vulnérabilité des femmes
Alerte précoce	Insuffisances dans le système national d'alerte précoce aux risques climatiques, absence de système d'alerte précoce à base communautaire propre à l'agriculture, faible valorisation des savoirs endogènes dans le domaine de l'alerte précoce
Riposte	Insuffisances dans les mécanismes d'assistance humanitaire d'urgence, déficience dans les mécanismes économiques de riposte à la perte de revenus des femmes rurales, absence d'épargne conséquente pour les femmes agricoles
Relèvement	Déficits dans les mécanismes économiques de relèvement pour le secteur agricole base communautaire, absence de mécanismes assurantiels pour les femmes rurales, faible diversification des sources de revenus des femmes rurales, absence d'un fond national de garantie des catastrophes agricoles
Structurelle	Caractère pluvial de la production agricole, état dégradé des terres agricoles, difficulté d'accès au foncier, faible résistance des variétés agricoles à la sécheresse, insuffisances dans la maîtrise de l'eau pour le maraichage, caractère traditionnel et rudimentaire des systèmes de production agricole, faible utilisation des semences améliorées, accès difficile aux intrants agricoles, déficiences dans l'intégration des risques de sécheresse et d'inondation dans les pratiques agricoles, faible diversification des sources de revenus des femmes rurales, insuffisances dans la pratique d'épargne des femmes agricoles, précarité économique des femmes rurales, faible accès aux informations de prévisions agro météorologique saisonnières, analphabétisme des femmes rurales, défaillances dans le fonctionnement des cadres institutionnels communautaires de prévention et de gestion des risques climatiques et de catastrophes, insuffisances dans l'intégration des risques de sécheresses, de perturbation des régimes de pluie et d'inondations dans les stratégies de développement du secteur agricole au niveau local

Source : Enquêtes de terrain et Traitement de données, Janvier, 2020

Stratégies d'adaptation des femmes

L'analyse des données recueillies a montré que les femmes rurales développent plusieurs stratégies pour s'adapter aux impacts des différents risques climatiques.

Les différentes techniques d'adaptation utilisées par les femmes et d'autres, découvertes dans la documentation sont récapitulées

en fonction de chaque unité dans le tableau IX.

Tableau IX : Matrice d'adaptation

Unités d'exposition	Risques climatiques			
	Sécheresse	Inondation	Forte chaleur	Perturbations pluviométriques
Terres agricoles	Techniques d'agriculture de conservation	Installation de drains, barrage hydro agricole	Techniques d'agriculture de conservation	Fertilisation organique mise en jachère des terres
Forêts/Végétation	Installation des pare feu, reboisement de essences résistantes la sécheresse	Reboisement des espèces tolérantes l'eau	Reboisement à forte densité des terres	Reboisement des arbres d'intérêt (anacardier)
Culture	Promotion des cultures ou variétés tolérantes à la sécheresse; mise en place des techniques durables d'irrigation diversification des activités génératrice de revenus	Installation des drains, récolte précoce, utilisation des cultures tolérantes à l'excès d'eau (riz), système d'alerte précoce	Techniques d'agriculture de conservation (paillage et semis sous couvert végétal) Utilisation de variétés résistantes la chaleur	Mise en place d'un calendrier cultural prévisionnel approprié, calage et suivi agro météorologique de la saison, promotion des variétés à cycle court, Semis échelonné
Ressources en eau	Techniques de conservation de l'eau, technique de système d'irrigation	Construction de digues ou diguettes	Reboisement le long des cours d'eau	Aménagement des bas fonds; maîtrise de l'eau par l'irrigation

Source : Enquêtes de terrain et Traitement de données, Janvier, 2020

3.12. Priorisation des options d'adaptation

Afin d'accroître la résilience des femmes rurales, les solutions identifiées dans la matrice d'adaptation ont été analysées selon plusieurs critères. Ainsi, de l'analyse du tableau X, les options d'utilisation des variétés à cycle court sont prioritaires suivies des systèmes d'alerte précoce et de l'agriculture de conservation

Tableau X : Matrice de priorisation des options d'adaptation

Option d'adaptation	Coût	Facilité de mise en œuvre	Efficacité	Rapidité	Acceptabilité	Total	Rang
Agriculture de conservation	2	3	2	2	2	11	2ème
Système d'irrigation	1	1	3	2	3	10	3ème
Semis échelonné	1	2	1	2	1	7	6ème
Récolte précoce	2	2	1	2	1	8	5ème
Diversification des activités génératrices de revenus	1	1	3	2	3	10	3ème
Reboisement des terres	1	1	3	1	2	8	5ème
Aménagement des bas-fonds	2	2	2	2	2	10	3ème
Utilisation de variétés à cycle court	2	3	1	3	3	12	1ère
Digues ou diguettes	1	1	3	1	2	8	5ème
Installation de pare feu	1	1	2	2	2	8	5ème
Drainage	2	2	2	1	2	9	4ème
Jachère des terres	2	2	2	1	1	8	5ème
Système d'alerte précoce	1	2	3	2	3	11	2ème

A chaque critère est attribuée une valeur par approche participative qui va de 1 à 3 (1=Faible ; 2= moyen et 3=élevé). Plus le score tend vers 3, plus le critère contribue ou facilite la mise en œuvre de la stratégie d'adaptation. Mais pour le coût, plus c'est élevé plus le score tend vers 1 (1= élevé ; 2= moyen et 3= Faible).

DISCUSSION DES RESULTATS

Les résultats d'enquêtes ont montré que les femmes rurales de la commune de Glazoué, ont comme principale activité l'agriculture et dépendent fortement des ressources naturelles telles que les forêts/végétation, les ressources en eau et les terres agricoles. Les études de Ndiayé (2013) ont aussi montré que les femmes sont fortement dépendantes de l'agriculture et des mêmes ressources au Sénégal. L'analyse des données climatiques et de la perception des femmes sur la variabilité et des changements climatiques montre que plusieurs modifications sont survenues dans le régime pluviométrique, les températures nocturnes et diurnes. Les perturbations pluviométriques (pluie tardive et raccourcissement des longueurs des saisons), les inondations, les épisodes de sécheresse et les vagues de chaleur sont les principaux facteurs climatiques qui affectent les femmes rurales dans la commune de Glazoué. Ces risques figurent parmi ceux identifiés dans la deuxième communication nationale du Bénin (CDN-Bénin, 2011). Le régime pluviométrique connaît de grandes perturbations dans la commune. En effet, la majorité des femmes ont signalé, le démarrage tardif des saisons, la réduction du nombre de jours pluvieux, l'augmentation des épisodes de sécheresse et la fréquence des inondations. Ces résultats sont confirmés par l'analyse des données de pluie observées de 1989 à 2018 à la station de Glazoué. La variabilité interannuelle des pluies observée au cours de cette période à travers l'indice de Limb a révélé que de courtes périodes déficitaires alternent avec quelques courtes périodes excédentaires. L'analyse de l'indice R20 indique que les inondations signalées par les femmes sont dues à l'augmentation des intensités des pluies. Les épisodes de sécheresse qui entraînent une rareté des ressources sont amplifiées avec une tendance à la hausse selon le test de ManKendal ($p=0,03$) au seuil de confiance de 95 %. L'analyse des vagues de chaleur a montré une tendance très significative à la hausse. Ces mêmes changements ont été identifiés dans le PANA (2008) et la DCN (2011).

Ces risques identifiés contribuent à la perte des ressources naturelles sous forme de disparition des espèces végétales, et à la perturbation des activités socioéconomiques, sous forme de perturbation des calendriers agricoles en raison de démarrage de plus en plus tardif des saisons pluvieuses.

L'analyse des résultats d'enquêtes a montré que la pauvreté est l'indicateur des changements climatiques le plus prépondérant déclaré par les femmes. Elle est considérée comme un phénomène exaspérant et persistant au fil des années. Ceci serait la conséquence de la dégradation des ressources naturelles de base utilisées par les femmes rurales. La diminution de ces ressources accessibles a pour effet l'augmentation des tâches effectuées par des femmes ou de rendre ces tâches plus longues à accomplir. En effet, les femmes ont affirmé que les lieux d'approvisionnement de bois de chauffe et de l'eau deviennent de plus en plus loin. Des études analogues menées par Vervier (2004) ont montré que le ralentissement des activités économiques des femmes est causé par la rareté des ressources naturelles. Cet état de chose réduit leur capacité physique et les rend plus vulnérables.

Les résultats de nos analyses ont montré que la principale activité (l'agriculture) des femmes rurales est plus impactée par les risques climatiques dans la commune. Ce résultat a été confirmé par les investigations de Sarr *et al.* (2012) qui ont montré que l'agriculture reste le secteur le plus influencé par le climat et ses variations. Par ailleurs, l'agriculture pratiquée par les femmes reste encore pluviale.

L'analyse de la capacité d'adaptation des femmes face aux impacts des risques climatiques a montré que les femmes ont de faible accessibilité aux ressources sociales, financières et physiques. Les ressources naturelles et humaines sont moyennement accessibles aux femmes. Les techniques d'adaptation des femmes sont peu efficaces. En effet, face aux risques de sécheresse, les femmes qui disposent de parcelles le long du fleuve exploite pour des cultures de contre saison, mais cette technique utilisée est peu fiable puisqu'elles n'ont pas les moyens nécessaires pour l'irrigation et ne détiennent pas des informations sur la remontée du fleuve. Ce dernier fait perdre leur récolte par des inondations imprévues.

CONCLUSION

Dans le contexte actuel de lutte contre les changements climatiques dans le monde et spécialement au Bénin, il a été mis en évidence les facteurs de vulnérabilité et les stratégies d'adaptation des femmes rurales de la commune de Glazoué.

Les épisodes de sécheresse, les inondations, la perturbation des régimes pluviométriques et les vagues de chaleur sont les risques majeurs identifiés qui affectent plus les femmes rurales.

L'agriculture, la principale source de revenu des femmes rurales de la commune est tributaire du climat. Elle est ainsi fortement menacée par les risques climatiques. Les changements climatiques aggravent la dégradation des terres agricoles et les parcelles des femmes sont les plus affectées. Les facteurs qui bloquent l'accès des femmes aux ressources essentielles du développement agricole rendent non seulement leurs conditions de vie plus difficiles mais aussi redoublent les contraintes du secteur agricole et de l'économie en général. Pour limiter les facteurs influençant la vulnérabilité des femmes rurales face aux changements climatiques ; il est nécessaire d'agir sur les causes structurelles des problèmes des femmes rurales.

Références

1. Akponikpe P.B.I. Tovihoudji P. Lokonon B. Kpadonou E. Amegnaglo J. Segnon A. C. Yegbemey R. Hounsou M. Wabi M. Totin E. Fandohan-Bonou A. Dossa E. Ahoyo N. Laourou D. Aho N. (2019) : Etude De Vulnérabilité Aux Changements Climatiques Du Secteur Agriculture Au Bénin. Report Produced Under The Project "Projet D'appui Scientifique Aux Processus De Plans Nationaux D'adaptation Dans Les Pays Francophones Les Moins Avancés D'Afrique Subsaharienne", Climate Analytics Ggmbh, Berlin, 101 P.
2. Ale R. L. (2000) : L'accès Des Femmes Aux Ressources Productives Dans Le Secteur Rural : Etude Du Cas Du Village De Tofo-Agué Dans Le Département De L'Atlantique. Mémoire De Maîtrise Es - Sciences Economiques. Uac, Bénin, 72 P.

3. **Alp. (2016)** : La Dynamique Genre Dans Un Climat Changeant : Comment Le Genre Et La Capacité D'adaptation Affectent La Résilience. Le Genre Dans Le Programme D'apprentissage En Adaptation Pour L'Afrique.
4. **Ana R. Adama B. Saya S. (2011)** : Changements Climatiques Et Femmes Agricultrices Du Burkina Faso: Impact, Politiques Et Pratiques D'adaptation. Rapports De Recherche D'oxfam 48p.
5. **Banque Mondiale, (2014)** : Gender At Work, A Companion To The World Development Report On Jobs.
6. **Care, (2009)** : Manuel De Vulnérabilité Climatique Et D'analyse De La Capacité.
7. **Chede C. D. (2012)** : Vulnérabilité Et Stratégies D'adaptation Au Changement Climatique Des Paysans Du Département Des Collines Au Bénin : Cas De La Commune De Savè. Mémoire De Master En Changement Climatique Et Développement Durable. Centre Régional Agrhymet. Niamey. 86p.
8. **Dimon R. (2008)** : Adaptation Aux Changements Climatiques: Perceptions, Savoirs Locaux Et Stratégies D'adaptation Développées Par Les Producteurs Des Communes De Kandi Et De Banikoara, Au Nord Du Bénin. Mémoire D'ingénieur Agronome Option : Economie, Socio-Anthropologie Et Communication Pour Le Développement Rural. Faculté Des Sciences Agronomiques, Uac/ Bénin, 125p.
9. **Giec, (2007)** : Bilan 2007 Des Changements Climatiques : Impacts, Adaptation Et Vulnérabilité, Contribution Du Groupe De Travail Ii Au Quatrième Rapport Du Giec. Résumé A L'intention Des Décideurs, Bruxelles, Belgique. 12 P.
10. **Giec, (2013 B)** : Suivre Et Evaluer L'adaptation Au Changement Climatique A Haut Niveau : Analyse Comparative De Dix Systèmes (Traduit En Français). Eschborn: Giz, 4.
11. **Houndenou C, (1999)** : Variabilité Climatique Et Maïsiculture En Milieu Tropical Humide. L'exemple Du Bénin, Diagnostic Et Modélisation. Thèse De Doctorat De L'université De Bourgogne, Dijon. 390 P.
12. **Insaec, (2018)** : Quatrième Recensement Général De La Population Et De L'habitation (Rgph 4) : Résultats Provisoires, Direction Des Etudes Démographiques, Institut National De La Statistique Et De L'analyse Economique, Cotonou, Benin.
13. **Mbaiguedem M, (2012)** : Etude De Vulnérabilité Et Adaptation Des Femmes Rurales Face Au Changement Climatique: Cas Du Département Du Chari Au Tchad. Mémoire De Master En Changement Climatique Et Développement Durable. Centre Régional Agrhymet, Niamey, 85p.
14. **Mbaye A. A. Atta S. Et Tedesco I. (2019)** : Gestion Des Risques Agricoles : Théorie Et Applications Au Sahel Et En Afrique De L'ouest. Rome: Parm/Ifad, Parm En Collaboration Avec Ucad Et Cllss/Agrhymet, 212 P.
15. **Odjougbele O. B. (2016)** : Analyse Des Stratégies D'adaptation Des Petites Exploitations Agricoles Aux Changements Climatiques Dans Le Nord Bénin : Cas Des Communes De Bembéréké Et De Sinendé. Mémoire De Master En Changement Climatique Et Développement Durable. Centre Régional Agrhymet. Niamey. 73 P.
16. **Ogouwale E. (2006)** : Changements Climatiques Dans Le Bénin Méridional Et Central : Indicateurs, Scénarios Et Perspectives De La Sécurité Alimentaire. Thèse De Doctorat. Uac, Bénin, 277p.
17. **Pana. (2008)** : Convention-Cadre Des Nations Unies Sur Les Changements Climatiques : Programme D'action National D'adaptation Aux Changements Climatiques Du Bénin (Pana Bénin), Mepn, Cotonou, Bénin. , 81p.
18. **Pdc, (2017)** : Plan De Développement Communal 2018-2019. Mairie De Glazoué, 201 P.
19. **Sall A. Diallo M. Et Beye G. (2014)** : Stratégies D'accompagnement Des Femmes Pour L'adaptation Aux Changements Climatiques Dans La Région De Thiès (Sénégal).
20. **Tapily A. (2012)** : Stratégies D'adaptation Des Femmes Rurales Face Au Changement Climatique Au Mali : Cas De La Commune Rurale De Dio-Gare. Mémoire De Master En Changement Climatique Et Développement Durable. Centre Régional Agrhymet, Niamey, 71p.
21. **Uicn, (2011)** : Rapport Synthèse Des Etudes De Capitalisation Des Connaissances, Pratiques, Stratégies Et Technologies Locales D'adaptation Au Changement Climatique Au Burkina Faso, Mali Et Sénégal , 22p.
22. **Vodonou K. J-B. (2016)** : Changements Climatiques Et Production Agricole : Capitalisation Des Pratiques Culturelles Pour La Sécurité Alimentaire Au Bénin. International Journal Of Innovation And Scientific Research Issn 2351-8014 Vol. 23 No. 2015 Innovative Space Of Scientific Research Journals, Pp. 78-97.
23. **Vodonou K. J-B. Et Douboga O. Y. (2016)** : Agriculture Paysanne Et Stratégies D'adaptation Au Changement Climatique Au Nord-Bénin. Cybergeog: European Journal Of Geography, 27p.
24. **Yabi I. (2019)** : Changements Climatiques Et Inondations Dans La Commune De Ouinhi Au Sud Est Du Bénin : Pour La Transformation De La Catastrophe En Opportunités. Revue Espace Géographique Et Société Marocaine N°27, Pp187-208.

Gestion des déchets dans les établissements scolaires de l'arrondissement de togba dans la commune d'Abomey-Calavi au Bénin (Afrique de l'Ouest)

Dossou-Yovo C. Adrien ¹

¹ Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université d'Abomey-Calavi

Résumé :

La gestion des déchets est l'un des problèmes cruciaux auxquels l'humanité en général et les établissements scolaires en particulier doivent faire face.

L'objectif de cet article est d'analyser la gestion des déchets dans les établissements scolaires de l'arrondissement de Togba. L'approche méthodologique adoptée prend en compte la recherche documentaire ; les enquêtes de terrain utilisant l'approche sociogéographique.

Les résultats issus de cette recherche montrent que les établissements scolaires ne contiennent que des déchets végétaux, papiers, plastiques et inertes. Il a été constaté que les classes produisent plus de déchets inertes (sable, cailloux, etc.) et plastiques que les autres déchets. Il a également été observé l'apparition des déchets végétaux liés aux restes de repas mangés par les surveillants ; Censeurs ; 40% (des enseignants ; des secrétaires et le directeur. Les vendeurs des établissements scolaires produisent aussi une diversité de déchets qui reflètent ceux des classes néanmoins, la seule différence est l'ajout des déchets métalliques. Mais il a été constaté que le déchet papier (80%) est le plus collecté, ce qui est d'ailleurs normal car c'est un milieu où le papier est le plus utilisé. Le plastique est utilisé pour couvrir et transporter les produits du point d'achat aux bureaux.

Mots clés : Togba, gestion des déchets, santé, établissement scolaire).

Waste management in schools in the togba district in the municipality of Abomey-Calavi in Benin (West Africa)

Abstract:

Waste management is one of the crucial issues facing humanity in general and schools in particular. The aim of this article is to analyze waste management in schools in Togba district. The methodological approach adopted takes into account documentary research; field surveys using the sociogeographic approach.

The results of this study show that schools only contain plant, paper, plastic and inert waste. It has been observed that the classes produce more inert waste (sand, stones, etc.) and plastics than other waste. There is also the appearance of vegetable waste related to leftover meals eaten by supervisors; Censors; 40% (of teachers; secretaries and the principal. School vendors also produce a variety of waste that reflects that of the classes, however, the only difference is the addition of metal waste.

But it has been observed that paper waste (80%) is the most collected, which is also normal because it is an environment where paper is used the most. Plastic is used to cover and transport products from the point of purchase to the offices.

Key words: Togba, waste management, health, school establishment

¹ Corresponding author: dosadrien@yahoo.fr

INTRODUCTION

La mondialisation des échanges, tant au niveau des produits que des idées, fait que la question des déchets se voit aujourd'hui repositionnée, à une échelle plus vaste que celle d'une collectivité publique locale, comme une des préoccupations centrales des civilisations du 3ème millénaire et ce bien que la question des déchets urbains soit tributaire des phénomènes de société et de culture locales (Tini, 2003).

Les déchets existent depuis que la vie existe sur notre terre, même si la société actuelle n'est pas toujours consciente, tous les êtres vivants meurent et leurs cadavres deviennent des déchets. Pasteur avait déjà perçu ce problème et disait : « s'il n'y avait pas de microbe dans les sols qui recouvrent notre planète, la surface de la terre serait encombrée de cadavre de tout genre, de sorte que la vie serait devenue impossible ». En effet, le phénomène nouveau à notre époque, vient de l'accroissement de la population de la terre, de sa concentration dans les villes dont plus de 300 comptent entre 1 et 10 millions d'habitants, et une vingtaine plus de dix millions (Tissot, 2004). De nos jours, les questions touchantes à la gestion des déchets urbains et, par extension, la planification et la gestion de l'environnement urbain comptent parmi les plus complexes auxquelles doivent répondre les questionnaires urbains en raison de leurs effets sur la vie, la santé humaine et le développement durable (Attahi, 1996).

De tout temps et en tous lieux, la production des déchets est inhérente aux activités humaines, qu'elles soient domestiques ; agricoles ; industrielles ou commerciales. A l'instar de tous déchets, ceux générés par les activités économiques, de rue et surtout des établissements ou administrations sont porteurs de toutes sortes de dangers etc. Si dans un premier temps, la production de résidus peut s'avérer neutre de conséquences pour l'environnement, dès lors que la quantité naturelle d'assimilation du milieu est dépassée, des phénomènes de pollution apparaissent. A partir de ce moment, les mécanismes naturels de régulation et de reproduction de la sphère environnementale sont alors perturbés (Passet, 1979).

Les déchets posent de sérieux problèmes environnementaux en raison de leurs aspects très visibles dans le paysage urbain et des menaces qu'ils constituent pour la santé des populations (Dossou-Yovo, 2013).

La question des déchets constitue donc un véritable problème tant au niveau international, régional, national, local et même dans les établissements scolaires.

L'objectif de cette recherche est d'analyser la gestion des déchets dans les établissements scolaires dans l'arrondissement de Togba. Le milieu de recherche est situé entre 6°24' et 6°30' latitude nord d'une part et 2°16' et 2°19' longitude est d'autre part avec une superficie de 39,07km (figure 1).

MATERIELS ET METHODES

Plusieurs matériels et méthodes ont été utilisés dans le cadre de cette recherche.

Matériels utilisés : Les matériels utilisés sur le terrain pour l'atteinte des différents objectifs sont un appareil photo numérique pour la prise des photographies, un guide d'entretien pour collecter des informations auprès des membres et responsables à divers niveaux des collèges d'enseignement général, des questionnaires adressés aux vendeurs et vendeuses, et aux élèves dans les collèges, un canevas de tri des déchets pour caractériser les types de déchets, une balance de différents gabarits pour peser la quantité des déchets, des sacs poubelles plastiques pour collecter les déchets et une planchette, porte papier et calculatrice pour noter et calculer les moyennes des déchets. Quant aux matériels utilisés pour le traitement des données il s'agit d'un micro-ordinateur pour la sauvegarde des différentes données, c'est le principal outil de travail en ce qui concerne le traitement des informations, le logiciel Word pour le traitement de texte et pour la mise en forme du document, le tableur pour la réalisation des tableaux et figures, le logiciel Sphinx Plus² 4.5.0.19 pour le traitement des fiches d'enquêtes et pour l'analyse des données et le logiciel Arc View 3.3, pour la réalisation des différentes cartes.

Méthodes de collecte des données : Les enquêtes se sont déroulées dans l'arrondissement de Togba. Ces enquêtes ont été sanctionnées par l'administration d'un guide d'entretien à l'endroit des membres et responsables à divers niveaux des collèges d'enseignement général, aux vendeurs et vendeuses et aux élèves dans les collèges privés et publics. Pour bien mener des enquêtes de terrain, la taille de l'échantillonnage a été déterminée. Dans le cadre de cette recherche, l'échantillonnage est fait par méthode sélective et choix raisonné en fonction de la nature des informations recherchées et tenant compte du nombre d'établissement dans l'arrondissement mais également des moyens disposés. Toutefois, sur le terrain, l'identification des établissements, l'observation de la gestion des déchets ont parfois orienté dans le choix. Le groupe cible choisi est la population active composée des autorités administratives des collèges, des vendeurs et vendeuses de nourriture et des élèves et écoliers des établissements privés et publics. Le tableau I présente la répartition des établissements et les nombre d'individus enquêtés dans chacun d'eux :

Tableau I : Répartition des établissements et de nombre d'individus enquêtés

Niveau d'études	Nombre d'établissements		Nombre d'établissements enquêtés		Enseignants et autorités administratives enquêtés	Vendeurs et vendeuses enquêtés	Elèves et écoliers enquêtés
	Privés	Publics	Privés	Publics			
Cours Primaires	74	19	1	1	46	20	165
Cours Secondaires	33	3	1	1			
Total1	107	22	2	2			
Total2	129		4		231		

Source : Enquêtes de terrain, mars, 2021

Au total, 04 sur 129 écoles ont fait l'objet de la présente recherche. De plus, 231 personnes ont suivi un entretien ou ont été interviewé tant dans le rang des enseignants, des élèves et des vendeurs et vendeuses des dites écoles. Il est à signaler qu'une pré-enquête a été faite. Cette pré-enquête a été une étape très primordiale, car elle a permis d'enquêter plusieurs personnes afin de corriger, reformuler ou ajuster quelques questions pour faciliter l'enquête proprement dite. Tout d'abord, il a été question de faire l'état des lieux des écoles existantes et de prendre connaissance du réel problème posé par le sujet afin d'aboutir à des conclusions probantes.

Enquêtes proprement dites : Les enquêtes ont été réalisées dans quatre établissements situés dans l'arrondissement de Togba. Elles ont permis d'une part de collecter des informations d'ordre général sur la démographie, la Statistique sur le nombre d'établissement scolaire par rapport à la démographie, et sur les facteurs explicatifs liés à la mauvaise gestion des déchets dans les établissements scolaires ainsi que leurs méthodes de gestion. Le canevas de caractérisation des déchets, le questionnaire et le guide d'entretien ont également été d'une grande utilité lors de la collecte des données.

Canevas de caractérisation des déchets : La notion de caractérisation comprend à la fois la catégorisation et la quantification des déchets. Le canevas est conclu pour que chaque catégories de déchets préalablement triés (végétaux, bois, déchets animaux, verres, papiers, pneumatique, déchets de métaux, matières plastiques, matières inertes...) soit quantifiées.

Techniques de traitement des données : Le traitement des données a été réalisé au moyen du logiciel sphinx. Il a consisté à réaliser au préalable tous les types de questionnaires utilisés sur le terrain dans la base d'établissement des questionnaires du logiciel. Ainsi, toutes les informations obtenues sur chaque fiche d'enquête ont été enregistrés. Ceci a permis de tracer les différentes figures exploitées dans le présent document. Le traitement des données cartographiques a été possible au moyen du logiciel Arc View 3.2. Il a consisté à faire passer les objets de la forme analogique au numérique. Les objets transformés sont ensuite édités en leur donnant la couleur, la trame ou le symbole approprié selon les signes conventionnels et les règles de la

cartographie (sémiologique graphique). Par exemple, les routes bitumées et non bitumées sont représentées en rouge. D'autres couleurs sont aussi utilisées pour rendre la carte plus lisible. Cet ensemble est mis en forme pour l'espace disponible et sous le format voulu selon le type d'utilisation.

RESULTATS ET DISCUSSION

Répartition des écoles du milieu de recherche : L'enquête réalisée sur la gestion des déchets dans les établissements scolaires de l'arrondissement de Togba a pris en compte 04 établissements répartis dans différents villages, comme l'illustre la figure 2. Sur la figure xxx les Collèges d'Enseignement Général sont représentés en couleur violette, les Complexe Scolaire primaire en noire, les Complexes Secondaires en bleue et les Ecoles Primaires Publiques en rouge.

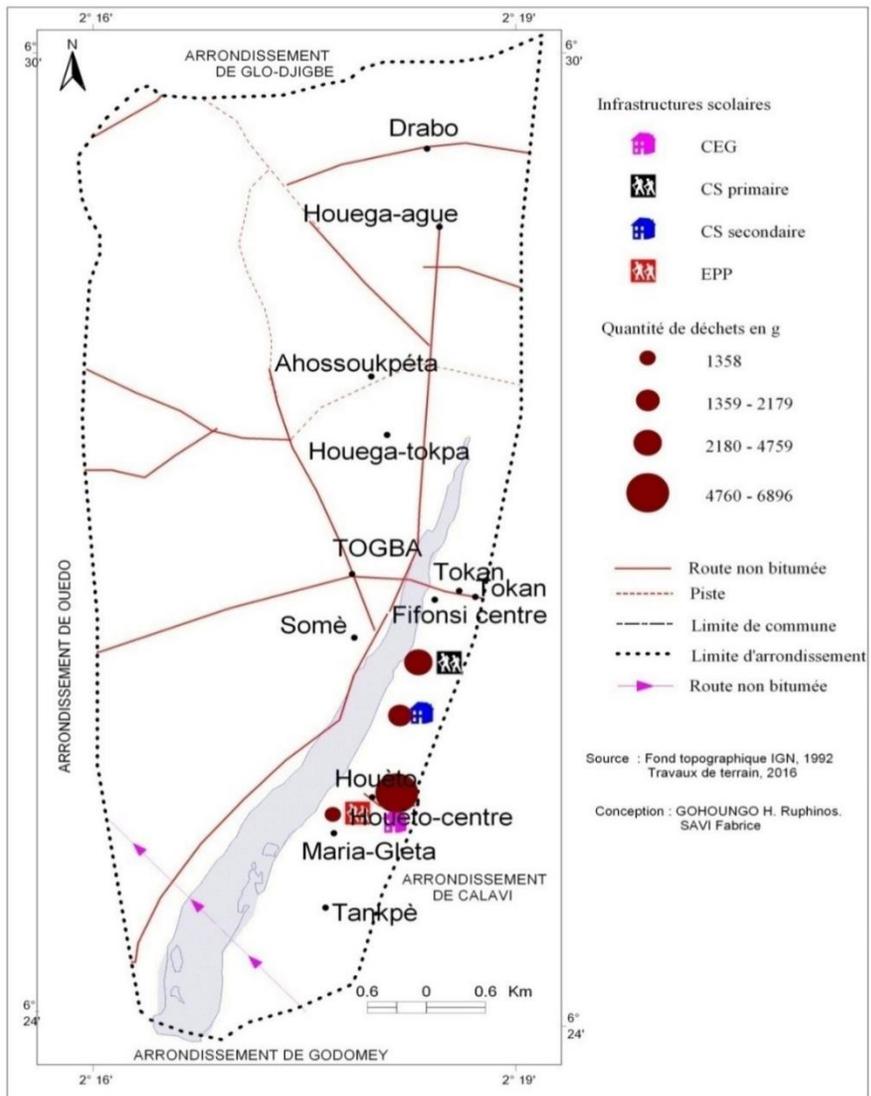


Figure 2 : Répartition des écoles parcourues dans l'arrondissement de Togba

Ainsi, ces établissements scolaires sont les plus peuplés de par leurs effectifs comparativement à d'autres établissements de l'arrondissement. Le Collège d'Enseignement Général Houèto a lui seul dispose de près de 3800 élèves ; le CS Bergerie de Dieu de plus de 380 ; l'EPP Houèto 309 et au CS le Créateur 305.

Répartition des élèves par établissement : La figure 3 illustre la répartition des élèves par établissement.

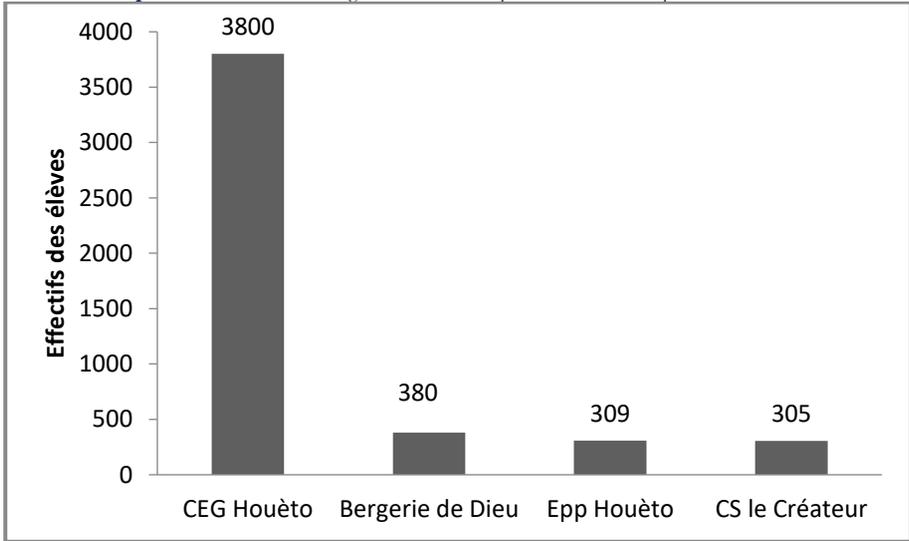


Figure 3 : Nombre d'effectifs des élèves par établissement

De l'observation de la figure 3 il est à constater un effectif important dans les établissements publics contrairement aux privés. Plusieurs facteurs expliquent les effectifs importants à savoir : les frais d'inscription sont à la portée des parents d'élèves, la gratuité des filles etc. Il est à retenir que les écoles publiques produisent plus de déchets que les privées compte tenu de l'effectif qui les encombre.

Types de déchets produits dans les établissements scolaires du milieu de recherche : Les figures 4 et 5 présentent les types de déchets produits par des élèves et autorités/enseignants dans le milieu de recherche.

