

INTERNATIONAL JOURNAL

Water Sciences and Environment Technologies

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

Volume (vii) - Issue 2 – June 2022

W_{ater}-**H**_{ealth}-**C**_{limate}'2022



**Impacts of Climate Change on Water,
Ecosystems and Human Health**

Editor-in-Chief: Pr Nouredine Gaaloul

Published by:

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

International Scientific Committee (ISC-WHC'2022)

Nouredine Gaaloul	Prof. University of Carthage – IRESA - INRGREF (Tunisia)
Hamadi Habaieb	Prof. University of Carthage – IRESA -INAT (Tunisia)
Zouhaier Nasr	Prof. University of Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisia)
Mohamed Hachicha	Prof. University of Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisia)
Zouhaier Hlaoui	Prof. University of Tunis - Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis (Tunisia)
Adel Kharroubi	Prof. University of Gabès – ISSTEG (Tunisia)
Rachid Bouekchina	M.Conf. University of Gabès – ISSTEG (Tunisia)
Nouredine Hamdi	Prof. Université of Gabès – ISSTEG (Tunisia)
Taoufik Hermassi	M.Conf. University of Carthage – IRESA -INRGREF (Tunisia)
Mohamed Habib Sellami	M.Conf. University of Jendouba – IRESA- ESIM (Tunisia)
Hechmi Belaid	M. Assistant. University of Jendouba -IRESA- ESIM (Tunisia)
Rim Katlane	M.Conf. University of Manouba - Faculté des Lettres, des Arts et des Humanités (Tunisia)
Ibrahima Amadou Traoré	Expert Hydrogeologist
Mohamed Meddi	Prof. ENSH, (Algeria)
Azzedine Hani	Prof. Univ. Annaba (Algeria)
Larbi Djabri	Prof. Univ. Annaba (Algeria)
Salah Eddine Ali Rahmani	Prof. University Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (Algeria)
Saadane Djorfi	Prof. University of Annaba (Algeria)
Mohammed Achite	Prof. University of Chlef (Algeria)
Abdelhalim Yabiaoui	Prof. University of Bechar (Algeria)
Mohamed Bessenasse	Prof. University of Saad Dahlab- Blida (Algeria)
Benabadi Noury	Prof. University of Tlemcen (Algeria)
Abdassamad Merzouk	Prof. University of Tlemcen (Algeria)
Beloulou Laroussi	Prof. Université Badji Mokhtar, Annaba (Algeria)
Abdelhalim Yabiaoui	M.Conf. Univ. Bechar (Algeria)
Guegazi Saadia	M.Conf. University of Biskra (Algeria)
Guedon Abdelhamid	M.Conf. University of Blida1 (Algeria)
Khoulalia Wacila	M.Conf. University of Souk-Abras (Algeria)
Belkacem Bekkoussa	M.Conf. University Mustapha Stambouli de Mascara (Algeria)
Ali Essablaoui	Prof. University Moulay Ismail Meknes ((Morocco)
El Ouafi Abdelbadi	Prof. University Moulay Ismail Meknes ((Morocco)
Abdellah El Hmaidi	Prof. University Moulay Ismail Meknes ((Morocco)
Imad Manssouri	Prof. University Moulay Ismail Meknes ((Morocco)
Abdelmajid Moumen	Prof. University Nadour ((Morocco)
Mhamed Anyay	Prof. University of Fès ((Morocco)
Abdelaziz Abdallaoui	Prof. University Moulay Ismail ((Morocco)
Nadia Lahlou	M.Conf. University Mohamed V Rabat ((Morocco)
Amadou Thierno Gaye	Prof. University of Cheikh Anta Diop, Dakar, (Senegal)
Sousou Sambou	Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Senegal)
Diop Ngom Fatou	Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Senegal)
Abdoulaye Faty	Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST ((Senegal)
Soro Nagnin	Prof. UFR STRM (Ivory Coast)
Gnamba Franck Maxime	Prof. UFR STRM (Ivory Coast)
Soro Nagnin	Prof. UFR STRM (Ivory Coast))
Cusib Ngongo Lawesi	Prof. Univ. Dem. Rep. (Congo)
Koussouhon A. Leonard	Prof. FLLAC/ UAC (Congo)
Koumassi Dégla Hervé	Prof. LACEEDE/UAC (Benin)
Hamma Yacouba	Prof. 2iE (Burkina Faso)
Harouna Karambiri	Prof. 2iE (Burkina Faso)
Lienou Gaston	Prof. Univ. Yaoundé (Cameroun)
Gnandi Kissao	Prof. Univ. Lomé (Togo)
Hamadoun Bokar	Prof. Univ. ENI-abt (Mali)
Salina Samou	Pan African Climate Justice Alliance (Kenya)
Saeid Eslamian	Prof. University of Isfahan (Iran)
Amadou Gaye	Prof. CR4D (Ethiopia)
Richard Anyah	Prof. CR4D (Ethiopia)
Benjamin Lamptey	Prof. CR4D (Ethiopia)
Aqeel Al-Adili	Prof. Univ. Technology (Iraq)
Moumtaz Razack	Prof. University of Poitiers (France)
Lucila Candella	Prof. Univ. Catalonia (Spain)
Fotis K. Pliakas	Prof. Univ. Thrace (Greece)
Andreas Kallioras	Prof. Univ. Athens (Greece)
Christoph Schüth	Prof. Tech.Univ. Darmstadt (Germany)
Jean-François Deliege	Prof. University of Liège (Belgium)
Meriam Gaaloul	Faculty of Architecture La Cambre Horta - ULB (Belgium)

Preface



World Health Day 2022 - Our planet, our health

Are we able to reimagine a world where clean air, water and food are available to all?

Where economies are focused on health and well-being?

Where cities are livable, and people have control over their health and the health of the planet?

Each year for this date, a theme is chosen that highlights an area of priority concern for WHO. In the face of the current pandemic, a polluted planet, and an increasing incidence of diseases, the theme for World Health Day 2022 is Our Planet, Our Health. This call from PAHO, the WHO, and partners, presents a unique opportunity for a green and healthy recovery from the COVID-19 pandemic, that puts

the health of individuals and the planet at the center of actions and fosters a movement to create societies focused on well-being. In recent decades, enhancements in health services, environmental protection, economic development, and other factors have led to improvements in the health of people across the Region of the Americas. Nevertheless, an estimated one million premature deaths per year are attributable to known avoidable environmental risks.

Air pollution, contaminated water, inadequate sanitation including solid waste management, risks related to certain hazardous chemicals, and negative impacts of climate change are the most pressing environmental public health threats in the Region. These threats to public health are compounded by weak governance practices and potential inequities in health as well as by limited leadership, expertise, and resources in the health sector.

However, this theme of Our Planet, Our Health should be a powerful reminder to us that the resolution of many of these issues are beyond the exclusive purview of the health sector and, as a consequence, an effective response will demand whole- of- government and whole- of- society approaches.

Water | *Water is essential to life, yet millions of people live without it.*

- 771 million people – 1 in 10 – lack access to safe water.
- Nearly 1.5x the population of the United States lives without a household water connection.
- The water crisis is the #5 global risk in terms of impact to society, announced by the World Economic Forum in January 2021.
- 122 million people depend on surface water, like a river, to meet their basic needs.
- Millions of people take multiple trips each day to collect water. 282 million people spend more than 30 minutes each time.

Sanitation | *Access to a toilet empowers people in need with time, health, safety, and privacy.*

- 1.7 billion people – 1 in 4 – lack access to a toilet.
- Globally, 46% of people do not have access to safely-managed sanitation.
- 494 million people – 6% of the global population – defecate in the open.
- More people have a mobile phone than a toilet.

Health + hygiene | *Access to safe water and sanitation contributes to improved health.*

- Better water, sanitation, and hygiene could save the lives of 297,000 children under the age of 5 each year.
- Nearly 1 million people die each year from water, sanitation and hygiene-related diseases.
- Every 2 minutes a child dies from a water-related disease.
- 160 million children suffer from stunting and chronic malnutrition linked to water and sanitation.
- 2.3 billion people globally – 3 out of 10 – don't have access to soap and water to wash their hands at home.
- Lack of basic water, sanitation, and hygiene access are known to contribute to diarrhea, the third leading cause of childhood death around the world.
- Achieving universal access to safe water and sanitation could reduce global disease by up to 10% annually.

Climate change | *People living in poverty are especially vulnerable to the impact of climate change.*

- People living in poverty are especially vulnerable to the impact of climate change because of their reliance on unstable water and sanitation systems, weaker institutional protections, and limited access to funding.
- Climate change affects water and sanitation, and water and sanitation services contribute to climate change because of the use of energy.
- Increasing access to sanitation and improved wastewater management can help reduce greenhouse gas emissions.
- The potential risks to water and sanitation services posed by climate change include damage to infrastructure, leading to the loss of services and to deterioration in water quality – impacts that will increase risks to health..

Women | *Empowering women is critical to solving the water crisis.*

- Women and children bear the primary responsibility for water collection.
- Women and girls spend 200 million hours every day collecting water. This is time not spent working, caring for family members, or attending school.
- Women and girls living without a toilet spend 266 million hours every day finding a place to go.
- Access to improved sanitation leads to a reduction in assault and violence on women and girls.
- Improved water, sanitation and hygiene practices lead to improved health for women and girls. It reduces disease, undernutrition, injury from water collection, and stress.

Education | *Access to safe water and sanitation gives kids health and time for school.*

- Reductions in time spent collecting water increases school attendance, especially for girls.
- Globally 1 in 3 schools lacks access to basic water and sanitation.
- Having a sanitation solution at home means children are more likely to have higher cognitive test scores.
- For every year a girl stays in school, her income can increase by 15-25%.

Economic | Water and sanitation are a smart investment.

- Every \$1 invested in water and sanitation provides a \$4 economic return from lower health costs, more productivity and fewer premature deaths.
- Investing in water and sanitation has considerable economic benefits, including an overall estimated gain of 1.5% of global GDP.
- \$260 billion is lost globally each year due to lack of basic water and sanitation.

Finance | Access to affordable financing can help end the global water crisis.

- Globally there is an \$18 billion demand from individuals for affordable financing to meet their water and sanitation needs.
- \$114 billion per year is needed to achieve safely managed water and sanitation for all by 2030, meeting Sustainable Development Goal 6.
- Current investments for water and sanitation amount to \$28.4 billion per year. This represents a gap of \$85.6 billion.
- It will take three times more than what is currently being invested to fill the financial gap and achieve universal access to safely managed water and sanitation.

References

- “Progress on household drinking water, sanitation and hygiene” World Health Organization and UNICEF Joint Monitoring Programme, 2021.
- The Global Risks Report 2021. World Economic Forum, 2021.
- “Fact sheet: Handwashing with Soap, Critical in the Fight against Coronavirus, Is ‘out of Reach’ for Billions.” UNICEF, 13 Mar. 2020.
- Hygiene Baselines pre-COVID-19 Global Snapshot. World Health Organization and UNICEF Joint Monitoring Programme, 2020.
- “Fact sheet on Children: reducing mortality.” World Health Organization, World Health Organization, 2019.
- Prüss-Ustün A, et al. (2019). Burden of Disease from Inadequate Water, Sanitation and Hygiene for Selected Adverse Health Outcomes: An Updated Analysis with a Focus on Low- and Middle-Income Countries. International Journal of Hygiene and Environmental Health. vol 222, no 5, pp 765-777.
- *Safely Managed Drinking Water Services. Thematic Report on Drinking Water 2016*, World Health Organization and UNICEF, 2016.
- Graham, Jay P., et al. *An Analysis of Water Collection Labor among Women and Children in 24 Sub-Saharan African Countries*. PLoS ONE, 2016.
- *Briefing note - 1 in 3 women lack access to safe toilets* WaterAid, 2012.
- Gonsalves, G.S., et al. *Reducing Sexual Violence by Increasing the Supply of Toilets in Khayelitsha, South Africa*. PLoS ONE, 2015.
- Esteves Mills, J., and Cumming, O. “The Impact of Water, Sanitation, and Hygiene On Key Health and Social Outcomes: Review of Evidence.” London: UK Department for International Development, SHARE Consortium London School of Hygiene and Tropical Medicine, UNICEF (2016).
- Nauges and Strand. *Water Hauling and Girls' School Attendance*. The World Bank, 2013.
- *Progress on drinking water, sanitation and hygiene in schools: Special focus on COVID-19*. New York: United Nations Children’s Fund (UNICEF) and World Health Organization (WHO), 2020.
- Orgill, Jennifer. *Water, Sanitation, and Development: Household Preferences and Long-Term Impacts*. Duke University, 2017.
- Montenegro and Patrinos. *Comparable Estimates of Returns to Schooling Around the World*. The World Bank, 2014.
- Hutton, Guy. *Global Costs and Benefits of Drinking-Water Supply and Sanitation Interventions to Reach the MDG Target and Universal Coverage*. World Health Organization, 2012.
- Hutton and Varughese *The Costs of Meeting the 2030 Sustainable Development Goal Targets on Drinking Water, Sanitation, and Hygiene*. World Bank Group, 2016.
- UN-Water Policy Brief on Climate Change and Water. 2019.
- Climate change and water and sanitation: Likely impacts and emerging trends for action (2016). Howard G, Calow R, Macdonald A, Bartram J.
- State of the World’s Sanitation: An urgent call to transform sanitation for better health, environments, economies and societies. New York: United Nations Children’s Fund (UNICEF) and the World Health Organization, 2020.
- UN-Water Policy Brief on Climate Change and Water (2019).
- Howard G, Calow R, Macdonald A, Bartram J. Climate change and water and sanitation: Likely impacts and emerging trends for action (2016).
- Mission-critical: Invest in water, sanitation and hygiene for a healthy and green economic recovery. WaterAid (2021).
- Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: five years into the SDGs. Geneva: World Health Organization (WHO) and the United Nations Children’s Fund (UNICEF), 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Noureddine Gaaloul

Professor of higher education and full Researcher in the National Institute of Research in Rural Engineering of Water and Forestry (University of Carthage- IRESA- INRGREF-Tunis).
Founder and Chief Editor International Journal Water Science and Environment Technologies
President of Scientific and Technical Association for Water and the Environment in Tunisia (ASTEE_{Tunisie})
www.jistee.org



International Journal Water Sciences and Environment Technologies (IJWSET)

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

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

Open Access

07 Volumes, 21 Issues, (335 Papers)



Volume (vii): 4 Issues (..Papers) *Water -Health-Climate* 2022

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

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

Issue 3 – September 2022 (Papers)

Issue 4 – December 2022 (Papers)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Copyright © 2022 – Jistee Tous droits réservés



Table of Contents

Basic hygiene and sanitation in schools: case of public primary schools in the municipality of Abomey-Calavi	6
Kotchare Kokoyofa Parfaite (<i>Université Abomey-Calavi – Benin</i>) Kpacha Dako Sabine Mètohué, Yemadje Alda Aude Sèna, Houssou Sègbé Christophe	
The role of artificial Water Bodies in limiting nutrient transfers in the hydrosystem. case study in the oued d'Houss watershed (Bouira- Algeria).	18
Hamdani Aziz (<i>University of Bouira – Algeria</i>) Khettab Nour El Houda	
Understanding and analyzing the exceptional and the flash flood of novembre 2018 in the ouzoud- high atlas-Morocco)	31
Benchattou Abdelmoumen (<i>University of Sultan Moulay Slimane Beni Mellal – Morocco</i>) Mohamed El Ghachi	
Spatialization of chemical characteristics of underground water - well water - in the township of Parakou	36
Sognon Louis-Marc (<i>University of Parakou – Benin</i>) Gbadamassi Fousséni, Montcho Jean-Chrysostome, Gbadamassi Massouhoudou, Boni Souleymane, Yalo Nicaise	
Impact of Climate Change on Water and Health	49
Gaaloul Nouredine (<i>University of Carthage – INRGREF - Tunisia</i>), Saeid Eslamian, Rim Katlane and Meriam Gaaloul	
Effets de l'utilisation des eaux de puits sur la sante humaine dans le 6 ^{ème} arrondissement a cotonou (Benin)	66
Yetongnon Judith Eric Georges (<i>Université d'Abomey Calavi – Benin</i>),	
Production agricole et securité alimentaire dans l'arrondissement de pelebina (commune de Djougou)	75
Louis Dèdègbè ahomadikpohou (<i>Université Abomey-Calavi – Benin</i>)	
Intégrer l'information climatique dans les politiques publiques agricoles locales, quels rôles pour les collectivités territoriales du moyen-Couffo au Bénin ?	89
Marius K. Vodounnon Totin (<i>Université Abomey-Calavi – Benin</i>)	
Analyse fréquentielle des pluies journalières maximales dans le bassin versant Lebna, Cap-bon, Tunisie	101
Zarrou Rafika , (<i>Université de Carthage – Tunisie</i>) Chargui Sameh, Ben Khelifa Walid	
Déterminants socio-économiques de la performance des ouvrages hydrauliques dans le département du Plateau (République du Bénin)	109
Gaston Sèssinou Lagoye , (<i>Université d'Abomey-Calavi -Bénin</i>) Adrien Dossou-Yovo, Koudjega K. Hervé	

www.jistee.org

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

Basic hygiene and sanitation in schools: case of public primary schools in the municipality of Abomey-Calavi

Kotchare Kokoyofa Parfaite¹, Kpacha Dako Sabine Mètohué², Yemadje Alda Aude Sèna³, Houssou Sègbé Christophe⁴

¹ Pierre Pagney Laboratory "Climate, Water, Ecosystems and Development" (LACEEDE/UAC), Abomey-Calavi, 03 BP 1122 Cotonou, Benin,

² University of Parakou, Benin, Laboratory of Tropical Climatology and Ethnoclimatology (LabClimET)

³ Higher School of Technical Education (ENSET) Lokossa, National University of Sciences, Technologies, Engineering and Mathematics (UNSTIM), Abomey, BENIN, Multidisciplinary Research Laboratory for Technical Education (LaRPET)

⁴ Climate research laboratory, water resources and ecosystem dynamics of University of Abomey-Calavi (UAC), BP: 1338, Abomey-Calavi, Benin.

Abstract

This work aims to assess the level of mastery of basic hygiene and sanitation practices and their application by actors in public primary schools in the municipality of Abomey-Calavi. Thus, descriptive and analytical methodology has been used. 267 people were surveyed at the rate of 150 learners and 117 resource persons (teachers, headmasters, shop assistants, health workers) in 20 schools. The sampling technique was a systematic random sampling technique. The data collected was analyzed using Excel software and Arc-View software was used to produce the maps. The main results show that in the three school districts of the municipality of Abomey-Calavi, baskets occupy the first place (72%) among the most known and used hygiene kits. Nine (09) schools out of 20 have hand washing kits and more than 80% of learners in each constituency use the same cup to drink water in the canteen and in the classrooms. It is therefore urgent that awareness-raising actions be carried out to bring the actors of the education system to pay more attention to the application of hygiene and basic sanitation rules for a better health of the learners.

Key Words: Abomey-Calavi, Basic sanitation, Hygiene, Health, School district

Hygiène et assainissement de base en milieu scolaire : cas des écoles primaires publiques de la commune d'Abomey-Calavi

Résumé

Ce travail vise à évaluer le niveau de maîtrise des pratiques élémentaires d'hygiène et d'assainissement et leur application par les acteurs des écoles primaires publiques de la commune d'Abomey-Calavi. Ainsi, une méthodologie descriptive et analytique a été utilisée. 267 personnes ont été enquêtées à raison de 150 apprenants et 117 personnes ressources (enseignants, proviseurs, vendeurs, agents de santé) dans 20 écoles. La technique d'échantillonnage était une technique d'échantillonnage aléatoire systématique. Les données recueillies ont été analysées à l'aide du logiciel Excel et le logiciel Arc-View a été utilisé pour produire les cartes.

Les principaux résultats montrent que dans les trois circonscriptions scolaires de la commune d'Abomey-Calavi, les paniers occupent la première place (72%) parmi les kits d'hygiène les plus connus et utilisés. Neuf (09) écoles sur 20 disposent de kits de lavage des mains et plus de 80% des apprenants de chaque circonscription utilisent le même gobelet pour boire l'eau à la cantine et dans les salles de classe. Il est donc urgent que des actions de sensibilisation soient menées pour amener les acteurs du système éducatif à accorder plus d'attention à l'application des règles d'hygiène et d'assainissement de base pour une meilleure santé des apprenants.

Mots Clés : Abomey-Calavi, Assainissement de base, Hygiène, Santé, Quartier scolaire

¹ Corresponding author: kotchareparfaite@yahoo.fr

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

©2022 by the authors | Open Access Journal | ISSN Online: 1737-9350, ISSN Print: 1737-6688

V(ii), Issue 2 – June 2022 - ijstee.org/volume-vii-2022/

INTRODUCTION

Health is a factor that conditions any possibility of work and therefore of production and development. The practice of good hygiene and sanitation behavior promotes individual and collective health (GIZ, 2013.). The deterioration of places and conditions influences the health of populations. Indeed, poor hygiene or sanitation is detrimental to the smooth running of activities. Actions on water, hygiene and sanitation are above all preventive, in the same way as other activities such as vaccination. In the education sector, especially at the primary level which is dominated by young and vulnerable children, the adoption of hygiene and sanitation rules must be a priority. Hygiene education programmes are often inadequate (UNICEF, 2015, P.31) and most schools in developing countries do not have sufficient water and sanitation facilities. As a result, poor behaviors and practices such as non-compliance with hygiene measures; air pollution is the main environmental health risk worldwide (WHO, 2012, P4.). Schoolchildren's poor access to hygiene, sanitation and safe drinking water threaten their health and affect their ability to study (R. C. Johnson, 2019, P.1). These problems are considered to be the cause of innumerable health nuisances experienced by the inhabitants, especially young children and even school children who are the most vulnerable. Diseases to be avoided by adopting certain hygienic behaviors such as diarrhea which is the second leading cause of death of children under five and is responsible for 525,000 child deaths per year (WHO, 2018, P. 2). However, young people have important influences on their peers, and they can also spread good behaviors within their families, especially to their siblings (USAID, 2014). Thus, primary school, the place of excellence where children are grouped together, is the most appropriate for the acquisition of good behaviors or a change of behavior in favor of the environment and health. For PS-Eau (2017, P.1), improving hygiene and sanitation conditions in schools impacts children's health, families, and schooling.

In Benin, as part of WASH activities, training is provided to some school actors through the promotion of water advocacy clubs and the creation and maintenance of WASH or hygiene friendly schools. These organizations aim to support teachers in their tasks of developing skills at learner level for behavior change in hygiene and sanitation. Field studies are needed to judge the effectiveness of these actions. It is with the aim of measuring the level of acquisition of hygienic behaviors and their implementation by children, tomorrow's adults that this article is inscribed.

Research Framework

Located in the southern part of the Republic of Benin in Atlantic department, the municipality of Abomey-Calavi is bordered to the north by the municipality of Zè, to the south by Atlantic Ocean, to the east by the municipalities of Sô-Ava and Cotonou, and to the west by the municipalities of Tori-Bossito and Ouidah (Figure 1). It is the largest municipality in Atlantic department of which it occupies more than 20%. It is located between 6°20' and 6°41' of north latitude and between 2°14' and 2°30' of east longitude and covers an area of 539 km², representing 0.48% of Benin's national area (D. Baloubi, 2013, p 56).

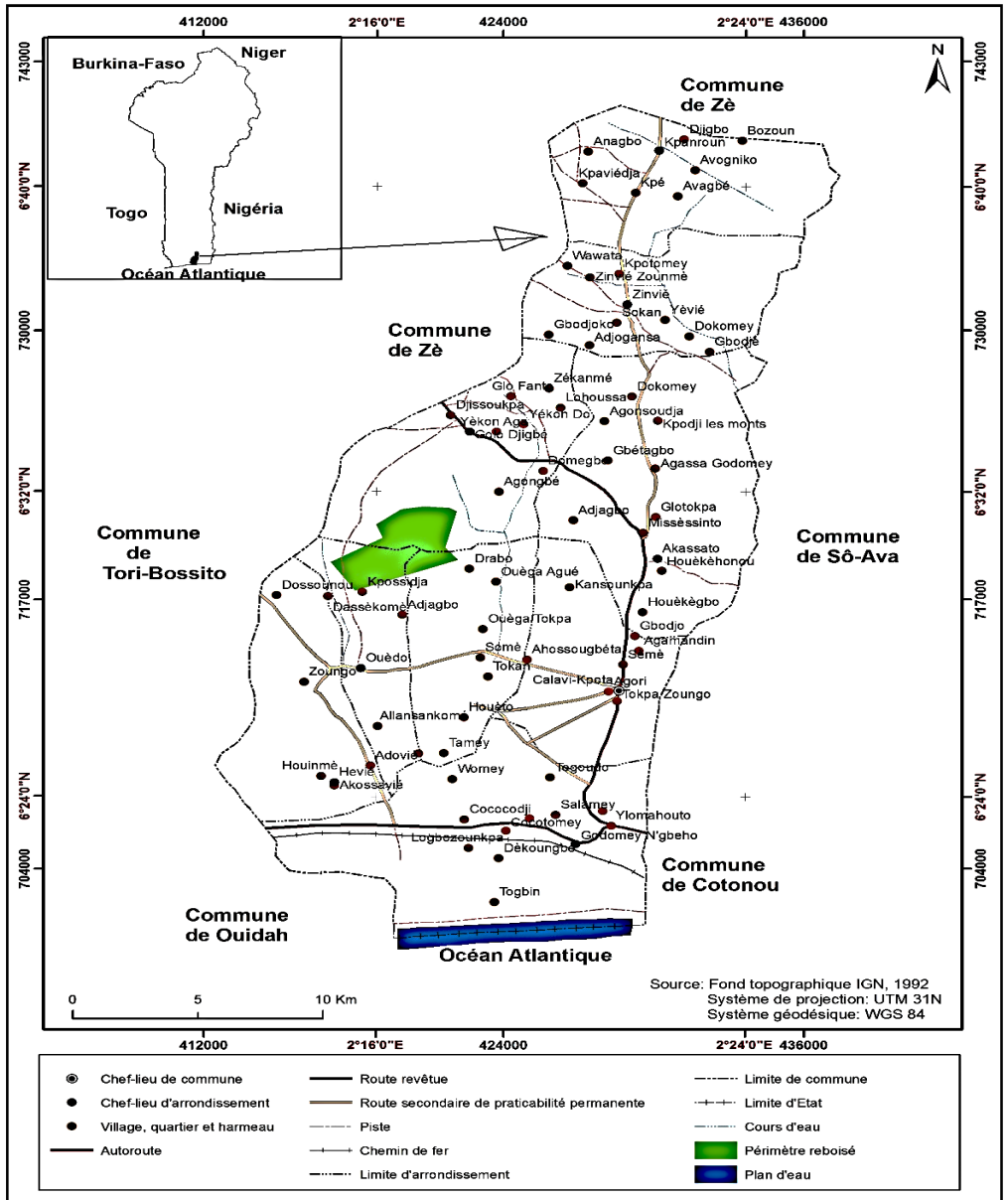


Figure 1: Geographical location of the municipality of Abomey-Calavi

Source: Topographic background, 1992 Illegible writing on the map

MATERIAL AND METHODS

Material: The working equipment consists of a digital camera for instantaneous shots, a GPS (Global Positioning System) for taking the geographical coordinates of the sites and a computer for data entry.

Methods: Both qualitative and quantitative methods were used for a descriptive and analytical cross-sectional study. The data were collected from CM1 learners in the schools included in the study, school principals, teachers, sales assistants from these schools, and then from the health workers of the centers visited by the learners. Also, the follow-up books of the patients in the schools were stripped. Thus, information, data, desk research, sample size determination and fieldwork were carried out.

Data used: Several types of data were collected. These are: school demographic statistics obtained at the level of Abomey-Calavi school district, health statistics (prevalence of illnesses) available in health centers commonly visited by schoolchildren and in notebooks follow-up of school patients.