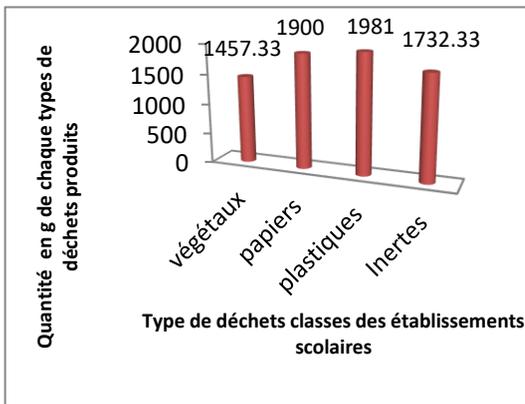


Figure 4 : Déchets de classe

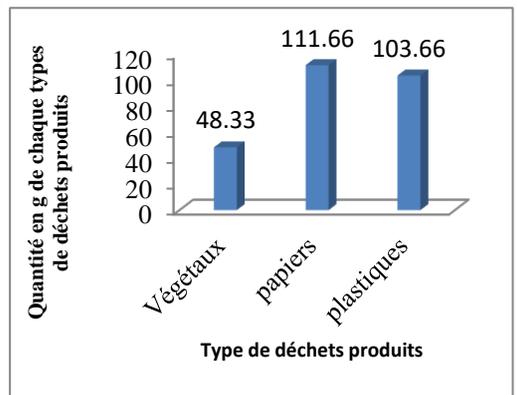


Figure 5 : Déchets de bureau

L'analyse de ces deux figures 4 et 5 montrent que les établissements scolaires ne contiennent que des déchets végétaux, papiers, plastiques et inertes. Il a été constaté que les classes produisent plus de déchets inertes (sable, cailloux, etc.) et plastiques que les autres déchets. Il a également l'apparition des déchets végétaux liés aux restes de repas mangés par les surveillants ; Censeurs ; 40% (des enseignants ; des secrétaires et le directeur. Mais il a été constaté que le déchet papier (80%) est le plus collecté, ce qui est d'ailleurs normal car c'est un milieu où le papier est le plus utilisé. Le plastique est utilisé pour couvrir et transporter les produits du point d'achat aux bureaux. Ainsi la figure 6 illustre des déchets relatifs aux vendeuses en(g).

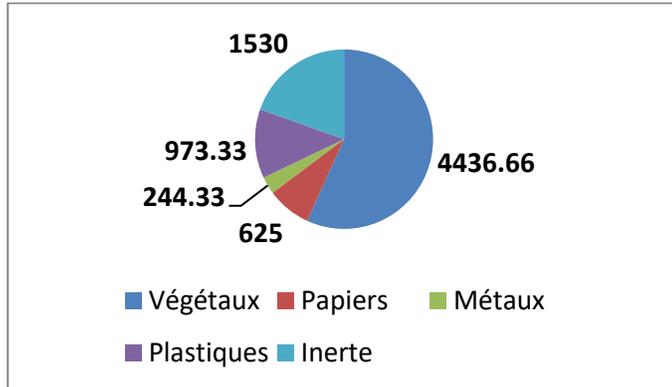


Figure 6 : Types de déchets produits par les vendeuses des établissements scolaires

De l'analyse de la figure 6, il ressort que les vendeuses des établissements scolaires produisent aussi une diversité de déchets qui reflètent ceux des classes mais la seule différence c'est l'ajout des déchets métaux. En effet, il a été constaté que les déchets végétaux sont les plus collectés de leur côté ce qui est normale car elles sont spécialisées dans la vente des produits alimentaires. Il y a également des déchets inertes (terre / cailloux/sable...) car les vendeuses sont installées à 95% dans la cours de l'école. Il est à signaler les déchets plastiques et papiers pour couvrir et protéger des produits après-vente. Et enfin les métaux qui constituent des différentes boîtes (lait- tomate-sardine). La photo 1 suivante présente les déchets les plus remarquables.



Photo 2 : Déchets papiers et sachets au CEG HOUETO (Prise de vue : Dossou-Yovo, Mars 2021)

L'analyse de cette photo montre que les déchets les plus remarquables dans les établissements sont les plastiques et les papiers. Ceci a été vérifié par les enquêtes et observations faites lors des travaux de terrain. En effet, les établissements scolaires produisent différents types de déchets présentant une certaine spécificité. Il s'agit entre autre : déchets plastique (sachets, bouteilles, films plastiques...); déchets papiers (livres; papier listing; journaux/revues; cartons...). Ces déchets sont les plus retrouvés dans les établissements et est surtout remarquable dans les salles de classe que dans les bureaux. Mais sans oublier aussi les déchets végétaux (épluchures; restes de repas; emballages...). Ce type de déchets spécifique aux vendeuses des établissements est rencontré de part et d'autres dans les cours pendant les récréations. Quand on se réfère à une étude comparative sur la quantité des déchets produits par chaque catégorie d'usagers des établissements scolaires, il est possible de se demander qui produit plus de déchets. Des quantités de déchets sont produits par chacun des catégories d'usagers (élèves; vendeuses; autorités ou enseignants) dans ces établissements scolaires. En dépit de tout ceci, les déchets issus des établissements scolaires sont généralement les papiers; plastiques; végétaux; et inertes. Il est à noter que les différents types de déchets produits ont des impacts sur l'environnement et la santé des élèves du milieu de recherche.

Impacts de la mauvaise gestion des déchets sur l'environnement et la santé des élèves : Les enquêtes et observations dans le milieu de recherche ont permis de comprendre les impacts de la mauvaise gestion des déchets sur l'environnement et la santé des élèves.

Impacts la mauvaise gestion des déchets sur l'environnement : Il est à constater que les centres d'établissements scolaires publics du pays font face à des problèmes d'hygiène. Les déchets de toutes sortes jonchent les cours et les salles de classe surtout pendant et après les heures des récréations. Les latrines sont en mauvais état et l'eau n'est pas toujours disponible. Mieux, après le nettoyage régulier des salles de classe et cours de l'établissement, les sachets plastiques et bien d'autres emballages comme les papiers sont dispersés à nouveau dans la cour de l'école par les coups de vent. Avec absence de poubelles, ils disposent des dépotoirs proches qui sont situés à quelques mètres des salles de classe. Le dépotoir proche est donc synonyme d'éparpiller les ordures n'importe où et n'importe comment dans l'établissement. Ces derniers sont éparpillés de part et d'autres dans le collège par les vents. Voici la position du dépotoir proche par rapport aux salles de classes. La photo 2 illustre l'état de l'environnement du CEG Houèto.



Photo 2 : Dépotoir proche des salles de classe au CEG Houèto
Source : Prise de vue, Dossou-Yovo, mars 2021

Impacts de la mauvaise gestion des déchets sur la santé : La photo 3 présente quelques vendeuses et leurs nourritures exposées aux effets néfastes de la mauvaise gestion des déchets dans le milieu de recherche.



Photo 3 : quelques vendeuses et leurs nourritures exposées aux effets néfastes de la mauvaise gestion des déchets
Cette phase relative aux nuisances créées par les déchets constitue le point important qu'il faut analyser. En effet d'aborder les nuisances des déchets sur la santé, il est aussi primordial de savoir si les vendeuses qui sont les gourdes et renforts d'énergies aux apprenants et enseignants prennent ils soins à leurs nourritures et les protègent ?
Par les différentes réponses données par les vendeuses à cet effet, il est enregistré 100% de Oui contre 0% de non. Par analyse, cela prouve que toutes les vendeuses protègent leurs nourritures contre l'ampleur des déchets .Afin d'éviter l'emprise de différentes maladies sur la santé des usagers et surtout des élèves.

DISCUSSION DES RESULTATS ISSUS DE LA RECHERCHE

Les résultats issus de cette recherche ont montré que la croissance démographique est un facteur déterminant de la production de déchets. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Citeretse, 2008 qui a montré qu'avec une consommation toujours plus grande et plus diversifiée partout dans le monde, la production des déchets ne cesse d'augmenter. La croissance démographique et le développement des techniques de production des produits variés contribuent énormément à l'augmentation tant qualitative que quantitative des déchets.

Les déchets produits par les établissements scolaires ont des impacts sur l'environnement et la santé de la population. Ces résultats corroborent avec ceux obtenus par Belle, 2008 qui a démontré que le problème est d'autant plus critique du fait que les dépotoirs sauvages sont souvent à proximité des concessions ou s'amplifie au niveau des anciennes carrières de sable, des bas-fonds, du lac Nokoué et des lagunes. Cet état de choses entraîne le comblement des plans d'eau et par conséquent l'inondation, la détérioration des eaux superficielles et souterraines, l'eutrophisation qui menace la vie des écosystèmes aquatiques par asphyxie. De plus, Nyassogbo, 2005 qui a prouvé que des nuisances olfactives : les déchets constitués majoritairement des putrescibles se décomposent et dégagent des odeurs pestilentielles. Aussi, les ordures ayant séjourné longtemps sur les décharges entraînent d'autres réactions chimiques telles que la fermentation anaérobie, qui produit du biogaz.

CONCLUSION

L'arrondissement de Togba connaît une avancée démographique. Il abrite cependant nombreux établissements scolaires dans lesquelles la gestion des déchets cause un véritable problème. Cela bloque parfois le taux de réussite des élèves, et a aussi un impact négatif sur la rentabilité des enseignants à cause de ces petites maladies et épidémies qui en découlent.

Les investigations sur le terrain ont permis de constater que plusieurs raisons sont à la base de cette mauvaise gestion des déchets constatés dans les établissements scolaires. Il s'agit entre autre du manque de financement dans la question de déchets scolaires ; de l'insuffisance de matériels de collectes et de traitement des déchets ; de l'absence des structures de collectes adéquates ; de l'absence d'un plan ou programme spécial dans l'académie scolaire ; et de l'insuffisance de formation dans le domaine de la propreté et d'hygiène par les établissements.

Ainsi, il apparaît nécessaire dans un premier temps de pallier à l'accroissement excessive des déchets et dans un second temps, de créer d'autres systèmes appropriés de gestion des déchets dans les établissements scolaires de l'arrondissement de Togba en particulier et du Bénin en général.

Il importe par ailleurs de la part des autorités des établissements scolaires, de tous les personnels concernés et des autorités à divers niveaux chargés des questions académiques un esprit d'éveil de conscience allant dans le sens de l'entretien et de la propreté du cadre d'étude.

Cela permettra de pallier un tant soit peu aux problèmes de gestion des déchets dans les villes et en occurrence dans les établissements scolaires. Ce faisant, le milieu de vie et surtout les cadres d'études se verront propres et sains et permettront par conséquent un développement social plus durable.

Références

1. ATTAHI K. (1996) : Problèmes d'urbanisation et défis de gestion municipale Afrique de l'Ouest et centrale, réalisé par l'article BNETD et PGU, Abidjan, 23 p.
2. TISSOT B. (2004) : Sécurité sanitaire et gestion des déchets quel liens ? Rapport à l'académie des sciences, p13.
3. Dossou-Yovo C. A. (2013) : Activites économiques de rue et gestion des déchets à Cotonou (République du Bénin), Thèse de Doctorat de l'Université d'Abomey-Calavi, 362p.
4. Paset R. (1979) : L'économie et le vivant, Payot, 2^{de} édition : 1996, Economica, Paris, 214p.
5. TINI A. (2003) : La gestion des déchets solides ménagers à Niamey au Niger : essai pour une stratégie de gestion durable. Thèse de Doctorat, 302p.
6. Citeretse L., 2008 : Les déchets ménagers solides de la ville de Bujumbura (Burundi): quelles perspectives pour une gestion durable ? Master en Sciences et Gestion de l'Environnement, IGEAT (Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire), Université libre de Bruxelles, 78 p.
7. Belle E., 2008 : Evolution de l'impact environnemental de lixiviats d'ordures ménagères sur les eaux superficielles et souterraines, approche hydrobiologique et hydrogéologique. Site d'étude : décharge d'Étuefont (Territoire de Belfort – France), mémoire de thèse, Université de Franche-Comté (UFC), 248 p.
8. Nyassogbo K., 2005 : Accumulation des ordures ménagères et dégradation de l'environnement urbain. Quelques pistes pour une viabilité environnementale dans le processus de développement Africain, Lomé (Togo), 19 p.

Caractérisation des contraintes climatiques dans la commune de Dassa-Zoume au Bénin

René Ayéman Zodekon¹, Romaric Ogouwale¹, Léocadie Odoulami¹

1Département de Géographie et Aménagement du Territoire / Faculté des Sciences Humaines et Sociales / Université d'Abomey-Calavi

Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystème et Développement LACEEDE) /DGAT/FLASH/ Université d'Abomey-Calavi (UAC). 03BP :1122 Cotonou, République du Bénin (Afrique de l'Ouest)

Résumé

La méconnaissance des contraintes climatiques majeures limite l'efficacité des mesures d'adaptation développées par les populations de la commune de Dassa-Zoumé. La présente recherche a pour objectif de caractériser les typologies des contraintes climatiques afin d'envisager les mesures efficaces d'adaptation.

La méthodologie utilisée est basée sur la collecte des données, leur traitement et l'analyse des résultats obtenus. Deux principales données ont été utilisées dans le cadre de cette recherche. Il s'agit des données climatiques sur la période 1960-2017 et les données socio anthropologiques obtenues auprès de 231 ménages et 20 personnes ressources. Le traitement des données climatiques a consisté au comblement des données manquantes avec la Méthode du Vecteur Régionale. La caractérisation des contraintes climatiques a été faite par la détermination des paramètres de tendances centrales. Les tests de Pettitt et d'Ellipse de bois ont permis de détecter les ruptures pluviométriques. Le logiciel Khronostats a permis de vérifier la normalité de la série étudiée pour que les données changées suivent une distribution normale. Le test d'indépendance de Chi-square (Chi2) a été réalisé grâce au logiciel Sphnix 4.5 a permis d'étudier la dépendance ou non entre les perceptions des ménages et les catégories des socioéconomiques et professionnelles.

Des résultats obtenus, il ressort que les contraintes climatiques constituent une réalité dans la commune de Dassa-Zoumé. Elles se manifestent par une tendance à la baisse des hauteurs avec l'alternance de 3 % des années sont extrêmement humides, 12 % des années fortement humides et 32 % des années modérément humides, soit 47 % d'années excédentaires. Par contre, 53 % de ces années sont déficitaires. L'application des tests de Pettitt, de Buisband et d'ellipse de bois ont permis de détecter une rupture pluviométrique en 1983 sur la série pluviométrique (1960-2017). L'analyse du régime mensuel post rupture (1984-2017) montre une diminution des pluies en novembre, décembre, janvier, mars, avril. Les déficits pluviométriques varient de -49 % dans le milieu de recherche. L'analyse comparative des données thermiques, montre que les températures post rupture ont connu une augmentation par rapport aux températures pré-rupture (0,0433x). Cette augmentation est de 0,0087 °C.

Mots clés : Bénin, Dassa-Zoumé, Contraintes climatiques, baisse des pluies, Augmentation de la température.

Characterization of climatic constraints in the commune of Dassa-Zoume in Benin

Abstract:

The lack of knowledge about major climatic constraints limits the effectiveness of adaptation measures developed by the populations of the municipality of Dassa-Zoume. This research aims to characterize the typologies of climatic constraints in order to consider effective adaptation measures.

The methodology used is based on data collection, processing and analysis of the results obtained. Two main data were used in this research. These are climate data for the period 1960-2017 and socio-anthropological data obtained from 231 households and 20 resource persons. The processing of the climate data consisted of filling in the missing data with the Regional Vector Method. The characterization of climatic constraints was done by determining the central tendency parameters. Pettitt and Wood Ellipse tests were used to detect rainfall breaks. The Khronostats software was used to check the normality of the series studied so that the changed data follow a normal distribution. The Chi-square (Chi2) test of independence was carried out using Sphnix 4.5 software to study the dependence between household perceptions and socio-economic and professional categories.

The results show that climatic constraints are a reality in the commune of Dassa-Zoume. They are manifested by a downward trend in rainfall, with 3% of years being extremely wet, 12% being very wet and 32% being moderately wet, i.e. 47% of years being surplus to requirements. On the other hand, 53% of these years are deficit years. The application of the Pettitt, Buisband and wood ellipse tests made it possible to detect a rainfall break in 1983 in the rainfall series (1960-2017). The analysis of the monthly regime after the break (1984-2017) shows a decrease in rainfall in November, December, January, March and April. Rainfall deficits vary from -49% in the research environment. The comparative analysis toward the thermal data, shows that the post-breakup temperatures experienced an increase over the pre-breakup temperatures (0.0433x). This increasing is 0.0087°C.

Key Words: Benin, Dassa-Zoume, Climatic constraints, Rainfall decrease, Temperature increasing

¹ Corresponding author: ayeraman90@gmail.com

INTRODUCTION

Les contraintes climatiques affectent les ressources en eau avec de diverses conséquences. Elles présentent des répercussions sur l'accessibilité et la continuité des services d'eau d'assainissement. Les impacts peuvent être immédiats, par exemple la destruction des infrastructures en cas d'inondation, mais aussi à plus long terme, par exemple dans le cas d'une baisse des ressources en eau disponibles. Elles sont considérées comme tout élément des systèmes spatiaux ou présent à la surface de la terre que les sociétés humaines doivent prendre en compte dans leur fonctionnement, ou qui peut gêner le fonctionnement des sociétés humaines (I. F. Yabi, 2008 ; p.27). Dans cette recherche, les contraintes climatiques se présentent comme l'inverse de l'aptitude. Elles sont les éléments que les sociétés humaines doivent prendre en compte pour leur épanouissement, y compris même des éléments qui paraissent a priori « favorables ». La présente recherche fait la typologie des contraintes climatiques enregistrées dans la commune de Dassa-Zoumé afin de proposer des mesures d'adaptation efficaces.

La commune de Dassa-Zoumé, chef-lieu du Département des Collines. Elle est comprise entre 7° 29' et 7° 57' de latitude nord et entre 2° 9' et 2° 13' de longitude est (figure 2). Elle couvre une superficie de 1711 km² et compte 112 122 habitants (INSAE, 2013 ; p.46). Elle est limitée au nord par la commune de Glazoué, au sud par la commune de Djidja, à l'est par les communes de Savè et Kétou, et à l'ouest par la commune de Savalou (figure 1). Elle est ceinturée par les collines à l'est et reçoit un apport pluvieux moins important que la commune de Savè. Ainsi, hauteur moyenne annuelle de pluie est d'environ de 1100 mm.

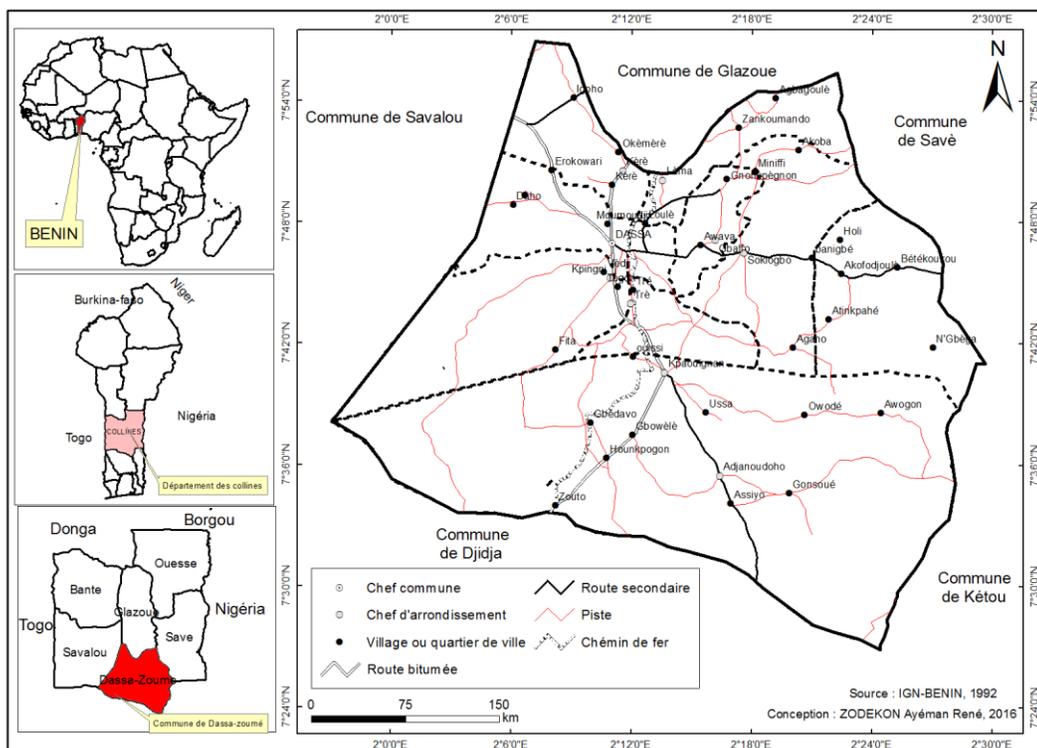


Figure 1 : Situation géographique et administrative de la commune de Dassa-Zoumé

La figure 1 présente la situation géographique et administrative de la commune de Dassa-Zoumé. Elle couvre une superficie de 1711 km² et compte 112 122 habitants (INSAE, 2013 ; p.34). Elle est limitée au nord par la commune de Glazoué, au sud par la commune de Djidja, à l'est par les communes de Savè et Kétou, et à l'ouest par la commune de Savalou.

Nature et sources des données utilisées

Deux principales données ont été utilisées en vue de caractériser les contraintes climatiques. Il s'agit entre autres :

Données climatiques

Elles concernent les hauteurs de pluie (mensuelles et annuelles) et les températures minimales, moyennes et maximales (mensuelles et annuelles) sur la période de 1960 à 2017. Elles sont recueillies à METEO-Bénin. Le choix de cette série est motivé par le souci de disposer d'une normale autour de laquelle est recommandée pour les études relatives à la caractérisation du climat d'une région. Le tableau I présente les stations climatologiques retenues pour le travail et leurs caractéristiques.

Tableau I : Caractéristiques des stations retenues

Stations	Latitude	Longitude	Altitude	Type de stations
Savè	08 ° 02 nord	02 ° 08 est	199 m	Synoptique
Savalou	07 ° 56 nord	01 ° 59 est	174 m	Pluviométrique
Tchetti	07 ° 45 nord	01 ° 40 est	353 m	Pluviométrique
Dassa-Zoumè	07 ° 45 nord	02 ° 10 est	155 m	Pluviométrique
Touï	08 ° 40 nord	02 ° 36 est	316 m	Pluviométrique
Ouèssè	08 ° 39 nord	02 ° 23 est	233 m	Pluviométrique

Source : Base de données du LACEEDE, novembre 2017

Le tableau I présente les caractéristiques des stations retenues. Le choix de ces stations a été fait en fonction du nombre important d'années d'observations et de la présence des lacunes. Le critère lié à la taille de l'échantillon est basé sur les recommandations de l'Organisation Météorologique Mondiale, qui préconise l'utilisation d'une période minimale d'observation de 30 ans pour toute étude sur l'évolution du climat (OMM, 1992 ; p.527). Ces données ont permis de caractériser les typologies des contraintes climatiques dans la commune de Dassa-Zoumè.

- Données socio anthropologiques relatives à la perception des ménages

Pour mieux caractériser les contraintes climatiques, les perceptions des ménages ont été collectées et analysées puis confrontées aux résultats issus du traitement des données climatiques officielles.

Méthode de collectes données

Deux techniques de collectes ont servi de base. Il s'agit de la recherche documentaire et des enquêtes de terrain. La première a été faite au centre de documentation de Météo-Bénin. Elle a permis d'avoir les indicateurs chiffrés sur les paramètres climatiques. La seconde, grâce aux questionnaires et aux guides d'entretiens adressés aux ménages et aux personnes ressources, a permis de collecter les informations relatives aux perceptions des ménages des contraintes climatiques dans la commune de Dassa-Zoumè. La technique de choix raisonné a été utilisée pour l'identification des enquêtés. Les enquêtes socio anthropologiques ciblent les chefs ménages et les personnes ressources. L'unité de recherche est le ménage qui pratique les activités socioéconomiques consommatrices d'eau potable.

Le choix des personnes enquêtées repose sur l'un des critères suivants :

- être un chef de ménage ;
- être un acteur dans la production d'activités économiques.

La taille de l'échantillon a été déterminée par la formule de (D. Schwartz, 1995 ; p 278).

$X = Z \cdot \alpha \cdot p \cdot q / i^2$; avec : X = la taille de l'échantillon ;

$Z \cdot \alpha = 1,96$ écart réduit correspondant à un risque α de 5 % ;

$p = n/N$; avec p = proportion des ménages dans les arrondissements retenus (n) par rapport au nombre total des ménages (N) dans la commune de Dassa-Zoumè.

Ainsi, $p = n/N = 13750 / 22647 = 0,60$ soit 60 % ;

$p = 0,60$ soit 60 % ; $i =$ précision désirée égale à 5 % et $q = 1 - 0,60 = 40$ %.

Donc, $X = (1,96)^2 \times 0,68 (0,32) / 0,06^2 = 231$

$X = (1,96)^2 \times 0,68 (0,32) / 0,0036 = 231$. En plus de ceux-ci, 20 personnes ressources ont été enquêtées. Les différentes collectées ont été traitées.

Méthode de traitement des données

Elle prend en compte le comblement des données manquantes et le traitement des données proprement dites.

Comblement des données lacunaires

Le comblement des données manquantes a été assuré par la Méthode du Vecteur Régional (Y. Brunet-Moret, 1971 ; p.28). Cette méthode (MVR) est un modèle simple qui permet de représenter les informations pluviométriques d'une station par une séquence d'indices annuels, représentatifs des précipitations dans la région et par des coefficients caractéristiques de chaque poste d'observation (G. Hiez et al., 1992 ; p.43). Pour chaque station pluviométrique est calculé un indice, rapport de la pluie annuelle sur la pluie annuelle moyenne, donc supérieur à (1) un lorsque l'année est excédentaire et inférieur à (-1) un lorsqu'elle est déficitaire. La moyenne des indices obtenus pour l'ensemble de la station constitue la valeur représentative de la zone d'étude considérée (Z. A. Tra Bi, 2013 ; p.142). La série des indices annuels représentatifs est appelée vecteur régional, car elle prend en compte l'information d'une région supposée climatiquement homogène (G. Mahé et Y. L'Hôte, 1995 ; p.182). Deux méthodes sont couramment utilisées pour appliquer le vecteur régional : la méthode de G. Hiez (1977, p.143) et celle de Y. Brunet-Moret (1979, p. 153). La première est basée sur le mode (valeur la plus fréquente) ; la seconde sur la moyenne, en éliminant les valeurs trop particulières, afin d'éviter de contaminer les estimations par des données manifestement erronées (Z. A. Tra Bi, 2013 ; p.139). Pour cette étude, considérant que la moyenne est le meilleur estimateur (Z. A. Tra Bi, 2013 ; p.140), c'est la méthode de Brunet-Moret qui a été retenue. L'obtention des données climatiques officielles a permis de caractériser les contraintes climatiques.

Méthode de caractérisation des contraintes climatiques

L'étude des contraintes climatiques a nécessité l'utilisation des paramètres et méthodes statistiques suivants :

Paramètres de tendances centrales et de dispersions

- Moyenne arithmétique

Elle est utilisée pour étudier le régime pluviométrique du milieu de recherche. C'est le paramètre fondamental de tendance centrale, représentée ici par la « normale », moyenne calculée sur une série de cinquante-sept (57) ans. Elle s'exprime par la formule suivante :

$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ Avec n l'effectif total des variables ; x_i la valeur de la variable considérée ; i l'année considérée et \bar{X} la valeur annuelle des différentes variables.

Les tendances thermiques et pluvieuses ont été mises en évidence par une droite de régression de type $y = a x + b$, elle est obtenue par le calcul de la pente avec a le coefficient directeur. En dehors de la moyenne arithmétique, le calcul des paramètres de dispersion a été mis en évidence.

-Paramètres de dispersion

Il s'agit de l'écart-type et les indices de pluie standardisés.

Le calcul de l'écart type permet d'évaluer la dispersion des valeurs autour de la moyenne « normale ». Il se détermine par le calcul de la racine carrée de la variance.

$\sigma(x) = \sqrt{V}$ où la variance V est écrite : $V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$, l'écart type est l'indicateur de la variabilité par excellence.

- Anomalies centrées réduites

A partir du calcul de l'écart type, l'étude des anomalies centrées réduites pluviométriques interannuelles est faite. Les anomalies se calculent par la formule suivante :

$x'_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma(x)}$: x_i la valeur de la variable, \bar{x} la moyenne de la série, $\sigma(x)$ l'écart type de la série et x'_i la valeur des anomalies centrée réduite.

Ainsi, certains seuils seront fixés pour l'Indice Pluviométrique (IP). Pour chaque seuil, le pourcentage du nombre de fois où l'IP est supérieur ou inférieur à certaines valeurs, est calculé sur plusieurs années.

L'anomalie centrée réduite a permis de déterminer les années à hauteurs pluviométriques extrêmes (tableau II).

Tableau XI: Grille d'appréciation des indices pluviométriques

IP > 1	Très pluvieuse
IP > - 1	Très sèche
IP < + 0,5	Pluvieuse
IP < 0,25	Normale
-0,25 < IP < -0,5	Sèche

Source : I. Ourrou Barré (2014, p.69)

Le tableau II présente la grille d'appréciation des indices pluviométriques. Elles permettent de mettre en évidence les différents types de saisons. En effet, lorsque $IP > 1$, la saison est dite très pluvieuse et très sèche lorsque $IP < -1$. La saison est dite sèche lorsque l'IP est comprise entre $-0,25 < IP < -0,5$. Elle est dite pluvieuse quand $IP < + 0,5$. L' $IP < 0,25$ implique une saison normale. En plus des indices pluviométriques, le bilan climatique a été mis en évidence sur la période de (1960-2017).

Mise en évidences des tendances

L'étude des tendances pluviométriques a utilisé les moyennes mobiles et la méthode de la régression. Elles ont été mises en évidence grâce au logiciel KHRONOSTAT qui regroupe différents tests statistiques. Ces tests sont spécifiques d'un changement de comportement de la variable dans la série temporelle.

- Les moyennes mobiles

Quand une chronique est très complexe (« bruit » important, cycle irrégulier, plusieurs tendances successives), on peut la simplifier pour donner une représentation graphique des phénomènes essentiels qui la composent.

La technique des moyennes mobiles consiste à lisser les irrégularités en associant aux valeurs y_i d'une chronique de nouvelles valeurs \bar{y}_i qui sont les moyennes arithmétiques d'une valeur originale y_i et des valeurs qui l'encadrent. Les moyennes mobiles peuvent être calculées sur trois ans (1 valeur de part et d'autre de y_i) ou cinq ans (2 de part et d'autre de y_i).

- Statistique U de Buishand [Buishand, 1982; Buishand, 1984]

La statistique U de Buishand est de nature bayésienne et fait référence au modèle simple. En supposant une distribution *a priori* uniforme pour la position du point de rupture m , on définit la statistique U par :

$$U_{t,n} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^n \text{sgn}(x_i - x_j) \text{ Avec } \text{sgn}(x) = 1 \text{ si } x > 0, 0 \text{ si } x = 0 \text{ et } -1 \text{ si } x < 0.$$

Elle s'avère performante pour tout changement de moyenne survenant au milieu de la série cependant le test de Buisland est un test paramétrique faisant l'hypothèse d'une distribution normale des variables de la série. Le logiciel **Khronostats** nous permet de vérifier la normalité de la série étudiée et dans le cas où celle-ci serait refusait la série est alors modifiée (Racine Carrée, Logarithme, Box et Cox) pour que les données changées suivent une distribution normale.

- Ellipse de Bois (Bois, 1972)

P. Bois (1972) a préconisé une méthode fondée sur le cumul des résidus. Elle permet de déterminer un seuil à partir duquel la cassure est significative. La difficulté revient à rechercher une courbe de contrôle telle que tout dépassement conduit à repousser l'hypothèse d'homogénéité de la série avec un seuil de confiance Choisi. P Bois a montré que la courbe de contrôle à une forme ellipsoïdale (ellipse).

Cette méthode permet de dilater les différences, ce qui amplifie largement la clarté du graphique spécialement dans le cas où les écarts types sont faibles. Dès que les valeurs sortent de cette ellipse l'hypothèse H0 est rejetée au seuil de confiance $1 - \alpha / 2$ soit un risque de 1^{ère} espèce α . La région de confiance est définie par :

$$\pm \frac{U_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \sqrt{k(N-k)}}{\sqrt{(N-1)}} D_x$$

- Test de Pettitt

Le test de Pettitt est une approche non-paramétrique dérivée du test de Mann & Withney permettant d'identifier un point de rupture dans une séquence de variables aléatoires indépendantes $X_i, i = 1, N$.

Le test est plus particulièrement sensible à un changement de moyenne.

Pour cela on définit la variable :

$$U_{t,n} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^n \text{sgn}(x_i - x_j) \text{ Avec } \text{sgn}(x) = 1 \text{ si } x > 0, 0 \text{ si } x = 0 \text{ et } -1 \text{ si } x < 0.$$

La faiblesse du test a pu être mise en évidence (Lubes-Niel *et al.*, 1998) sur les ruptures dans une série chronologique portant sur l'écart-type.

Méthode d'analyse des résultats obtenus

Le test d'indépendance de Chi-square (Chi2) a été réalisé grâce au logiciel Sphnix 4.5. Il a permis d'étudier la dépendance ou non entre les perceptions des ménages et les catégories des socioéconomiques et professionnelles.

RESULTATS ET DISCUSSION

Caractéristiques des contraintes climatiques dans la commune de Dassa-Zoumé

Les caractéristiques des contraintes climatiques sont mises en exergue à partir de l'analyse de la variation interannuelle des hauteurs de pluie, des indices pluviométriques. L'application du test de Pettitt, de BUIHAND et ellipse a permis détecter les éventuelles ruptures pluviométriques. Ces différentes analyses ont été complétées par l'analyse de la perception des ménages enquêtés. La commune de Dassa-Zoumé est marquée par une variabilité irrégulière des hauteurs de pluie.

Variation interannuelle des hauteurs de pluie

Les hauteurs annuelles de pluie ont connu une variabilité irrégulière avec un minimum de pluie annuelle enregistrée en 1983 (556 mm). La figure 27 présente la variation interannuelle et saisonnière des hauteurs de pluie sur la période de (1960-2017).