Documentary research: This was carried out in libraries, documentation centers, research institutions whose activities are related to the theme of this study and on the internet. It enabled us to identify and exploit documents such as dissertations, theses, reports, reviews and maps. These documents provided information on the study area and topics related to basic hygiene and sanitation measures in schools.

➤ **Sample size:** The sample size was determined by the Schwartz formula (Schwartz, 1995, p. 15).

$$N = Z\alpha^2 \cdot PQ / d^2$$

N = Sample size, $Z\alpha = 1,96$ Reduced variance corresponding to an α risk of 5%,

P = proportion of pupils concerned (n = 5969) in relation to the total number of pupils in the three districts of Abomey-Calavi municipality (N = 64 889). Thus, $P = 0,092$ i.e. 9,2 %, $q = 1-p$ = proportion of non-responding pupils. Then $q = 0.908$ i.e. 90.8 % i = desired accuracy of 5%; $N = (1,96)^2 \times 0,092 \times 0,908 / (0,05)^2 = 0,3095786 / 0,0025 = 128,36$

Since 128 is the minimum number of learners to survey, we chose to survey 150 learners. These learners were attributed proportionally according to the number of learners per school district and per school chosen. This sample was completed by that of resource persons presented in Table I.

Table I: Breakdown of staff surveyed by category. *Source : Field survey ; 2020*

School districts	State primary schools visited	Number of learners surveyed by school	Number of saleswomen surveyed by school	Number of headmasters surveyed by school	Number of teachers surveyed by school	Number of health workers in centers visited by schoolchildren
Calavi I	Calavi-center/ A	9	4	1	1	1
	Kansoukpa /A	7	3	1	1	
	Gbétagbo/ A	8	4	1	1	
	Agassa-godomey /A	9	4	1	1	
	Akossavié/ A	10	4	1	1	
Calavi II	Godomeycenter/ A	9	4	1	1	1
	Dékoungbé /A	8	4	1	1	
	Togoudo /A	12	6	1	1	
	Atropocodji /A	6	3	1	1	
	Zoungacocodji	7	3	1	1	
Calavi III	Alladacomey	7	3	1	1	1
	Fandji	4	2	1	1	
	Golo-Djigbe B	7	3	1	1	
	Espace Saint	9	5	1	1	
	Anagbo	4	2	1	1	
	Handjanaho	5	3	1	1	
	Kpanroun	6	3	1	1	
	Gbodjoko/A	9	5	1	1	
	Yevié/A	6	3	1	1	
	Adjogansa	8	4	1	1	
TOTAL		150	72	20	20	5

In sum, the field survey took into account two hundred and twenty-seven (267) interlocutors scattered among the twenty (20) schools selected in the three school districts of Abomey-Calavi.

- **Field work:** This was carried out using questionnaires. These latter were sent to learners, school principals, health workers and teachers. The interview was conducted with the saleswomen thanks to the interview guides. Direct observation was carried out using an observation grid and made it possible to assess the level of mastery and practice of hygiene rules in public primary schools in Abomey-Calavi.
- **Data processing and analysis of results:** The data obtained are processed using SPSS version 23, Arc-View and the Excel spreadsheet. Descriptive statistics were used to calculate frequencies and averages and to produce tables, graphs and maps. The analysis of the results was descriptive, analytical and comparative.

RESULTS

Hygiene and basic sanitation in public primary schools in the municipality of Abomey-Calavi

Hand washing in public primary schools in the municipality of Abomey-Calavi

Table II summarizes the results of the different handwashing schemes adopted in the public primary schools in the municipality Abomey-Calavi.

Table II: Types of handwashing devices in schools.

Types of works	Number	Percentage (%)
Complete handwashing device	15	14,56
Plastic	86	83,49
Seal	02	01,95
Total	103	100

Source: Field survey results, September 2020

It results from table II that a total of 103 handwashing devices were found with plastics predominating (83.49%). It should be noted from the field observations that in some schools, 2 to 3 devices are installed in order to avoid the loss of time for learners. This number is still insufficient, especially during recess. (Plate I).



Photo 1: Handwashing device at Kanssoukpa **Photo 2:** Handwashing device at Glo-digbé **Photo 3:** Handwashing device at Godomey

Plate I: Handwashing devices in some public primary schools

Shooting: Kotcharé, january 2020

Photo 1 shows the hand washing device and photos 2 and 3 show learners washing their hands after recess. These devices are also used by learners at the end of sports activities or when returning from the toilet. As shown in photo 2, the learners do not respect the teachers' instructions. From the field observations, it appears that out of the 20 schools, only 09 have this hand washing device, i.e. 45%.

Clothing and personal care

❖ Clothing hygiene

Table III presents the frequency of khaki uniforms washing by learners by district in the municipality of Abomey-Calavi.

Table III: Frequency of khaki uniforms washing by learners in Abomey-Calavi

Washing frequency of the khaki suit	School districts		
	calavi I (%)	calavi II (%)	calavi III (%)
Once a week	89,09	83,93	91,01
Twice a week	10,91	16,07	8,99
Total	100	100	100

Source: Field survey results, february 2020

Table III shows that most learners wash their khaki uniforms once a week, i.e. 91.01%, 89.09% and 83.93% respectively in Calavi III, Calavi I, and Calavi II.

❖ Personal care

Table iv presents the results of field investigations among learners from the three school districts of Abomey-Calavi on the frequency of bathing in a day.

Table IV: Classification of learners by daily bathing frequency

Daily bathing frequency	School districts		
	Calavi I	Calavi II	Calavi III
	%	%	%
Once a day	08,10	13,33	13,55
Twice a day	63,51	50,67	56,77
Three times a day	28,37	36	29,68
Total	100	100	100

Source: Field survey results, february 2020

Table IV shows that learners who stated that they wash twice a day are predominant in the three school districts, in order of importance: 63.51% in Calavi I, 56.77% in Calavi II and 50.67% in Calavi III. Those who stated that they wash three times a day came second and were reported by 28.37% of learners in Calavi I, 36% in Calavi II and 29.68% in Calavi III. As for the learners who testified that they wash once a day, they are in low proportion and expressed by 08.10 % of learners in Calavi I, 13.33 % in Calavi II and 13.55 % in Calavi III.

Drinking water management in public primary schools in the municipality of Abomey-Calavi

❖ Transport of drinking water from the source to the classrooms

Field investigations have shown that the transport of water from the source to the classroom is often not done in the best conditions. Figure 2 shows the coverage and non-coverage rates of containers used to transport water.

Kotchare Kokoyofa Parfaite, et al., /IJWSET -JISTEE, Vol. (vii), Issue 2, June 2022, pp.6-17

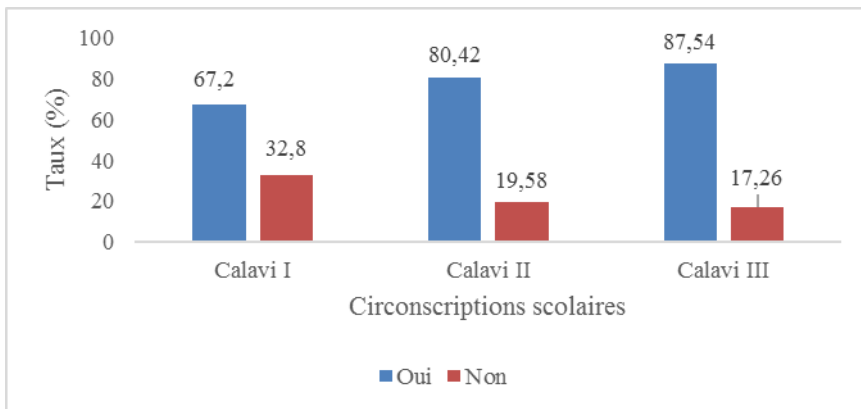


Figure 2: Coverage of container transporting water from source to storage
Source: Field survey results, february 2020.

It can be noted from figure 2 that in the three school districts, the majority of the containers used to transport water from the source to the storage place are covered. Calavi II leads with a rate of 87.54%, followed by school district II with a rate of 80.42%. For water storage in classrooms, almost 100% of containers are covered (Figure 3).

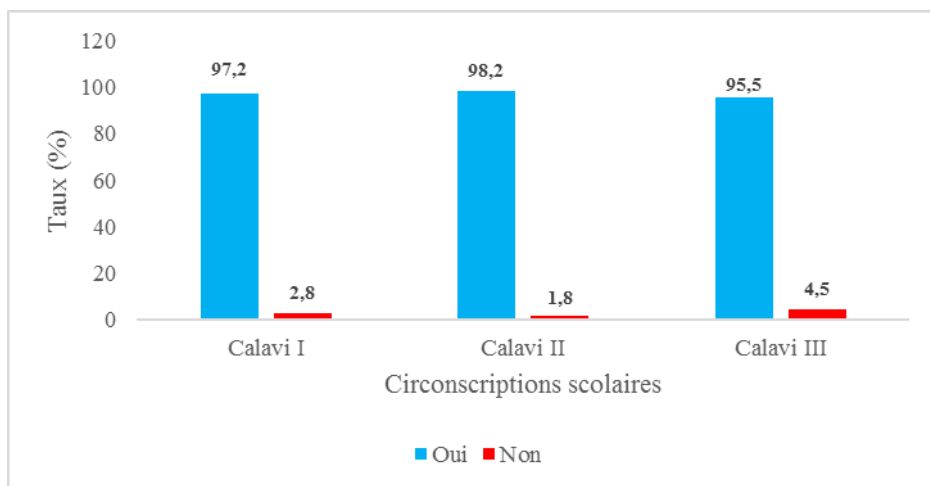


Figure 3: Coverage of water storage container in classrooms by constituency
Source: Field survey results, february 2020

Figure 3 shows that in the school districts of Calavi I, II and III, the water storage containers in the classrooms are largely covered, i.e. 97.2%, 98.2% and 95.5% respectively.

❖ Cleaning of drinking water storage containers before filling

Figure 4 shows the cleaning of drinking water storage containers prior to filling by riding.

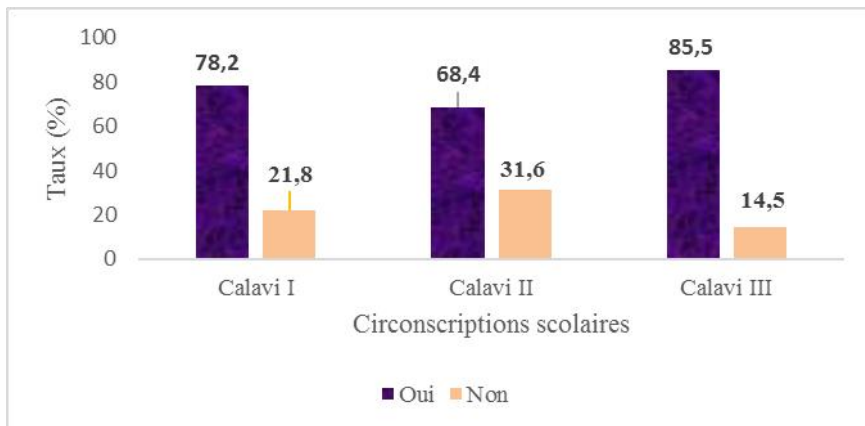


Figure 4: Cleaning the drinking water storage container before filling
Source: Field survey results, february 2020

Figure 4 shows that 78.2% of learners in Calavi I, 68.4% in Calavi II and 85.5% in Calavi III clean the water storage container before filling it. Overall, 77.37% of learners in Abomey-Calavi school district who participated in the field survey said that they clean the water storage container before filling it, against 22.63% who do not do so regularly. This statement by learners is confirmed by 62.5% of teachers surveyed in Calavi I, 80.95% in Calavi II and 71.05% in Calavi III. For the remaining ones, the containers are sometimes cleaned but not always.

❖ Storage time for drinking water in classrooms

Figure 5 shows the number of days drinking water was kept in storage containers in public primary schools in the municipality of Abomey-Calavi.

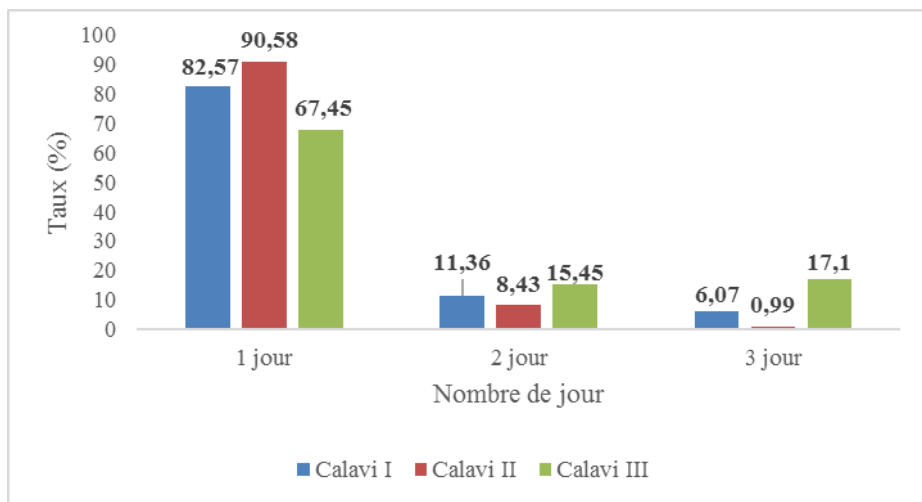


Figure 5: Number of days of drinking water conservation
Source: Field survey results, february 2020

It can be deduced from figure 5 that in the three school districts where investigations were carried out, the renewal of drinking water per day is more frequent, followed respectively by renewal for two and three days, with the exception of Calavi III where it is the opposite.

❖ Drinking water sampling containers

Figure 6 shows the use of drinking water containers at the ward level.

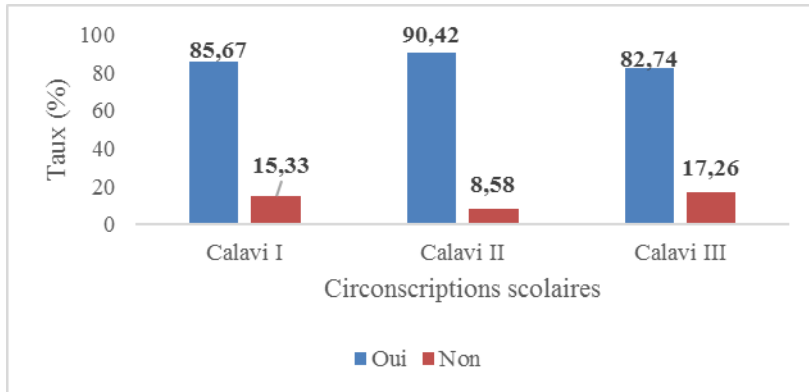


Figure 6: Cup use during recess
Source: Field survey results, january 2020

From figure 6, one can say that the use of a shared cup is the most important in the three districts of the municipality of Abomey-Calavi. More than 80% of learners in each constituency use the same cup to drink water in the canteen and in the classrooms, compared to at most 17% who keep water bottles.

Waste management in public primary schools in the municipality of Abomey-Calavi

❖ From waste collection to storage

The observations made during the field investigations in the three school districts of the municipality of Abomey-Calavi show that after cleaning, waste is simply pushed a few meters away on dumps located in a corner of the school or collected using objects such as pieces of cardboard, notebook sheets and covers, or any other object that could be used for collection. The collected waste is thrown directly at the dumpsites located on or near the school yards or is put in bins before being evacuated. Three types of bins are used by learners in the schools visited: baskets, linen bags or metal barrels. Table V presents the types of bins used in the schools.

Table V: Types of bins used in the school districts of the municipality of Abomey-Calavi

School districts	Baskets		Metal barrels		Linen bags		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Calavi I	22	47,83	03	100	02	16,67	27	44,26
Calavi II	16	34,78	00	00	02	16,67	18	29,51
Calavi III	08	17,39	00	00	08	66,66	16	26,23
Total	46	100	03	100	12	100	61	100

Source: Field survey results, september 2020

Table V shows that the type of bin most used by learners in the three school districts of Abomey-Calavi is the basket (47.86% in Calavi I, 34.78 in Calavi II and 17.39 in Calavi III). Few schools use linen bags and metal barrels (Photo 4). For the rest of the bins found in the public primary schools investigated, 5% were metal barrels, 20% were linen bags and the remaining 75% were baskets. It can be noted field observations that in the waste bins, paper is the most dominant waste category (photo).



Photo 4: Dustbin at EPP Akassato



Photo 5 : Dustbin at EPP Gbodjoko

Plate II : Waste management materials in public primary schools

Shooting : Kotcharé, 2020

Photo 4 shows a closed metal barrel bin, while photo 5 is a basket bin filled with paper waste.

❖ Waste disposal and treatment practices

Field investigations revealed that waste disposal practices in the three districts of the municipality of Abomey-Calavi consisted of pre-collection by voluntary disposal, burning and burial method. The pre-collected waste is mostly thrown out in the open on the rubbish heaps (Photo 6) on or near schoolyards.



Photo 6 : Discharge of waste at a dumping ground near EPP Gbodjoko

Shooting : Kotcharé, 2020

Photo 6 shows a schoolboy bringing waste to a rubbish heap near EPP Gbodjoko. This is the most common method of disposal. 84% of the learners interviewed stated that they dispose of waste on rubbish heaps, 12.76% bury it in the ground and 3.24% burn the waste.

❖ Places of defecation in public primary schools in the municipality of Abomey-Calavi

Several types of latrines are used in the public primary schools surveyed (Figure 7).

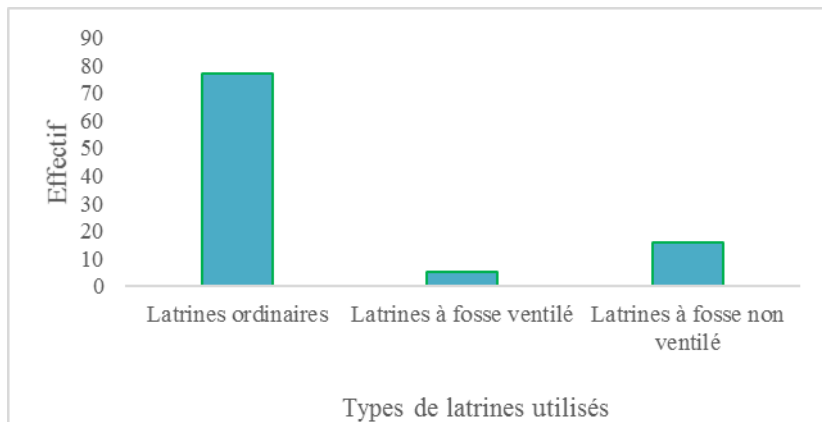


Figure 7: Types of latrines used in State primary schools

Source : Field survey results, septembre 2020

As shown in figure 7, three (03) types of latrines are available and used in the schools selected for the research. Thus, it can be concluded that seven (7) out of nine (9) of the latrines are ordinary ones. Ventilated pit latrines represent 5% and non-ventilated 16%.

DISCUSSION

The adoption of hygiene measures shows that 45% of the 20 public primary schools selected for the survey have functional hand-washing facilities. This raises a main problem, especially in this time of pandemic. This result is lower than those obtained by JOHNSON Rock Christian (2019, p.1) in Zè and Lalo. According to the author, the proportion of hand washing in schools is 68% in Zè, and 53% in Lalo schools. This means that in Zè and Lalo, more than half of the schools have adopted this practice despite the fact that the number of devices available in these schools remains insufficient. The mismatch between the number of pupils and the number of hygiene facilities installed leaves much to be desired.

The waste management component shows that all the public primary schools selected for the survey have at least one waste management facility, regardless of their geographical location (rural or urban), and the majority of hygiene materials are baskets (72%). For 84% of learners, the disposal of waste in the rubbish heaps on the school premises or nearby is the most known and used waste management technique. This is consistent with the statistics of the Council of Ministers N°31/2020/PR/SGG/CM/OJ/ORD relating to the performance of operationalization activities of the Waste Management and Sanitation Company of Grand-Nokoué: the SGDS_GN; August 2020 consulted on January 12, 2021, page 2, underlining the fact that 10% of the waste produced was collected. This practice is not likely to guarantee the schoolchildren's health, given that contagious diseases are very numerous today.

Addressing aspects of the relationship between hygiene and health, J. Bartram and S. Cairncross, (2010, p 372) showed that disease burdens can be largely saved by proven and efficient hygiene and sanitation interventions. According to these authors, these disease burdens are related to the lack of good quality water, hygiene and sanitation. The benefits of these interventions are greater than the benefits provided to cure the diseases. Thus, they recommend active involvement of health professionals to accelerate and consolidate progress in maintaining health. The results obtained in the municipality of Abomey-Calavi are, however, contrary to those of M. ASSOGBA ADJE (2018, p 35) who, focusing on sanitation and health, first recalled that health professionals focus more on helping households to ensure their sanitation and to change their behavior. The authors found that improved sanitation has a significant impact not only on health, but also on socio-economic development, especially in developing countries.

In addition, the method of waste management in Calavi makes the environment unhealthy and favors the multiplication of pathogenic germs, exposing learners to numerous environmental diseases.

This proves the studies by H.L.I. +- who found that in the municipality of Lalo, even though people have access to improved water sources, they consume water of poor microbiological quality in their households because of the means of transport and storage of drinking water. The health risks associated with drinking water depend not only on the source of supply but also on the transport and storage of the water at home.

This method of waste management makes the environment unhealthy, promotes the multiplication of pathogens and exposes learners to many environmental diseases.

CONCLUSION

The analysis of hygiene and sanitation measures for learners in state primary schools in the municipality of Abomey-Calavi revealed that all the public primary schools selected for the survey have hygiene tools and sanitation infrastructures. These facilities are insufficient in number and poorly maintained. Ultimately, learners are affected by poor hygiene practices. This implies health consequences for vulnerable learners.

Thus, we notice that in these public primary schools, hygiene and sanitation standards are not always respected according to national and international standards. This situation can be partly explained by the increasing number of learners.

References

- [1] WHO. (2012). UN Global Analysis and Assessment, Water on Sanitation and Drinking Water. The challenge: extending and maintaining services. UWR Glass, 112 p.
- [2] JOHNSON R. C. (2019). Availability and functionality of hygiene and sanitation infrastructure in public primary schools in Benin, Environment Risk Health-Vol18, n°1, January-February 2019, pp 60-71.
- [3] WHO. (2018). Key benchmarks on diarrheal diseases; Academic article; P. 2 <https://www.gouv.bj.actualite>:
- [4] BALOUBI M. (2013). Demographic dynamics, urbanization and development prospects of the Municipality of Abomey-Calavi (southern Benin). Thesis dissertation, FLASH/UAC, 332 p.
- [5] SCHWARTZ D. (1995). Statistical methods for the use of doctors and biologists - 4th edition, Flammarion Medical Editions, Paris, 314 p.
- [6] BARTRAM Jamie et CAIRNCROSS Sandy. (2010). Hygiene; Sanitation and Water Forgotten Foundations of Health. PLoS Medecine; 7 e 1000367. p 372
- [7] AMOUKPO H. (2015). Factors associated with the quality of drinking water in the district of Ahomadégbé, Commune of Lalo (Republic of Benin), Master's thesis in Environment and public health, CIFRED, UAC, 68 p.
- [8] ASSOGBA ADJÉ. M. (2018). Teaching and practice of hygiene in the school environment in the Tchaurou commune (Benin), Journal of the Laboratory of Urban and Regional Dynamic Studies, Geography at the service of development, Vol 1, pp 101-114 .
- [9] RICHARD J-L. (2001). Access and use of health care in the sub-prefecture of Ouèssè. Geography doctoral thesis, option, environment and health. Neuchâtel, 1134 p.
- [10] YEMADJE A. A. S. (2009). Problems of basic sanitation: Case of the district of Abomey-Calavi, memory of DEA, 71p
- [11] YEMADJE A. A. S. (2013). Basic Purification And Management Of Household Waste In The District Of Abomey-Calavi In Benin Republic: Case Of Agamadin, Gbodjo And Tokpa-Zoungo Areas, International Research Journal of Environment Sciences Vol. 2(3), 28- 34 p.

The role of artificial water bodies in limiting nutrient transfers in the hydrosystem. case study in the Oued d'Houss watershed (Bouira- Algeria).

Hamdani Aziz¹, Khettab Nour El Houda²

¹ Research laboratory in Management and valorization of biological resources and quality control.
University of Bouira., Algeria

² Master. Faculty of Natural and Life Sciences University of Bouira., Algeria

Abstract

In a context of climatic vulnerability and scarcity of water resources, the quality of water and environment is strongly threatened by organic and inorganic pollution caused by human practices, such as industrial and agricultural activities but also domestic practices. Pollution and degradation of water can be translated through the change of its physicochemical and biological properties in the natural and artificial hydraulic structures. In the present paper we have conducted a measurement campaign of the water quality of one dam and three hillside reservoirs of the Oued D'hous watershed to show the impact of these artificial water bodies in the transfer regulation of pollutants from upstream to downstream watershed. The results obtained show that a large part of the pollution is trapped upstream of the watershed in three hillside reservoirs and the Oued Lekhal dam which greatly reduces the pollution of the Tilsdit dam located downstream of the watershed (not far from the city of Bouira). The decrease of the pollution rate from upstream to downstream contribute to the reduction of the cost treatment in the downstream but also consequently prevents the spread of pollutants throughout the hydrographic and hydrogeological networks in the watershed.

Key Words: Water bodies, environment, dams, hillside reservoirs, pollution, watershed, human population,

Le rôle des plans d'eau artificiels dans la limitation des transferts des nutriments dans l'hydrosystème. Étude de cas dans le bassin versant de l'Oued d'Houss (Bouira-Algérie)

Résumé

Dans un contexte de vulnérabilité climatique et de raréfaction des ressources hydriques, la qualité des eaux et l'environnement en général est dangereusement menacée par la pollution organique et inorganique issue des pratiques humaines surtout industrielles et agricoles mais aussi domestiques. les barrages et les retenues collinaires sont les ouvrages où peut s'exprimer la pollution et la dégradation des eaux à travers le changement de ses propriétés physicochimiques et biologiques. Dans la présente étude nous avons mené une campagne de mesures de la qualité des eaux d'un barrage, trois retenues collinaires et un point à l'exutoire du bassin versant d'oued d'hous et ceci dans l'objectif de savoir l'impact de ces ouvrages dans le transfert des polluants de l'amont vers l'aval du bassin versant. les résultats obtenus montrent qu'une grande partie de la pollution est piégée à l'amont du bassin versant dans les trois retenues collinaires et le barrage de oued lekhal ce qui réduit grandement la pollution du barrage de tilsdit situé à l'aval du bassin versant (non loin de la ville de bouira) , ce même barrage qui est destiné à l'alimentation de la population. L'estompement du taux de pollution de l'amont vers l'aval aura comme conséquence la réduction du coût de traitement à l'aval mais aussi empêche conséquemment la diffusion des polluants à l'échelle du réseaux hydrographique et hydrogéologique du bassin versant.

Mots Clés : eaux, environnement, barrages, retenues, pollution, bassin versant, population humaine

¹ Corresponding author: hamdani.aziz@gmail.com

INTRODUCTION

The growing need for water for consumption, agriculture and industry has led the authorities to adopt an approach aimed at ensuring the satisfaction of the increasing demand which is in line with demographic growth and new consumption patterns imposed by socio-economic changes and the new lifestyle adopted by human populations (Butler ; Memon , 2005).

The construction of dams and hillside reservoirs is one of the state's priorities for guaranteeing water security in a vulnerable and unstable climatic context reflected in the scarcity of water resources. In this context, the health of the environment and the quality of water are heavily threatened by organic and inorganic pollution resulting from human practices, especially industrial and agricultural practices. This situation can weaken and even render useless any measure of governance of water resources (Vörösmarty et al, 2010).

In this paper, we have studied the impacts of artificial water structural (dams and hillside reservoirs) on the transfer of organic pollution, from upstream to downstream, through the hydrographic network of the Oued D'Hous watershed in Bouira which constitutes the upper part of the large Soummam watershed.