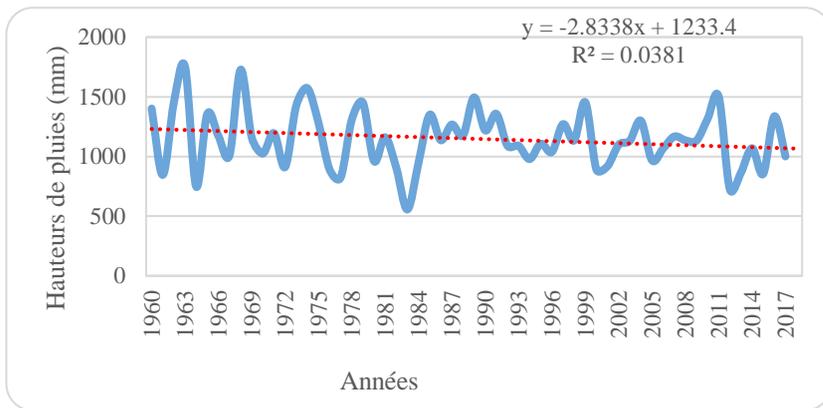


Figure 2 : Variation des hauteurs de pluie de 1960-2017

Source : METEO-Bénin, 2019

La figure 2 montre une variation interannuelle des hauteurs de pluie sur la période 1960-2017. Il ressort que, les hauteurs annuelles de pluie ont connu une variation interannuelle irrégulière. La hauteur maximale est enregistrée en 1963 avec 1742 mm de pluie. Celle minimale est enregistrée 1983 (556 mm). La courbe de tendance à une pente négative (-2,8338x) mais le coefficient de détermination est très faible ($R^2 = 0,0381$) et justifie une tendance à la baisse de la pluie de 1960 à 2017. Cette variabilité des hauteurs de pluie s'illustre par la mise en évidence des années excédentaires et déficitaires.

Analyses des indices pluviométriques

Les indices pluviométriques moyens ont permis d'analyser la variabilité temporelle des précipitations dans le milieu de recherche. L'Indice Standardisé des Précipitations correspond à la transformation de la série temporelle des précipitations en une distribution normale standardisée de moyenne nulle et d'écart-type unitaire, également appelée z-distribution, distribution normale ou distribution gaussienne (Amyay, 2012). La figure 3 présente les indices pluviométriques.

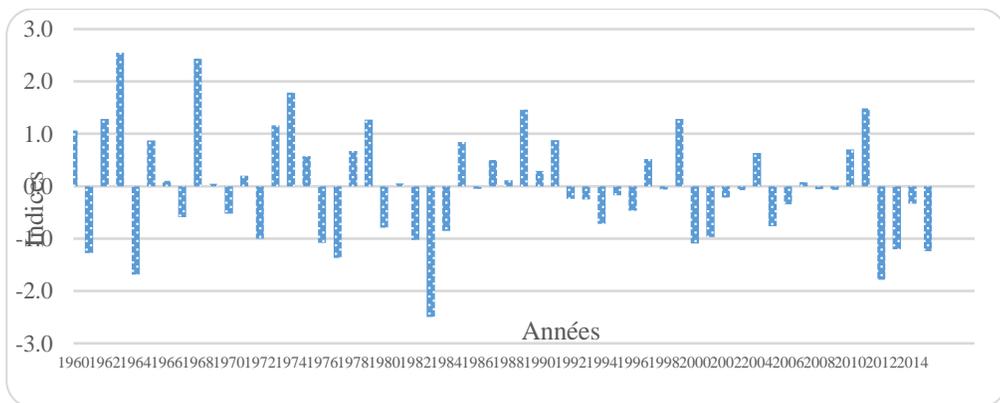


Figure 3 : Indices pluviométriques de la commune de Dassa-Zoumè de 1960-2017

Source : Traitement des données, METEO-Bénin, juillet 2019

La figure 3 présente les indices pluviométriques de la commune de Dassa-Zoumè sur la période 1960-2017. Il ressort que, les années 1963 et 1968 apparaissent comme étant exceptionnellement « pluvieuses » avec une anomalie de +2,5 et l'année 1983 est exceptionnellement « sèche » avec l'anomalie est de -2,5. En somme, la courbe d'indice pluviométrique reflète bien la grande variabilité interannuelle dans la commune de Dassa-Zoumè. La proportion de ses typologies d'années est mise en évidence la figure 4.

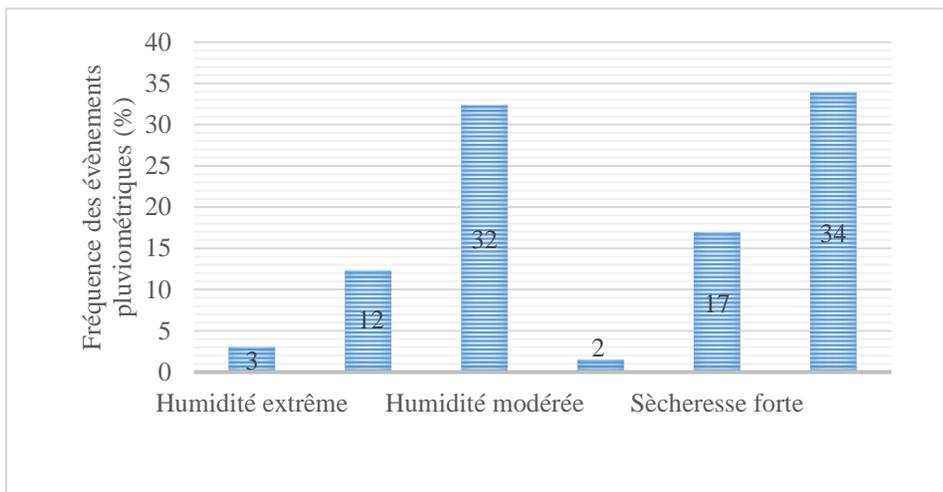
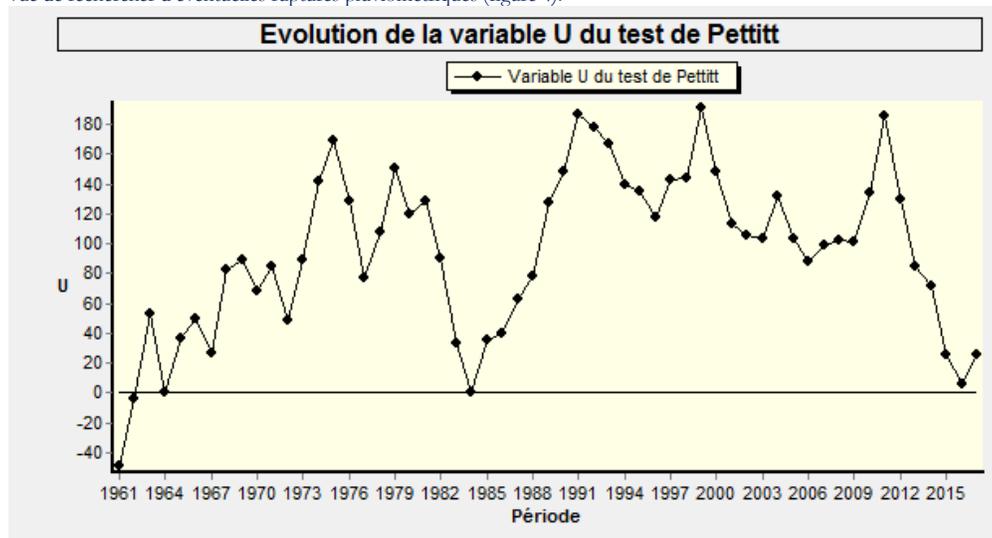


Figure 4 : Typologie des années sur la période 1960-2017
 Source : Traitement des données pluviométriques, Juin 2019

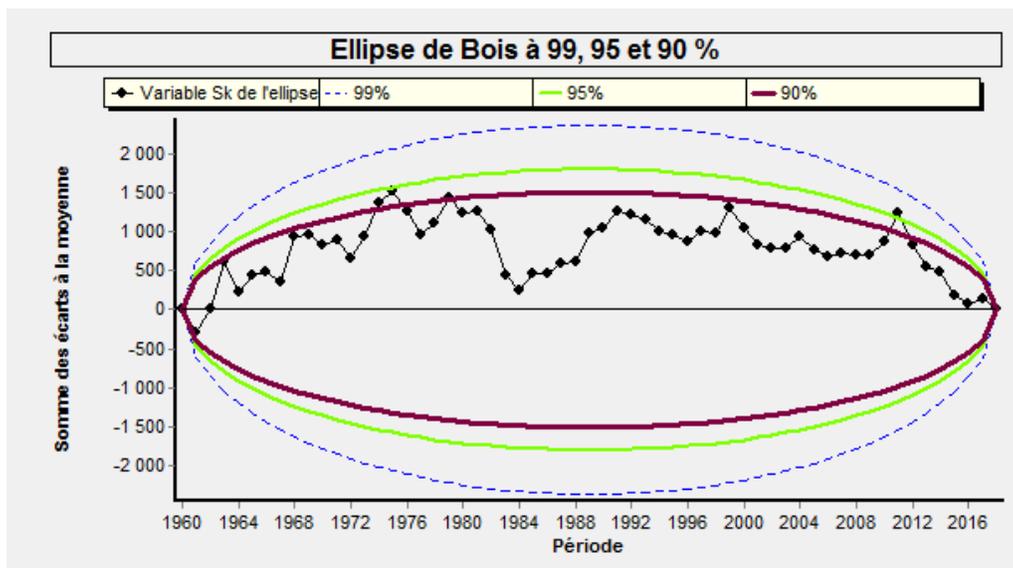
La figure 4 présente la fréquence des évènements pluvieux sur la période de 1960-2017. On déduit que, 3 % des années sont extrêmement humides, 12 % fortement humides et 32 % sont modérément humides. L'ensemble de ces années, sont qualifiées d'années excédentaires, soit 47 % d'années excédentaires. Par contre, 53 % de ces années sont déficitaires. La modification du régime pluviométrique et des totaux annuels observés attestent déjà la variabilité pluviométrique dans le secteur d'étude. Les déficits et les excédents pluviométriques prononcés posent d'énormes difficultés de gestion des ressources en eau à la population. La recherche d'éventuelles ruptures de stationnarité a permis de mieux observer l'évolution des précipitations.

Résultats du test de rupture de Pettitt et déficits pluviométriques

L'analyse des séries chronologiques (1960 à 2017) a été réalisée avec l'application du test de Pettitt de BUISSHAND et d'ellipse en vue de rechercher d'éventuelles ruptures pluviométriques (figure 4).



(a) Evolution de la variable U du test de Pettitt



(b) Variable Sk de l'ellipse de bois (Test de Buishand)

Figure 4 : Recherche d'éventuelle rupture de stationnarité sur quelques stations du Centre-Bénin (1960-2017)

Source : Traitement des données METEO-Bénin, Juin 2019

La figure 4 présente, l'application du test de Pettitt permet de confirmer ou d'infirmer les ruptures perceptibles à partir des indices pluviométriques. Il ressort que la rupture est ici traduite par un changement brutal dans l'allure d'évolution de la courbe. En effet, l'application du test de Pettitt complétée par la méthode de l'ellipse de bois ont permis de détecter des ruptures (modifications) de stationnarité dans les séries pluviométriques à partir de 1970.

Le tableau III présente la synthèse des résultats du test de Pettitt.

Tableau XII : Résultats du test de rupture de Pettitt (1979)

Station	Période	Année de la rupture	Moyenne avant la rupture	Moyenne après la rupture	Déficit pluviométrique
Savè	1960-2017	1983	1170	1121	-49

Source : Traitement des données METEO-Bénin, Juin 2019

Le tableau III présente le résultat du test de rupture de Pettitt (1979). Il ressort que, des résultats consignés dans le tableau, montre une grande rupture soupçonnée par les indices autour de 1983 a été confirmée par le test. L'hypothèse nulle d'absence de rupture a été rejetée aux seuils de confiance de 99 %, 95 % et 90 %. La probabilité associée au test montre que la rupture constatée au sein de la série pluviométrique est très significatives (seuils inférieurs à 1 %). L'ampleur de la baisse pluviométrique a été quantifiée par le calcul du déficit à la rupture détectée dans la série. Les déficits pluviométriques varient de -49 % dans le milieu de recherche.

Variations saisonnières des précipitations avant et après rupture

Les fluctuations mensuelles de la pluviométrie avant et après la rupture ont été analysées afin de mieux percevoir les variations. L'observation de la figure 5 montre la distribution des précipitations mensuelles avant et après rupture est similaire.

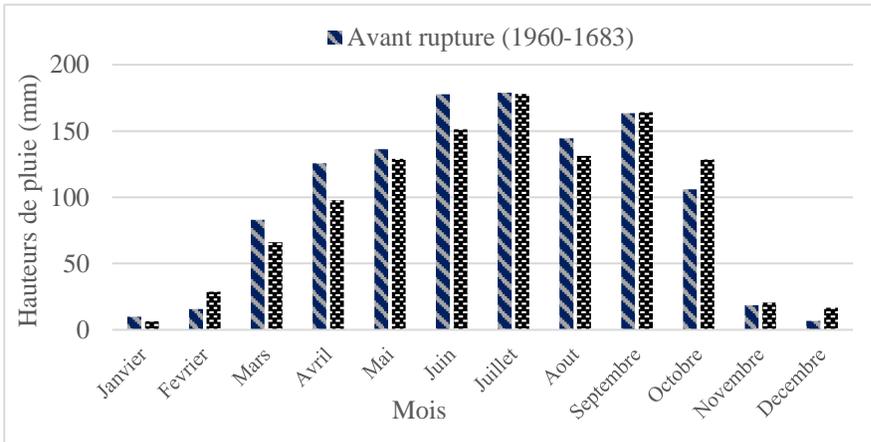


Figure 5 : Variation des pluies moyennes mensuelles par sous-période dans la commune de Dassa-Zoumé

Source : Traitement des données METEO-Bénin, Juin 2019.

La figure 5 présente la variation des pluies moyennes mensuelles par sous-période dans la commune de Dassa-Zoumé. Elle révèle que le régime mensuel pré-rupture (1960-1983) montre une hausse considérable des lames d'eau précipitée notamment au cours des mois sensibles d'avril, juin, juillet qui correspondent aux mois les plus humides donc à la période probable de recharge des réservoirs souterrains pour alimentation en eau de la population. La période post rupture (1984-2017) montre une diminution des pluies en novembre, décembre, janvier, mars, avril. Ces mois correspondent aux mois secs ou la demande en eau devient forte chez les populations.

Au cours de ses mois, les services d'eau sont plus sollicités pour l'approvisionnement en eau des ménages. Les hauteurs de pluie ont varié de façon saisonnière (figure 6).

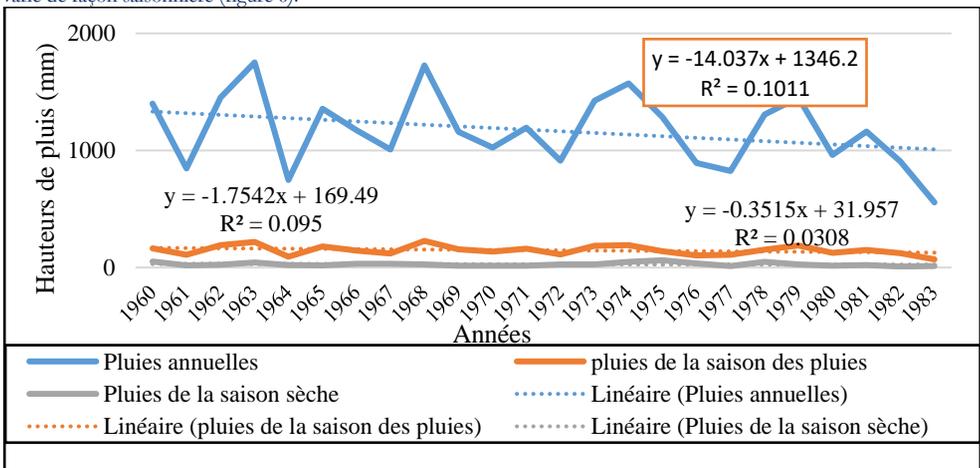


Figure 6 : Evolution des pluies annuelles moyennes ; totaux de précipitations en saison sèche, en saison des pluies sur la période 1960-1983

Source : Traitement des données METEO-Bénin, Juin 2019

La figure 6 présente également l'évolution des totaux de précipitations annuelles et saisonnière (saison des pluies et saison sèche) de 1960 à 1983, la période pré rupture. Les totaux annuels de précipitations varient entre 1727 mm en 1968 et 556,2 mm en 1993. L'écart entre le maximum et le minimum de la série est de 948,3 mm. La pluviométrie connaît donc une grande variabilité avec un coefficient de variation de -14. Toutefois, la pluviométrie de la saison sèche est plus aléatoire et variable avec CV = -0.3 que

celle de la saison des pluies où CV = 1,7. En dehors de la période pré-rupture, les pluies saisonnières ont aussi connu une variation (figure 7).

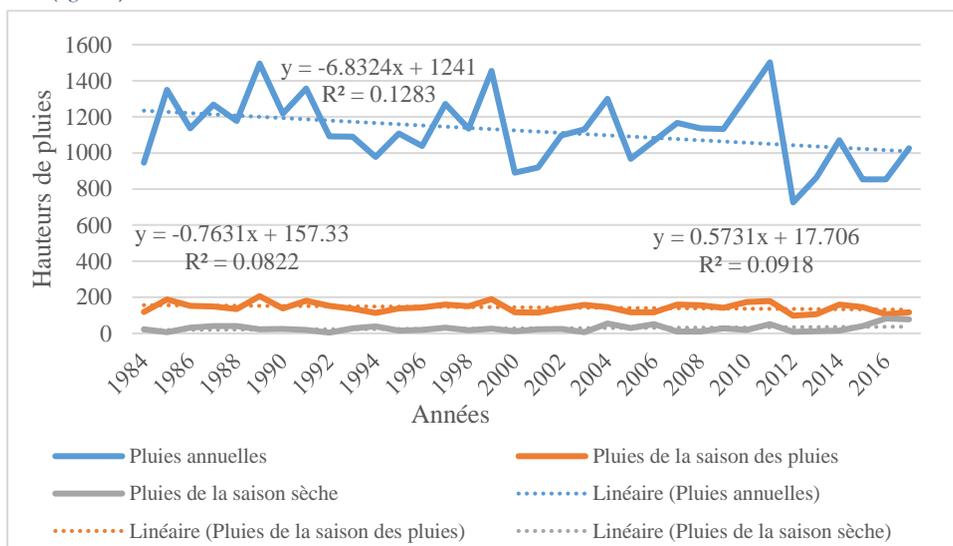


Figure 7 : Evolution des pluies annuelles moyennes ; totaux de précipitations en saison sèche, en saison des pluies sur la période 1984-2017

Source : Traitement des données METEO-Bénin, Juin 2019

La figure 7 présente également l'évolution des totaux de précipitations annuelles et saisonnière (saison des pluies et saison sèche) de 1984 à 2017, la période post-rupture. Il ressort que, les totaux annuels de précipitations varient entre 1502 mm en 2011 et 725,7 mm en 2012. L'écart entre le maximum et le minimum de la série est de 776,3 mm. La pluviométrie connaît donc une grande variabilité avec un coefficient de variation de 6. Toutefois, la pluviométrie de la saison sèche est plus aléatoire et variable avec CV = -0,5 que celle de la saison des pluies où CV = -0,7. Les hauteurs de pluie annuelles et saisonnières ont connu une variation irrégulière. Cette variation est marquée par un déficit de 172 mm de pluie sur la période post-rupture. En dehors de la variation pluviométrique. Cette baisse des hauteurs de pluie sont conformes aux résultats de plusieurs auteurs au Bénin en Afrique et dans le monde.

Caractérisation des contraintes thermiques dans la commune de Dassa-Zoumé

Cette partie analyse la variation intermensuelle et celle interannuelle des températures dans la commune de Dassa-Zoumé.

Variation intermensuelle des températures

Les températures mensuelles connu une évolution irrégulière avec une tendance à la hausse. Le tableau IV présente les mensuels des températures maximales et minimales.

Tableau IV : Ecart mensuel des températures maximales et minimales pré-rupture et post-rupture

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	septembre	Octobre	Novembre	Décembre
T° maxi	0,31	0,32	0,15	0,17	0,02	0,12	0,09	0,05	0,13	0,11	0,1	0,12
T° mini	0,42	0,46	0,82	0,9	0,69	0,83	0,69	0,66	0,7	0,58	0,81	0,95

Source : Traitement des données METEO-Bénin, Juin 2019

L'examen des données du tableau IV montre que les températures maximales ont augmenté sur tous les mois. Cette augmentation est comprise entre 0,02 et 0,32 °C. L'écart de la température maximale, le plus élevé est enregistré en février (0,32 °C) et l'écart le moins important entre les températures maximales est enregistré au mois de mai (0,02 °C).

Il ressort du tableau IV que tous les mois ont connu une augmentation des températures minimales pré-rupture et post-rupture. La plus forte augmentation de températures minimales a été enregistrée en décembre (0,95 °C) et la plus faible augmentation de températures minimales a été enregistrée en janvier (0,42 °C). Les températures annuelles ont connu une tendance à la hausse.

Variation interannuelle des températures

La commune de Dassa-Zoumé est marquée par variabilité interannuelle irrégulière des températures maximales et minimales. La figure 9 présente la variabilité interannuelle des températures maximales pré et post rupture.

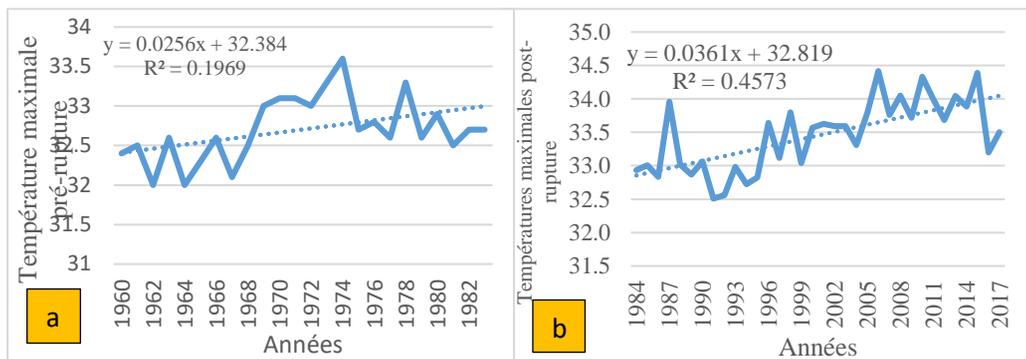


Figure 9: Variabilité interannuelle des températures maximales pré-rupture (a) et post rupture (b)

Source : Traitement des données METEO-Bénin, Juin 2019

La figure 9 montre la variabilité interannuelle des températures maximales pré-rupture et post rupture. Il ressort que la température maximale varie entre 32 °C en 1962 et 33,6 °C en 1974 sur la période pré-rupture et entre 32,5 °C et 34,4 °C sur la période post rupture. Il ressort que, de 1960-2017, la commune de Dassa-Zoumé a connu de fortes variabilités interannuelles des températures maximales. Cette variation se justifie par les différentes fluctuations observées sur toutes deux périodes. En effet, les températures les plus élevées de la période pré-rupture ont été enregistrées en 1974 avec une température moyenne annuelle égale à 33,6 °C et en 1973 avec une température moyenne annuelle égale à 33,3 °C, la courbe de tendance à une pente positive (0,0256x) avec le coefficient de détermination est faible ($R^2 = 0,1969$) et justifie une tendance à l'augmentation des températures maximales pré-rupture.

Au niveau de la période post rupture, la température maximale a été enregistrée en 2006 avec une température moyenne annuelle égale à 34,4 °C. La valeur élevée du coefficient de détermination (0,4573) soit 45,73 % montre une tendance thermométrique à la hausse au cours de la période post-rupture. L'analyse comparative des températures maximales pré-rupture et post rupture permet de constater que, les températures maximales post rupture (0,0361x) ont connu une augmentation par rapport aux températures maximales pré-rupture (0,0256 x). Cette augmentation de températures maximales post rupture est de 0,0105 °C.

Les fluctuations thermiques observées sur la période de recherche, permet de faire ressortir une tendance à la hausse des températures maximales sur la série 1960-2017, ce qui traduit relativement un réchauffement climatique. Ce réchauffement influence la disponibilité des ressources en eau. Les températures minimales ont connu aussi une variabilité. La figure 10 présente la variabilité interannuelle des températures minimales pré et post rupture.

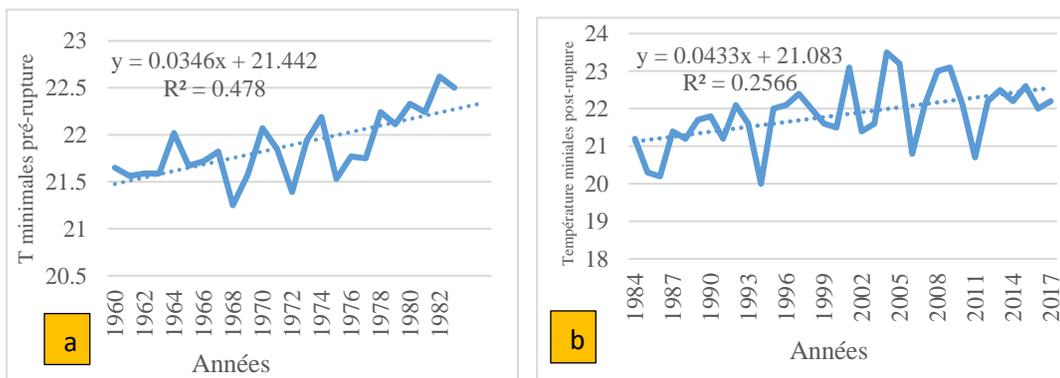


Figure 10: Variabilité interannuelle des températures minimales pré-rupture (a) et post rupture (b)

Source : Traitement des données METEO-Bénin, Juin 2019

La figure 10 la variabilité interannuelle des températures minimales pré-rupture (et post rupture. Il ressort que, la température minimale est passée de 20 °C à 23,5 °C sur la pré-rupture et de 21,25 °C à 22,62 °C sur la période post-rupture. Les courbes de tendance ont une pente positive avec les coefficients de détermination sont respectivement ($R^2 = 0,478$ et $R^2 = 0,256$) sur les périodes pré et post rupture. On déduit, une alternance de hausse et de baisse des températures minimales, ce qui traduit une forte variabilité interannuelle sur la période de recherche.

L'analyse comparative des températures minimales pré-rupture et post rupture permet de constater que, les températures minimales post rupture (0,0433 x) ont connu une augmentation par rapport aux températures minimales pré-rupture (0,0346 x). Cette augmentation de températures maximales post rupture est de 0,0087 °C.

Il est observé, au même titre que les températures maximales, une tendance plus marquée à la hausse des températures minimales. Cette hausse est plus remarquable pour certaines années, notamment les années 1974, 1982, 2004 et 2006. Les températures maximales et minimales ont augmenté pour la période post-rupture (1984-2017) par rapport à celles de la période pré-rupture (1960-1983). L'étude sur les périodes pré et post rupture a révélé une variation au niveau de la précipitation et de la température. Les contraintes climatiques dans la commune de Dassa-Zoumé se manifestent par la variabilité du régime pluviométrique, l'augmentation des vagues de chaleur, l'augmentation en fréquence et en intensités des phénomènes extrêmes tels-que les inondations et la sécheresse et la diminution des hauteurs de pluie.

Perceptions des ménages des contraintes climatiques dans la commune de Dassa-Zoumé

Les ménages enquêtés perçoivent différemment les contraintes climatiques. Quatorze pourcent (14 %) d'entre perçoivent les contraintes climatiques à l'augmentation des vagues de chaleur. La figure 11 présente les perceptions des ménages enquêtés.

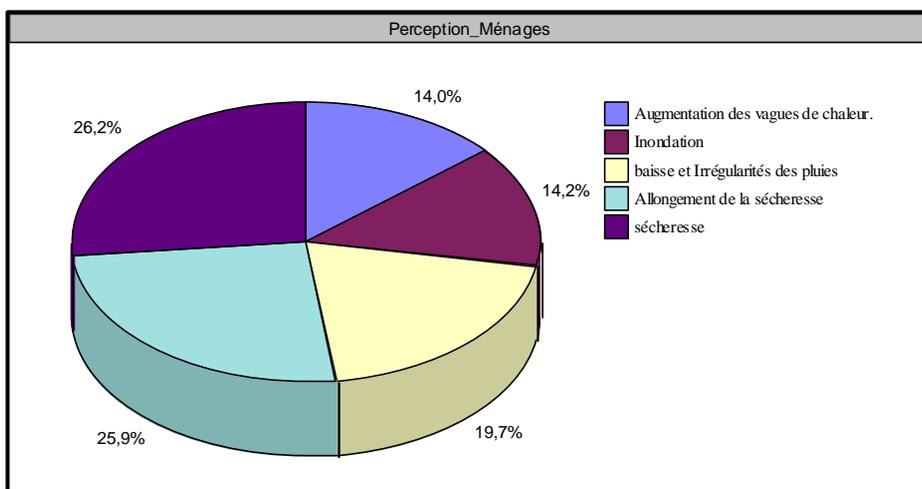


Figure 11 : Perception des ménages enquêtés des contraintes climatiques

Source : Traitement des données pluviométriques, Juin 2019

La figure 10 présente la perception des ménages enquêtés des contraintes climatiques dans la commune de Dassa-Zoumé. Il est à remarquer que, de constater que, 52,1 % des ménages enquêtés pensent que les contraintes climatiques s'expliquent par les manifestations de la sécheresse et son allongement, la baisse et l'irrégularité des pluies (19,7 %), l'augmentation des vagues de chaleur et l'inondation (28,2 %). Ces perceptions varient en fonction de la tranche d'âges et les activités socio-économiques. Les ménages perçoivent les contraintes climatiques en fonction de leur tranche d'âge (tableau V).

Tableau V : Perception des ménages en fonction de la tranche d'âge

Tranche_Age	18_25	26_35	36_45	46_55	56_65	66_+	TOTAL
Perception_Ménages							
Inondation	0,0%	14,6%	27,1%	41,7%	12,5%	4,2%	100%
sécheresse	0,0%	21,1%	35,6%	30,0%	12,2%	1,1%	100%
Allongement de la sécheresse	1,1%	20,0%	41,1%	25,6%	10,0%	2,2%	100%
baisse et Irrégularités des pluies	1,5%	19,4%	35,8%	26,9%	14,9%	1,5%	100%
Augmentation des vagues de chaleur.	2,1%	25,0%	31,3%	25,0%	14,6%	2,1%	100%
TOTAL	0,9%	20,1%	35,3%	29,2%	12,5%	2,0%	100%

Source : Enquête de terrain et traitement des résultats, mai 2019

Le tableau V présente la perception des ménages en fonction de leur tranche d'âge. Il ressort de ce dernier que, à part l'allongement de la sécheresse, l'augmentation des vagues de chaleurs (4,07 %) les ménages dont la tranche âge est comprise entre 18-25 n'ont aucune perception des contraintes climatiques. Pour eux, les paramètres climatiques n'ont pas connu une perturbation mais il reste stable. Par contre, les ménages dont la tranche d'âge est comprise entre 36-45 ans perçoivent les manifestations des contraintes climatiques à travers à travers l'allongement de la sécheresse (41,1 %), la baisse et les irrégularités des pluies (35,8 %). Par ailleurs, les ménages qui ont au moins 66 ans, perçoivent les contraintes à travers les inondations (4,2 %), l'allongement de la sécheresse (2,2 %). Le test de chi 2 montre une dépendance non significative ($\chi^2 = 11,63$, ddl = 20, $1-p = 7,17\%$) au seuil $\alpha=0,05$. Le poids de l'âge n'explique pas la perception des ménages des contraintes climatiques dans le milieu de recherche. En dehors des tranches d'âges, les contraintes climatiques sont aussi analysées en fonction des activités socioéconomiques qu'ils pratiquent.

DISCUSSION

Ce résultat rejoint ceux de (E. Amoussou, 2010 ; p.144). En effet, l'auteur a montré que les stations de Sokodé et de Kara-ville ont connu une rupture significative respectivement en 1968 et en 1986. Cette rupture significative au seuil de 95 % est en phase avec celles détectées par des travaux antérieurs entre la fin de la décennie 1960 et le début des décennies 1970 et 1980, dans la région ouest africaine et centrale G. Mahé *et al.*, (2001, p.224) et S. Ardoïn-Bardin, 2004 ; p.179) qui rejoignent également les résultats de la présente recherche.

Aussi, au Bénin, ce résultat est en phase avec la rupture est mise en évidence par R. Oguwalé (2013, p.105), E. W. Vissin (2007, p.122), F. I. Yabi (2008, p.171), H. S. V. Totin (2010, p.108), Odoulami et Zodekon (2017). C'est dans cette même logique que, les résultats des travaux du programme ICCARE de l'IRD (E. Servat *et al.*, 1999 ; p.370) situent la plupart des ruptures entre la fin de la décennie 1960 et le début de la décennie 1970, dans la sous-région de l'Afrique occidentale et centrale, y compris le Sahel. Cette gamme de variation indique que la sécheresse revêt un caractère globalement modéré dans la commune de Dassa-Zoumè.

CONCLUSION

L'analyse des données climatiques officielle sur la période 1960-2017 a permis de constater que les contraintes climatiques se manifestent par une tendance à la baisse des hauteurs avec l'alternance des années humides et sèche. En effet, 3 % des années sont extrêmement humides, 12 % fortement humides et 32 % sont modérément humides. L'ensemble de ces années, sont qualifiées d'années excédentaires, soit 47 % d'années excédentaires. Par contre, 53 % de ces années sont déficitaires. L'application du test de Pettitt de BUISSHAND et d'ellipse sur à la série pluviométrique (1960-2017) a permis de détecter une rupture pluviométrique en 1983. Le régime mensuel pré-rupture (1960-1983) montre une hausse considérable des lames d'eau précipitée notamment au cours des mois sensibles d'avril, juin, juillet qui correspondent aux mois les plus humides donc à la période probable de recharge des réservoirs souterrains pour alimentation en eau de la population. La période post rupture (1984-2017) montre une diminution des pluies en novembre, décembre, janvier, mars, avril. Contrairement à la pluviométrique, les températures ont connu une augmentation au niveau de la période post rupture par rapport à la période pré-rupture.