Two objectives are aimed across the present study, a specific objective and an overall objective. The first is to know the impact of artificial water bodies on the quality of the natural environment as a whole. secondly we purpose to know the role can played by an artificial water body located upstream of a catchment to defining the quality of water stored in water body located downstream, especially if the work is intended for drinking water supply.

PRINCIPLES AND METHODOLOGY FOLLOWED IN THE STUDY:

The present study was carried out in two distinct stages:

The first stage was devoted to gathering all the general information related to the studied catchment area such cartographic documents, information on morphometry, topography and geology, geomorphology, climate as well as everything related to demography and socio-economic character included in the catchment area. This information was combined with the results of the analyses obtained for interpretation purposes. In this step we identified the existing artificial water bodies and their location, at the same time we have contacted with administrative manager of water bodies. These managers showed an interest in this study by providing us with technical information about the structures.

The second stage was purely practical, consisting of sampling, analysis and interpretation. The sampling has been unrolled from 05/07th/2017 to 05/21th/2017

Sampling and analysis were carried out according to conventional methods and normative protocols.

Criteria for selecting study sites

In the present study the choice of artificial water bodies to be analyzed is imposed by the following reasons

- To have a regular and homogeneous geographical distribution of water bodies at the scale of the catchment area
- According to the nature and importance of the socio-economic activities located within the radius of influence of the water body
- According to the importance of the urban phenomenon located within the radius of influence of the water body
- According to the importance of the agricultural activities dependent on the studied water bodies.

Sampling principles

The sampling approach applied is the targeted sampling. Two samples were taken from each water body studied, one at the upstream end of the water body. Sampling was carried out according to the conventional rules of representativeness, spot selection, bottle decontamination, labelling, storage and transport. The storage temperature of the samples was $< 4^{\circ}\text{C}$ (Morin-Crini et al, 2017).

Physicochemical and microbial parameters analyzed

The list of parameters to be analyzed was established on the basis of the objectives of the study previously set, namely to know the qualitative character of the water stored in the artificial water bodies and to determine the

presence or absence of pollution (organic and/or mineral). In addition, the bacteriological parameters are analyzed in order to determine whether any faecal germs from the waste water are passing through the water bodies. The physicochemical analysis parameters consisted of PH, Turbidity, conductivity, Suspended solids (SS), Nitrite, Nitrates, PO₄- and BOD₅. The microbial analysis analyses consisted of the search for total and faecal coliforms, sulphite-reducing Clostridium and total germs.

TOOLS AND PROTOCOLS APPLIED

The analyses of the samples taken for the five (05) sites were carried out at two establishments according to the availability of equipment, materials, reagents and techniques. This is the wastewater treatment plants of Sour El Ghoulane attached to the wilaya of Bouira, this purification station is located immediately downstream of the city Sour El Ghoulane whose function is the purification of water coming from the city and its surroundings. Other analyses were carried out at the laboratory of the Faculty of Natural and Life Sciences of the University of Bouira.

The following table 1 summarizes the methods, equipment and protocols applied in the analysis of each of the physicochemical and bacteriological parameters.

Tab 1 : parameters analyzed, techniques and methods applied

Analytical parameter	Device	Method	Protocol	Laboratory
pH	portable multi-parameter	/	NF T90-008	STEP SEG
CE (µs/cm)	portable multi-parameter	/	NF EN 27888	STEP SEG
Turbidity (NTU)	portable multi-parameter	/	NF EN ISO 7027	STEP SEG
SM (mg/l)	fibre filter method	filtration at 0.45µm of a known volume of water	NF EN 872	STEP SEG
BOD ₅ (mg/l)	manometric BOD meter types OXITOP IS6		NF EN 1899-1	STEP SEG
NO ₃ ⁺ (mg/l)	Spectrophotometry	Rodier 2009	/	STEP SEG
NO ₂ (mg/l)	Spectrophotometry	Rodier 2009	/	STEP SEG
PO ₄ (mg/l)	Spectrophotometry	Rodier 2009	/	STEP SEG
Total coliforms	Microbiological	Rodier 2009	ISO 9308	Fsnv-Univ Bouira
Fecal coliforms	Microbiological	Rodier 2009	ISO 9308	Fsnv-Univ Bouira
Total germs	Microbiological	Rodier 2009	ISO 6222	Fsnv-Univ Bouira
Sulphite-reducing Clostridium	Microbiological	Guiraud et Galzy	ISO 6461-1	Fsnv-Univ Bouira

- STEP SEG: Sour El Ghoulane wastewater treatment plant (Bouira)

- Fsnv-Univ Bouira: Faculty of Natural and Life Sciences and Earth Sciences University of Bouira.

Presentation of the study area (catchment area)

The watershed of Oued D'Houss is an integral part of the Great Soummam watershed in its upper part, it is fully integrated in the wilaya of Bouira as illustrated in Fig. 1, Oued D' Houss drains an area of 892 km² of the watershed in elongated form having a perimeter of 264 km. The prevailing bioclimatic character is that of semi-arid in the South and sub-humid in the vicinity of the Djurdjura mountain range in the North. The average rainfall is 540 according to the values recorded by (ONM 2008). The average monthly temperatures vary between 27.8°C and 27.7°C in the summer, and the minimum temperatures vary between 8.7°C and 9.2°C in the winter.

The watershed is sparsely populated with vegetation, particularly in the south, with some forest formations in the north at the edge of the Djurdjura chain.

The lithological nature of the land is predominantly quaternary, with alluvial and red clay fillings (Ficheur. 1911).

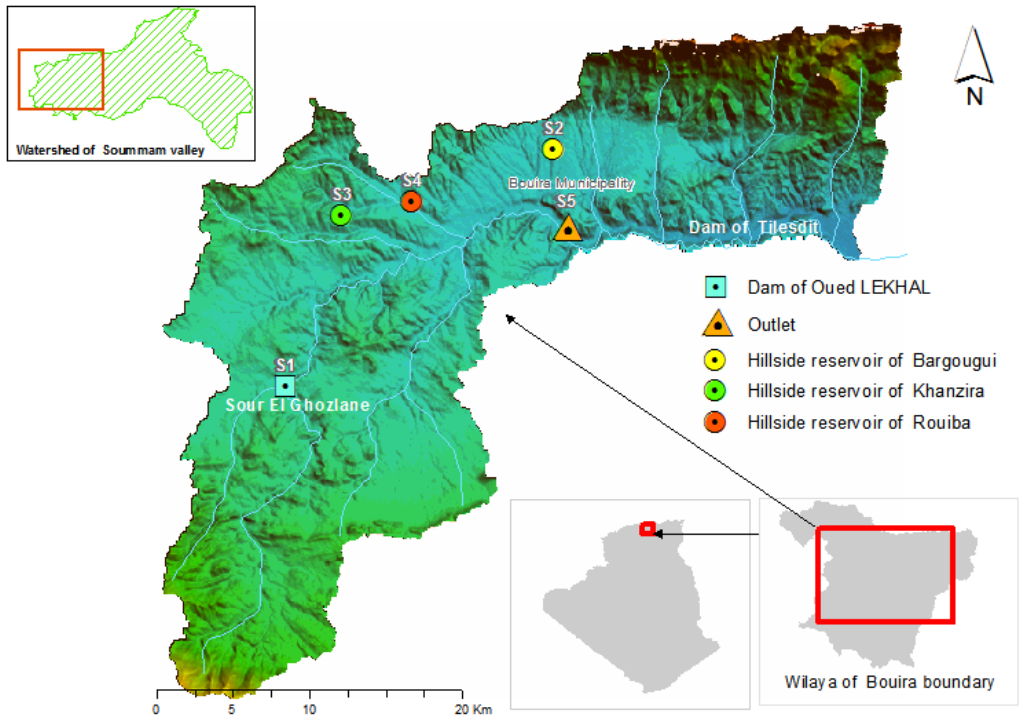


Fig. 1: catchment boundary and study sites location (obtained by GIS in original shapefile)

Presentation of the sampling sites

The location of the sampling sites is represented in Fig. 1, in the table below (Table 1) some characteristics of each site are indicated, three hill dams, an artificial hydraulic dam in earth with a clay core, and a point at the outlet at the level of the wastewater treatment plant of the city of Bouira. To simplify the reading of the results, the letter codified the name of each site S followed by a numbering from 1 to 5 in the following order.

S1: Oued Lekhal dam; S2: Chabet Bergougui hillside reservoir; S3: Khenzira hillside reservoir; S4: Gares Rouiba hillside reservoir; S5: watershed outlet (Bouira STEP).

Tab 2 : some characteristics of the sites studied

Designations	Type of use	X-UTM	Y-UTM	ELEVATION	Type of structure	Capacity (m3)
S1- Weir O.LEKHAL	Industrial -irrigation - domestic	564139.37	4013003.84	698.5m	Artificial	2millions
S2- Hillside reservoir – Chaabet Bargougui	Irrigation	581670.46	4028438.76	540.5 m	Artificial	240000
S3- Hillside reservoir - Khanzira	Irrigation	567881.74	4024192.7	681.9 m	Artificial	120000
S4- Hillside reservoir - Oued Gares Rouiba	Irrigation	572412.67	4025034.19	567.2 m	Artificial	300000
S5- Point- STEP- outlet of watershed	----	582482.11	4023392.691	489.178 m	-----	----

All the sites studied are illustrated by a satellite image associated with a photograph taken during the visit.

Illustration of site S 1 (Oued Lakhel Dam)



Fig. 2 : Satellite image of Oued Lakhel Dam



Fig. 3: Photo of Oued Lakhel Dam (2017).

Illustration of site S 2 (Chabet Bergougui hillside reservoir)



Fig. 4: Satellite image of the Chabet Bergougui hillside reservoir



Fig. 5: Photo of the Chabet Bergougi hillside reservoir (2017).

Illustration of site S 3 (Khenzira hillside reservoir)



Fig. 6 Satellite image showing the Khenzira hillside reservoir



Fig. 7: Photo of Khenzira hillside reservoir (2017).

Illustration of site S4 (Gares Rouiba hillside reservoir)



Fig. 8: Satellite image showing the Gares Rouiba hillside reservoir



Fig. 9: Photo of the Gares Rouiba hillside reservoir. (2017).

RESULTS

The physicochemical and microbial analysis results obtained are reported in the tables below (tab 3 and 4), to simplify the visual reading of the numerical values we have represented them graphically in the form of histograms where each analysis parameter has been represented on the same graphical column to facilitate the comparison between the five analyzed sites.

Tab 3: Physicochemical analysis results

Parameters Sites	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Turbidity (NTU)	SS (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	NO ₃ ⁺ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)
S1	8.12	700	130	8	95	9.9	0.172	0.85
S2	6.19	2100	140	76	09	13.04	0.26	0.96
S3	7.02	629	196	150	05	7.20	0.14	0.92
S4	7.10	1600	175	135	10	11.30	0.34	1.24
S5	6.9	1004	29	4	24	4.4	0.069	0.12

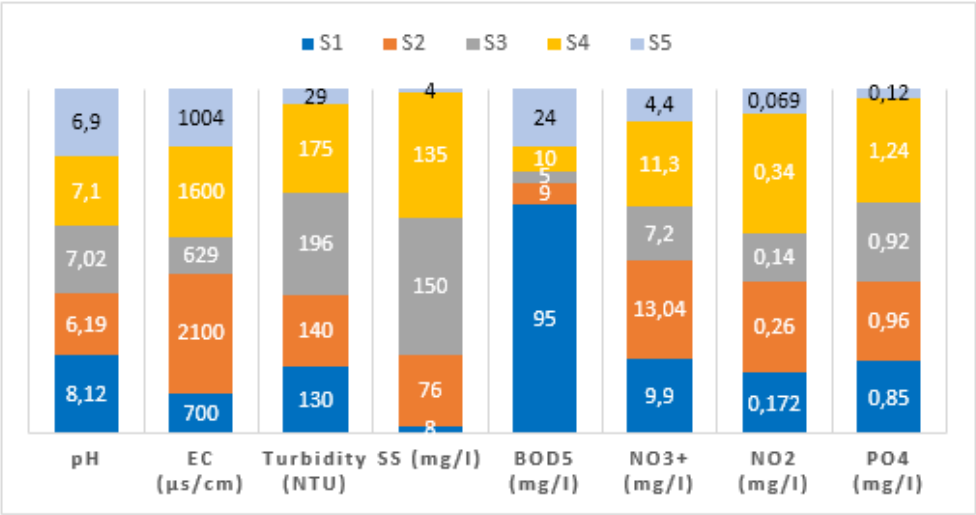


Fig. 10: graphic representation of the physicochemical results obtained

Microbial analysis results: the results of the microbial analysis are grouped in table 4 below.

Tab 4: microbial analysis results

Parameters / Sites	S1	S2	S3	S4	S5
GT	331	226	190	458	125
CT	333	332	287	333	268
CF	425	350	194	347	245
CLOST	available	available	available	available	available

GT: Total germs; TC: Total coliforms; FC: Faecal coliforms; CLOST: Clostridium sulphite-reducers

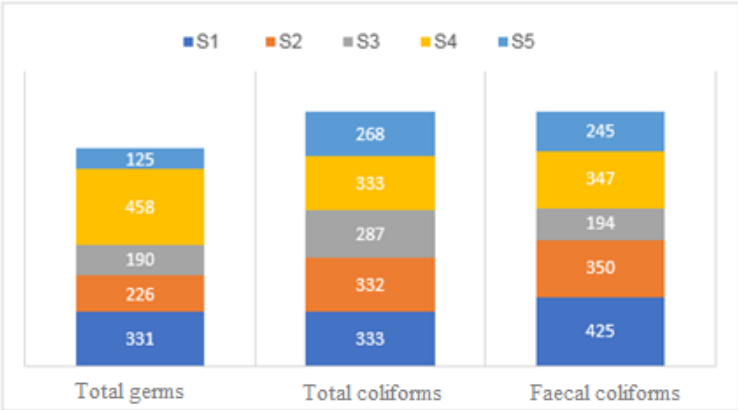


Fig 11 : graphic representation of the microbial analysis results obtained

DISCUSSION

The interpretation of the results obtained is carried out according to an integrated spatial reading approach of the natural, socio-economic and anthropic environment of the studied sites.

Although the analyzed samples belong to the same catchment area, which is the physical unit of analysis, it is clear that there is an intrinsic heterogeneity in the distribution of values within the same analyzed water feature and a spatial heterogeneity of distribution between analyzed sites. This heterogeneity should be related to the surrounding conditions that characterize each site, these conditions are those related to the physical environment (morphometry, geology, geomorphology...etc.) (Stallard; Edmond ,1983), to the socio-economic environment (activities practiced and land use) (Li, S et al, 2008), and to the approach practiced in the environmental management of each site (each site belongs to a different communal territory).

The spatial geographic analysis shows that the surface areas drained by each site are different. it can be noted that the Oued Lekhal dam site (S1) has a much larger drained surface area (impluvium) than the other sites. the map below (Fig. 12) shows graphically surface areas drained by each site , which implies that the quantities of dissolved and dry substances retained in Oued Lekhal dam are much higher than in the other sites studied.

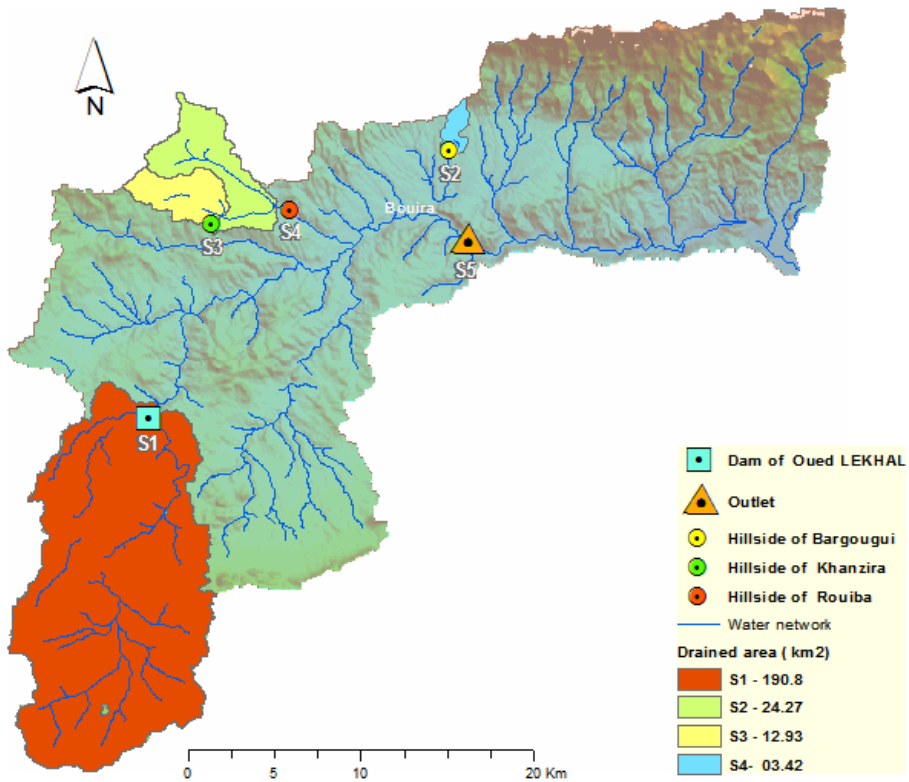


Fig.12: impluvium areas of the studied sites (obtained by GIS in original shapefile)

Therefore, the first lesson that can be drawn is that the storage capacity of the water bodies located upstream of the catchment area will strongly reduce the quantities of substances conveyed to the catchment area outlet, as highlighted by the results obtained for site S5 (outlet).

The spatial variability of the values obtained for each parameter analyzed in each site can be explained by the heterogeneity of the control variables of the physical, natural and anthropogenic environment as outlined above. The intrinsic and extrinsic control variables that characterize each impluvium of the analyzed site are responsible for the quantities and categories (nature) of substances transiting in the hydro system of the impluviums of each site.

PH values interpretation: The recorded PH values are around 7 for site S3, S4 and S5, which translates into a neutrality linked to the nature of the geological soils through which the runoff water flows (Krumbein; Garrels, 1952). As for the two other sites S1 and S2, the value of 8.12 indicate alkalinity, this should be in relation with the predominance of calcareous soils (geological bedrock sheet of Aumale) with contributions in HCO_3^- . the site S2 displays a value of 6.1 presenting a slight acidity due to the biochemical activity related to the decomposition of organic matter resulting from anthropic practices especially (Li, S et al, 2008), this interpretation agrees with the values of nitrates, nitrites and PO_4 recorded in the same site.

Conductivity values interpretation: The conductivity values recorded at the sites can be described as ranging from high to very high depending on (Rodier et al, 2009). Site S4 shows the highest value with 2100 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) followed by S4 with 1600 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) and S1 with 1004 ($\mu\text{S}/\text{cm}$). These high values may be due to the mineralization of nitrogen and phosphate compounds (Koull; Halilat, 2016), which can be seen from the nitrite and nitrate values, which are consistent with the conductivity values, indicating a sort of correlation. The spatial analysis of the environment of the studied sites suggests that a domestic origin in mineral load is behind the very high mineralization of the waters. The presence of very high concentrations of settlements in the immediate vicinity of sites S4 and S2 (Fig. 13 and 14) reinforces our assumption that a source of mineralization is mainly related to effluents from the surrounding settlements, especially since the sewage system is not connected to a wastewater treatment plant. The same situation is observed for the S2 hillside reservoir site.



Fig. 13: habitats in the immediate vicinity of the hillside reservoir at sites S4



Fig. 14: habitats in the immediate vicinity of the hillside reservoir at site S2

Turbidity and Suspended Solids values interpretation: The graphical representation reveals a correspondence between TSS load and turbidity, which has been demonstrated in several studies (Rügner et al, 2013; Serajuddin et al, 2019). Depending on the nature and environment of the site, TSS can be the vehicle for organic and inorganic pollutant loads (Grayson, et al 1996; Nasrabadi et al 2016). Turbidity could also be related

to the presence of chlorophyll in the microorganism (Ceballos et al 1998). Turbidity and TSS load are intimately linked to the geomorphological and hydrological conditions characterizing the sites (Lenhart, 2008). Thus, anthropogenic practices at the scale of the drained area of the studied sites can have an effect on the nature and content of TSS that transit through the watershed hydro system (Li et al, 2008). In the case of our study, the nuances of turbidity and TSS values recorded in the study sites can be explained by the geomorphological heterogeneity characterizing each drained area where the slopes of the landforms play a key role in the quantities of TSS transported from upstream to downstream. The slope map below (Fig. 14) shows that the slopes range from 1% to over 60%. Except for site S1, all the other sites show values largely exceeding the norms, sites S3 and S4 show alarming values of turbidity and TSS (which can be explained by the nature of the land which is almost uncovered by vegetation and the slopes which range from 10 to 37%). Furthermore, it should be noted that the measurements were made in dry periods, otherwise the values would be as high if the measurements were made in rainy periods.

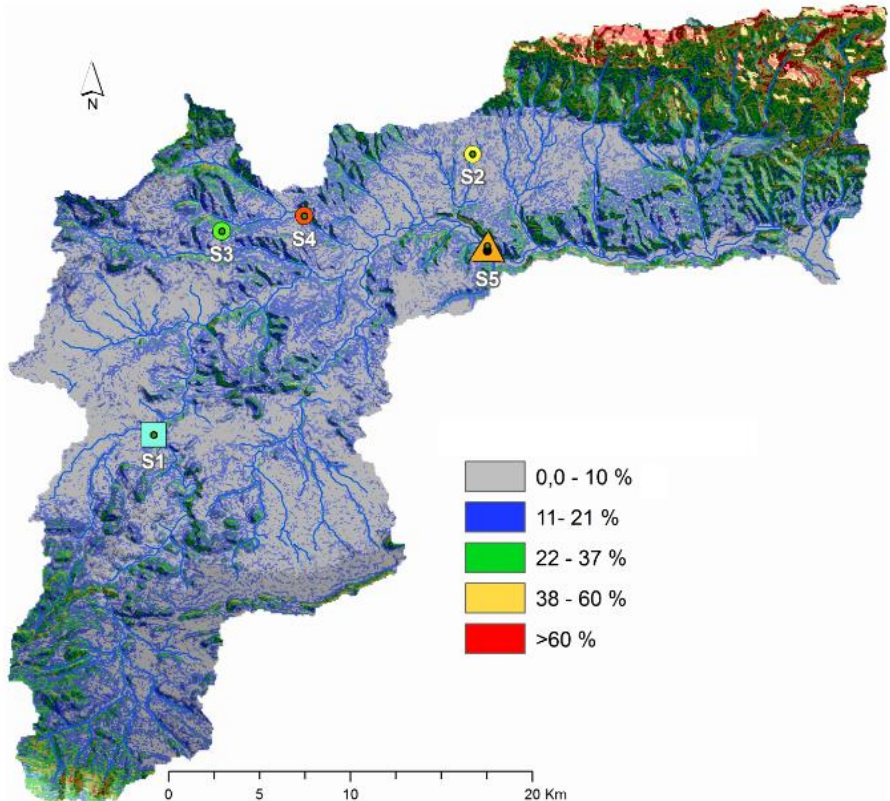


Fig. 14: Terrain slopes of the catchment area (in percent).

Mineral nitrogen compounds (NO_3^+ , NO_2^-) values interpretation: Today, it is known that the origin of organic pollution of surface waters and even groundwater in nitrogen compounds is mainly human activities operated on the natural and physical environment (Carpenter 1998). The values recorded at the sites studied indicate an excessive input of organic elements to the natural environment (Fig. 12). Sites S2 and S4 stand out with significant values. These values would have been greatly multiplied if the analyses had been carried out on the sediments at the bottom of the hillside reservoirs (Dorioz et al, 1989). To corroborate our assumption that the values of nitrogenous elements present in the sediments of the bottom of the reservoirs are very important, we can observe it in the aquatic plant formations growing in the reservoirs (Fig. 4, 5, 6), this vegetation is bio-indicative of a hyper important contribution of nitrogenous nutritive elements.

BOD5 values interpretation: The values of BOD5 show a variability in their distribution in the sites studied, S1 has a value of 95 mg/l followed by S5 located at the outlet which records a value of 24. for S1 the value is consistent with these values of turbidity and TSS, while for S5 the value of BOD could have other origins such as organic matter coming from the wastewater and algal biomass (De Ceballos et al 1998). In addition, it is very likely that the origin of the high BOD values appears in the presence of germ load and faecal coliforms which associated with the chlorophyll a (De Ceballos et al 1998), it should be noted that the coliform load in the sites studied is very high as shown in table 3 and Fig. 11.

The sites S2, S3 and S4 record values lower than the norm and this is not fortuitous as it can be explained by the abundant presence of hydrophilic vegetation (Fig. 5, 7 and 9) where it has been demonstrated that the presence of vegetation significantly reduces the BOD rates by + 75% (Karathanasis et al, 2003)

Phosphorus values interpretation: indicated by the values of PO₄, phosphorus by its limiting character is the key element in environmental analyses because it is the nutrient that controls the evolutionary dynamics of algae in the aquatic environment (Tyrrell, 1999; Barroin, 1999). In principle, phosphorus can be of natural, industrial, agricultural or domestic origin. In addition, it should be remembered that the sites where the structures are located are characterized by poultry farming and cereal crops. In abundance, a situation of eutrophication can occur (Carpenter, 1998). The mineralization of phosphorus in an aquatic environment greatly reduces dissolved oxygen. The values recorded at the sites studied show that the environment is highly loaded with phosphorus. The site S4 has a very high value of 1.24 mg/l, which is much higher than the norm of < 0.15. The other sites S2, S3 and S1 have values ranging from 0.85 to 0.92, which are also important, Figs 9, 7 and 5 show high levels of PO₄ where these values are expressed by the presence of algal biomass for site S4 and hydrophilic vegetation for sites S2, S3 and S1. The values for site S5 (the outfall) are below the norm.

Interpretation of microbial analysis results: The microbial analysis results can be interpreted in the anthropic context so in relation to human installations. The very high values obtained suggest that anthropogenic inputs are in the majority. It should be remembered that the hydraulic structures studied are located in rural areas densely populated by private dwellings not connected to the main sewerage system where all wastewater is discharged into the environment. The poultry farms that characterise the study areas have a share in the load that reaches the facilities (McMurry, et al, 1998). The high values of faecal coliforms could indicate a state of very high dissolved oxygen depletion in the water, which leads to eutrophication (De Ceballos et al 1998).

CONCLUSION

It must be emphasized that the analyses carried out on the water are far from being representative of the real quantities of organic nutrients and inorganic substances retained in the bottoms of the structures studied. Therefore, these values only represent an approximate balance sheet that provides information on the qualitative aspect of the stored water and the quantitative aspect of the contributions of substances transferred through the hydro system of each of the drained area of the studied sites. The quantities of nutrients that can be stored in the sediments at the bottom of the water bodies would be much greater than those recorded in the fluid mass (Dorizio et al, 1989). Furthermore, over the years chronic inputs of nutrients can accumulate in the sediments, where chemical reactions lead to the release of nutrients in quantities, that can create eutrophication situations, especially when the water is stagnant (Barroin, 1999). In this case it is highly recommended to reduce sediment and pollutant inputs transferred through the watersheds' hydro systems and to prevent the clogging of hillside reservoirs in order to extend their longevity.

According to this study, It concluded that the pollutant inputs retained in water bodies located upstream have a positive impact on the hydro system of watershed by contributing to significantly reduce the cost and time of worst and drinking water treatment. In addition, water bodies located upstream would allow avoiding diffuse pollution in the hydrological and hydrogeological system of the whole catchment area.