References

1. AMOUSSOU Ernest 2010. Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin-versant du complexe fluvial-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat à l'Université de Bourgogne, 313 p.
2. ARDOIN Sandra Bardin 2004. Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne, Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, France, 350 pages.
3. BRUNET-MORET Yves, 1971. Etude de l'homogénéité de séries chronologiques de précipitations annuelles par la méthode des doubles masses. *Cahiers ORSTOM série hydrologie*, VIII (4), pp 3-31.
4. HIEZ Gérard, COCHONNEAU Gérard, SECHET Patrick, FERNANDES U.M., 1992. Application de la méthode du vecteur régional à l'analyse de la pluviométrie annuelle du bassin amazonien=Application of the regional vector method to the analysis of annual pluviometry of the amazon basin. *Veille Climatique Satellitaire*, (43), 39-52. ISSN 1144-2026
5. HIEZ Gil, 1977. L'homogénéité des données pluviométriques. *Cab. Orstom, Série Hydrologie*, vol. XIV, no 2 : 129-172.
6. INSAE, 2013. Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Bénin (RGPH-4, 2013), 85 pages.
7. MAHE Gil, 2006. Variabilité pluie-débit en Afrique de l'Ouest et Centrale au 20ème siècle : changements hydro-climatiques, occupation du sol et modélisation hydrologique. *HDR, Université de Montpellier II*, 160 pages.
8. MAHE Gil, L'Hôte Yann, OLIVRY Jean Claude, DESSOUASSI R., ORANGE D., BAMBA F. ET SERVAT Eric, 2001. Trends and discontinuities in regional rainfall of west and central Africa - 1951-1989. *Hydrological Sciences Journal*, **46**(2), 211–226.
9. MAHE Gil, OLIVRY Jean Claude, 1995. Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'ouest et centrale de 1951 à 1989. *Sécheresse*, **6**(1), 109-117.
10. MAHE Gil, OLIVRY Jean Claude, DESSOUASSI R., ORANGE D., BAMBA F. ET SERVAT Eric, 2000. Relations eaux de surface-eaux souterraines d'une rivière tropicale au Mali. *C. R. Acad. Sci., Paris, Sciences de la Terre et des planètes*, **330**, pp. 689-692.
11. MAHE Gil et L'HOTE Yann, 1995. Utilisation de la méthode du vecteur régional pour la description des variables pluviométriques interannuelles en Afrique de l'Ouest et centrale. In : *Régionalisation en hydrologie : application au développement*,

- Huitièmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM (Montpellier, 1992), L. LE BARBÉE et É. SERVAT édit, Édit. ORSTOM, p. 175-192.
12. ODOULAMI Léocadie & ZODEKON Ayéman René (2017) : Stratégies d'approvisionnement en eau face à la variabilité pluviométrique dans la commune de Dassa-Zoumé au Bénin, *Rev. Sc. Env. Univ., Lomé (Togo)*, 2017, n° 14, vol. PP 225-240
 13. OGOUWALE Romaric (2013) : Changements climatiques, dynamique des états de surface et perspectives sur les ressources en eau dans le bassin de l'Okpara a l'exutoire de Kaboua, Thèse pour l'obtention du Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi en Géographie et Gestion de l'Environnement 200 pages.
 14. SCHWARTZ Daniel, 1995. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et biologistes. Collection statistique en biologie et en médecine, 4ème édition, Flammarion, Médecine et Sciences, Paris, 314 p.
 15. SERVAT Eric, PATUREL Jean Emmanuel, LUBES-NIEL Hélène, KOUAME B., MASSON J. M., TRAVAGLIO M. et MARIEU B., 1999 : « De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne ». *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, Vol. 12, N° 2, pp. 363-387.
 16. TRA BI Zambélé Armand (2013) - *Étude de l'impact des activités anthropiques et de la variabilité climatique sur la végétation et les usages des sols, par utilisation de la télédétection et des statistiques agricoles, sur le bassin versant du Bouregreg (Maroc)*. Thèse de Doctorat en cotutelle, Université d'Artois et Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan, 190 p.
 17. VISSIN Expédit Wilfried, 2007. Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, Dijon, 311 p.
 18. YABI Ibouaïma, 2008. Etude de l'Agroforesterie à base de l'anacardier et des contraintes climatiques liées à son développement dans le centre du Bénin. Thèse de doctorat, EDP/FLASH/UAC, 234 p.



Stratégies paysannes face à la variabilité pluviométrique et ses effets sur les activités agropastorales dans la commune de Ouesse au Bénin

WOKOU C. Guy¹

1. Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC)
Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Écosystème et Développement (LACEEDE)

Résumé :

La variabilité pluviométrique constitue un véritable problème aux activités agropastorales. L'objectif de cette recherche est d'analyser les stratégies paysannes face à la variabilité pluviométrique et ses effets sur les activités agropastorales.

L'approche méthodologie adoptée a consisté à la collecte des données. L'observation directe a permis d'appréhender les modes de culture, d'élevage, les pratiques culturales et les stratégies endogènes d'adaptation de l'agriculture et de l'élevage face aux variabilités climatiques dans le secteur de recherche. La statistique descriptive a été mise à contribution pour le traitement des données.

Les résultats de cette recherche indiquent que des anomalies pluviométriques révèle une évolution pluviométrique en deux phases. La première phase correspond à la période de cadence entre les anomalies positives et négatives. Elle est marquée par la prédominance des années humides. Les indices sont compris entre +2,20 et -2,29. Les excédents pluviométriques sont fréquents ; ce qui a certainement entraîné des incidences positives ou négatives sur les productions agricoles du secteur recherche. La deuxième phase est marquée par une évolution irrégulière des anomalies positives et négatives. Elle a débuté par le signal d'une incidence pluviométrique (1995) en excès. La diminution pluviométrique a commencé dans la deuxième phase suite à la première incidence, ce qui a provoqué la récession pluviométrique notée à partir de 2005. Selon les enquêtes de terrain, les variations pluviométriques ont des conséquences sur la production végétale et sur la production animale ainsi la naissance des conflits entre agriculteurs et éleveurs. De plus, quelques incidents ont été rencontrés. Parmi ceux-ci, il y a l'utilisation des couloirs de passage par les agriculteurs, la destruction de grenier installés près des zones de culture, la divagation et les maladies. La majorité (93%) des éleveurs transhumants et des agropasteurs enquêtés ont indiqué que la divagation et la destruction des greniers sont les problèmes les plus fréquents.

Mots-clés : Ouèssè, Bénin, variabilité pluviométrique, effets, activités agropastorales, stratégies paysannes

Farmers' strategies in the face of rainfall variability and its effects on agro-pastoral activities in the commune of Ouesse in Benin

Abstract:

Rainfall variability is a real problem for agro-pastoral activities. The objective of this research is to analyze peasant strategies in the face of rainfall variability and its effects on agro-pastoral activities.

The methodological approach adopted consisted of data collection. Direct observation made it possible to understand the methods of cultivation, breeding, cultivation practices and endogenous adaptation strategies of agriculture and breeding in the face of climatic variability in the research sector. Descriptive statistics were used for data processing.

The results of this research indicate that rainfall anomalies reveal a two-phase rainfall evolution. The first phase corresponds to the period of cadence between positive and negative anomalies. It is marked by the predominance of wet years. The indices are between +2.20 and -2.29. Rainfall surpluses are frequent; which certainly had positive or negative effects on agricultural production in the research sector. The second phase is marked by an irregular evolution of positive and negative anomalies. It began with the signal of an excess rainfall incidence (1995). The decrease in rainfall began in the second phase following the first incidence, which caused the rainfall recession noted from 2005. According to field surveys, rainfall variations have consequences on crop production and animal production as well. The birth of conflicts between farmers and breeders. In addition, a few incidents were encountered. These include the use of passageways by farmers, destruction of granaries installed near growing areas, straying and disease. The majority (93%) of transhumant herders and agro-pastoralists surveyed indicated that wandering and destruction of granaries are the most frequent problems.

Key Words: Ouèssè, Benin, rainfall variability, effects, agro-pastoral activities, peasant strategies

¹ Corresponding author : segla1645@gmail.com

INTRODUCTION

En Afrique de l'Ouest, l'élevage est une activité agricole d'importance à la fois économique, sociale et culturelle dont les produits participent pour 10 à 50 % au Produit Intérieur Brut. Le système d'élevage du bétail est majoritairement extensif et transhumant. Selon Tchamié (2003), les parallèles 8^e et 11^e Nord ont été défavorables pendant longtemps à l'extension du domaine de la transhumance à cause de la présence permanente des foyers d'onchocercose et de trypanosomiase. Mais depuis les grandes sécheresses observées au Sahel dans les années 1970 et 1980, ces zones connaissent des mouvements de transhumance.

Les grandes sécheresses des années 1970 et 1980 qui ont secoué les pays de l'Afrique de l'Ouest se sont répercutées sur le disponible fourrager et hydrique, dans les espaces pastoraux et sur l'état de la végétation. Elles ont également accentué, à cet effet, le phénomène de la transhumance transfrontalière (Alexandre *et al.*, 2005).

Le Bénin comme la plupart des en Afrique au sud du Sahara, connaît depuis les trois dernières décennies une tendance climatique marquée par des irrégularités saisonnières, une diminution des hauteurs de pluie et une réduction des nombres de jours pluvieux (Yabi, 2008). Le pastoralisme transhumant est actuellement confronté à de graves contraintes (raréfaction des points d'eau d'abreuvement, dégradation des pâturages), qui menacent sa base productive (Donou *et al.*, 2008). Au nombre des raisons justificatives de ces contraintes figurent les pressions humaines consécutives à la croissance démographique et les aléas naturels notamment climatiques.

L'objectif de cette recherche est d'analyser les stratégies paysannes face à la variabilité pluviométrique et ses effets sur les activités agropastorales dans le milieu de recherche.

Le milieu de recherche est situé entre 8°15' et 8°45' de latitude nord puis 2°15' et 2°45' de longitude est avec une superficie d'environ 3 200 km² (figure 1).

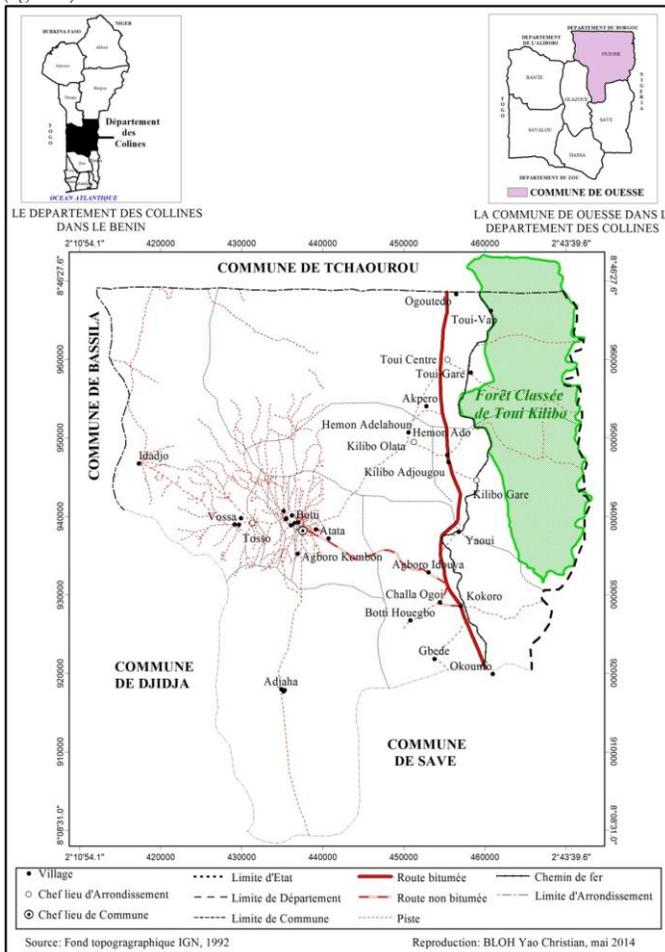


Figure 1 : Situation géographique du milieu de recherche

Pour atteindre l'objectif fixé, une approche méthodologique a été adoptée.

Approche méthodologique

L'approche méthodologique adoptée a consisté à la collecte des données, au traitement et à l'analyse des résultats. Pour collecter les données, une enquête a été menée sur le terrain.

Enquête de terrain : La collecte des données sur le terrain est faite grâce aux observations directes et aux entretiens avec les personnes ressources (agriculteur, éleveur et agents de développement rural). Ces investigations sont faites grâce à la détermination d'un échantillon et la sélection des villages concernés.

Détermination de la taille de l'échantillonnage : Les différentes catégories de groupes ciblés sont constituées de ménages agro-éleveurs, des autorités locales des vétérinaires, des autorités du SCDA et des personnes ressources provenant des milieux associatifs comme les ONG. Le choix des personnes enquêtées répond aux critères suivants :

- Avoir au moins trente ans et exercer l'activité agricole pendant au moins au cours des dix dernières années ;
- Avoir vécu dans la localité tout au moins les quinze dernières années
- Être un chef de ménage et avoir été bouvier, éleveur du bétail
- Les échantillons sont définis dans les trois arrondissements choisis à savoir : Djegbe, Laminou et Ouèssè.

La formule de Schwartz a été mise à contribution pour déterminer le nombre de personne à enquêter.

$x = Z^2PQ / D^2$; avec x la taille de l'échantillon ; $Z = 1,96$ Ecart réduit correspond à un risque α de 5 % ; $P =$ population de personne concerné par le sujet traité ; $Q = 1-P$.

Cette formule n'a pas été appliquée faute de donner, cependant le principe de représentativité est appliqué avec l'échantillonnage raisonné. Ainsi 260 personnes (100 éleveurs transhumants 50 éleveur sédentaires, 70 agriculteurs 10 élus locaux 10 agent de la mairie 10 agent du centre communal pour la promotion agricole 10Vétérinaires) sont choisis et interrogées selon la zone d'intervention de chaque acteur de développement.

Au total, dans les trois arrondissements du milieu de recherche, 260 personnes ont été enquêtées.

Plusieurs techniques ont été utilisées pour collecter les données.

Techniques de collecte des données : Plusieurs techniques ont été utilisées lors des investigations en milieu réel.

L'observation directe a permis d'appréhender les modes de culture, d'élevage, les pratiques culturales et les stratégies endogènes d'adaptation de l'agriculture et de l'élevage face aux variabilités climatiques dans le secteur de recherche.

Les entretiens individuels, avec les techniciens des SCDA et les responsables des organisations paysannes etc. ont aidés à appréhender les variabilités climatiques intervenus dans les pratiques culturales et d'élevage, face aux nouvelles exigences climatiques. En outre, les données collectées lors du focus-groupe ont permis de confronter et de compléter les informations recueillis.

Traitement des données : Le traitement des données a consisté à codifier, dénombrer et saisir les informations qualitatives recueillies dans le logiciel Word 2007. Quant-aux données quantitatives, elles ont été saisies dans le logiciel Excel 2007 afin d'agrèger certaines données (températures, hauteurs pluviométriques, humidité de l'air, PETP et l'insolation) journalières, mensuelles en données mensuelles puis annuelles et de les transformer en tableaux, courbes ou histogrammes.

La quantification des résultats d'enquête a été réalisée sur la base du score réel (réponses affirmatives et négatives) de chaque rubrique du questionnaire et non à partir du nombre total des personnes interrogées. Les personnes n'ayant pas fourni de réponse ne sont pas prises en compte du fait que leur nombre n'est pas significatif, leur pourcentage est de 3 %.

Les protocoles statistiques ont été mis à contribution à savoir :

La moyenne arithmétique a été calculée grâce à la formule suivante :

$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x)$; avec $X(i)$: la hauteur journalière, mensuelle et annuelle de chaque paramètre climatique de la série considérée, $n =$ nombre d'années sur la normale considérée. Ce calcul a permis de connaître la dynamique de chaque paramètre climatique sur la période d'étude (1981-2010).

Le diagnostic des séquences pluvieuses et sèches a été fait à partir de l'analyse des indices pluviométriques sur la normale 1985-2015. Ces indices pluviométriques annuels sont calculés suivant la formule proposée par Lamb (1982) :

$IP(i) = \frac{x - \bar{X}}{\sigma}$; avec x représentant le total pluviométrique de l'année i , \bar{X} pour la moyenne de série, $IP(i)$ indice pluviométrique de la série et σ représente l'écart-type de la série. Dans ce travail, les années anormales ont été déterminées par rapport à l'indice pluviométrique de Lamb (Lawin et al., 2011). Selon cet indice, une année est considérée comme normale si son indice est compris entre -0,1 et +0,1. Elle est dite excédentaire si son indice est supérieur à 0,1 et sèche lorsque son indice est en deçà de -0,1.

L'approche méthodologique a permis d'obtenir quelques résultats.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de cette recherche se présentent en deux points à savoir : les indicateurs de la variabilité climatique, les effets socio-économiques des variations pluviométriques sur les activités agropastorales et les stratégies endogènes d'adaptation des agropasteurs pour faire face à la variabilité pluviométrique.

Indicateurs de la variabilité climatique dans la Commune

Plusieurs facteurs indiquent la présence de la variabilité climatique dans la Commune de Ouèssè.

Régime pluviométrique : La figure 2 illustre le régime pluviométrique du milieu de recherche.

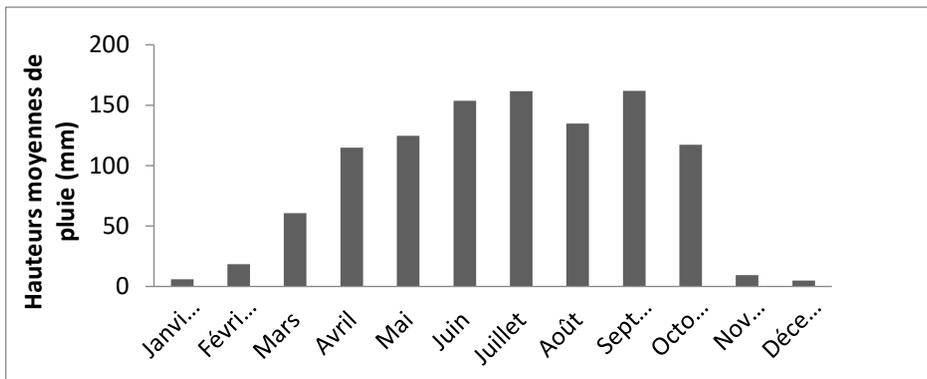


Figure 2 : Régime pluviométrique du milieu de recherche

De l'observation de la figure 2, il ressort que le régime pluviométrique du milieu de recherche est unimodal. Il est à remarquer une grande saison pluvieuse de mars à octobre avec des hauteurs de pluie comprises entre 60,58 mm et 162,01 mm d'une part et une grande saison sèche de novembre avec des hauteurs de pluie quasiment nulles. Les hauteurs de pluie ont des impacts sur les activités agropastorales. Quant à la saison sèche, elle est une période de casse-tête dans le domaine des activités agropastorales.

Bilan climatique

La saison humide est caractérisée par la permanence d'eau disponible dans le sol. Ainsi, la méthode de Franquin qui met en combinaison par graphique, des paramètres climatiques suivants : les précipitations, l'ETP et $\frac{1}{2}$ ETP a permis l'analyse agro-climatique :

- lorsque la courbe des $\frac{1}{2}$ ETP passe sous celle des précipitations, la période est dite pré humide ;
- quand la courbe de l'ETP passe en dessous de celle des précipitations, la période est dite très humide ;
- la période est dite sèche lorsque la courbe des précipitations passe en dessous de celle des $\frac{1}{2}$ ETP.

La figure 3 présente le bilan climatique du régime pluviométrique moyen de Ouèssè sur la période (1985-2015).

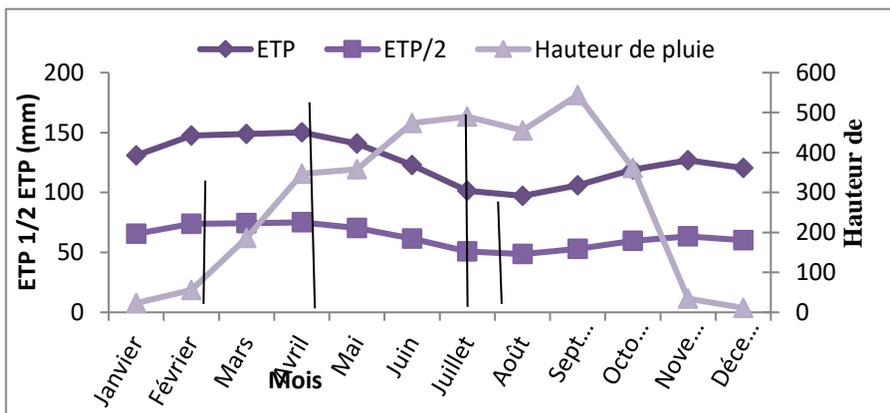


Figure 3 : Bilan climatique du régime pluviométrique moyen (1985-2015)

L'examen de la figure 3 révèle une première période sèche (janvier-mars) qui annonce la fin de la grande saison sèche, une période pré-humide (avril-mai) qui correspond à la phase des préparatifs agricoles, une période humide (juin-octobre) qui correspond au déroulement des campagnes agricoles, une période post humide (octobre à mi-novembre) qui correspond à la petite saison pluvieuse et enfin la deuxième période sèche (mi-novembre-décembre) qui annonce le début de la grande saison sèche. Il est à noter que la période antérieure (la pluviométrie est inférieure à $\frac{1}{2}$ ETP) à celle pré-humide correspond à la préparation du sol ; la période pré-humide (la pluviométrie est supérieure à $\frac{1}{2}$ ETP mais inférieure à ETP) est celle des semis. A l'occasion d'une pluie favorable, les paysans commencent les semis des différents produits agricoles ; la période humide (la pluviométrie est supérieure à l'ETP) est celle où les besoins en eau des cultures (en état de végétation active) doivent être en principe satisfaits ; la période post humide (la pluviométrie est inférieure à ETP) est celle de la floraison et maturation. Ce qui constitue un atout pour les troupeaux. Ces résultats sont en accords avec ceux obtenus par Saliou (2015) qui a montré que La période de la grande croissance ou la période optimale de la végétation est la période au cours de laquelle la pluviosité P est supérieure à l'ETP.

Indices pluviométriques sur la période 1985-2015 dans la Commune de Ouèssè

Les indices pluviométriques calculés illustrent l'instabilité au niveau de l'offre pluviométrique. La figure 4 montre les indices pluviométriques de 1985 à 2015 dans le secteur d'étude.

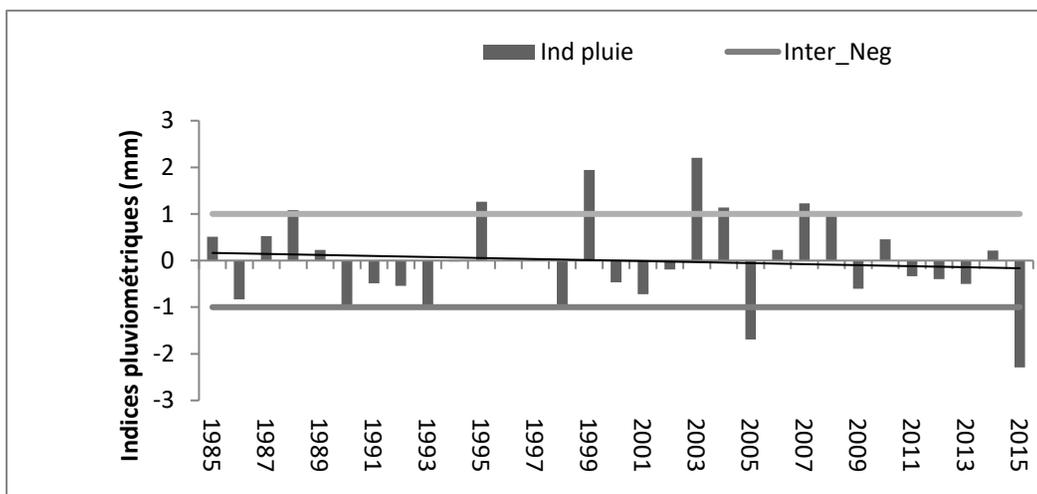


Figure 4 : Indices pluviométriques de Ouèssè de 1985-2015

L'examen des indices pluviométriques au cours de la période 1985-2015 de la figure 4 révèle une alternance très prononcée entre les séquences humides et les séquences sèches.

Sur la période d'étude (1985-2015), l'analyse des anomalies pluviométriques révèle une évolution pluviométrique en deux phases. La première phase correspond à la période de cadence entre les anomalies positives et négatives. Elle est marquée par la prédominance des années humides. Les indices sont compris entre +2,20 et -2,29. Les excédents pluviométriques sont fréquents ; ce qui a certainement entraîné des incidences positives ou négatives sur les productions agricoles du secteur recherche. La deuxième phase est marquée par une évolution irrégulière des anomalies positives et négatives. Elle a débuté par le signal d'une incidence pluviométrique (1995) en excès. La diminution pluviométrique a commencé dans la deuxième phase suite à la première incidence, ce qui a provoqué la récession pluviométrique notée à partir de 2005.

Par ailleurs, les années 2005 et 2015 ont été marquées par les plus forts déficits pluviométriques, ce qui a engendré une sécheresse généralisée. Cette sécheresse agronomique confirme les résultats de plusieurs chercheurs dont Afouda (1990) et Ogouwalé (2006). En effet, la progression de la sécheresse induit une intensification du stress hydrique qui affecte les cultures et la reproduction des animaux. Les années 1988, 1995, 1999, 2003 et 2007 ont enregistré les plus forts excédents pluviométriques. Cet excédent a des menaces sur les cultures à faible besoin en eau comme l'arachide (environ 400 mm), et pourra inonder la culture par débordements excessifs des cours d'eau (crues). En somme, la détermination des indices pluviométrique a permis de constater une grande variabilité pluviométrique dans la Commune de Ouèssè. La proportion des années excédentaires, moyennes et déficitaires est illustrée par le tableau I.

Tableau I : Années excédentaires, moyennes et déficitaires.

Excédentaire	Années moyennes	Années déficitaires
995, 1999, 2003, 2004, 2007, 2008	1987, 1989, 1991, 1993, 1994, 1996, 1997, 2001, 2002, 2006, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014.	990, 1992, 1998, 2005, 2015
7 (22,58 %)	19 (61,29%)	5(16,12 %)

A la lecture du tableau I, il est à retenir que cinq années sont déficitaires soit 16,12 %, sept excédentaires soit 22,58 % puis dix-neuf (19) se révèlent moyennes avec une proportion de 61,29 % de la période. La Commune de Ouèssè a connu donc de 1985-2015 une variabilité interannuelle des hauteurs de pluie qui a bouleversé le bon déroulement des activités agricole d'une part et de l'élevage d'autre part. Ainsi, ces anomalies notées posent d'énormes difficultés aux activités agropastorales. Ces variations au niveau des hauteurs de pluie constituent un handicap pour le développement des activités agropastorales. Il faut également noter que des hauteurs de pluie ont des effets sur l'agropastorales. Toutefois, les rendements agricoles et la reproduction des animaux sont des activités agropastorales pour lesquelles l'évaluation des impacts méritent d'être faite.

Effets socio-économiques des variations pluviométriques sur les activités agropastorales dans la commune de Ouèssè

Les variations pluviométriques dans la Commune de Ouèssè ont des conséquences socioéconomiques sur les activités agropastorales. Lors des enquêtes de terrain, il a été signalé que les variations pluviométriques ont des conséquences sur la production végétale et sur la production animale ainsi la naissance des conflits entre agriculteurs et éleveurs.

Les incidents rencontrés sont l'utilisation des couloirs de passage par les agriculteurs, la destruction de grenier installés près des zones de culture, la divagation et les maladies. La majorité (93%) des éleveurs transhumants et des agropasteurs enquêtés ont indiqué que la divagation et la destruction des greniers sont les problèmes les plus fréquents, suivis du refus de champs. La figure 5 représente les incidents rencontrés dans le milieu de recherche.

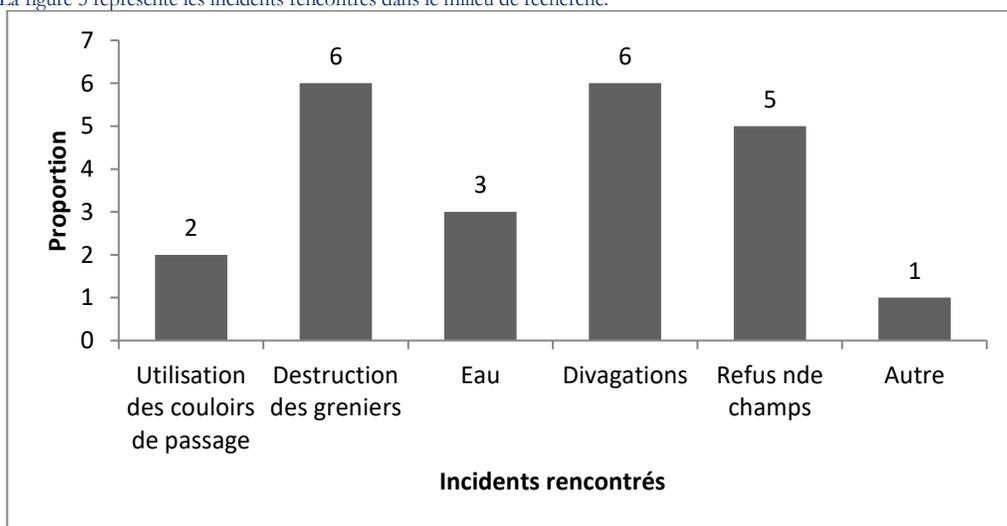


Figure 5 : Incidents rencontrés dans le milieu de recherche

Source : Résultat de l'enquête de terrain, 2016

96,34 % des agropasteurs enquêtés ont affirmé qu'ils rencontrent plus de problèmes avec les éleveurs transhumants transfrontaliers.

L'aggravation du phénomène de la transhumance au Bénin en général et dans la commune de Ouèssè en particulier est 90% due aux phénomènes de la variabilité pluviométrique qui induisent deux conséquences directes à savoir, la perturbation du calendrier cultural et l'amaigrissement des pâturages. Enfin il est à assister à la réduction de façon drastique des superficies des cultures de décrue de peur de ne pouvoir pas bénéficier d'un dédommagement adéquat.

Stratégies endogène d'adaptation des agropasteurs pour faire face à la variabilité pluviométrique

Dans le but de s'adapter à la nouvelle donne climatique qui a des effets sur les activités agropastorales, les populations de la Commune de Ouèssè ont développé diverses stratégies.

Stratégies endogènes d'adaptation au début tardif des saisons de pluie

Dans la Commune de Ouèssé, les agropasteurs comme les éleveurs dans le but de lutter contre le début tardif des saisons font la mobilité spatiale, l'achat des produits agro-industriels et le stockage des résidus de récolte contre le début tardif des pluies. La mobilité spatiale est une stratégie conduisant les éleveurs avec les animaux dans plusieurs directions sur le territoire d'autres communes. Elle est développée par les agropasteurs qui sont proche des zones inondables. Ces agropasteurs pratiquent l'embauche avec les résidus de maïs, de niébé et du riz. En plus de ces méthodes, d'autres préfèrent la transhumance prolongée (56 %) des enquêtés. La photo 1 montre un troupeau de bœuf en transhumance à la recherche de pâturage.



Photo 1 : Troupeau de bœuf en transhumance dans un champ manioc à Laminou

Prise de vue : Wokou, décembre 2020

Stratégies endogènes d'adaptation à la baisse de la pluviométrie : L'eau est un facteur clé du bétail. Les années de pluviométrie moyenne sont des années où les retenus d'eau permettent aux éleveurs d'éviter en peu de temps les disputes autour des points d'eau avec les agropasteurs. Ces espaces de points d'eau constituent des lieux aménagés par les agropasteurs pour faire face au retard des pluies. Les enquêtes auprès des populations ont permis de constater que certains agropasteurs abreuvant leurs animaux dans les rivières et d'autres vont dans les Communes limitrophes de la Commune où il y a des réserves d'eau (55 %).

Stratégies endogènes d'adaptation face aux différentes cultures : La sécheresse a entraîné le développement des stratégies d'adaptation par les producteurs pour faire face à la pénurie alimentaire. Cette variabilité pluviométrique a progressivement engendré le remplacement de certaines espèces culturales. Le maïs à cycle court de 75 jours a pris de l'ampleur devant celui de 90 jours et 120 jours, de même que l'arachide à cycle court. Ainsi la culture de voandzou disparaît progressivement au profit de l'arachide. Cela s'explique par la vente, la transformation de l'arachide en huile, galette et ses feuilles qui servent de nutrition des ovins et bovins en période de soudure.

Stratégies endogènes d'adaptation à la baisse des hauteurs pluviométriques : L'eau est un élément vital pour le bétail. Les années où les hauteurs de pluie sont moyennement enregistrées, les retenus d'eau permettent aux éleveurs d'éviter un tant soit peu les disputes autour des cours d'eau avec les agropasteurs qui aménagent ces espaces pour l'agriculture de contre saison. Mais en cas de baisse de hauteurs pluviométriques les groupes socioculturels enquêtés s'adaptent à des pratiques ou stratégies comme l'abreuvement au fleuve et/ou à la rivière.

Stratégies endogènes d'adaptation à une fin précoce de saison de pluie : La fin précoce de la saison des pluies est la contrainte climatique qui engendre moins d'ennuis pour les troupeaux selon la perception des éleveurs. En effet, ce sont les agro-éleveurs qui payent le lourd tribut en cas de fin précoce de saison de pluie. La disponibilité de fourrage étant moins compromise la plupart des acteurs optent pour la mobilité spatiale (72 % des agropasteurs et 56 % des pasteurs) qui les conduisent dans les champs dont les rendements ont basculé en faveur des troupeaux. En cas de fin précoce de saison de

pluie, les agropasteurs comme les éleveurs ayant des terres arables mettent ces résidus sur des hangars contre les termites et en cas de début tardif de saison de pluie les utilisent simultanément avec le pâturage aérien. Mais d'autres utilisent ces résidus de récoltes pour la pratique de l'embouche. Les années où les premières pluies arrivent à temps, certains agropasteurs voient leurs résidus pourris sous la pluie car avec les herbes fraîches l'animal refuse de consommer les fourrages stockés. Quant à la photo 3, elle montre en avant plan la culture du maïs et de l'arachide très appréciées par les animaux. A l'arrière-plan dans le bas-fond se trouvent entassées le champ de riz très recherchées par les agropasteurs comme les pasteurs en période de pénurie de fourrage (planche 1).