References

- [1] BUTLER, D; MEMON, F.A. (EDS.). 2005. Water demand management. Iwa Publishing.
- [2] CARPENTER, S.R.; CARACO, N.F.; CORRELL, D.J.; HOWARTH, R.W; SHARPLEY, A.N; SMITH V.H . 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecological applications, 8(3), 559-568.
- [3] BARROIN, G . 2003. Phosphore, azote et prolifération des végétaux aquatiques. Le Courrier de l'environnement de l'INRA , vol. 48 et (48), p. 13-25
- [4] DE CEBALLOS, B.S.O ; KÖNIG, A. ; DE OLIVEIRA, J.F. 1998. Dam reservoir eutrophication: a simplified technique for a fast diagnosis of environmental degradation. Water Research, 32(11), 3477-3483.
- [5] DORIOZ, J.M. ; PILLEBOUE, E. ; et FERHI, A. 1989. Dynamique du phosphore dans les bassins versants: importance des phénomènes de rétention dans les sédiments. Water research, 23(2), 147-158.
- [6] GRAYSON, RB; FINLAYSON, B.I; GIPPEL, C.J ; HART, B.T. 1996. The potential of field turbidity measurements for the computation of total phosphorus and suspended solids loads. Journal of environmental management, 47(3), 257-267.
- [7] FICHEUR, E. 1911. Carte géologique au 1/50 000 de Bouira.
- [8] KARATHANASIS, A.D; POTTER C.I.; COYNE, M.S. 2003. Vegetation effects on fecal bacteria, BOD, and suspended solid removal in constructed wetlands treating domestic wastewater. Ecological engineering, 20(2), 157-169.
- [9] KOULL, N.; HALILAT, MT. 2016. Effets de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla (Algérie). Etude et Gestion des sols, 23, 9-23.
- [10] KRUMBEIN, W.C.; GARRELS, R.M. 1952. Origin and classification of chemical sediments in terms of pH and oxidation-reduction potentials. The Journal of Geology, 60(1), 1-33.
- [11] LENHART, C.F. 2008. The influence of watershed hydrology and stream geomorphology on turbidity, sediment and nutrients in tributaries of the Blue Earth River, Minnesota, USA. University of Minnesota.
- [12] LI, S; GU, S.; LIU, W.; HAN, H.; ZHANG, Q. 2008. Water quality in relation to land use and land cover in the upper Han River Basin, China. Catena, 75(2), 216-222.
- [13] MORIN-CRINI, N.; CRINI, G.; ROY, L. 2017. Eaux industrielles contaminées. PUFC, Besançon, 513, 37-47.
- [14] MCMURRY, S.W.; COYNE, MS.; PERFECT, E. 1998. Fecal coliform transport through intact soil blocks amended with poultry manure (Vol. 27, No. 1, pp. 86-92). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America.
- [15] NASRABADI, T.; RUEGNER, H.; SIRDARI, Z.Z. ; SCHWIENTEK, M.; GRATHWOHL, P. 2016. Using total suspended solids (TSS) and turbidity as proxies for evaluation of metal transport in river water. Applied Geochemistry, 68, 1-9.
- [16] RODIER, J.; LEGUBE, B.; MERLET, N.; BRUNET, R. ; MIALOCQ, J.C. ; LEROY, P. ; AL MARDIN, F. 2009. L'analyse de l'eau-9e éd. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod, 564-571.
- [17] RÜGNER, H.; SCHWIENTEK, M.; BECKINGHAM, B.; KUCH, B.; GRATHWOHL, P. 2013. Turbidity as a proxy for total suspended solids (TSS) and particle facilitated pollutant transport in catchments. Environmental earth sciences, 69(2), 373-380.
- [18] SERAJUDDIN, M.; CHOWDHURY, A.I.; HAQUE, M.M.; HAQUE, M.E. 2019. Using turbidity to determine total suspended solids in an urban stream: a case study. In Proceedings of the 2nd International Conference on Water and Environmental Engineering, Dhaka (pp. 19-22).
- [19] STALLARD, R.F.; EDMOND, J. M. 1983. Geochemistry of the Amazon: 2. The influence of geology and weathering environment on the dissolved load. Journal of Geophysical Research: Oceans, 88(C14), 9671-9688.
- [20] TYRRELL, T. 1999. The relative influences of nitrogen and phosphorus on oceanic primary production. Nature, 400(6744), 525-531.
- [21] VÖRÖSMARTY, C. J.; MCINTYRE, P. B.; GESSNER, M. O.; DUDGEON, D.; PRUSEVICH, A.; GREEN, P.; DAVIES, P. M. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. nature, 467(7315), 555-561.

Understanding and analyzing the exceptional and the flash flood of novembre 2018 in the Ouzoud- High atlas-Morocco

Benchattou Abdelmoumen¹ El Ghachi Mohamed²

¹ Laboratoire "DPRP" Sultan Moulay Slimane Beni Mellal University, Morocco

² Laboratoire "DPRP" Sultan Moulay Slimane Beni Mellal University, Morocco

Abstract

Flash floods are among the most important, compound and complex hydromagnetic phenomena. These Flash floods have profound effects that cause human, material and natural losses. The river basin of the Ouzoud Valley is located in the Middle Atlas covering an area of 315,6 km². This basin is characterized by the appearance of thunderstorms that are concentrated during the summer. Due to the absence of hydrological data, we carried out a set of field outputs to identify the field and also installed the measurement scale in order to measure and track the rise of the water level in Ouzoud Valley during 2018 and 2019 as well as do a set of outputs to measure the throughput of Ouzoud Valley in a set of points throughout the search period and during different periods of the year. After obtaining a database about the elegant throughput of Ouzoud Valley, we were able to extract a sudden increase during the month of November 2018 with a throughput of 4600 liters per second. In this scientific work, we will try to stand by studying these Flash floods and knowing the natural and climatic characteristics that help its occurrence and also determining its effects on Ouzoud.

Key Words: watershed Ouzoud, floods, limnimetric sca, flow measuremen, gauges.

Comprendre et analyser la crue exceptionnelle et éclair de novembre 2018 dans l'Ouzoud-Haut Atlas-Maroc

Résumé

Les crues éclair sont parmi les phénomènes hydromagnétiques les plus importants, composés et complexes. Ces crues éclair ont des effets profonds qui causent des pertes humaines, matérielles et naturelles. Le bassin fluvial de la vallée d'Ouzoud est situé dans le Moyen Atlas et couvre une superficie de 315,6 km². Ce bassin se caractérise par l'apparition d'orages qui se concentrent durant l'été. En raison de l'absence de données hydrologiques, nous avons réalisé un ensemble de sorties de terrain pour identifier le terrain et également installé l'échelle de mesure afin de mesurer et de suivre la montée du niveau d'eau dans la vallée d'Ouzoud au cours des années 2018 et 2019 ainsi que de faire un ensemble de sorties permettant de mesurer le débit de la vallée d'Ouzoud en un ensemble de points tout au long de la période de recherche et durant différentes périodes de l'année. Après avoir obtenu une base de données sur le débit élégant de la vallée d'Ouzoud, nous avons pu extraire une augmentation brutale au cours du mois de novembre 2018 avec un débit de 4600 litres par seconde. Dans ce travail scientifique, nous essaierons de nous tenir debout en étudiant ces crues éclair et en connaissant les caractéristiques naturelles et climatiques qui favorisent son apparition et aussi en déterminant ses effets sur Ouzoud.

Mots Clés : bassin versant Ouzoud, crues, sca limnimétrique, débitmètres, jauges.

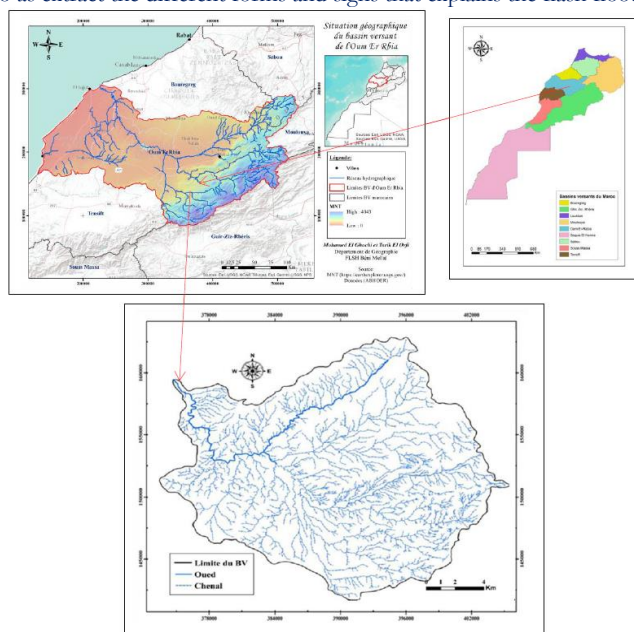
¹ Corresponding author: benchattouabdelmomen@gmail.com

INTRODUCTION

Climate change nowadays is a largely known fact in scientific research. Regardless of its impact or hydrologic extremes, this climate change leads to the emergence of floods. These hydrologic extremes pose a big problem for citizens. This phenomenon of flash floods is considered among the hydrologic phenomena that require a study and an analysis because of its big impact on the occurrence of other more dangerous phenomena, namely the floods which are involved in the material and human damages especially with the climatic changes across the globe. The waterfalls of Ouzoud is considered one of the most attracting areas for tourists from inside and also outside the country, but this falls suffers from hydrologic extremes especially flash flood, these hydrologic extremes respond to a strong rainfall, concentrated in time and space with torrential character. These current flash floods are not studied in a strict hydrologic way that respects the principles of scientific research and that these studies are also carried out in a descriptive and superficial way, concentrating only on results and the effects of this phenomenon instead of investigating the main reasons that lead to the emergence or occurrence of this phenomenon. In this scientific contribution, we will put emphasis on the flash floods by means of a field work so as to understand its existence, determine its mechanism, and analyses its impact on the water falls of Ouzoud.

Area of study: The water falls of Ouzoud is a part of other stream named Oued El abid river, one of the big water courses of OumER rbia. It is situated in Azilal, area province). It covers a surface of 315,6 km. It stretched over six rural communes (Ait Taguella, TamdaNoumarcade, Agoudin'Lkhir, Tabia, Tanant) and a urban commune of Azilal. It is part of high chalky Atlas where the relief with series of anticlinal and synclinal, cut with narrow and deep valleys. The centre of Ouzoud exists in the height of 800 m. This area is mountainous and its heights are between 644 and 2123m. In this context. The river of Ouzoud received important sources of water in the high Atlas chain. The river that falls in Ouzoud waterfalls is subjected to a type mountainous Mediterranean climate and has oceanic impact. It is characterized by q spatiotemporal irregularity of rain that centers in autumn or winter.

Data and Tools: Each study necessitates a climatic and hydrometric data, especially the hydrologic extremes. For this study, we have used climatic data, these pluviometric data that were collected and exploited in this study comes from the agency of hydraulic basin of OumEr-rbia, and also a database of the daily constant flow rate of Oued Ouzoud during « 30/07/2018 to 31/05/2019» that we recorded during this period of the research. To frame very well this issue, we rely on the most important techniques and computer systems used in the analysis of statistics (Excel) so as extract the different forms and signs that explains the flash floods.



Carte 1: the geographical situation of d'Ouzoud basin

METHODOLOGY

According to hydrologist, the pursuit of the stream during the period of study provides a good methodology to study the extremes hydrological phenomenon (Lahlou and El Ghachi 2017). This scientific contribution was based in large part on a fieldwork for the sake of the diagnostic of different parts of the basin and we have found that there was an absence of hydrometric equipments so as to achieve a study about flash floods. We have installed a staff gauging scale. It is intended to measure the rise of water heights relative to level 0. A lot of gauge campaigns were done, from 2018 to 2019 with daily pursuit of the heights of the stream. The goal was to produce hydrometric data of the constant flow, this allows us to extract and understand the flash floods in the basin of Ouzoud.

The pursuit of water heights, measures of water flow and the creation of rating curve

Concerning the pursuit and the observation of water heights of Oued Ouzoud, it is a field work. A daily and permanent one that necessitates a physical absence on the river Oued Ouzoud, to read water height with the capture of a photos for the recorded side. Concerning the gauging, we have done a group of campaign so as to measure the flow of Oued Ouzoud during the periods of more or less water that allows us to create a rating curve of Ouzoud River.

The extract of the exceptional flash flood of novembre 2018: After the implementation of the rating curve of Oued Ouzoud another task that includes converting water height to flow (débit).using three mean elements, the extract of the flow, and the review of the results of recording the database base on the daily and constant flow of Oued Ouzoud to extract the exptionel flash flood of November 2018.

Analyses of pluviometric flow of novembre 2018: The exceptional flash floods is considered among the complicated hydrologic phenomenon, a lot of climatic and meteorological factors intervene in its occurrence and also natural characteristics of rainfall, pressure, climate disruption and also the characteristics of the waterfalls. So, were going to study the meteorological situation of Ouzoud waterfalls during the occurrence of November flash floods, based on the rain fall and the constant flow of Ouzoud river during the November flash floods.

RESULTS

Flash floods are floods whose onset is sudden, often difficult to predict, with a rapid rise time and a relatively large specific flow. These flash floods are therefore generally linked to intense rainfall episodes and often occur in basins of moderate size ". (UNESCO 1974). In this scientific contribution, we decided to go beyond all that usual starting from a deep study of the phenomena of the floods during its first phases, studying another hydrological phenomenon which is considered itself as the main cause of the latter which is the phenomenon of flash floods which seen similarly as a problem for developed countries. Thus, we got the following results:

Tracking of water heights, flow measurements and creation of a rating curve: For the monitoring or tracking and observation of the water levels, we put an observer to note the increases of the Oued of Ouzoud five times a day a scale installed on the bridge of the Oued d'Ouzoud. We made a set of companions with the help of the technician of the Hydraulic Basin Agency of Oum Er-Rbia to measure the flow of the Ouzoud river during the period from "07/30/2018 to 05/31/2019 " .