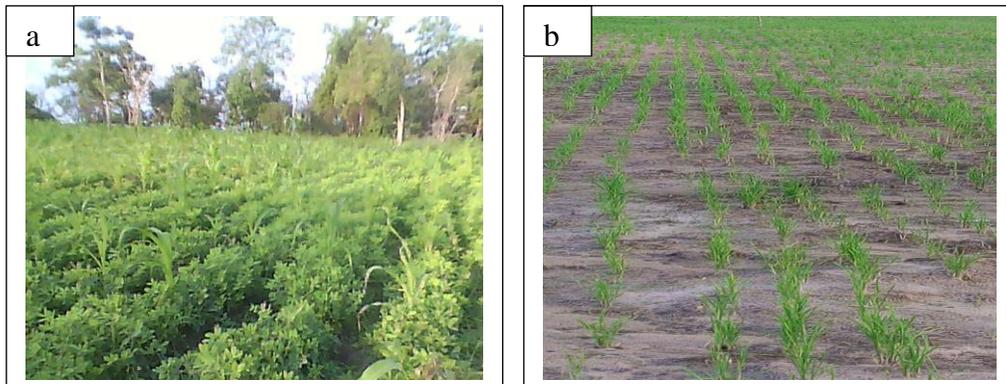


Planche 1 : culture d'arachide (a) à ouessè et de riz (b) à ouessè
Prise de vue : Wokou, Juin 2020

Stratégies endogènes d'adaptation aux grandes inondations : Lors des grandes inondations les aires de pâturage proches des cours d'eau sont couvertes par l'eau. La "contrainte climatique intervenant en saison humide, est moins contraignante pour les agropasteurs qui conduisent les animaux proches de leurs champs (Mobilité spatiale, 88 % des enquêtes). Quant aux pasteurs, la réduction drastique des aires de pâturage due à l'augmentation galopante des terres de culture et les grandes inondations les obligent à faire des incursions dans les aires protégées (46 %), la mobilité spatiale (56 %), la transhumance prolongée (34 %) et à s'installer temporairement dans les zones d'accueil de la transhumance.

Stratégies endogènes d'adaptation à l'harmattan rude : L'harmattan rude sévit dans le temps et dans l'espace. Il sévit dans le temps par sa durée, elle commence déjà vers fin octobre et ne finit qu'en mars. Il sévit également dans l'espace par le vent sec et très poussiéreux qu'il soulève. Selon les agropasteurs (50%) et les éleveurs (40%) enquêtés, les animaux sont très sensibles avec le vent sec et piquant et succombent fréquemment sous la menace des épizooties. Les campagnes de vaccination autrefois moins importants ont commencé par attirer leur attention. Ainsi le respect des campagnes de vaccination est la stratégie commune utilisée contre cette vicissitude (88 % des agropasteurs et 96 % des éleveurs).

CONCLUSION

Au terme de cette recherche, il est à retenir que 96,34 % des agropasteurs enquêtés ont affirmé qu'ils rencontrent plus de problèmes avec les éleveurs transhumants transfrontaliers.

L'aggravation du phénomène de la transhumance dans notre pays et dans la commune de Ouessè est en grande partie due aux phénomènes de la variabilité pluviométrique qui induisent deux conséquences directes à savoir, la perturbation du calendrier cultural et la maigreur des pâturages. Enfin on assiste à la réduction de façon drastique des superficies des cultures de décrue de peur de ne pouvoir pas bénéficier d'un dédommagement adéquat.

Il faut signaler que les agropasteurs comme les éleveurs dans le but de lutter contre le début tardif des saisons font la mobilité spatiale, l'achat des produits agro-industriels et le stockage des résidus de récolte contre le début tardif des pluies. La mobilité spatiale est une stratégie conduisant les éleveurs avec les animaux dans plusieurs directions sur le territoire d'autres communes. Elle est développée par les agropasteurs qui sont proche des zones inondables. Ces agropasteurs pratiquent l'embauche avec les résidus de maïs, de niébé et du riz. En plus de ces méthodes, d'autres préfèrent la transhumance prolongée (56 %) des enquêtés. La photo 1 montre un troupeau de bœuf en transhumance à la recherche de pâturage. Les agro-éleveurs payent de lourd tribut en cas de fin précoce de saison de pluie. La disponibilité de fourrage étant moins compromise la plupart des acteurs optent pour la mobilité spatiale (72 % des agropasteurs et 56 % des pasteurs) qui les conduisent dans les champs dont les rendements ont basculé en faveur des troupeaux. En cas de fin précoce de saison de pluie, les agropasteurs comme les éleveurs ayant des terres arables mettent ces résidus sur des hangars contre les termites et en cas de début tardif de saison de pluie les utilisent simultanément avec le pâturage aérien. Mais d'autres utilisent ces résidus de récoltes pour la pratique de l'embouche.

Références

1. Afouda F. (1990). L'eau et les cultures dans le Bénin central et septentrional : étude de la variabilité des bilans de l'eau dans leurs relations avec le milieu rural de la savane africaine. Thèse de doctorat. Paris IV, Sorbonne. 428 p.
2. Alexandre C. (2005). La gestion de la transhumance transfrontalière au Bénin : cas de Banikoara, Etude de projet ; SNV-Bénin Parakou 92 p.
3. Donou B., Ogouwalé E., Yabi I. et Boko M. (2008). Contraintes climatiques et pression sur les pâturages dans le Département des collines (République du Bénin). *Revue de Géographie du Bénin Université d'Abomey-Calavi (Bénin)*, 3, 61-75.
4. Ogouwalé E. (2006) : Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : Indicateurs scenarios et prospective de la sécurité alimentaire. Thèse de Doctorat unique EDP/FLASH/UAC. 302 p.
5. Saliou A. R. A. (2015). Modélisation prédictive et cartographie de la dynamique des parcours de transhumance dans le contexte de variabilités climatiques dans le moyen-Bénin. Thèse de l'Université d'Abomey-Calavi, 306p.
6. Tchamie, T.T.K. (2003). Les conflits sociaux liés à la transhumance, et leur règlement au Togo, Sciences sociales et humaines, *Revue CAMES, Série, B*, 5, 103-113.
7. 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, Université d'Abomey-Calavi. Ecole Doctorale Pluridisciplinaire « Espace, Cultures et Développement », 239 p

INTERNATIONAL JOURNAL

Water Sciences and Environment Technologies

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

Volume (VI) – Issue 2 – June 2021

Water-Agriculture-Climate'2021



Climate Change, Water, Agriculture - What trajectories?

Editor-in-Chief: Pr Nouredine Gaaloul

Published by:

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

Evaluation of the quality of surface water of Oued Tensift using the water quality index

Mimouni Yassine¹, Jean-François Delège¹

¹ PeGIRE laboratory, RU FOCUS-Aquapôle, University of Liège, Liège, Belgium

Abstract

The Tensift watershed knows an increasing industrial, touristic and agricultural development, which imposes pressure on its water resources. This study aims at assessing the water quality of the Oued Tensift and three of its tributaries (Ourika, Rberhaya and Issil). The water quality index (WQI) determined from of eight physico-chemical parameters (T°C, pH, EC, BOD5, NH4, NO3 and NO2) was calculated taking into account the limit values of the Moroccan standard for drinking water and the Moroccan standard for surface water quality. In addition, the quality of water for irrigation was evaluated using the sodium absorption rate (SAR), the permeability index (PI) and the residual sodium carbonate index (RSC). Four sampling campaigns were conducted during 2015 for four stations distributed across the study area. In the upstream part of the basin the water quality remains excellent without much seasonal variation. At the downstream level of the basin, the quality is unsuitable for drinking purpose because of the presence of high concentrations of BOD5, ammonium and nitrite. In the downstream part of the basin, a deterioration trend from winter to summer is observed. In general, the results of SAR, PI and RSC showed that the water of the basin does not represent a problem for irrigation, with the exception of the SAR value for the Tensift station in October which exceed the limits set by the food and agriculture organization.

Key Words: Oued Tensift, Water quality, index, Irrigation

Évaluation de la qualité des eaux de surface de l'Oued Tensift à l'aide de l'indice de qualité des eaux

Résumé

Le bassin-versant de Tensift connaît un développement industriel, touristique et agricole accru, ce qui exerce une pression sur ses ressources en eau. Cette étude a pour objectif d'évaluer la qualité de l'eau de l'Oued Tensift et de trois de ses affluents (Ourika, Rberhaya et Issil). L'indice de qualité de l'eau (IQE) déterminé à partir de huit paramètres physico-chimiques (T°C, pH, EC, DBO5, NH4, NO3 et NO2) a été calculé en tenant compte des valeurs seuils non seulement de la norme marocaine relative à la qualité des eaux d'alimentation et de la norme marocaine de la qualité des eaux de surface. En outre, la qualité de l'eau pour l'irrigation a été évaluée à l'aide du taux d'absorption du sodium (SAR), l'indice de perméabilité (PI) et l'indice du carbonate de sodium résiduel (RSC). Quatre campagnes d'échantillonnages ont été effectuées durant l'année 2015 pour quatre stations réparties sur la zone d'étude. En amont du bassin, la qualité de l'eau reste excellente sans grande variation saisonnière. Au niveau de l'aval du bassin, la qualité est impropre à la consommation à cause de la présence de grandes concentrations de DBO5, d'ammonium et de nitrite. Dans l'aval du bassin, une tendance à la détérioration depuis l'hiver à l'été est remarquée. D'une façon générale, les résultats du SAR, PI et RSC ont montré que l'eau du bassin ne pose pas de problème pour l'irrigation, à l'exception de la valeur du SAR pour la station de Tensift en octobre qui dépassent les limites fixées par l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Mots Cles : Oued Tensift, Indice, Qualité de l'eau, Irrigation

¹ Corresponding author: yassine.mimouni@student.uliege.be

INTRODUCTION

Water is essential for the survival of humans and wildlife. In fact, it is one of the most precious natural resources. Water quality plays a crucial role in the socio-economic development of all countries [1], especially in rural areas where it is used for irrigation and human consumption. Today, water resources are under intense anthropogenic pressures that deteriorate their quality. The water quality is influenced by natural processes (such as rainfall, soil erosion, etc.), and by anthropogenic activities (such as agricultural, urban and industrial activities) [2]. Due to economic development and rapid growth of the world's population, the request for better quality water resources increased, however, surface water resources are limited and are gradually losing their usable properties [3].

Pollutant monitoring systems have a central role in the assessment of the quality of water bodies. These systems are based essentially on analyses of physico-chemical and bacteriological parameters and represent a source of information on the state of contamination of water bodies [4][5]. The assessment of water quality is usually communicated by a large amount of hydro-chemical and biological data and analyses [1], although these analyses give a precise idea of the status of water bodies, this makes the understanding more difficult for policy makers and managers [6]. However, and for a better representation of water quality, several countries and organizations have developed their own assessment system based on quality standards and indices [7].

The Tensift watershed is experiencing increasing industrial, touristic and agricultural development, putting pressure on its water resources already menaced by climate change. The Tensift River, which originates in the High Atlas Mountains, is impacted by this economic dynamic in the region [8]. Untreated sewage, industrial wastewater and oil mill wastes are a point source of pollution for Tensift. In addition, over-fertilization of agricultural land, excessive use of herbicides and insecticides in urban areas and soil erosion contaminate the river by leaching and represent a diffuse source of pollution [9].

In addition, the WHO (World Health Organization) estimates that more than 2 billion people in the world do not have adequate access to safe water. At the level of the Tensift basin, a large part of the conventional water resources are used for drinking water supply (dam, surface water and groundwater) [10], however, anthropogenic activities degrade the quality of water for human consumption and increase the costs of their treatment, indeed, the study conducted by El Fadel [11] on the quality of water for human consumption in the region of Marrakech, showed that some areas of the city consume water of poor quality and not conform to drinking water standards. Monitoring water quality and determining sources of pollution is absolutely necessary to protect public health and ecosystems.

Because of the large quantity of parameters analyzed, water quality assessment can be a complicated task for the general public and decision-makers. Water quality indices have the advantage of summarizing and simplifying a large amount of data into a single number that describes the overall state of water quality. Several indices have been developed by different scientists and organizations (e.g. US National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI), Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCMEWQI), etc.) [12,13]. The Water Quality Index (WQI) was originally developed by Horton in 1965 and since then it has been widely used to determine the state of water quality at a particular location and time [14, 15, 16]. Unlike the classical method of water quality assessment, which consists of comparing experimentally obtained parameter values with set thresholds, the WQI combines measurements of a set of parameters into a single index, allowing temporal and spatial monitoring of pollution [17,16].

MATERIALS AND METHODS

The objective of this study is to determine the level of contamination of the Tensift River and three of its tributaries (Ourika, Rheghaya and Issil). In order to identify the water quality class and to represent the spatio-temporal evolution of the pollution, we use the Water Quality Index (WQI) and the Moroccan standard for drinking water NM 03.7.001. We also determined the impact of the use of its waters for irrigation using the SAR, PI and RSC indices.

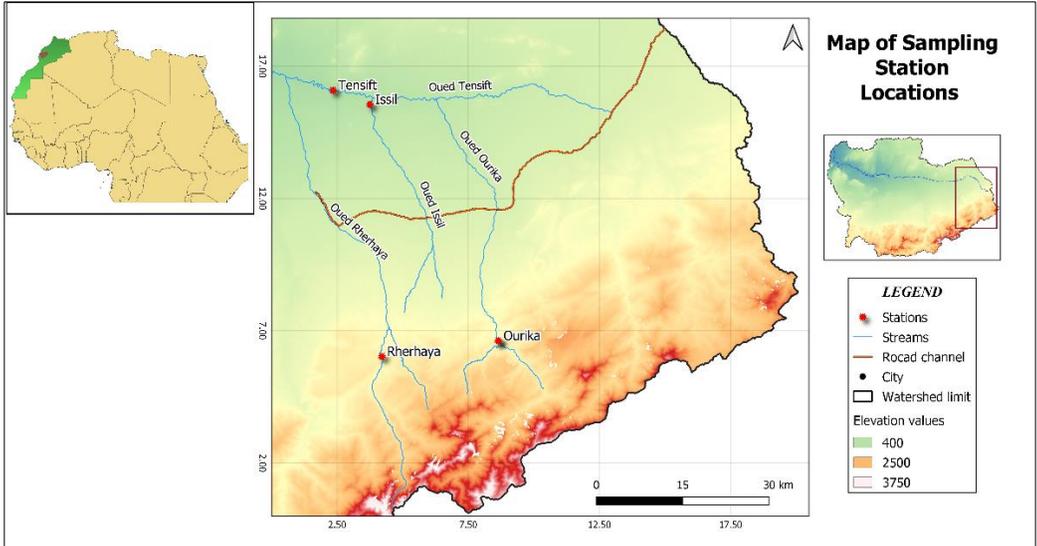
Study area

The Tensift watershed is located in the midwest of Morocco with an area of 24,800 km², geographically the basin is divided into three areas, the High Atlas Mountains in the south, the Jbilet Massif in the north and a middle part composed of the Haouz plain and the Essouira-Chichaoua plateau [18]. Oued Tensift crosses the basin from east to west over a length of 260 km and flows into the Atlantic Ocean. The climate of the basin is marked by a spatial heterogeneity of precipitation and temperature, the climate is arid to semi-arid in the jblet and the Houz plain with precipitation of about 270 mm/year, while the mountains of the High Atlas are characterized by a humid climate and receive 800 mm/year of precipitation [19]. The Oued is mainly fed by the sub-basins of the high atlas; this part of the high-altitude basin receives large quantities of snow, which plays an important role in maintaining river flow [20]. The geology of the Tensift basin is complex [20], the high atlas is mainly composed of Precambrian metamorphic or eruptive formations and secondary formations dominated by limestones, sandstones, marls and clays [21]. The Haouz plain is made up of Quaternary alluvial deposits, the jblet are essentially formed of schist and mica schist that belong to the Paleozoic era [22].

Data sources

Water quality data was collected from the Tensift Water Basin Agency (TWBA), the agency responsible for water resource management in the basin. The database includes 16 water samples distributed over 4 stations, 3 stations located in the tributaries of Tensift (Ourika, Rherghaya and Issil) and one station located downstream of the city of Marrakech (Fig. 1). Four sampling campaigns were carried out in March, May, July and October 2015. The parameters selected to assess water quality are dissolved oxygen, water temperature, pH, electrical conductivity, biological oxygen demand (BOD), ammonium (NH_4), nitrate (NO_3) and nitrite (NO_2). A total of 120 physico-chemical analyses were used in this work.

Figure 1: Location of sampling stations



Water Quality Index

The Water Quality Index is a mathematical tool that describes the composite influence of different water quality parameters and communicates the results as a single nondimensional number [17], the WQI has been used in several studies, for example Sanchez assessed the water quality in the Las Rozas basin in Spain and demonstrated a simple method for calculating the WQI based on dissolved oxygen values [23]. In Morocco, Soumaila has developed a new WQI to assess water quality in the Sebou Basin [24]. In this study, we will use the water quality index based on the weighted arithmetic index method developed by Bowen in 1972 and used by Talhaoui in the Moulouya basin (Morocco) [25]. According to this index, water quality is assessed in five classes (Table 1) :

Table 1: Water quality classes using the weighted arithmetic index method [17].

WQI value	Rating of Water Quality	Grading
0-25	Excellent water quality	A
26-50	Good water quality	B
51-75	Poor water quality	C
76-100	Very Poor water quality	D
Above 100	Unsuitable for drinking purpose	E

The water quality index is calculated by the equation:

$$WQI = \frac{\sum QiWi}{\sum Wi} \quad (1)$$

Wi is the relative weight, calculate for each parameter following the equation:

$$Wi = K/Si \quad (2)$$

Where

Si = standard value for the ith parameter of the Moroccan standard for drinking water [26] except for T° and BOD where the Moroccan standard for water quality was used [27].

k = proportionality constant, which can be calculated as:

$$K = \frac{1}{\sum (1/Si)} \quad (3)$$

Then, we calculate the quality rating scale Qi for each parameter according to the equation:

$$Qi = 100 \times \left[\frac{(Vi-Vo)}{(Si-Vo)} \right] \quad (4)$$

Where

Vi is estimated concentration of ith parameter in the analysed water en mg/l

Vo is the ideal value of this parameter in pure water

Vo = 0 (except pH =7.0 and DO = 14.6 mg/l)

Si = standard value for the ith parameter of the Moroccan standard for drinking water [26] except for T° and BOD where the Moroccan standard for water quality was used [27]

Evaluation of irrigation water quality

The quality of water for irrigation purposes can be evaluated by its salt concentration, in fact the salinity of irrigation water modifies the physical properties of soils and limits the capacity of roots to absorb water [28], in this study the sodium absorption rate (SAR), the permeability index (PI) and the residual sodium carbonate (RSC) were calculated (equations 5, 6 and 7) to evaluate the capacity of water for irrigation.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+} + Mg^{2+})}{2}}} \quad (5)$$

$$PI = \frac{Na^+ + \sqrt{HCO_3}}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+} \times 100 \quad (6)$$

$$RSC = [HCO_3^- + CO_3^{2-}] - [Ca^{2+} + Mg^{2+}] \quad (7)$$

RESULTS AND DISCUSSION

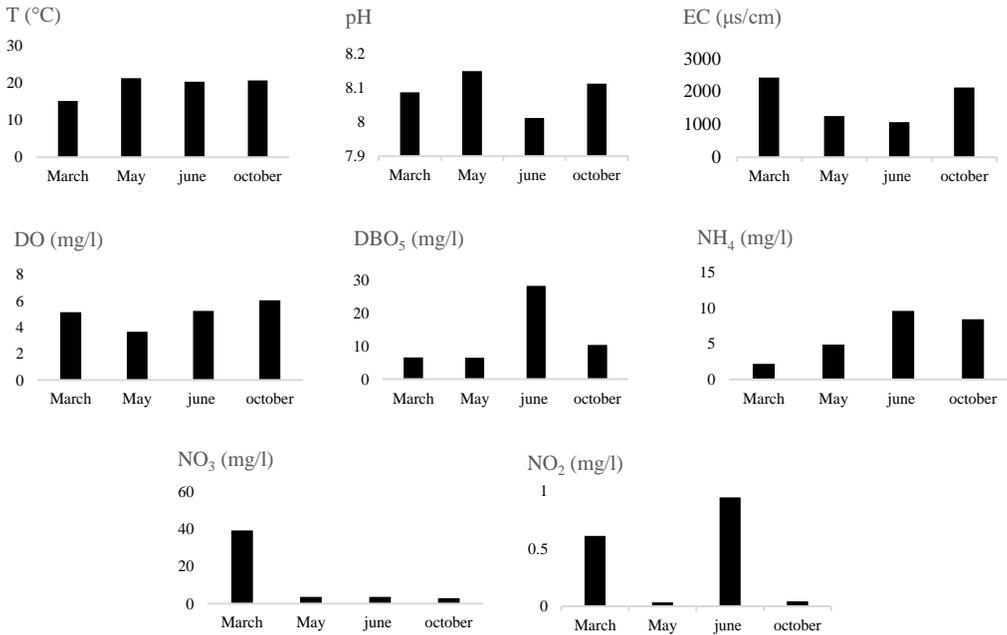
The physico-chemical properties of water

The statistical characteristics of the physico-chemical parameters (minimum, maximum, mean, standard deviation) and the temporal evolution of the monthly mean of the water quality parameters over the year are summarized in Table 2 and Figure 2. The water temperature varies between 9.9 °C recorded in March and 26.3 °C recorded in June, the water temperature is directly influenced by the temperature of the atmosphere. The pH is between 7.6 and 8.55, these values correspond to lightly alkaline water, its evolution during the year shows a small decrease during the month of June, low pH values increase the concentrations of heavy metals in ionic form that can be assimilated by organisms, while a high pH increases the concentrations of ammonia, which is toxic for aquatic life [29]. Conductivity is a numerical expression describing the quantity of mineral salts in solution, the monthly averages of electrical conductivity are respectively 2420, 1248, 1069 and 2114 $\mu\text{s}/\text{cm}$, these values are a little high and can be attributed to the high degree of anthropic activities such as urban waste and chemicals runoff from agricultural and beekeeping activities [30]. Dissolved oxygen has reached a maximum value of 10 mg/l and a minimum value of 0 mg/l, dissolved oxygen is an essential element for aquatic life, his concentration is influenced by several parameters such as salinity, temperature, photosynthetic activity and the presence of organic pollutants, a dissolved oxygen concentration of less than 1 mg/l indicates conditions close to anaerobias, this situation results from a high oxidation of organic matter and nutrients by microorganisms, in this study the low values of dissolved oxygen is negatively correlated with BOD5, which indicates contamination by anthropogenic discharges. The BOD5 values tend to increase from March to reach a maximum of 111 mg/l in June, this increase can be explained by evaporation and the decrease of the flow in the summer months. Ammonium values oscillate between 0 and 39 mg/l and represent an increasing tendency from the month of March until the month of June when it reached its maximum value. Ammonium in water comes from the degradation of organic matter that contains nitrogen (e.g. protein, amino acid, etc.). The sources of ammonium contamination are agriculture and industrial and domestic activities. As for nitrate values, they vary from 0.12 to 70 mg/l, the main source of nitrate is agriculture, however, they can also come from domestic discharge and industrial activity [31], in this study, the maximum nitrate value is recorded in March, leaching from agricultural land due to rainy periods may explain this increase. Nitrite is considered as a transient molecule in the environment, nitrite oxidizes rapidly to nitrate, and is rarely found in high concentrations in ecosystem, moreover nitrite is more dangerous for the aquatic ecosystem, especially for fish [32]. In this study, nitrite peaks were recorded in March and June and reached critical concentrations (3.75 mg/l).

Table 2: Statistical variables of the physico-chemical parameters

		T	pH	EC	DO	DBO ₅	NH ₄	NO ₃	NO ₂
		°C		$\mu\text{s}/\text{cm}$	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Mars	Max	17	8,3	6330	9,2	13,3	8,65	72	1,37
	Min	9,9	7,9	136	0	0,23	0,02	5,01	0,01
	Moyenne	15	8	2420	5,15	6,6	2,18	39,12	0,61
	Ecart-type	3	0,16	2775	4	7	4	36	0,6
Mai	Max	24,9	8,40	1830	7,00	19,00	14,60	7,00	0,08
	Min	19,4	7,75	355	0,12	0,23	0,01	0,12	0,01
	Moyenne	21,2	8,15	1248	3,65	6,54	4,88	3,65	0,03
	Ecart-type	3,15	0,35	785	3,44	10,79	8,41	3,44	0,04
Juin	Max	26,3	8,30	2770	8,60	111,00	37,90	5,67	3,75
	Min	16,1	7,60	150	0,00	0,23	0,03	1,38	0,01
	Moyenne	20,3	8,01	1069	5,25	28,33	9,63	3,61	0,95
	standard deviation	4,3	0,31	1167	4,17	55,11	18,85	1,95	1,87
October	Max	25,5	8,55	4140	10,00	36,00	19,00	5,59	0,15
	Min	15,3	7,80	365	0,00	0,30	0,00	0,20	0,00
	Moyenne	20,7	8,11	2114	6,05	10,38	8,46	2,95	0,04
	standard deviation	4,3	0,32	1677	4,53	17,19	9,91	2,20	0,07

Figure 2: Monthly evolution of the averages of the physico-chemical parameters



Water quality assessment based on WQI calculation

In this study, the WQI calculation is based on the standard values of the Moroccan drinking water standard and the Moroccan water quality standard. Eight parameters were selected to calculate the index. An example of the calculation is shown in Table 2. The WQI averages (Fig. 3) show a large difference between stations. In general, the Ourika and Rherhaya stations represent excellent water quality with annual averages of WQI equal to 8.8 and 9.1 respectively, while the Tensift and Issil stations represent non-potable water for human consumption and their WQI far exceed the limits described by the index. The WQIs range between 6 and 3000 recorded respectively in the Oued Rherhaya station in October and in the Oued Issil station in June.

Figure 3: Annual Average Values of the WQI

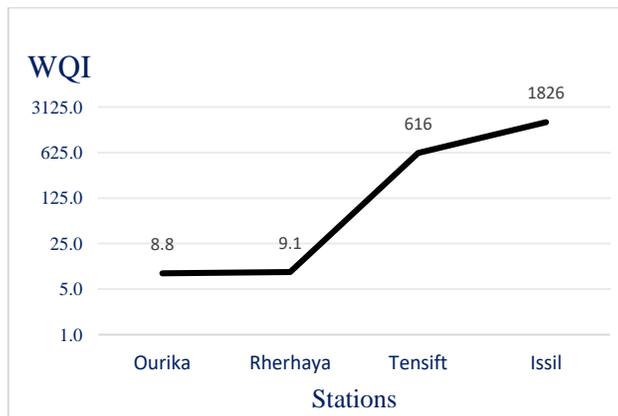


Table 3: Example of WQI calculation for the Ourika station in March 2015

Parameters	Si (mg/l)	1/Si	Wi	Vi	Qi	Qi * Wi
T	30	0,033	0,0072	9,9	33	0,240
Ph	8,5	0,118	0,025	7,9	60	1,544
EC	2700	0,0004	0,00008	136	5	0,0004
DO (mg/l)	5	0,125	0,043	9,2	56	2,460
DBO5 (mg/l)	5	0,2	0,043	0,23	4	0,201
NH4 (mg/l)	0.5	2	0,437	0,02	4	1,750
NO3 (mg/l)	50	0,02	0,0043	5,01	10	0,043
NO2 (mg/l)	0.5	2	0,437	0,01	2	0,875
$K=1/(\sum 1/Si)$ $= 0,218$						
WQI = 7.11 and water quality class is excellent						

Evaluation of Irrigation Water Quality

In order to evaluate the quality of water for irrigation, the sodium adsorption ratio (SAR), the permeability index (PI) and the residual sodium carbonate (RSC) were calculated. The results are presented in Table 4. The SAR is a risk assessment of sodium on the soil, as high sodium concentration leads to crusts formation, reduces soil permeability and influences the rate of water absorption by plants. The SAR calculates the level of sodium exchangeable with calcium and magnesium, making it a good indicator of the danger posed by sodium [33]. SAR values in the study area range from a maximum of 10 recorded at the Tensift station to a minimum of 0.23 recorded at Ourika. Except the Tensift station in October, the mean SAR values do not exceed the limits set by the Food and Agriculture Organization (FAO) [34], which sets the value of 9 as the limit beyond which severe restrictions on use must be taken. The Permeability Index (PI) was developed by Doneen in 1964 to assess the suitability for long-term use of water with a high soluble salt concentration. Doneen defined three classes of water: class I with a permeability of more than 75%, water in this class is perfectly suitable for irrigation, class II with a permeability between 25 and 75% is considered suitable for irrigation and class III with a permeability of less than 25% where the water is unsuitable for irrigation [28]. In the study area, the averages are respectively 65% downstream and 70% upstream, which represents water suitable for irrigation. The lowest PI value is recorded at the Tensift station in March and it is equal to 58% which presents no risk to the soil. Water with a high carbonate concentration can present a risk to the soil, as the carbonate and bicarbonate ions react with calcium and magnesium and form a solid matter that tends to precipitate, increasing the relative portion of sodium ions in water. The RSC calculates the danger of using water with a high bicarbonate concentration, according to Wilcox [35], Water with a RSC lower than 1.25 meq/l does not present a risk for irrigation, water with values between 1.25 and 2.5 meq/l are marginal and water with a value higher than 2.5 meq/l is unsuitable for irrigation. The RSC values of the waters in the study area did not exceed 1.25 meq/l and as a result, they do not present any risk for irrigation use.

Table 4: Average values of irrigation water quality assessment parameters

	Ourika (amont)	Tensift (aval)
SAR	0,45	6,8
PI	70%	65%
RSC	-0,27	-11,37

RESULTS AND GENERAL DISCUSSION

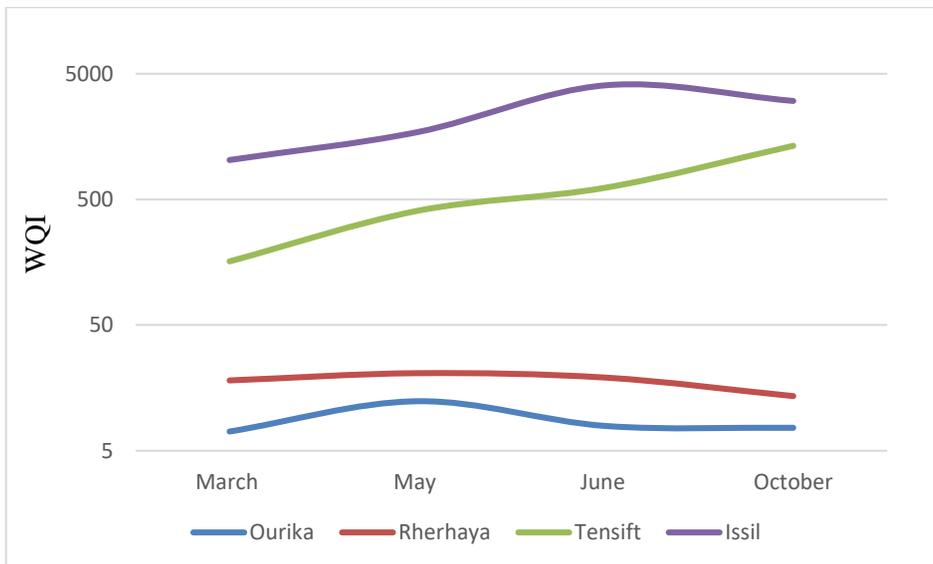
According to the results, the basin shows a clear spatial and temporal variation (fig. 4). The seasonal evolution shows a deteriorating trend from March to October, this variation is evident in the downstream part of the basin (Tensift and Issil), which varies from 142 in March to 1321 in October for the Tensift station and from 868 in March to 3000 in June for the Issil station. However, at the upstream level of the basin, the Ourika and Rheghaya stations show a stable WQI with no seasonal change. This is explained by the variation in rainfall and the flow of the Oueds between the different seasons. Indeed, the flow decreases in the dry months and becomes almost nil in the downstream part of the basin (Tensift and Issil), while effluent flows (urban domestic and industrial discharge) remain high and as a result the pollution rate increases.

Concerning the spatial evolution. Upstream-downstream variation is very evident. The upstream part of the basin (Ourika and Rheghaya) is characterized by excellent water quality, the WQI values in this area vary from 6 to 12, the sub-basins of Ourika and Rheghaya are characterized by low population and the absence of large agglomerations, moreover, the mountain topography reduces the extension of agricultural land, which explains the low water pollution in this area. All the physico-chemical parameters analyzed in the upstream part of the basin did not exceed the limit values recommended by the Moroccan drinking water standard. The downstream part of the basin, which includes the Tensift and Issil stations, represents during the whole study period an unsuitable water quality for drinking purpose, the WQIs in these stations reach extremely high values. The physico-chemical parameters responsible for this degradation are mainly BOD5, DO, ammonium and to a lesser extent, nitrate and nitrite.

The BOD5 reached concentrations of 111 mg/l measured at Issil, which is far above Moroccan standards for surface water. In fact, 85% of the BOD5 analyses in the downstream part of the basin exceed the limit set at 5mg/l. This quantity of organic matter discharged into the river severely reduces oxygen concentrations and causes an anoxia of the aquatic environment. As for ammonium, it is among the most polluting parameters, with a maximum concentration of 36 mg/l, 72 times higher than the limit value set by the Moroccan standard of potability. Nitrate and nitrite contribute to the deterioration of water quality, 42% of the nitrite analyses in the downstream part of the basin exceed the limit value of 0.5 mg/l, while 28% of the nitrate values are above the limit of 50 mg/l. From these results it can be deduced that the degradation of the water quality is caused by human activity, and more precisely, it is due to the discharge of domestic wastewater, which increases the concentrations of BOD5 and ammonium in the water. In addition, intensive agriculture in the Haouz plain characterized by the use of fertilizers, contributes to the degradation of water resources and increases nitrate concentrations by soil leaching.

However, the stations of Tensift and Issil are located respectively downstream and in the surroundings of the city of Marrakech with a population estimated at 1 million habitants in 2014, this high population density is the cause of the important mineral and organic charge which degrades the water quality.

Figure 5: The evolution of the water quality index (WQI) of the surface waters of the Oued Tensift and three of its tributaries during the year 2015.



CONCLUSION

This study is carried out to determine the water quality of the Oued Tensift and three of its tributaries, data were collected from the Tensift basin agency and it covers the year 2015, eight physico-chemical parameters were selected to carry out this work. The WQI was applied to assess the quality of the basin water, then the SAR, PI and RSC were used to determine the impact of water use for irrigation purposes. The results obtained showed a large difference between upstream and downstream of the basin, and the parameters analyzed varied significantly. The average values of the WQI ranged from 8.8 to 1826, these results show that the water quality in the upstream basin is classified as excellent while the downstream basin is characterized by an unusable water for drinking purpose. In addition, water quality shows a clear seasonal variation, mainly in the downstream part of the basin with an increasing trend from the humid to the dry season, with higher values recorded in June and October and lower values recorded in March and May. Seasonal variance is mainly due to the change in precipitation and flows between the dry and wet months, while spatial variation is caused by activities concentrated in the downstream part of the basin. The main sources of quality deterioration are urban and domestic discharges loaded with organic and mineral matter, causing an increase in BOD₅, ammonium and nitrite concentrations. On the other hand, agriculture increases nitrate concentrations in the water mainly in the downstream part of the basin. Contamination is mainly due to soil runoff during flood periods, which explains the increase in values during rainy periods. In addition, the analysis of SAR, PI and RSC parameters shows that the water can be used for irrigation. The SAR values ranged from 0.45 to 6.8, the PI were found to be between 65% and 70% and the RSC did not exceed 1.25 meq/l. The values of the indices do not show any risk for the soils as they do not exceed the limits imposed by FAO, excepted the Tensift station which recorded high SAR values in dry period which requires a treatment of these waters before their use.

Acknowledgments

We would like to thank the tensift basin agency for providing the data used for this work. We are also grateful to Prof N. Ouazzani for our useful discussion.

REFERENCES

- [1] T. Abbasi et S. A. Abbasi, « Why Water-Quality Indices », in *Water Quality Indices*, Elsevier, 2012, p. 3-7.
- [2] Z. Wu, X. Wang, Y. Chen, Y. Cai, et J. Deng, « Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China », *Sci. Total Environ.*, vol. 612, p. 914-922, 2018, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.293.
- [3] M. Kavurmaci et C. B. Karakuş, « Evaluation of Irrigation Water Quality by Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy Process-Based Water Quality Indices: the Case of Aksaray City, Turkey », *Water, Air, Soil Pollut.*, vol. 231, no 2, p. 55, févr. 2020, doi: 10.1007/s11270-020-4427-z.
- [4] G. Matta, A. Kumar, P. K. Naik, A. K. Tiwari, et R. Berndtsson, « Ecological analysis of nutrient dynamics and phytoplankton assemblage in the Ganga River System, Uttarakhand », *Taiwan Water Conserv.*, vol. 66, no 1, p. 1-12, 2018.
- [5] B. Zhang et al., « Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface water and groundwater in Songnen plain, Northeast China », *Water Res.*, vol. 46, no 8, p. 2737-2748, 2012, doi: 10.1016/j.watres.2012.02.033.
- [6] C. G. Cude, « OREGON WATER QUALITY INDEX A TOOL FOR EVALUATING WATER QUALITY MANAGEMENT EFFECTIVENESS ' quality issues by the public and policy makers . tors and other water resource policy makers via sible on the internet (<http://www.deq.state.or.us/annualMcKenzie> », vol. 37, no 1, p. 125-137, 2001.
- [7] S. Errochdi, M. El Alami, N. Bennis, B. Belqat, M. Ater, et F. Fdil, « Study of physicochemical and microbiological quality of two north Moroccan hydrographic networks: Laou and Tahaddart », *Mediterranean*, vol. 118, no 1. Presses Universitaires de Provence, p. 41-51, mars 11, 2013, doi: 10.4000/mediterranee.6221.
- [8] JICA, « Etude du plan de gestion intégrée des ressources en eau dans la plaine du Haouz royaume du Maroc », p. 138, 2007.
- [9] B. He et al., « Analyse de la qualité de l'eau et estimation des nutriments en rivière à l'aide de l'imagerie de télédétection Quick Bird », *Hydrol. Sci. J.*, vol. 57, no 5, p. 850-860, 2012, doi: 10.1080/02626667.2012.683792.
- [10] BANQUE DE DEVELOPPEMENT, « Projet: APPROVISIONNEMENT EN EAU DE LA REGION DE MARRAKECH », 2012.
- [11] S. El-fadelî, RR. Bouhouch, et H. Benmazhar, « Caractérisation de la qualité physico- chimique et minéralogique de l' eau de consommation de quatre zones de la ville de Marrakech-Maroc (Characterization of physico-chemical and mineralogical quality of drinking water from four areas of the city of Ma », vol. 6, no July, p. 2437-2445, 2015.
- [12] T. Poonam, B. Tanushree, et C. Sukalyan, « Water quality indices- Important tools for water quality assessment : A review », *Int. J. Adv. Chem.*, vol. 1, no 1, p. 15-28, 2013.
- [13] A. Lumb, TC. Sharma et JF. Bibeault, « A Review of Genesis and Evolution of Water Quality Index (WQI) and Some Future Directions », p. 11-24, 2011, doi: 10.1007/s12403-011-0040-0.
- [14] AK. Batabyal et S. Chakraborty, « Hydrogeochemistry and Water Quality Index in the Assessment of Groundwater Quality for Drinking Uses », no August 2016, 2015, doi: 10.2175/106143015X14212658613956.
- [15] W. Bengal, P. R. Chatterjee, et M. Raziuddin, « STUDIES ON THE WATER QUALITY OF A WATER BODY AT ASANSOL », vol. 6, no 2, p. 289-292, 2007.

- [16] N. M. Gazzaz, M. Kamil, A. Zaharin, et H. Juahir, « Artificial neural network modeling of the water quality index for Kinta River (Malaysia) using water quality variables as predictors », *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 64, no 11, p. 2409-2420, 2012, doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.08.005.
- [17] S. Tyagi, B. Sharma, P. Singh, et R. Dobhal, « Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index », *Am. J. Water Resour.*, vol. 1, no 3, p. 34-38, 2020, doi: 10.12691/ajwr-1-3-3.
- [18] Y. Hajhouji, « Modélisation hydrologique du bassin versant de l'oued Rheraya et sa contribution à la recharge de la nappe du Haouz (bassin du Tensift, Maroc) », 2019.
- [19] O. Tanouti et F. Molle, « The re-appropriation of water in overexploited river basins. The case of the Tensift river basin (Morocco) », *Etud. Rurales*, vol. 192, no 2, p. 79-96, févr. 2013, doi: 10.4000/etudrurales.9902.
- [20] a. Chaponnière, « Fonctionnement hydrologique d'un bassin versant montagneux semi-aride Cas du bassin versant du Rehraya (Haut Atlas marocain) », *Paris-Grignon [Hydrologic Funct. a*, p. 1-268, 2005, [En ligne]. Disponible sur: <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010047426>.
- [21] S. Riad, « Typologie et analyse hydrologique des eaux superficielles a partir de quelque bassins versant représentatifs du Maroc », 2003. Consulté le: juin 28, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.univ-lille1.fr/bustl>.
- [22] M. El Mrabet, D. Abdelmalek, S. El Hajjaji, et A. Maaroufi, « Long-term assessment of surface and groundwater quality in Tensift region , Morocco », no February 2020, 2016.
- [23] E. Sánchez et al., « Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution », *Ecol. Indic.*, vol. 7, no 2, p. 315-328, avr. 2007, doi: 10.1016/j.ecolind.2006.02.005.
- [24] K. I. Soumaila, C. Mohamed, et N. Mustapha, « Water Quality Assessment Using a New Proposed Water Quality Index: A Case Study from Morocco », *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol.*, vol. 4, no 4, p. 957-972, 2019, doi: 10.22161/ijeab.4411.
- [25] A. Talhaoui, A. El Hmaidi, H. Jaddi, H. Ousmana, et I. Manssouri, « Calcul De L'indice De Qualité De L'eau (IQE) Pour L'évaluation De La Qualité Physico-Chimique Des Eaux Superficielles De L'Oued Moulouya (NE, Maroc) », *Eur. Sci. J. ESJ*, vol. 16, no 2, p. 64-85, 2020, doi: 10.19044/esj.2020.v16n2p64.
- [26] Snima, « Qualité Des Eaux D ' Alimentation Humaine », Norme Marocaine NM 03.7.001, p. 1-14, 2001.
- [27] Norme marocaine de la qualité des eaux de surface, « Bulletin Officiel du 30 Ramadan 1423 (5décembre 2002) ». .
- [28] A. Merouche, S. Selvam, Y. Imessaoudene, et C. N. Maten, « Assessment of dam water quality for irrigation in the northeast of catchment Cheliff-Zahrez, Central Algeria », *Environ. Dev. Sustain.*, vol. 22, no 6, p. 5709-5730, 2020, doi: 10.1007/s10668-019-00447-9.
- [29] Y. C. DE VILLERS Juliette, SQUILBIN M, « Fiche les données de l'IBGE : "L'eau à Bruxelles" Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement. 2, 3-4. », 2005.
- [30] R. Kangabam Das, S. D. Bhoominathan, S. Kanagaraj, et M. Govindaraju, « Development of a water quality index (WQI) for the Loktak Lake in India », *Appl. Water Sci.*, vol. 7, no 6, p. 2907-2918, 2017, doi: 10.1007/s13201-017-0579-4.
- [31] I. S. Kanga, M. Naimi, et M. Chikhaoui, « Groundwater quality assessment using water quality index and geographic information system based in Sebou River Basin in the North-West region of Morocco », *Int. J. Energy Water Resour.*, vol. 4, no 4, p. 347-355, 2020, doi: 10.1007/s42108-020-00089-y.
- [32] Julie Corriveau, « Étude des concentrations toxiques de nitrite dans les cours d'eau d'un bassin versant agricole Human Impacts on Aquatic Ecosystems Processes Canada Centre for Inland Waters Eric van Bochove Agriculture et Agroalimentaire Canada », 2009.
- [33] S. K. Sundaray, B. B. Nayak, et D. Bhatta, « Environmental studies on river water quality with reference to suitability for agricultural purposes: Mahanadi river estuarine system, India - A case study », *Environ. Monit. Assess.*, vol. 155, no 1-4, p. 227-243, 2009, doi: 10.1007/s10661-008-0431-2.
- [34] FAO, « Qualité de l'eau pour l'agriculture ». <http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E01.htm> (consulté le mars 03, 2021).
- [35] B. L. V Wilcox et D. C. November, « Classification and Use of Irrigation Waters UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE ».

Water, Climate Change and Agriculture in MENA regions (Middle East and North Africa)

Gaaloul Noureddine¹, Saïed Eslamian², Rim Katlane³

¹ National Institute of Research in Rural Engineering of Water and Forestry, IRESA, University of Carthage, Tunisia

² Department of Water Engineering, Isfahan University of Technology, Iran

³ GEOMAG (LR19ES07)/PRODIG (UMR 8586), University of Mannouba-Tunis Campus Universities B.P.95 2010 Manouba, Tunisia;

Abstract

This article summarized Protracted conflicts in the Middle East and North Africa (MENA) region have left tens of millions of people in need of humanitarian and development assistance to have access to water. But the capacity of local water service providers (state-owned and private) to maintain adequate levels of services has decreased as conflicts and population movements across the region have continued, mainly towards urban areas. Other actors including United Nations agencies, international organisations, local NGOs and independent – often informal – water providers have played an important role in filling gaps in supply. This study analyses all these actors' responses to continuing the supply of water during conflicts, focusing on factors of resilience building that particularly concern local service providers.

Key Words: Water, Climate Change, Agriculture; MENA regions

Eau, changement climatique et agriculture dans les régions MENA (Moyen-Orient et Afrique du Nord)

Résumé

Cet article résume Les conflits prolongés dans la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord (MENA) ont laissé des dizaines de millions de personnes ayant besoin d'aide humanitaire et de développement pour avoir accès à l'eau. Mais la capacité des fournisseurs locaux de services d'eau (étatiques et privés) à maintenir des niveaux de services adéquats a diminué à mesure que les conflits et les mouvements de population dans la région se sont poursuivis, principalement vers les zones urbaines. D'autres acteurs, notamment des agences des Nations Unies, des organisations internationales, des ONG locales et des fournisseurs d'eau indépendants – souvent informels – ont joué un rôle important pour combler les lacunes de l'approvisionnement.

Cette étude analyse toutes les réponses de ces acteurs au maintien de l'approvisionnement en eau pendant les conflits, en se concentrant sur les facteurs de renforcement de la résilience qui concernent particulièrement les prestataires de services locaux.

Mots clés : Eau, Changement Climatique, Agriculture ; Régions MENA.

¹ Corresponding author: gaaloul.noureddine@iresa.agrinet.tn

INTRODUCTION

MENA is an acronym for the Middle East and North Africa region, it is popularly used by academic, economic, social and international organizations. The MENA region is sometimes known as the Arab World or the Greater Middle East.

The term “Middle East” was coined in the 19th century to refer to the transcontinental area between southwest Asia and North Africa. It was Eurocentric and commonly used by the Western World. However, the composition of countries in the Middle East remains contentious even to date. To clear the ambiguity, the World Bank and the United Nations began using the term “Middle East and North Africa” to refer to the region spanning horizontally between Iran in the east to Morocco in the west. The second Bush administration coined the word “Greater Middle East” to refer to the entire Muslim-majority nations including Iran, Pakistan, and Turkey. While MENA is inclusive of Iran, it does not include Pakistan, Turkey, or Afghanistan. The boundaries of MENA is more geographic rather than social or religious.

There are 20 countries that are generally considered part of the MENA region. These are Algeria, Bahrain, Egypt, Iran, Iraq, Israel, Jordan, Kuwait, Lebanon, Libya, Morocco, Oman, Palestine, Qatar, Saudi Arabia, Syria, Tunisia, United Arab Emirates, and Yemen. A further 16 countries are sometimes included depending on usage. These are Afghanistan, Armenia, Azerbaijan, Chad, Comoros, Cyprus, Djibouti, Eritrea, Ethiopia, Georgia, Mali, Mauritania, Niger, Somalia, Sudan, and Turkey. The population of the region is at least 381 million or 6% of the world's population. Egypt (94 million), Iran (80 million), and Algeria (40 million) are the most populous countries in the region.

Is Turkey a part of the MENA Region?

Turkey lies in between Europe and the Middle East. Much of the MENA region was once under the Ottoman Empire and therefore maintains close ties with Turkey. Modern Turkey is a popular destination for Arabs traveling for a holiday and investing in real estate. However, Turkey also has equally close relations with Europe and was at one point it was the capital of the Eastern Roman Empire. The country has a pending application to join the European Union, and if successful, it will be considered more of a European country rather than an Arab state. Turkey is considered part of the MENA region in the broader context, but it is occasionally omitted in most definitions.

For this book, the MENA region, comprising 21 countries, (Algeria, Bahrain, the Arab Republic of Egypt, the Islamic Republic of Iran, Iraq, Israel, Jordan, Kuwait, Lebanon, Libya, Morocco, Mauritania, Oman, Palestine, Qatar, Saudi Arabia, Sudan, the Syrian Arab Republic, Tunisia, the United Arab Emirates, and the Republic of Yemen). (Figure 1)



Figure 1. Overview of the Middle East and North Africa (MENA) region

The MENA region (Middle East and North Africa) is located between longitudes 13°W and 60° E and between latitudes 15° N and 40° N covering a surface area of about 11.1 million square kilometers or about 8% of the area of the world. The MENA Region covers a surface area of about 14 106 km², partly in Africa and partly in west Asia. By virtue of its geographical location between the Tropics of Cancer and Capricorn, at latitudes 23°30' N and 23°30' S respectively, a substantial part of the region has a tropical climate. The region extends from the Atlantic Ocean in the west to the Persian Gulf in the east, and from the southern shore of the Mediterranean Sea in the north to southern Sudan and the Gulf of Aden in the south. The Red Sea penetrates the Arab Region from the southeast to the northwest, thereby separating the eastern part (Al-Mashreq Al Arabi) from both the central and western parts (Al Wasat and Al Maghreb Al Arabi respectively). One can also divide the Arab Region into the Arab Middle East subregion and the North African subregion. The Arab States located east of the Red Sea belong to West Asia. In this text we shall adopt the division of the Arab Region into three subregions: the western, middle and eastern. Although MENA countries share common identity-formation features — Islam as the main religion and Arabic as a common language— they differ in ethnicity, tradition, history and spoken dialects of Arabic. Economic development strategies also vary between the oil-producing states such as Kuwait and the United Arab Emirates, and the non-oil-producing countries such as Tunisia and Jordan.

The Maghreb sub-region (Northern African) extends from the Mediterranean climate zone to the arid zone. Rainfall occurs in the winter season, while the summer season is clear and dry. There are differences in the climate within the sub-region between the Maghreb countries. The Maghreb climate shows a drying and warmer gradient from north to south and a divided and dispersed hydrography with some average-size drivers only in Morocco. Egypt has an arid climate and a simple hydrography with very limited internal resources and only one river, the Nile, which enters the country from Sudan.

The sub-region of the Middle East as a complete desert climate that is very hot in the summer and relatively cold in the winter, with very scarce rainfall. Finally, the Mashreq region (countries like Iran, Iraq, Lebanon and Syria) has a milder and wetter climate compared to the Gulf Cooperation Council (GCC) countries.

The population of the region is large and continues to experience significant growth. Currently, the MENA region is home to about 386 million people — that is, 6.3 % of the world's population, with an average annual population growth rate of 1.7 % (World Bank data from 2011). The population more than doubled between 1970 and 2001. Currently, the population of MENA is growing by nearly 7 million people per year, second only to sub-Saharan Africa. Although the region's total fertility rate (average number of births per woman) declined from 7.0 births per woman in 1960 to above 3.0 births in 2006 and is expected to continue to fall, MENA's population is expected to nearly double in 50 years. About 60 % of the total population lives in urban areas, but this percentage is on the rise as people migrate to urban areas in search of better economic opportunities. This population growth has been accompanied by rapid and sometimes anarchic urbanization, with the appearance of large cities with infrastructure that is barely adequate to the needs of the population base, particularly in terms of hygiene and quality of life: drinking water, sewerage, urban waste and air quality.

The total surface area of the MENA region (21 countries) is 11.1 million km², accommodating a population of 381 million. This makes the region relatively scarcely populated, with a mere 34 inhabitants per km². The most important reason for the low population density is the arid conditions in the region (about 85 % of the area is desert) and the scarcity of water resources: the proportion of arable land out of the total land area is only 4.9 %

The MENA region has vast reserves of petroleum and natural gas (810.98 billion barrels, or 60 % of the world's oil reserves), and 45 % of the world's natural gas reserves (81,237.8 km³), which make it a vital source of global economic stability.

The MENA region is the driest and most water scarce region in the world and this is increasingly affecting the economic and social development of most MENA countries. The region has about 0.7 % of the world's available freshwater resources. Today, the average per capita water availability in the region is slightly above the physical water scarcity limit, at about 1,076 m³ per year (compared to the world average of about 8,500). In addition, the MENA region faces other major development challenges. These include a rapidly growing young population, high unemployment rates, and vulnerability to price shocks and climate change. The region also faces some political and security challenges, including extremism.

The Middle East and North Africa (MENA) region is vast, rapidly transforming and heterogeneous. Since 2011, the region has experienced an eruption of conflict in several Arab countries. What was termed the “Arab Spring” led to a series of wars and conflict in countries such as Syria, Iraq, Libya and Yemen. Domestic strife and foreign intervention have led to “failed states” across the region (Müller et al. 2016, Kinsman 2016). This report provides an analysis of underlying material risks and opportunities that contributed to the Arab uprisings. Two of the key issues that have been and will continue to face the MENA region are demographic change and economic factors. Despite the many shared features among MENA countries, there is comparatively little regional integration or policy coordination on joint demographic and economic policies in comparison with many other regions.

The region extends from the Atlantic Ocean in the west to the Persian Gulf in the east, and from the southern shore of the Mediterranean Sea in the north to southern Sudan and the Gulf of Aden in the south. The Red Sea penetrates the Arab Region from the southeast to the northwest, thereby separating the eastern part (Al-Mashreq Al Arabi) from both the central and western parts (Al Wasat and Al Maghreb Al Arabi respectively). One can also divide the Arab Region into the Arab Middle East subregion and the North African subregion. The Arab States located east of the Red Sea belong to West Asia. In this text we shall adopt the division of the Arab Region into three subregions: the western, middle and eastern. Table 1 includes the division of the Arab countries between these subregions together with some relevant data

The MENA region is a difficult environment for agriculture. Land and water are scarce, and both rain-fed and irrigated land in use suffer from ongoing degradation caused by wind and water erosion and unsustainable farming practices. In most countries, farms are quite small and hence subject to the challenges experienced by smallholders everywhere. Furthermore, the region is predicted to become hotter and drier in the future due to climate change.

The World Bank (2017b) report is a seminal work on MENA water policy. The report has drawn an accurate image of water scarcity in the region and spelled the required reforms both in the water sector and beyond it to avoid the failures and economic losses that would result from an unmanaged scarcity. Two recent World Bank (2017a, 2018a, b) reports presented an update of the state of water scarcity as well as the status of water security in the MENA region. They portrayed the existing challenges and chances to overcome the water security issues. The reports questioned the sustainability and efficiency of water resources management, the reliability and affordability of water services, and whether the water-related risks are appropriately recognized and mitigated.

The present paper presents an overview of the water resources for the following MENA countries. This introductory chapter gives a quantitative representation and description of current available water resources; water demand for industrial, domestic, and agricultural purposes; and water per capita decline over time.

The MENA region also faces growing challenges from environmental stresses, resulting from population pressures, urban growth, water scarcity and pollution, desertification and climate change, exacerbating water shortages. All MENA countries share environmental challenges in the following areas, which differ only in terms of magnitude and severity between the countries: water scarcity and quality; land degradation and desertification; urban and industrial pollution; inadequate capacities for waste management; coastal and marine environmental degradation; air pollution; climate change; and weak environmental institutions and legal frameworks.

The region experienced rapid economic growth between 2000 and 2010, then suffered a sharp economic slowdown post-2011, as a result of several economic and political factors. Prior to 2011, GDP per capita was growing steadily in the majority of the MENA countries, but the 2011 events in the region highlighted the limits of these forecasts, and MENA countries suffered a growth slowdown between 2011 and 2013. This growth slowdown has been accompanied by an increase in fiscal deficits. Large fuel (and food) subsidies have burdened governments' public finances. Governments have tapped into their foreign reserves, reducing fiscal space. Unemployment levels have remained high, and particularly high among women. Most unemployed people are educated, but they need connections (*wasta*) to get jobs because of widespread corruption in the public sector, and because of a weak private sector that is not sufficiently dynamic to generate jobs due to the constraints in the investment climate that hinder private sector growth. Most of the labor force is engaged in the informal sector, and their jobs provide no security. These are people who most likely live near the poverty line (Devarajan et al., 2014). After the profound social and political changes in 2011, the region is still fragile and suffers from (mainly youth) unemployment, poverty and regional disparities. Despite a wealth of oil resources and major improvements in health and education over the past few decades, this region's political, social and economic systems have not evolved in a way that effectively meets the changing needs of its rapidly growing young population. Nearly one in five people living in the MENA region is between the ages of 15 and 24, the age group defined as "young people". The transition from a period of high to low fertility, starting from the 1980s, has altered the age structure of the population, creating a "youth bulge" of 96 million people between the ages of 20 and 29 in 2010, and an estimated 104 million in 2030. As a result, the current huge increase in MENA's working age population has created a new policy challenge for MENA governments, which rarely have enough resources to accommodate the volume of people entering the labor market.

The Middle East and North Africa region, the most water-scarce populated region in the world, faces critical challenges for providing water to its ever-increasing population and protecting its agricultural economy, which demands colossal amounts of water for irrigation. The political turbulence in the region threatens efforts to build cooperation between the region's countries. Water-demand management is the only solution to the enormous water challenges the Middle East region faces, but implementation is uncertain.

As a largely arid region, the Middle East and North Africa (MENA) is particularly vulnerable to climate induced impacts on water resources, yet promoting adaptive governance strategies to deal with increased hydrological risk remains a low priority for political leaderships. It is increasingly clear that climate change will interact with other social, economic and political variables to exacerbate social and political vulnerabilities. In general, climate change acts as a "threat multiplier" for vulnerable countries and populations (Evans 2008a, b; UNDP 2007/2008). Yet climate impacts will not be equally distributed, and much will depend upon national resources and adaptive capacities. In this article, we delineate the expected impacts of climate change on water resources in the MENA and analyze the political, economic, and institutional drivers that have shaped governance responses.

Climate change coupled with demographic growth will profoundly affect the availability and quality of water resources in the MENA region (Conway and Hulme 1996; Suppan et al. 2008; Alpert et al. 2008; Sánchez et al. 2004; Milly et al. 2005; Gao and Giorgi 2008; Evans 2008a, b, 2009). Acceleration in the hydrological cycle will likely make droughts longer and rainfall events more variable and intense, raising probabilities of flooding and desertification. As we show, these impacts on the water sector, combined with deteriorating water quality, rising sea levels, and demographic growth, are already evident in much of the MENA. Over-extraction of groundwater aquifers and their contamination, salinization of agricultural land, and urban water shortages, we find, have sparked some policy reforms and adaptive measures, albeit under conditions of crisis management.

CURRENT SITUATION IN TERMS OF WATER RESOURCES AND WATER USE

The MENA region is naturally water scarce, yet water consumption is high. Currently, total water demand exceeds naturally available water supplies by almost 20 % (World Bank 2012). Rainfall is low and variable, evaporation rates are high and droughts are frequent, all contributing to low water resource reliability and availability. Most of the region is classified as arid or semi-arid (desert), receiving less than 250 millimetres of rainfall annually. In addition, MENA countries have to manage an unusual combination of low rainfall and high variability. The highest variability is found in the most arid countries, where average rainfall is so low that even modest rainfall can represent a huge variation on the mean, even though it might not pose a significant management challenge. Countries with this level of aridity concentrate on infrastructure that channels runoff when rainfall does occur, and dams that store water or encourage aquifer recharge. Countries that depend on water flowing in from other nations (Egypt and Syria among the countries analysed) may not have high levels of variability on their own territory but do experience the effects of variability in other territories. Variability is a particular challenge in those MENA countries that have just enough rainfall on average but where the patterns are irregular over time or space. While the region has low water availability on average, the quantity of water available varies considerably among countries in the region (Table 1 and 2).

Table 1. Total renewable water resources in MENA region.

Source: AQUASTAT database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

	Produced internally (billion m ³ /yr)			Total internally produced per capita (m ³ /inhab/yr)	Total external renewable water resources (billion m ³ /yr)	Total renewable water resources (billion m ³ /yr)	Total renewable water resources per capita (m ³ /inhab/yr)
	Surface water	Ground-water	Total				
Algeria	9.76	1.49	11.25	286.90	0.42	11.67	297.60
Egypt	0.50	1.30	1.80	21.94	56.50	58.30	710.50
Libya	0.20	0.60	0.70	112.90	0.00	0.70	112.90
Morocco	18.00	4.00	22.00	899.00	0.00	22.00	899.00
Tunisia	3.10	1.50	4.20	381.50	0.42	4.62	419.70
Jordan	0.49	0.45	0.68	93.76	0.26	0.94	128.80
Lebanon	4.10	3.20	4.80	995.40	-0.30	4.50	933.80
Syria	4.29	4.84	7.13	325.70	9.67	16.80	767.20

Table 2 Water resources in in MENA region

<i>Renewable freshwater resources in MENA region</i>							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Algeria	89	212 000	11 250	11 670	4	292	8 300
Bahrain	83	59	4	116	97	160	0
Egypt	51	51 070	1800	58 300	97	699	168 200
Iran	228	397 000	12 850	137 500	6.6	1 978	31 610 000
Iraq	216	94 680	35 200	75 610	53.45	2 625	39 700 000
Jordan	94	8 345	682	937	27.21	161	275 000
Kuwait	121	2 160	0	20	100	7.4	
Lebanon	823	8 559	4 800	4 503	0.79	1 159	225 650
Libya	56	98 530	700	700	0	112	389.89
Mauritania	92	94 350	400	11 400	96.49	3 826	900 000
Morocco	346	154 500	29 000	29 000	0	879	17 500
Oman	62	19 190	1 400	1 400	0	545	88 380
Palestine	409	2 313	766	766	0	333	0
Qatar	80	880	56	58	3.45	71	
Saudi Arabia	114	24 510	2400	2400	0	98	835 600
Sudan	250	489 800	4 000	37 800	96	996	21 230
Syria	252	46 670	7 132	16 797	72.29	882	19 654 000
Tunisia	207	33 870	4 195	4 615	9	419.7	2 677
United Arab Emirates	78	6 521	150	150	0	48.29	118 000
Yemen	167	8 817	2 100	2 100	0	100	462 500

- (1) Precipitation (long-term average) (mm/yr)
- (2) Precipitation (long-term average) (million m³/yr)
- (3) Internal renewable water resources (long-term average) (million m³/yr)
- (4) Total actual renewable water resources ((million m³/yr)
- (5) Dependency ratio (%)
- (6) Total actual renewable water resources per inhabitant (m³/yr)
- (7) Total dam capacity (million m³)

Figure 2 shows the available renewable water per capita in MENA countries for the years 1992–2014. The figure clearly shows that the available water per capita is dwindling over time for all MENA countries, reflecting an increased scarcity in the region. MENA countries are also characterized by high evapotranspiration rates, given the high temperatures most of the year. The common water sources for the MENA region are surface and groundwater in addition to non-conventional water such as desalination and recycled treated wastewater.

Food security, on the other hand, “exists when all people, at all times, have physical, social and economic access to sufficient, safe and nutritious food which meets their dietary needs and food preferences for an active and healthy life». These two definitions meet when water is put into an agricultural perspective. They are particularly important in regions with increasing water scarcity. The MENA region cannot currently and in the future meet its food production requirements due to increased water scarcity. As Figure 3 shows, all economies of the MENA region other than Turkey will face either water stress (below 1,700 cm/year/capita) or (absolute) water scarcity by 2050.

Water stress and water scarcity are not new to the MENA region: since the 1970s there have been several instances of insufficient water for food self-sufficiency (Allan 2002). However, while water and food insecurity can be mitigated through moderate food imports, the trend will only intensify. To date, the vast majority of MENA economies are almost entirely reliant on food imports for maintaining an adequate level of food and water security. The key import commodities are cereals and meat (UNESCWA 2017).

Water scarcity in the Middle East and North Africa (MENA) region can either be a destabilizing factor or a motive that binds communities together, according to a new joint report from the United Nation’s Food and Agriculture Organization (FAO) and the World Bank, with the difference determined by the policies adopted to cope with the growing challenge. Protracted conflicts in the Middle East and North Africa have left tens of millions of people in need of humanitarian and development assistance to have access to water. But the capacity of local water service providers to maintain adequate levels of services has decreased as conflicts and population movements across the region have continued, mainly towards urban areas.

Figure 2 Available renewable water per capita in MENA countries 1992–2014. (Source: World Bank 2018b. database, data for 2014)

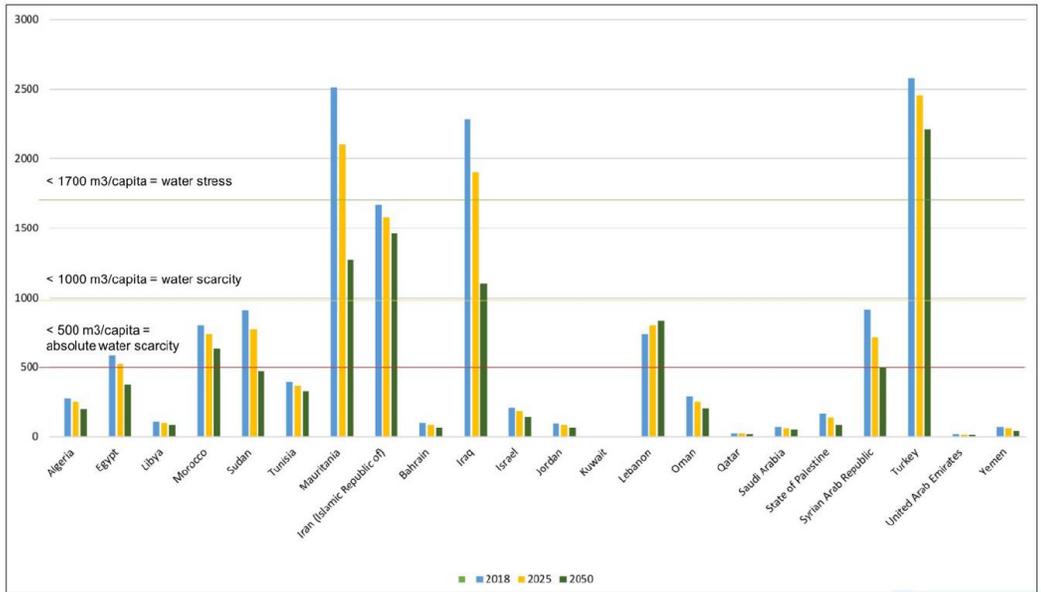
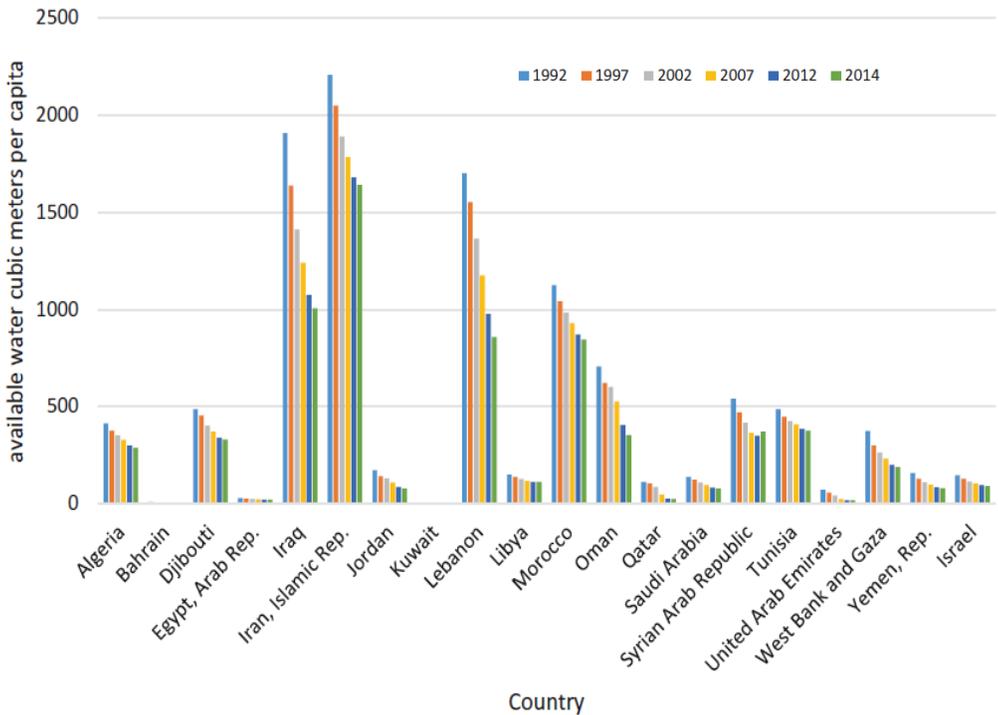


Figure 3 Water availability per capita, 2018, 2025 and 2050



Recently, the MENA Regions (Middle East and North Africa) has encountered various concerns in the sector of “water resource management” because of the rapid growth in the domestic, agricultural, and industrial activities. Feasible and practical strategies needed for sustainable management of the water shortage concerns in the MENA Regions (Middle East and North Africa) are suggested.

Figure 4 shows the distribution of surface water and groundwater resources. GCC countries, Djibouti, Libya, and Jordan have the lowest quantities of groundwater and surface freshwater. Egypt, Iraq, and Syria depend on transboundary water resources such as rivers originating from other regions and aquifers which are shared with other countries. Rivers are the main water source used for crop irrigation in Egypt and Iraq, which are threatened by the increasing level of water use by upstream countries.

Changes in water resources availability can be expected as consequences of climate change, population growth, economic development and environmental considerations. A two-stage modeling approach is used to explore the impact of these changes in the Middle East and North Africa (MENA) region. An advanced, physically based, distributed, hydrological model is applied to determine the internal and external renewable water resources for the current situation and under future changes. Subsequently, a water allocation model is used to combine the renewable water resources with sectoral water demands. Results show that total demand in the region will increase to 393 km³ yr⁻¹ in 2050, while total water shortage will grow to 199 km³ yr⁻¹ in 2050 for the average climate change projection, an increase of 157 km³ yr⁻¹. This increase in shortage is the combined impact of an increase in water demand by 50% with a decrease in water supply by 12%. Uncertainty, based on the output of the nine GCMs applied, reveals that expected water shortage ranges from 85 km³ yr⁻¹ to 283 km³ yr⁻¹ in 2050. The analysis shows that 22% of the water shortage can be attributed to climate change and 78% to changes in socio-economic factors.

Figure 5 shows that Iran, Iraq, Lebanon, and Morocco have relatively the highest quantities of renewable water resources compared to other MENA countries, with water level of more than 800 cubic meter per capita per year. On the other extreme, Gulf Cooperation Countries (GCC), Jordan, Libya, and Yemen have the lowest level of available renewable water resources per capita and they highly depend on depleting groundwater and desalination.

Figure 4 Renewable volumes of groundwater and surface water in MENA. (Source: FAO AQUASTAT 2018, data for 2014)

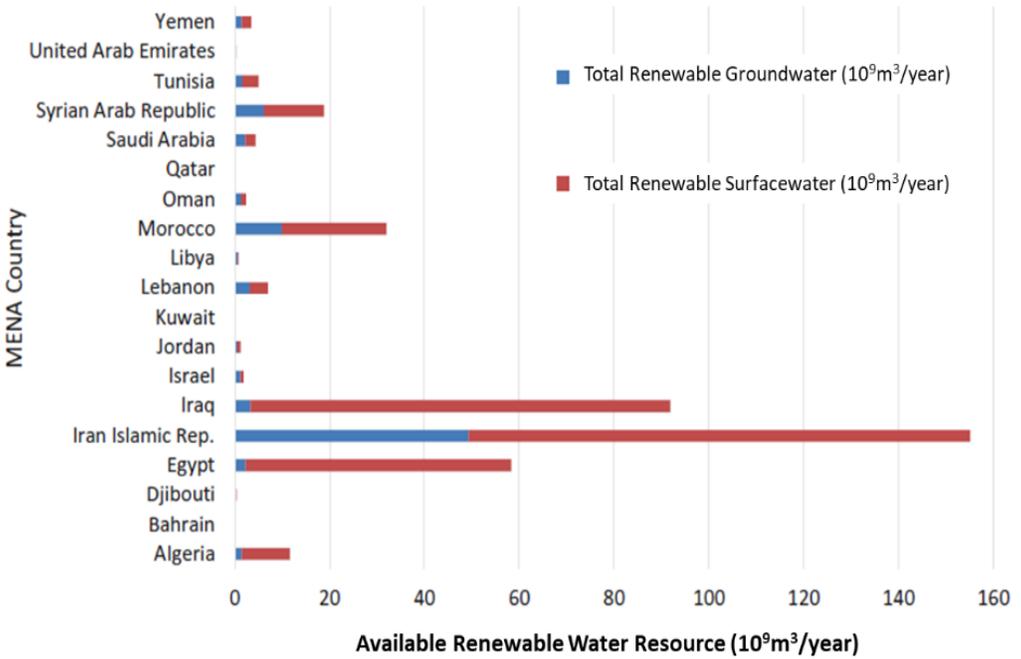
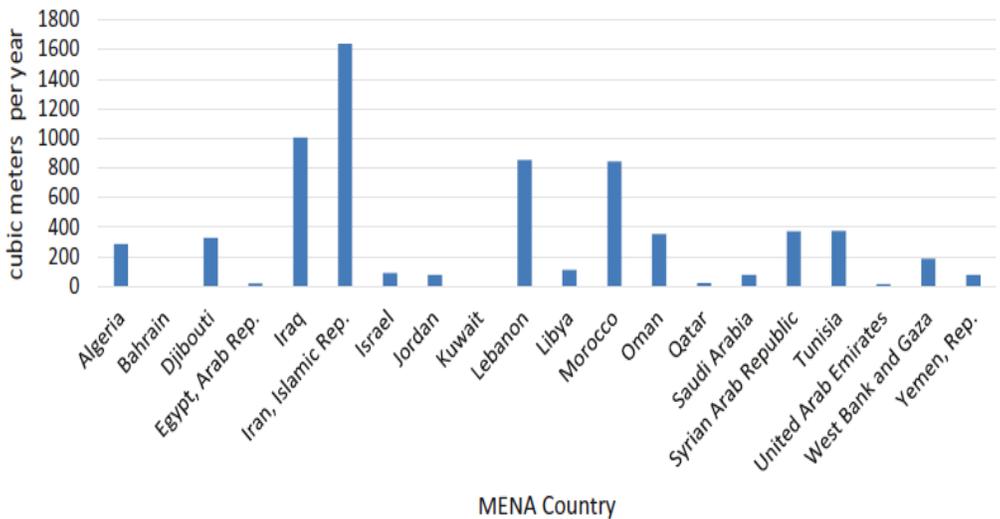


Figure 5 Renewable water per capita per year (m^3) for Mena Countries (Source: World Bank 2018b. database, data for 2014)



CLIMATE OF THE MIDDLE EAST AND NORTH AFRICA (MENA) REGIONS

The Middle East and North Africa region is experiencing a widening gap between freshwater supply and demand caused by population and economic growth and climate change. The region is diverse in its landscapes and climates, from the snowy peaks of the Atlas Mountains to the empty quarter of the Arabian Peninsula. The MENA region can be classified according to the aridity index, which is defined as the ratio between precipitation and ETref. On the basis of this index, the largest part of MENA can be classified as hyper-arid (<0.05) (World Bank, 2007). This hyper-arid area includes the inland in Northern Africa (Algeria, Libya, and Egypt). The coastal areas of Northern Africa, Iran, and the Western coastal region of the Middle East are defined as arid to semi-arid. Humid areas are found in the northern parts of Morocco, Algeria, Tunisia, Iraq, and Iran, and the western part of Syria and Lebanon. All the countries of the region are located on the coasts of the North Atlantic Ocean, the Mediterranean Sea, the Red Sea, the Gulf of Aden, the Persian Gulf, the Gulf of Oman and the Arabian Sea and, as such, there is no land-locked country in this region. The areas located along the Mediterranean coast lines display lower temperatures and more rainfall resulting in a more moderate climate when compared to the hot inland deserts.

Population densities in MENA are largest in semi-arid to humid regions, or where irrigation systems are present. Irrigation systems are mainly concentrated in the Nile Delta in Egypt, where it covers 60–80% of the surface area (World Bank, 2007), in the central part of Iraq, and scattered throughout Iran. Despite the presence of some humid regions and irrigation systems, the MENA region faces many challenges.

The countries of the Near East region have been grouped in three sub-regions based primarily on geographic and hydro-climatic similarities. These sub-regions are referred to as North Africa (Algeria, Egypt, Libyan Arab Jamahiriya, Mauritania, Morocco and Tunisia), Arabian Peninsula (Bahrain, Kuwait, Oman, Qatar, Saudi Arabia, United Arab Emirates and Yemen), and Middle East (Islamic Republic of Iran, Iraq, Jordan, Lebanon and Syrian Arab Republic). Even though hot and dry weather prevails across the Near East region, there is a great variety in the physical geography of this vast area. The region is characterized by the presence of long coastal lines, vast deserts, rivers, and mountain ranges with resulting diverse hydro-climatic conditions. Some of the main transboundary rivers in the region originate outside of the Near East with their water flows generated from places like eastern Turkey (Tigris-Euphrates) and the Ethiopian highlands and great lakes of humid Africa (River Nile).

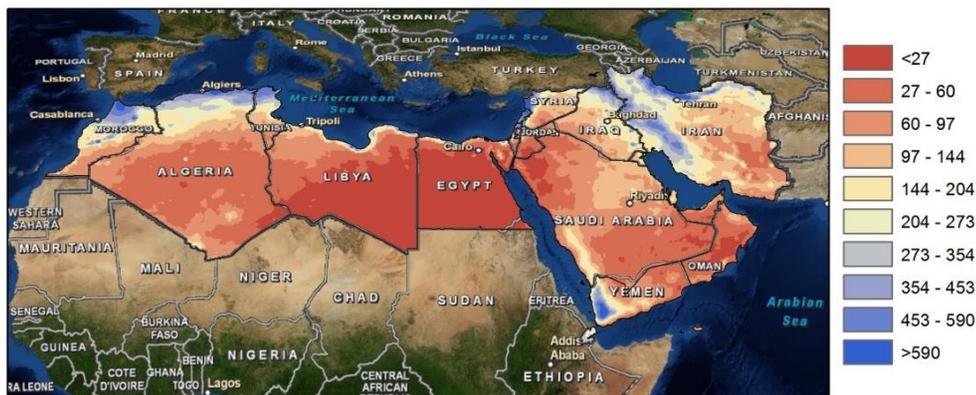
The largest challenge in the MENA region is that countries have to manage an unusual combination of a low annual precipitation that is at the same time highly variable. Three groups of countries can be identified:

- (i) Countries that on average have adequate quantities of renewable water, but the within-country and within year variations are problematically large. These include Djibouti, Iran, Lebanon, Morocco, Tunisia, and the West Bank.
- (ii) Countries with consistently low levels of renewable water resources. Therefore, these countries are highly dependent on non-renewable groundwater sources and supplies by desalination of sea water. These countries include Bahrain, Gaza, Jordan, Kuwait, Libya, Oman, Qatar, Saudi Arabia, the United Arab Emirates, and Yemen.
- (iii) Countries that mainly dependent on the inflow of transboundary rivers such as the Nile, the Tigris, and the Euphrates. These countries include Syria, Iraq, and Egypt (World Bank, 2007).

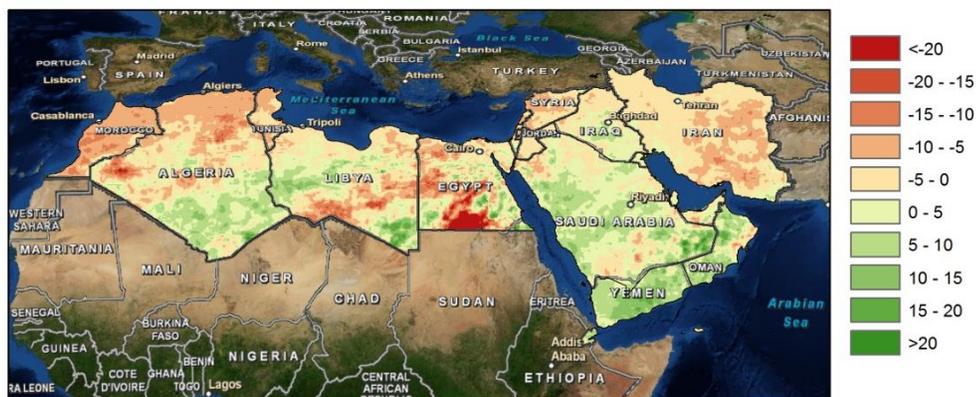
In Figure 6, it is clear that in the majority of countries the annual precipitation sum for the current climate is low. Especially in Libya and Egypt the annual precipitation sum is very small (<25 mm). The wetter areas are the coastal areas of Morocco, Algeria, Tunisia, Lebanon, Syria, Iran, and Yemen. Decreases in precipitation are nearly seen in every country for the period 2020–2030, with the largest decreases found in southern Egypt, Morocco, the central and coastal areas of Algeria, Tunisia, central Libya, Syria, and in the central and eastern part of Iran. Decreases are in the range of 5–15% for most countries, with a decrease of more than 20% in southern Egypt. In several regions, also increases in precipitation are noticed. Increases are in the range of 0–20%. It should be noted that the annual precipitation sum in these regions is very low, meaning that an increase of, for example, 20% in southeast Libya means an annual increase of roughly 5 mm.

For 2040 through 2050 we see a larger decrease in precipitation for the majority of countries than for 2020 through 2030. Especially in Morocco, the central and northern part of Algeria, Tunisia, Syria, the southern and central part of Saudi Arabia, the northern part of Iraq, and in Iran, precipitation has decreased with respect to the current climate and 2020–2030. (Terink et al., 2013)

Precipitation current climate [mm]



Precipitation anomaly 2020-2030 [%]



Precipitation anomaly 2040-2050 [%]

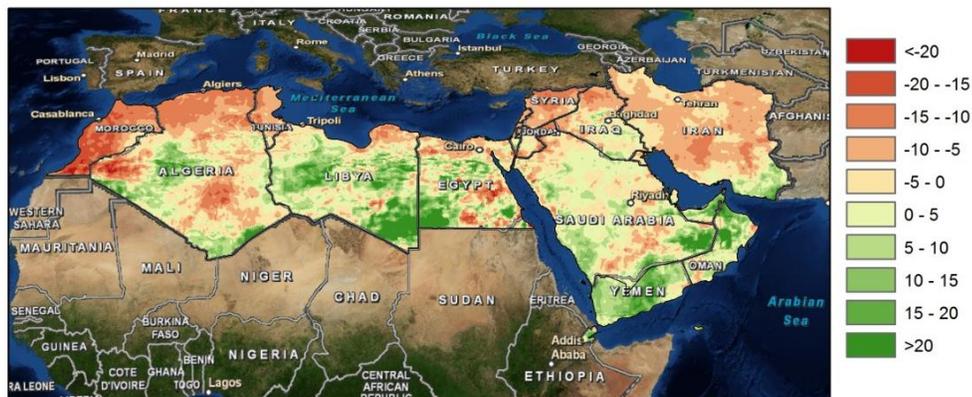


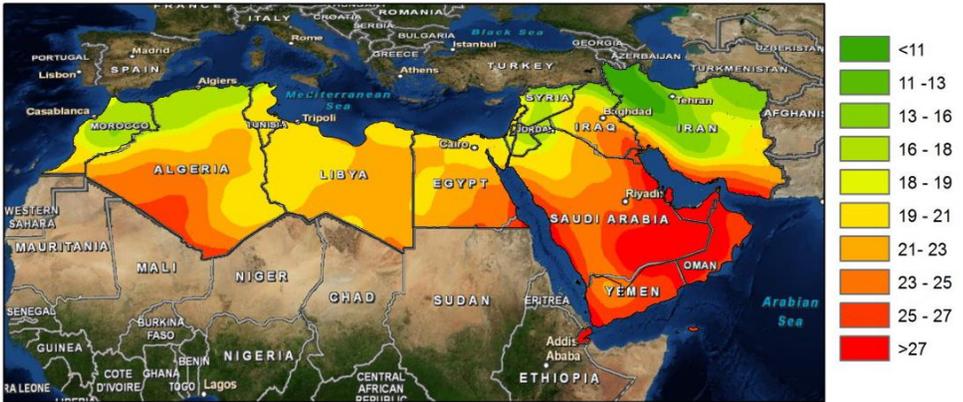
Figure 6. Spatial patterns of precipitation projections. Top: Average annual precipitation sum of the current climate. Middle: Precipitation anomalies of 2020–2030 with respect to the current climate. Bottom: Precipitation anomalies of 2040–2050 with respect to the current climate. (Walter et al., 2011).

If we consider the temperature projections (Figure 7) then it is clear that the MENA region is characterized by high average annual temperatures. Very high temperatures are found in the southwestern part of Algeria, the western and eastern part of Saudi Arabia, in Yemen, in Oman, and in the southern part of Iran. Temperature projections for 2020-2030 indicate a rise in temperature throughout all countries. The smallest increases in temperature (<0.15 °C) are found in North Libya, North Egypt, Israel, Lebanon, Jordan, and West Syria. The largest temperature increases (>0.65 °C) are found in the northern part of Morocco and Algeria, South Algeria, the southern part of Saudi Arabia and Iran, and in the central and northern part of Yemen and Oman.

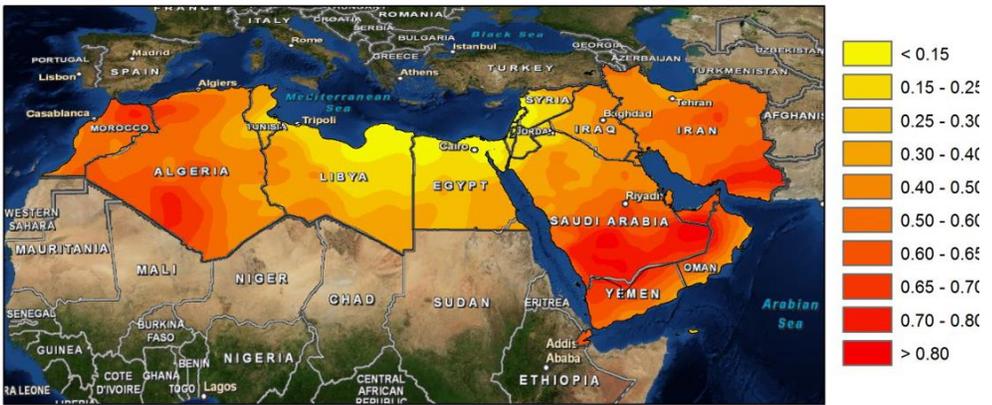
Temperature projections for 2040-2050 indicate an even larger increase in temperature throughout the MENA region. An increase of more than 1.7 °C is not an exception. These findings are higher than the global average (Figure 7). The smaller temperature increases are found in the same regions as in the period 2020-2030. Large temperature increases (>1.5 °C) are found in the northern part of Morocco and Algeria, central and South Algeria, the central and southern part of Saudi Arabia, and in the northern part of Iraq, Iran and Yemen.

Much of the land area in the Near East region is covered by deserts. The Sahara Desert stretches from the Red Sea in the east to the Atlantic Ocean in the west, representing more than 90% of the landmass of Northern Africa. The Rub Al Khali Desert, known also as the Empty Quarter, covers an area 1,000 km long and 500 km wide in the South of the Arabian Peninsula. There is also the Nefud Desert in the northern part of the Arabian Peninsula. Other main deserts in the region include the Dasht-e Kavir and Dasht-e Lut deserts which cover large parts of east central and north sections, respectively, of the Islamic Republic of Iran. The Near East region has many internal mountains as well as several mountain ranges rising to various elevations. These include Tebetsy Mountain in Libya with the highest peak of 3,000 meters. The Atlas Mountains range in North Africa which stretches across much of Morocco, northern Algeria and part of Tunisia has its peak in Morocco at an elevation of 4,165 meters. The Zagros mountain chain in the Islamic Republic of Iran reaches 4,432 meters at its peak. Other mountain ranges in the region include those in Lebanon and Yemen with highest elevations at just over 3,000 and 3,268 meters, respectively.

Temperature current climate [°C]



Temperature anomaly 2020-2030 [°C]



Temperature anomaly 2040-2050 [°C]

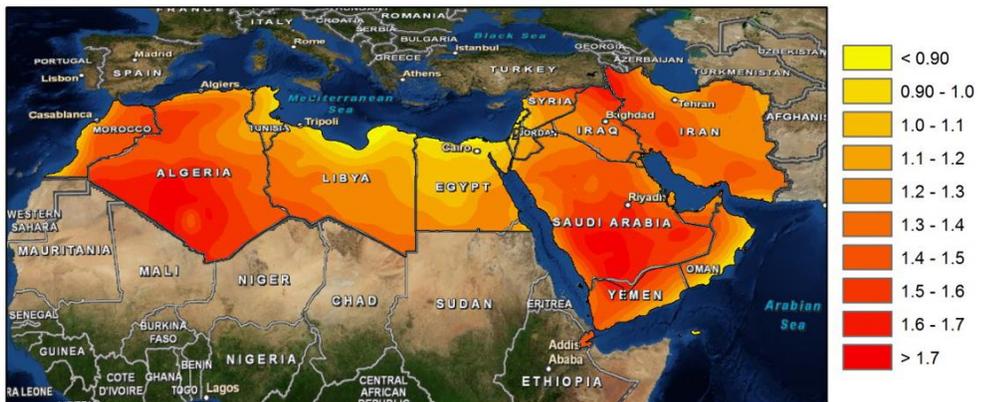


Figure 7. Spatial patterns of temperature projections. Top: Average yearly temperature of the current climate. Middle: Temperature anomalies of 2020-2030 with respect to the current climate. Bottom: Temperature anomalies of 2040-2050 with respect to the current climate. (Walter et al., 2011).

Walter et al (2011) consider the anomalies for 2020-2030, then we notice a slight increase in annual reference evapotranspiration. This increase is in the range 0-1% for the largest part of the countries. Despite the lowest values of annual reference evapotranspiration found in the coastal areas, these areas are exposed to the largest (up to more than 9%) increase in annual reference evapotranspiration. In some countries, like for example in Algeria, Libya, Egypt and Jordan, we see a small decrease in annual reference evapotranspiration. This is caused by the range between the maximum and minimum temperature for the selected random year,

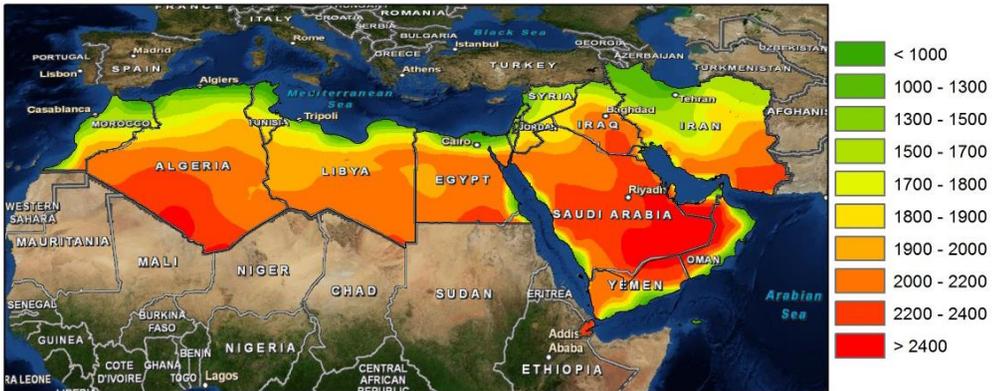
For 2040-2050 there is an increase in annual reference evapotranspiration in all countries, except for some small regions in Morocco, Libya, and Egypt. Again, these decreases are very small. The highest increases are again found in the coastal regions, with increases of more than 9%.

The MENA region is home to some of the poorest and most malnourished people in the world. An estimated 70% of the poverty is found in rural areas although only about 43% of the total population (over one billion) lives there. Cereals provide the largest component of the human diet in the region, while livestock production, often the major income earning activity in marginal areas, is increasingly dependent on supplementary feeding of grain.

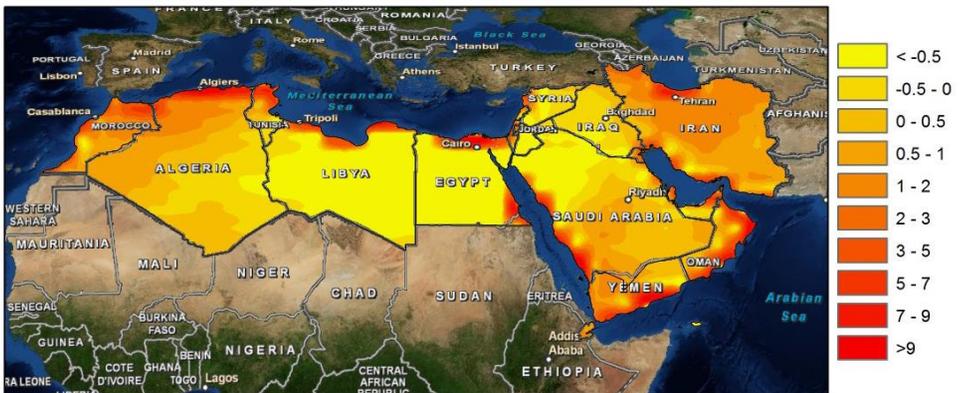
The region already has the highest level of imports of food grain globally. Demand will rise while regional production will be increasingly affected by water scarcity. In order to assess the scope and impacts of water scarcity and droughts in the MENA region, we should give an in-depth assessment of the current situation with regards to water scarcity and droughts, and consists of data collection of information at river basin or local level, and we should give also give an inventory of measures taken by MENA countries to manage water scarcity and droughts in proactive and reactive ways.

The last climate variable of interest is the reference evapotranspiration (Figure 8). A clear pattern of annual reference evapotranspiration is observable for the current climate. The coastal areas have the smallest annual reference evapotranspiration, while moving inland the reference evapotranspiration becomes higher. The largest annual reference evapotranspiration values (>2200 mm) are found in South-West Algeria, South Egypt, Djibouti, the southeastern part of Saudi Arabia, the southern part of Iraq and Iran, North-East Yemen, and West Oman.

Reference evapotranspiration [mm]



Reference evapotranspiration anomaly 2020-2030 [%]



Reference evapotranspiration anomaly 2040-2050 [%]

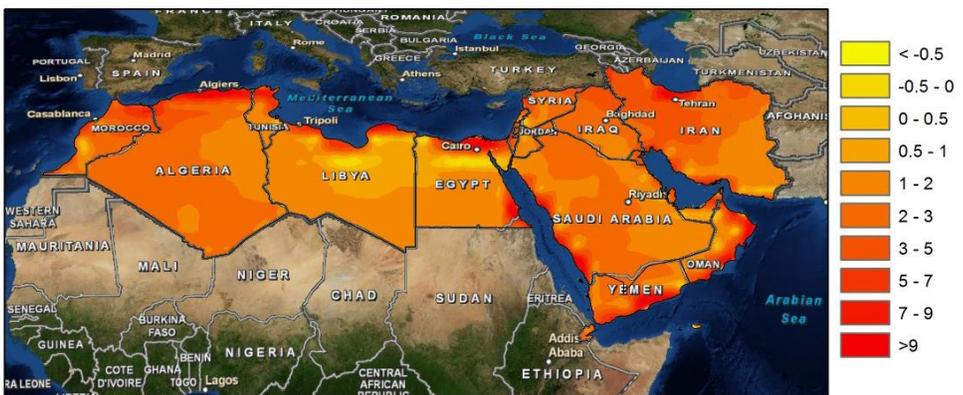


Figure 8. Spatial patterns of reference evapotranspiration projections. Top: Average yearly reference evapotranspiration sum of the current climate. Middle: Reference evapotranspiration anomalies of 2020-2030 with respect to the current climate. Bottom: Reference evapotranspiration anomalies of 2040-2050 with respect to the current climate. (Walter et al., 2011)

Food security situation

Households are food secure when they have year-round access to the amount and variety of safe foods their members need to lead active and healthy lives. Changes in food security, then, are driven mainly by events or conditions that affect families’ ability to access safe food. Chief among these are incomes, the working of food markets to ensure food availability, and state public services to ensure food safety. The largest disrupter of these three factors in the region is conflict, which divides the region into two distinct subregions from the point of view of food security – conflict and non-conflict countries.

The Prevalence of Undernourishment (PoU) estimates the share of the population of a country facing absolute food deprivation. It is defined as the probability that a randomly selected individual from the reference population is found to consume less than his or her caloric requirement for an active and healthy life. (FAO, 2017c). Table 4.1 shows the prevalence of undernourishment in conflict and non-conflict countries in the MENA region.

As a rule of thumb, countries with a PoU of less than 5% are considered to be relatively food secure. As highlighted in Table 4.1, the non-conflict countries of the region are, in fact, relatively food secure. According to the PoU, in 2014-2016, the conflict countries of the MENA region were less food secure than the average level for least developed countries (LDCs). Whereas 28.2% of the population of the MENA conflict countries faced absolute food deprivation, only 24.4% of the population of the LDCs faced such insecurity (FAO, 2017c). Though the high level of food insecurity in the conflict countries accords with expectations, care should be taken in interpreting these data for the prevalence of undernourishment. The PoU is a good indicator of hunger during periods when the income or consumption distribution is relatively constant, but it is not a good indicator of hunger when sharp changes in the distribution of food occur. The PoU likely underestimates the actual prevalence of undernourishment during times of conflict, because the inequality in food consumption parameters used to calculate it are derived from national household survey data, which are usually not available or accurate during times of conflict (FAO, 2017c). Setting aside these caveats for the moment, the level of measured PoU in the conflict countries has been over three times the level in the rest of the MENA countries since 1999-2001, and has been rising gradually vis-à-vis the other countries in the region since 2003 (Table 3). This pattern in the evolution of the PoU in the conflict countries is consistent with it being partially driven by conflict, but it is also clear that they had relatively high levels of food insecurity even before conflict arose.

Table 3. Prevalence of undernourishment in conflict and non-conflict regions in MENA, 1999-2001 to 2014-16

	1999-2001	2001-2003	2003-2005	2005-2007	2007-2009	2009-2011	2011-2013	2013-2015	2014-2016
All MENA	9.7	9.8	10.0	10.0	9.6	8.9	8.4	8.4	8.8
Non-conflict countries	6.3	6.4	6.5	6.3	6.0	5.5	5.0	4.7	4.7
Conflict countries	29.0	28.4	28.9	29.1	28.5	26.6	25.3	26.1	28.2
Of which:									
--Yemen	29.9	30.7	30.9	28.9	27.1	25.7	24.6	25.2	28.8
--Iraq	28.3	26.6	27.4	29.3	29.6	27.2	25.9	26.7	27.8
--Sudan							25.9	25.7	25.6

Note: Undernourishment data exist for only three of the five conflict countries, and the aggregate is constructed from these data. Source: FAO (2017c).

The Middle East has experienced many environmental concerns lately. Water resources are becoming increasingly scarce, especially for the millions there who already lack access to sanitary water. Some of these countries, including Yemen, the United Arab Emirates, Saudi Arabia, and Iraq, are facing unique problems that require global, immediate attention. Beside their neighboring location, one shared factor of all these countries is their lack of water resources and poor water management.

The Middle East has some of the largest oil reserves in the world, which produces most of the area's wealth. Even so, the region's climate and environment make living harsh. The Middle East requires water resources and suitable land for agriculture. Much of the land that is available for producing food is destroyed by increasing desertification.

Desertification is a sweeping environmental problem, with vast effects in countries such as Syria, Jordan, Iraq, and Iran. Universal causes for a spread of arid environment are unsustainable agriculture practices and overgrazing. Agriculture uses 85 percent of water in this region. It is common to misuse land by heavy irrigation in the Middle East. In the area droughts are more frequent, and contribute to the changing landscape. The overuse of water in agriculture is affecting the countries' already undersized water resources.

Jordan, located in the Syrian Desert, and Yemen, on the southern tip of the Arabian Peninsula, both endure severe water scarcity in the Middle East. For example, Jordan's average freshwater withdrawal is less than 10 % of Portugal's average, despite being the same size. The cost of water in Jordan increased 30 % in ten years, due to a quick shortage of groundwater. Yemen has one of the highest worldwide rates of malnutrition; over 30 % of its population does not meet their food needs. In recent years, Yemen has not been able to produce enough food to sustain its populations. Water scarcity has damaged the standard of living for inhabitants of the Middle East.

Desalination plants are an overuse of water resources in the Middle East. Seventy % of desalination plants in the world are located in this area, found mostly in Saudi Arabia, the United Arab Emirates, Kuwait, and Bahrain. While the plants produce water needed for the arid region, they can manufacture problems for health and the environment. The seawater used most in desalination plants has high amounts of boron and bromide, and the process can also remove essential minerals like calcium. Also, the concentrated salt is often dumped back into oceans where the increased salinity affects the ocean's environment. The plants harm local wildlife and add pollutants to the region's climate. In addition, desalination is the most energy-costing water resource. The Pacific Institute explains that the high use of energy results in raised energy prices and higher prices on water produced, hurting the consumer. The water produced can be beneficial towards substituting any lack of freshwater, but these areas have tendencies towards overuse of their natural resources. Concerns with the large amount of desalination plants in the Middle East focus on the improper dependency they will cause, instead of encouraging alternate forms of water and energy and conserving freshwater.

The Middle East has numerous struggles with its current water resources, and the region needs more than one solution to generate an optimistic environmental position for the future.

Conflict and food security in the MENA Region

At the end of 2017, over 30 million people in this region were in need of assistance to satisfy their basic food needs. Among those, the food security situation was most critical in countries with lingering or escalating conflicts: Yemen, Syrian Arab Republic, Iraq and Sudan. In Yemen, according to the latest assessment carried out in March 2017, about 17 million people, corresponding to 60% of the total population, required food assistance. In the Syrian Arab Republic, some 6.5 million are estimated to be food insecure, and an additional 4 million at risk of food insecurity as they are using asset depletion strategies to meet their consumption needs. In Iraq and Sudan, about 3 million are food insecure. Smaller figures are reported for Libya and Mauritania, about 0.4 million each.

Residents in conflict zones often have to resort to food coping strategies to cover the severe food shortages they are facing. Households tend to reduce the number of meals and restrict the consumption of adults to prioritise children. If the crisis lingers, households deplete their assets and are no longer able to draw on stocks or other reserves. They resort to child labour, which often includes the withdrawal of children from school to carry out agricultural activities in order to cope.

Economic activity, including agricultural production, suffers in a conflict environment and further impairs livelihoods. While agricultural production is often one of the most resilient activities in an economy, those continuing to farm are often confronted with high production costs, lack of inputs and damaged or destroyed infrastructure. Agricultural activities, particularly those related to irrigated crops, suffer when fuel prices are high, with consequent increases in the share of rain fed crops, which in turn bear lower yields.

Fertilisers are often subject to international sanctions. Farmers tend to plant seeds saved from the previous harvests, further constraining yields. Many rural households tend to rely on casual labour opportunities as their main source of income. In many conflict-affected areas, hired agricultural labour tends to be replaced by family labour in order to cope with the increased costs of production. While agricultural production improves household and local food availability, limited infrastructure including cold chain and transportation links often prevents deliveries to urban markets. Consequently, prices of local products tend to be low in producing regions, and high in the urban markets, despite availability.

The impact of lower agricultural production on world agricultural markets may be small, but has been dramatic in the affected countries. Before the conflict, Syria – one of the larger producers – produced on average about 4 Mt of wheat, but reached only 1.8 Mt in 2017. In Yemen, total domestic cereal production covers less than 20% of the total utilisation (food, feed and other uses). The country is largely dependent on imports from the international markets to satisfy its domestic consumption requirement for wheat, the main staple. The share of domestic wheat production in total food utilisation in the last ten years is between 5% to 10%, depending on the domestic harvest. While conflict did not substantially increase the country's dependence on imports, conflict-related decrease in production deteriorated livelihoods of farmers and pushed many to food insecurity.

The unpredictability of conflict threatens food security and local livelihoods but also livelihoods in the host countries. In addition to the millions who have fled countries due to the conflict, many are on the move internally, many multiple times. Internally displaced people and their host communities are often the most vulnerable to food insecurity. In Syria, about two in five people are on the move inside the country. In Iraq, in the first half of 2017, close to 1 million people were internally displaced, mostly due to the military operations in Mosul, in addition to the 3 million people already displaced by November 2016. As of early February 2018, over 5.5 million refugees were registered in the region covering Egypt, Iraq, Jordan, Lebanon and Turkey. In addition, a large share of the population lives abroad without seeking refugee registration.

When food production is limited by insufficient water resources, the consequences are of high geopolitical relevance. In the MENA region, water and food insecurity tend to lead to a greater rural exodus and therefore higher levels of urbanization. Cities grow much faster in the MENA region than in other world regions, a trend that will intensify if rural livelihoods are threatened due to water scarcity. The future of the MENA region will thus be played out in urban areas requiring substantial domestic and international policy shifts to strategically address specific challenges. These challenges include industrializing economies to obtain

sufficient foreign exchange to act as a strong player in global agricultural trade. MENA economies could follow the example of the Mercosur countries to strategically cooperate to achieve improved trading terms.

The Syrian conflict can be taken as an example of what happens if high migration to cities due to environmental problems is inadequately addressed. Syria was affected by a severe drought between 2006 and 2010, which led to a decrease in the contribution of agriculture to national gross domestic product (GDP) from 25 to 17 %. This resulted in high urban migration, and farmers being unable to find sufficient job opportunities (Kelley et al. 2015). The rest is history, with climate change and associated water problems as one of the drivers of the Syrian conflict. The social question of agriculture is not exclusive to Syria. Across the MENA region, farmers are living precarious livelihoods. Only those farmers who have off-farm income or access to land enjoying relatively high precipitation levels or irrigation water live in moderate poverty. Thus, the social dimension of agriculture is a crucial issue for governments to address if the lessons from Syria are to be taken seriously.

Water stress or water scarcity does not mean that food production is precluded. Rather, agriculture has to be reformed in a way that livelihoods can be protected and water resources used in the most efficient manner. Agricultural sectors in the MENA region will have to move to high-value crop production with high-resource efficiency methods and higher water productivity. This requires a shift to integrated water management concepts. For example, lessons can be drawn from the water-energy-food nexus (WEF nexus) to reuse wastewater for food production or desalinated water through the use of renewable energy to grow cash crops. Australia's Sun Drop Farms show, in an arid context, how to grow vegetables using desalinated water through solar energy to cater for the domestic market (Margolis 2012). Researchers at the University of Wageningen have gone further by developing metropolitan food clusters and agroparks where food is grown in urban and peri-urban areas using highly efficient technologies such as hydroponics and precision agriculture to produce more food per drop of water (Buijs et al. 2010). This is especially promising if the life span of water is expanded by utilizing treated wastewater for food production. Another key resource in rainfall-prone areas of the MENA region is the so-called green water – water stored in the soil profile generated from rainfall (Assi et al. 2018). This water has very low opportunity costs as it cannot be pumped or diverted to be used as irrigation water. It is an essential part of any food security strategies in the MENA region.

Resource use efficiency is not only a technological question. Grafton et al. (2018) showed that higher irrigation efficiency rarely reduces water consumption if public authorities fail to introduce water quotas to strictly allocate water resources among farmers. This means that, before investments in technology are made, a policy shift is called for, to introduce strict water policies. At present, illegal wells are widespread across the MENA region, which may lead to a tragedy of the common's situation in which self-interest of farmers negatively affects common goods such as water resources.

The European Union can play a very important role in mitigating the effects of water scarcity in the MENA region. There are several ways in which it can act as a friendly external power to support the transition of agricultural economies to low-resource and high-tech economies. First, the EU could give firm support to governments with better advice on institution-building to regulate water use in the agricultural sector. Second, the EU can provide technology transfer from its agricultural research organizations as well as targeted investment in wastewater treatment facilities and high-tech

farming facilities to support MENA economies in their transition from traditional agriculture to high-tech, low-resource input agriculture. Third, MENA economies will be unlikely to grow sufficient cereals for domestic and regional food security. Thus, the region will further have to import cereals from around the world. This can be facilitated by establishing an agricultural customs union between the EU and MENA economies to provide producers of high-value crops in the MENA region with access to the European market. Similarly, MENA importers can be provided with tariff-free access to European cereals and other staple foods to support food and nutrition security in the MENA region. Therefore, the key arena for mitigating water and food management in the MENA region will have to come from policymakers both regionally and internationally

IMPACT OF CONFLICTS: WATER SERVICES UNDER STRESS

What is water Scarcity?

Different terms exist to refer to the lack of water or water shortages experienced at different scales (eg household, community, city, country or region), and over different timescales (eg temporary due to conflict or long-term due to climate change). In this report, 'water scarcity' refers to the yearly amount of renewable freshwater per capita (in m³) within a country territory. Different levels have been identified: 1,700m³/capita/year being regarded as 'water stressed', 1,000 m³ as 'high scarcity', and 500 m³ 'extreme scarcity'.

However, it can be easy to misinterpret these terms outside a given geographic and socio-economic setting. Water is never scarce in absolute terms, but it is perceived as scarce under specific allocative and institutional circumstances (Ioris, 2012). In fact, nearly all major cities produce a sufficient volume of potable water to meet more than satisfactory human health and sanitation needs. Water scarcity goes beyond a sole physical insufficiency of resources: it is also a product of uneven social distribution and unsustainable management practices (Swyngedouw, 2006).

Scarcity of water actually results from a combination of physical, institutional and technical factors:

- *Physical scarcity* in availability of freshwater of acceptable quality with respect to aggregated demand, in the simple case of physical water shortage.
- *Scarcity* in access to water services, because of the failure of institutions in place to ensure a reliable supply of water to users, or to the inability of households to afford a connection/the costs of water.
- *Scarcity* due to the lack of adequate infrastructure (irrespective of the level of water resources) due to financial constraints.

In the last two cases, countries may be unable to capture and distribute resources due to limited financial resources, to a lack of institutional willingness or to a lack of capacity to maintain and manage them appropriately.

Water itself has been the cause of many tensions and inequalities in the region. Disputes over transboundary sources have arisen between countries where one side or the other has been accused of taking ‘more than their fair share’ by their neighbours. Important inequalities within countries have also created tensions, where wealthy users have enjoyed the cleanest and cheapest water, whilst the poor have often lived in polluted areas where water is often both more expensive and of poor quality (Devlin, 2014; Tropp and Jägerskog, 2006).

Water scarcity and climate change

MENA has been one of the most arid regions of the planet for several thousand years (Greenwood, 2014). Today, the region is home to about 6 per cent of the world’s population but has access to less than 2 per cent of the world’s renewable freshwater resource (Moustakbal, 2009). It includes 14 of the countries that will be the most ‘water-stressed’ in the world by 2040 and nine of them are identified as ‘extremely water scarce’.

MENA is considered as the most water-scarce region in the world (Maddocks et al. 2015). While in 2014 Lebanon had an amount of total renewable freshwater resources per capita of 770m³ per year, Jordan had only between 120 and 200m³ of renewable water resources per person per year (FAO, 2014; Mercy Corps 2014).

This is approximately a fortieth of the global average and a ninth of the MENA average (ie 7,000–8,900 and 1,150m³/capita/year respectively) (Badran, 2016). Most MENA countries have been facing major institutional challenges to address the physical scarcity they face. Many have relied on modern technologies to supply water, for example through desalination. Added to these, conflicts have led to ‘water crises’ (ie insufficient access to potable and domestic water for a given period caused by development and/or humanitarian issues). Government policies can play a greater role than so-called natural events in the creation of water scarcity (FAO, 2007; Mercy Corps, 2014; Stewart, 2013).

More recent extreme weather events associated with climate change have led to a further decline in the availability of water resources. Particularly in the Upper Jordan River Basin, mean annual temperatures could increase by up to 4.5 degrees Celsius and there could be a 25 per cent decrease in mean annual precipitation by the end of the century. Increased aridity suggests an increase in the number of countries in the region being below the level of absolute scarcity. With currently less than an averaged 200 m³ of renewable freshwater available per capita per year, Jordan is already one of the most water-scarce countries in the world (Greenwood, 2014).

Agriculture has historically played an important role in the economic development of the region and countries’ reliance on water has increased, particularly for largescale irrigation. Water has also been used for the production of energy through the construction of dams. For example, Iraq has one of the largest dams of the region in Mosul, which has a water storage capacity of 11.1km³ and produces energy for 1.7 million people (Al-Ansari and Knutsson, 2011). Such dependency has started to pose problems as needs for food, energy and water have continuously increased with the growing population’s demand, which in turn has also made countries more vulnerable during times of droughts (Farid et al., 2016).

Virtual water imports to make up for freshwater deficits (eg by importing food grown with water elsewhere) have not always been possible for lower-income countries with weak purchasing power (ICRC, 2015).

About 170 million of the region’s 300 million people (nearly 57 per cent) reside in urban areas (UN-Habitat, 2016). Except in Egypt, Syria and Yemen, all MENA countries have experienced significant urbanisation over the past 30 years (Madbouly, 2009). The entire country of Lebanon is itself considered as urban (UN-Habitat, 2011). According to UN projections, 280 million people out of 430 million in MENA (65 per cent) could be urban by 2020 (World Bank, 2008). Rapid urbanisation in MENA, like many other regions in the world, is accompanied by inadequate social and infrastructure development to respond to everyone’s needs, thereby putting existing services at risk.

By the beginning of the twenty-first century, diminishing renewable groundwater resources and population growth pushed countries to develop projects extracting water from new sources. For example, the Disi project in Jordan was developed to extract fossil water from a large aquifer and supply Jordanians with domestic water until 2022. The aquifer’s total supply capacity has now been reached, leaving the country’s population in need of new water resources. In Gaza, the Palestinian Water Authority (PWA) has initiated the construction of two desalination plants. While these interventions relieve water-supply systems stretched to the maximum, they remain insufficient to meet the needs of the population or to enable the recharge of the strained aquifer on which it relies (EIB, 2016).

Post-2011 revolts and further instabilities

A wave of conflicts started in 2011 in several MENA countries and continue to engulf the region in violence. Wars have physically affected societies through casualties and infrastructure destruction. As the conflicts have continued a range of further social issues have emerged across the entire region. They have caused multiple political and economic instabilities affecting societies and putting barriers to service providers meeting populations' basic needs. In the water sector, such instabilities have increased the strain on utilities' abilities to cope, eventually leading to declines in levels of service, and leaving populations in need of humanitarian assistance.

The Syrian war is one of the bloodiest conflicts of the century. Since 2011, attacks have even targeted civilians, humanitarian actors and the facilities necessary for basic service provision. Damage to pumping stations and other water infrastructure has been particularly severe in rural Damascus, Idlib, Homs and al-Raqqa. Six years of continuous conflicts have deepened insecurity, reduced availability of services and led to steady economic decline.

Water itself has been used as a 'weapon of war' (DuBois King, 2015). Its use for political negotiations in besieged areas such as Eastern Aleppo led to the loss of control of the network by utilities, and therefore exposed entire populations relying on it. Before the crisis, 96 per cent of the population in Syria had access to water from the main network. In the cities of Aleppo and Homs, coverage was reaching 100 per cent. Today, about 70 per cent of the population in Syria lacks access to sufficient domestic water, and to adequate drinking water (OCHA, 2015).

Another case is that of the Iraqi civil war. Since 2014, it has plunged the country into chaos. Conflicts in Iraq have restricted access to many areas leading to major challenges supplying populations with basic services. Similar to Syria, the strategic weaponisation of water has led to the destruction of water infrastructure, population centres and industrial facilities. During the battle for Mosul that started at the end of 2016, almost 650,000 people were left without access to water from the network for six weeks following an attack on pipelines. This population was therefore forced to find alternative sources of water, often from poor-quality sources. UNICEF estimates that 10 million people are currently being affected by the war in Iraq, of which 4.7 million are children. Despite a high incidence of population displacement (currently 3 million individuals), many have returned to their homes where public service provision is limited or completely nonexistent (UNICEF, 2016; 2017).

A problem of cumulative impacts

As argued by ICRC (2015), 'even without recent droughts and ongoing conflicts, many Middle Eastern states would be struggling to meet the basic water needs of growing urban populations. Aligning with this statement, we argue that the accumulation of various issues and the range of unsustainable management practices in MENA are to be considered as having contributed to current problems.

Current impacts must be analysed through the way they have affected water-supply mechanisms, here referred to as systems. Systems require inputs in order to function. Therefore, water provision systems are disrupted when one or several inputs (ie resources) are missing or under pressure. Building on ICRC (2015), inputs are categorised here as essential human, physical and economic resources:

- Human resources refer to people and associated operations and planning processes (eg utilities' staff, small-scale entrepreneurs, contractors).
- Physical resources include hardware and consumables (eg water, electricity, infrastructure, equipment, water treatment material).
- Economic resources relate to the financial input used to invest in staff, material and any other sub-systems (eg capital).

Continuous or persistent deterioration of water-supply mechanisms expose populations to health risks. Extreme cases of cumulative impacts have resulted in disease outbreaks. These can be caused by factors ranging from repeated attacks on treatment plants to the need for a population to rely on water resources of which the quality is not monitored, or which lack protection and are polluted by fecal pathogens. Yemen has suffered from multiple cholera outbreaks since the start of the conflicts.

Many people without access to water have become reliant on wells they have dug themselves and from which they extract polluted water. The multitude of impacts, their interconnectedness, and accumulation over time give complex challenges to utilities. Responses often occur as a direct reaction to visible impacts, rather than in addressing root causes of the issues.

Since 2011, conflicts have left an estimated 50.25 million people in need of humanitarian water, sanitation and hygiene (WASH) assistance in the entire MENA region.

The wave of protracted wars in the region and resulting political and economic crises have physically affected entire societies. They have also caused the displacement of between 22 and 24 million people, corresponding to nearly one third of the total number of displaced people in the world. The conflict in Syria alone has led to 6.5 million IDPs and 4.8 million fleeing as refugees to neighboring countries, whose water systems were already fragile. In Jordan and Lebanon, more than 80 per cent of Syrian refugees have settled in urban areas.

'Resilience' refers to the ability of a system to anticipate, absorb, accommodate or recover from shocks and stresses. Water supply will better resist the threats posed by conflicts and further impacts if utilities have stronger resilience capacities.

In the water sector, resilient systems are characterized by flexibility, resourcefulness and responsiveness, redundancy (in systems' design or with the availability of spare resources), modularity (self-organization) and safe failure (minimum damage). Furthermore, we argue that working towards sustainability and equity goals will help build stronger resilience.

As per sustainable objectives, protecting a system against damage to social, environmental and economic components is a pre-requisite for resilience. Supplying everyone equitably with water services also helps build a stronger service system.

In order to build short and long-term resilience, utilities need to break patterns of growing vulnerability. As such, they need to take into account pre-existing issues, and to consider future development. Their capacities will be reinforced with more efficient resource management and with enhanced relationships with the communities that they serve. In this study, we aim to demonstrate that humanitarian and development interventions are more sustainable and equitable when they are coordinated with local actors, and when they are able to adopt a supporting role as opposed to a substitution role.

References

- [1] Al-Ansari, N and Knutsson, S (2011) Toward prudent management of water resources in Iraq. *Journal of Advanced Science and Engineering Research* 1, 53–67. www.diva-portal.org/smash/get/diva2:983999/FULLTEXT01.pdf
- [2] Assi, Amjad T., Rabi H. Mohtar and Erik Braudeau (2018), "Soil Pedostructure-based Method for Calculating the Soil-Water Holding Properties", in *MethodsX*, Vol. 5, p. 950-958, <https://doi.org/10.1016/j.mex.2018.08.006>
- [3] Badran, AF (2016) Securing the future of water resources for Beirut: a sustainability assessment of water governance. Tufts University. <http://tinyurl.com/badran-af-2016>
- [4] Buijs, Steef, Peter Smeets and Yao Mingtian (2010), Investing in Metropolitan Agriculture in China. Business Opportunities in Greenport Caofeidian Agropark, Caofeidian, Caofeidian Greenport Holdings/DHV Group/Wageningen, http://webdocs.alterra.wur.nl/agroparks/2010_Agropark_Caofeidian_Brochure-06-09.pdf
- [5] Devlin, J (2014) Is water scarcity dampening growth prospects in the Middle East and North Africa? Brookings. www.brookings.edu/opinions/is-water-scarcity-dampening-growth-prospects-in-themiddle-east-and-north-africa
- [6] EIB (2016) Gaza central desalination plant project: 'the impact on water security in Gaza.' World Water Week.
- [7] FAO (2007) Areas of physical and economic water scarcity. www.fao.org/land-water/outreach/graphs-andmaps/details/en/c/237285
- [8] FAO (2014) AQUASTAT. www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html
- [9] Farid, AM et al. (2016) Opportunities for energy-water nexus management in the Middle East and North Africa. *Elementa Science of Anthropocene* 4(134).
- [10] Food and Agriculture Organization of the UN (FAO) (2017c), "Regional Review on Status and Trends in Aquaculture Development in the Near East and North Africa – 2015, FAO Fisheries and Aquaculture Circular, No. 1135/6, FAO Publications, Rome.
- [11] Greenwood, S (2014) Water insecurity, climate change and governance in the Arab world. *Middle East Policy* 21(2), 140–156.
- [12] ICRC (2015) Bled dry: how war in the Middle East is bringing the region to the brink of a water catastrophe. ICRC report. <https://app.icrc.org/app/water-in-middleeast/>
- [13] Ioris, AAR (2012) The geography of multiple scarcities: urban development and water problems in Lima, Peru. *Geoforum* 43(3), 612–622.
- [14] Kelley, Colin et al. (2015), "Climate Change in the Fertile Crescent and Implications of the Recent Syrian Drought", in *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 112, No. 11 (17 March), p. 3241-3246, <https://doi.org/10.1073/pnas.1421533112>
- [15] Madbouly, M (2009) Revisiting urban planning in the Middle East North Africa Region. https://unhabitat.org/wp-content/uploads/2010/07/GRHS.2009.Regional.MENA_.pdf
- [16] Maddocks, A et al. (2015) Ranking the world's most waterstressed countries in 2040. www.wri.org/blog/2015/08/ranking-world-s-most-water-stressed-countries-2040
- [17] Margolis, Jonathan (2012), "Growing Food in the Desert: Is This the Solution to the World's Food Crisis?", in *The Guardian*, 24 November, <https://gu.com/p/3cx58>
- [18] Mercy Corps (2014) Tapped out: water scarcity and refugees pressure in Jordan. www.mercycorps.org/sites/default/files/MercyCorps_TappedOut_JordanWaterReport_March204.pdf
- [19] Moustakbal, J (2009) Water resources and climate change in MENA region. CADTM. www.cadtm.org/Water-Resources-and-climate-change
- [20] OCHA (2015) 2016 Syrian Arab Republic humanitarian response plan: January–December 2016. <http://tinyurl.com/ocha-2015-syria>
- [21] DuBois King, M (2015) The weaponization of water in Syria and Iraq. *The Washington Quarterly*, 38(4), 153–169.
- [22] Stewart, DJ (2013) *The Middle East today: political, geographical and cultural perspectives*. Routledge.
- [23] Swyngedouw, E (2006) Power, water and money: exploring the nexus. UNDP. <http://hdr.undp.org/en/content/power-water-and-money-exploring-nexus>
- [24] Tropp, H and Jägerskog, A (2006) Water scarcity challenges in the Middle East and North Africa (MENA). UNDP. <http://hdr.undp.org/en/content/water-scarcitychallenges-middle-east-and-north-africa-mena>

Gaaloul et al., / JISTEE, Vol. (vi), Issue 2, June 2021, pp. 66-87

- [24] UN-Habitat (2011) Lebanon urban profile: a desk review report, October 2011. <https://unhabitat.org/lebanonurban-profile-a-desk-review-report-october-2011/>
- [25] UN-Habitat (2016) Urbanization and development: emerging futures. World cities report 2016. <http://wcr.unhabitat.org/>
- [26] UNICEF (2016) Iraq humanitarian situation report. www.unicef.org/iraq/UNICEF_Iraq_Humanitarian_Sitrep_-_December_2016_.pdf
- [27] UNICEF (2017) Displaced Iraqis work to ensure water and sanitation services in Daquq. <http://tinyurl.com/uncicef-2017-daquq>
- [28] World Bank (2008) Urban challenges in the MENA region. http://web.worldbank.org/archive/website01418/WEB/0_C-137.HTM



REPUBLIC OF TUNISIA



International Conference-Training (EAC'2021) From 4 to 9 November 2021 Hammamet (Tunisia)



Water resources, Agriculture and Climate Change



E_{water} A_{Agriculture} C_{Climate} '2021

Water-Agriculture-Climate'2021

« Ce qui compte c'est demain »

If you have any questions, don't hesitate to Contact Pr. Nouredine GAALOU
E-mail: eauclimat@yahoo.com
eauclimat@iresa.agrinet.tn



Abbi Rim



2021

Colloque-Formation International Eau-Agriculture-Climat'2021

Ressources en Eau, Agriculture et Changement Climatique

04 au 09 Octobre 2021, Hammamet (Tunisie)

www.jistee.org



Eau-Agriculture-Climat'2021

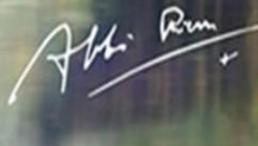
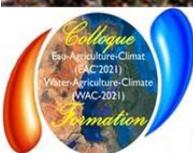
Pour plus d'informations veuillez contacter

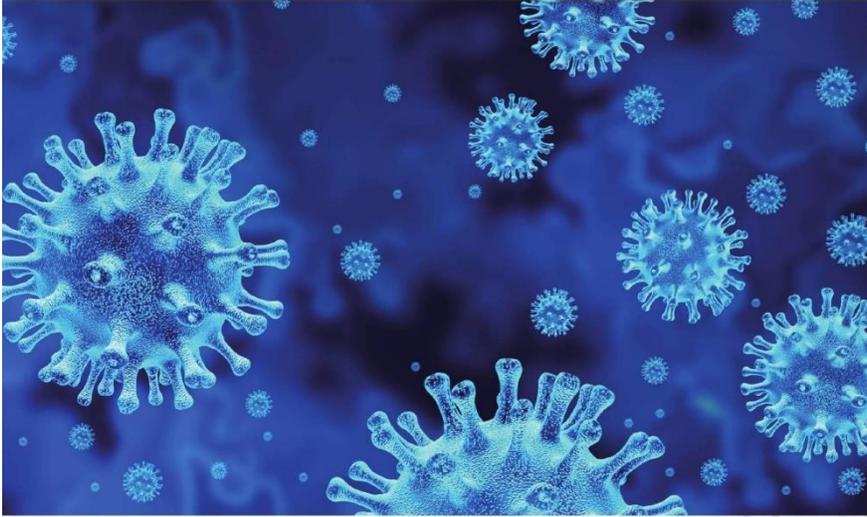
Pr. Noureddine GAALLOUL

E-mail: eauclimat@iresa.agrinet.tn

eauclimat@yahoo.com

'Ce qui compte c'est demain'





Nouredine Gaaloul

Seawater Intrusion into Coastal Aquifer and Climate Change

Impact of the coronavirus (covid-19) on the environment and water resources

<https://my.editions-ue.com/catalogue/details/fr/978-613-9-57238-0/seawater-intrusion-into-coastal-aquifer-and-climate-change>

<https://www.amazon.fr/Seawater-Intrusion-Coastal-Aquifer-Climate/dp/613957238X>

www.jistee.org

jistee@iresa.agrinet.tn

jistee@yahoo.com



ISSN Online: 1737-9350 ISSN Print: 1737-6688 Open Access
06 Volumes, 16 Numéros, (304 Articles) (mise à jour Juin 2021)
06 Volumes, 16 luues, (304 Papers) (Up date June 2021)

International Journal Water Sciences And Environment Technologies (IJWSET)

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

Volume (VI) : 3 Numéros (: : : : :Articles) / 3 Issues (: : : : :Papers) Eau-Agriculture-Climat'2021 / Water-Agriculture-Climate'2021

Numéro 1 – Avril 2021 (11 Articles) Face aux enjeux climatiques et alimentaires : Réinventer les relations Eau-Agriculture-Climat / Faced with climate and food issues : Reinventing Water-Agriculture-Climate relations

Numéro 2 – Juin 2021 (6 Articles) Changement climatique, eau, agriculture - Quelles trajectoires ? / Climate Change, Water, Agriculture - What trajectories ?

Numéro 3 – Septembre 2021

Numéro 3 – Décembre 20201

VOLUME (V) 2 Numéros (27 Articles) / 2 Issues (27 Papers) Eau-Climat'2020 (EC-2020) / Water-Climate'2020 (EC-2020)

Numéro 1 – Septembre 2020 (14 Articles) Ressources en Eaux et Changements Climatiques / Water Resources and Climate Change.

Numéro 2 – Décembre 2020 (13 Articles) Gestion Intégrée des Ressources en Eau et Changement Climatique / Integrated Water Resources Management and Climate Change

VOLUME (IV) : 2 Numéros (68 Articles) / 2 Issues (68 Papers)

Eau-Energie-Climat'2019 (2EC-2019) /Water-Energy-Climate'2019 (E'C-2019)

Numéro 1 – Décembre 2019 (56 Articles) Gestion Intégrée des Ressources en Eaux / Integrated Water Resources Management

Numéro 2 – Décembre 2019 (12 Articles) Énergies Renouvelables Et changements climatiques / Renewable Energies and climate change

VOLUME (III) : 3 Numéros (103 Articles) / 3 Issues (103 Papers) Eau-Environnement-Climat'2018 (E'C-2018) /Water-Environnement-Climate'2018

Numéro 1 – Avril 2018 (62 Articles) Gestion des Ressources en Eau / Water Resources Management

Numéro 2 – Août 2018 (34 Articles) Sciences de l'Environnement / Environmental Earth Sciences

VOLUME (II) 5 Numéros (53 Articles) / 5 Issues (53 Papers)

Eau-Société-Climat'2017 (ESC-2017) / Water-Society-Climate'2017 (ESC-2017)

Numéro 1 – Février 2017 (17 Articles) Caractérisation qualitative et quantitative des ressources en eau / Qualitative and quantitative characterization of water resources.

Numéro 2 – Avril 2017 (8 Articles) Évaluation des ressources en eau sous les pressions de l'humanité et des changements climatiques / Assessment of water resources under pressure from humanity and climate change

Numéro 3 – Juin 2017 (9 Articles) Vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques / Vulnerability of Water Resources to Climate Change.

Numéro 4 – Août 2017 (8 Articles) Modélisation de l'impact des changements anthropiques et climatiques sur les ressources en eau / Modeling the impact of anthropogenic and climatic changes on water resources

Numéro 5 – Octobre 2017 (11 Articles) Modélisation Numérique en Hydraulique, Hydrologie et Hydrogéologie / Numerical Modeling in Hydraulics, Hydrology and Hydrogeology

VOLUME (I) 3 Numéros (36 Articles) / 3 Issues (36 Papers)

Eau-Climat'2014 (EC-2014) /Water-Climate'2014 (EC-2014)

Numéro 1 – Avril 2014 (17 Articles) Ressources en Eaux de Surface en Région Méditerranéenne / Surface Water Resources in the Mediterranean Region.

Numéro 2 – Août 2014 (8 Articles) : Ressources en Eaux Souterraines en Région Méditerranéenne / Ground Water Resources in the Mediterranean Region

Numéro 3 – Décembre 2014 (11 Articles) Changements Climatiques en Région Méditerranéenne / Climate Change in the Mediterranean Region





Copyright © 2020 – Jistee Tous droits réservés

<http://jistee.org/journal-international-sciences-et-techniques-de-leau-et-de-lenvironnement/>

Appel à contributions : Prochain numéro la revue Scientifique : JISTEE – **Septembret 2021**

Nous coordonnons la rédaction, du numéro mois de **Septembre 2021** “ **Eau- Agriculture – Climat**“, (EAC-2021), qui vous est ensuite offert gratuitement en format pdf.

Le thème retenu pour 2021 est “ **Eau- Agriculture – Climat**“, en vous rappelant, si besoin en était, que le changement global couvre à la fois le changement climatique et les changements anthropiques (variations d’occupation des sols et aménagements des bassins versants, prélèvements, etc.).

Nous lançons donc un appel à contributions pour des articles (articles longs, courts, encadrés) qu’il vous paraîtrait intéressant de voir figurer dans ce numéro de la revue Scientifique : Journal International Sciences et Techniques de l’Eau et de l’Environnement (JISTEE).

Les contributions seront attendues pour le courant du mois de Septembre 2021 afin de pouvoir être révisées par le Comité Scientifique International et que la mise en forme du numéro ait lieu en Juillet 2021 au plus tard.

Visiter notre site : <https://jistee.org/journal-international-sciences-et-techniques-de-leau-et-de-lenvironnement/>

<http://jistee.org/journal-international-sciences-et-techniques-de-leau-et-de-lenvironnement/>

Call for contributions: Next issue of the Scientific review: JISTEE – September 2021

International Journal of Water Science and Environment Technologies

We are pleased to inform you that the Vol 6, No 3 of International Journal of Water Science and Environment Technologies is available at <https://jistee.org/volume-vi-2021/>

Open access Journal are freely accessible via the internet for immediate worldwide. This Journal is an Open Access International Journal and will accept research and review manuscripts ranging from, Basic research on Water, Climate, Environment, Hydrology; hydrogeology and management of water resources; Agricultural hydraulics (Irrigation, Drainage, etc.), Modeling of Water Resources (Hydraulics, Hydrology, Hydrogeology), Physico-chemical quality of Surface and groundwater; Hydrobiology, microbiology, toxicology and ecotoxicology; the structure and function of aquatic ecosystems; Water quality, wastewater treatment and drinking water; Municipal and industrial wastewater treatment; Management of water resources (quantitative, socio-economic and legal aspects) ,...

The manuscript/ paper can be submitted via email to jistee@iresa.agrinet.cn or jistee@yahoo.com

to our online direct submission area, located here:

<http://jistee.org/journal-international-sciences-et-techniques-de-leau-et-de-lenvironnement/>

JOURNAL INTERNATIONAL

Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement

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

Open Access

Volume (VI) - Numéro 2 – Juin 2021

Eau-Agriculture-Climat'2021



Changement Climatique, Eau, Agriculture - Quelles trajectoires ?

Rédacteur en Chef : Pr Nouredine Gaaloul

Publié par:

L'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et
l'Environnement en Tunisie (ASTEETunisie)

INTERNATIONAL JOURNAL

Water Sciences and Environment Technologies

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

Open Access

Volume (VI) - Issue 2 – June 2021

Water-Agriculture-Climate'2021



Climate Change, Water, Agriculture - What trajectories?

Editor-in-Chief: Pr Nouredine Gaaloul

Published by:

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