Photo sheets 1: installation and monitoring of the limnimétrique scale

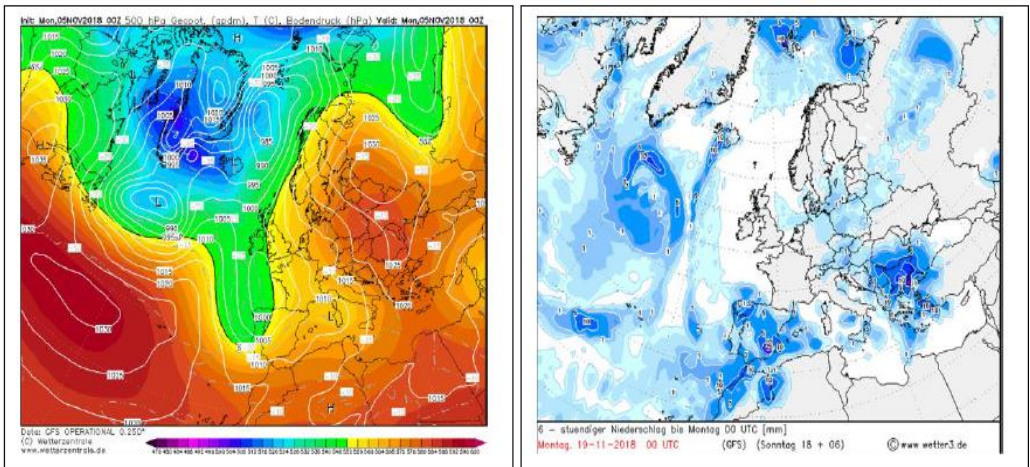
According to dozens of gauging campaigns that measured the flows of the Ouzoud river, they created a database during the more water phases and the less water phases, the Excel software was used for the construction of the curve. Taring of the oued Ouzoud.

The extraction of the exceptional flash flood from 23/10/2018 to 05/11/2018: According to the creation of the rating curve and the extraction of a too fine hydrometric database of the Ouzoud river, we based on a database of instantaneous daily flows of the Ouzoud river during the period between "07/30/2018 and 05/31/2019" to extract and analyze the variation in instantaneous flows of the Ouzoud river during the period of the exceptional flash flood of October, as shown in the figure below.



Fig.1: Analyzing the exceptional flood thunder of Ouzoud Oued taking place in 13/11/2018 to 03/12/2018

Analysis of rainfall for the episode from 10/23/2018 to 11/05/2018: Regarding the analysis of the October flood, we found that this exceptional flash flood extends between 23/10/2018 and 05/11/2018 with a peak flow which equals 5600 L / S during the period of this flood. 14 days. From maps of the synoptic situation of altitude at 500 Hpa and isobaric situation on the ground, Morocco has experienced atmospheric pressures which come from the north at the 500 Hpa level, a cold advection slipped from the European South on the southern slope of a ridge warm, centered on the North Atlantic, arrived in the vicinity of Morocco. This will lead to rainfall which will increase the flow of the river.



Carte 1 : the synoptique situation of the altitude à 500 Hpa and the isobarique situation to sol until 19 Novembre 2018

From 13/11/2018, the Ouzoud river watershed recorded rainfall exceeding 35 mm on 23/11/2018 which led to an increase in the flow of the river which exceeds 4600 L / S. This was the very important cause that Oued d'Ouzoud experienced for a period of 14 days.

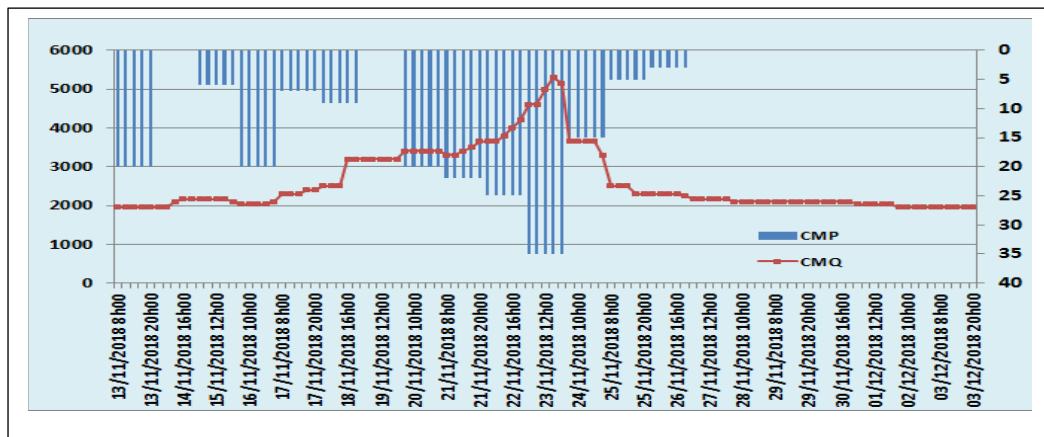


Figure 2: analyzing the precipitation and the instantaneous debit of Ouzoud basin «23/10/2018 until 05/11/2018 »

It was noted that there are atmospheric disturbances reaching Morocco which may be the main cause of the rainfall that the basin in which this study was done experienced during the period of the flood. Besides, the basin is characterized by physical characteristics (slopes, impermeable geology, ...) which favor the onset of the October flash flood.

CONCLUSION AND DISCUSSION

The Ouzoud site constitutes a tourist hub in the province of Azilal and the region of Béni Mellal Khenifra, because it contains an exceptional wealth in terms of fauna, flora, water (Sources, rivers and Waterfalls) and landscapes. Nevertheless, these waterfalls suffer, almost every year, from the risk of flash floods. Flash floods are difficult to predict. They follow violent localized rains, the development of which is sudden and of short duration, and whose impacts on humans and socio-economic have serious consequences. It is believed that major flash floods can occur during any month of summer and fall. So the only explanation for these cases is related to thunderstorms, with heavy and concentrated precipitation, which contributed to increase the flow.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

References

- [1] Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia, « Etude de Protection contre les inondations, étude hydraulique et propositions d'aménagement ». Rapport d'étude (2002) 51p.
- [2] Ardoin S., Lubès-Niel H., Servat E., Dezetter A., Boyer J.F., 2003, « Analyse de la persistance de la sécheresse en Afrique de l'Ouest : caractérisation de la situation de la décennie 1990 », IAHS Publication, vol. 278, 223-228.
- [3] El Ghachi M., Aafir M., Bouberria A., « Analyse des tendances pluviométriques dans la ville de Taza dans un contexte de variabilité climatique », Publications des actes du colloque (2011) 16.
- [4] El Ghachi M., Aafir M., Bouberria A., « Analyse des tendances pluviométriques dans la ville de Khénifra dans un contexte de variabilité climatique », JMES, Publication, J. Mater. Environ. Sci. 6 (11) (2015) 3346-3358
- [5] BENCHATTOU A., El Ghachi M., « Les crues éclair dans les bassins montagnards non aménagés : suivi, mesures, extractions et analyse, cas du bassin versant de Ouzoud » mémoire du master (2019). Soutenu le 20 Juillet 2019.
- [6] Sachin Patade, Sonali Shete, Neelam Malap, Gayatri Kulkarni, T.V. Prabha., «Observational and simulated cloud microphysical features of rain formation in the mixed phase clouds observed during CAIPEEX». 169, Part A (2016) 32-45.

Spatialization of chemical characteristics of underground water - well water - in the township of Parakou

Sognon Louis-Marc¹, Gbadamassi Fousséni², Montcho Jean-Chrysostome¹, Gbadamassi Massouhoudou⁴, Boni Souleymane⁵, Yalo Nicaise³

¹ Direction Départementale de l'Eau et des Mines du Borgou (DDEMB), Parakou, Bénin

² Laboratoire de Géosciences de l'Environnement et de Cartographie (LaGECa), Université de Parakou

³ Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA), Université d'Abomey-Calavi

⁴ Laboratoire Société-Environnement (LaSEN), Université de Parakou

⁵ Research Unit, Tropical Mycology and Soil-Plant-Fungi Interactions, Laboratory of Ecology, Botany and Plant Biology, Faculty of Agronomy, University of Parakou, 03 BP 125, Parakou, Benin

Abstract

Liquid water is essential for life as we know it. Liquid water is essential for important prebiotic reactions. But equally important for the emergence of life is the contact of carbon molecules in liquid water with hot rocks and minerals. Water is a source of life for humans when it is in good quality i.e. drinkable and a source of various diseases when it is biologically or chemically contaminated. In this article, the chemical characteristics of well water in the township of Parakou are spatialized. Thus, 24 wells water has been sampled and physico-chemical analysis as well as sociological survey of 144 households has been achieved. Multiple Correspondence Analysis (MCA), Fisher's exact test, kriging interpolation and map overlay model are processed. The MCA found that dental fluorosis and dysentery are relatively present in Dokparou and Bakpérou due to the consumption of well water. Typhoid fever and stomach aches are more reported in Woré, Camp Pionnier, Kobi Gourou and Arafat while in other localities households feel that they do not suffer any harm from consuming well water. Colic and typhoid fever reported by households are significantly related to the turbidity of the well water they consume (p-values equal to 0.001 and 0.0001 respectively). The superposition of the layers of ions showed that 23.70% of well water is of relatively poor quality, while 54.85% is relatively of good quality and 21.45% is of very good quality in the township of Parakou. This final map makes it possible to identify areas unsuitable for drilling wells and makes it possible to recommend boreholes for the drinking water supply of the households concerned

Key Words: well water, chemical characteristics, GIS, Parakou, Benin

Spatialisation des caractéristiques chimiques des eaux souterraines – eaux de puits – dans la commune de Parakou

Résumé

L'eau est source de vie pour l'humain quand elle est potable et source de diverses maladies quand elle est biologiquement ou chimiquement contaminée. L'objectif de cet article est de spatialiser les caractéristiques chimiques des eaux de puits dans la commune de Parakou. La méthodologie adoptée repose sur le prélèvement des eaux de 24 puits, l'analyse physico-chimique, et une enquête sociologique auprès de 144 ménages. L'Analyse de Correspondance Multiple (ACM), le test exact de Fisher, l'interpolation par krigeage et le modèle de superposition des cartes sont les méthodes de traitement des données collectées. L'ACM a permis de constater que la fluorose dentaire et la dysenterie sont relativement présentes à Dokparou et Bakpérou en raison de la consommation des eaux de puits. La fièvre typhoïde et les maux de ventre sont plus signalés à Woré, Camp Pionnier, Kobi Gourou et Arafat tandis que dans les autres localités les ménages estiment ne souffrir d'aucun mal en consommant l'eau de puits. Les coliques et la fièvre typhoïde signalées par les ménages sont significativement liées à la turbidité des eaux de puits qu'elles consomment (p-values égale respectivement à 0,001 et 0,0001). La superposition des couches des ions a montré que sur 23,70% de la commune de Parakou, les eaux de puits sont de qualité relativement mauvaise, sur 54,85% elles sont relativement de bonne qualité et sur 21,45 elles sont de très bonne qualité. Cette carte finale permet d'identifier les zones impropres à la réalisation des puits et permet de recommander les forages pour l'alimentation en eau potable des ménages concernés.

Mots clés : eau de puits, caractéristiques chimiques, SIG, Parakou, Bénin,

¹ Corresponding author: louismarc.sognon87@gmail.com

INTRODUCTION

Water is one of the most essential needs for life. About 0.3% of the water resources in the world are usable. Water is a very important required substance in order to sustain vital activities of human such as nutrition, respiration, circulation, excretion and reproduction. In addition, water is also a life space as well as being one of the basic substances in the formation of life environment. Water is essential in socio-economic activities as an invaluable resource in both developed and developing countries [1, 2, 3, 4]. However, the negative effects of global population increase, climate change impacts, and lifestyle changes are exerting growing pressures upon our vital water resources leading to higher degree of water composition and its contamination by various elements such as: bacteria, ammonia, nitrates and the chemical oxygen. Thus, water, which is the source of life, can be a serious threat to human and animal life as well as to the environment when it is contaminated by various pollutants that make it not good or usable for consumption [5]. Thus, the enumeration of bacteria, ammonia, nitrates and the chemical oxygen demand underground water downstream of a cemetery, reveal high concentrations of each of these contaminants near a cemetery, and their concentrations decrease with distance from graves [6]. Indeed, previous works carried out on underground water quality reported that these pollutants take their sources from geological, biological and anthropogenic, in particular from the infiltration of nitrates from wastewater, discharges from mineral industries and use of nitrogen and phosphate fertilizer in agriculture [7, 8, 9, 10, 11]. They can also be derived from lithological nature of the surface layer [8]; geological nature of the substrate which influences the pH of the water [12, 13, 14]; as well as the activity of certain bacteria (chlorothiobacteria, rhodothiobacteria, etc.) [15] which cause the sulfate level to fluctuate. As for ammoniacal nitrogen, it comes from nitrogenous organic matter and gas exchange between water and the atmosphere [16]. Regarding the sources of chloride contamination of deep waters, they are linked to the clay lithology of the main aquifer [17]. Industrial activities such as cement industry, led to pollution, especially manganese (Mn), of nearby well water [18]. With regard to the leachate which comes from the percolation of water and liquids in a waste zone or uncontrolled dump, mineral pollution is characterized by high conductivity with a low oxygen content [19, 20]. The presence of mercury in waters of a given area is often due to the effect of past and current gold mining activities carried out in the area [21]. The seasons also influence the concentration of contaminants in the water [22]. The concentration above national and international standards of all these contaminants in drinking water causes enormous health problems affecting juvenile layer [23]. Thus, the main problem is to be able to spatialize the types of contaminant in a region, based on appropriate interpolation and superposition methods, using the Geographic Information System. The linear interpolation model through kriging is used in the spatialization of continuous phenomena. The aim of this study is to spatialize chemical characteristics of well water in the commune township of Parakou.

MATERIALS AND METHOD

Presentation of the study environment: The present study has been carried out in the township of Parakou in the department of Borgou in Benin (fig 1). It is located between 2 ° 23'48" and 2°44'44" east longitude, then between 9°29'27" and 9°14'16" north latitude and covers an area of 56,470.31 ha. It is one of the three municipalities with special status in Benin after Cotonou and Porto Novo. The population is estimated to about 255,478 inhabitants with 46,181 households of average size 5.5 [24]. The climate of the study area is of sudanese type with average rainfall estimated at 1,200 mm per year [25, 26] which implies that the area is heavily watered which facilitate the flow and infiltration of water. The study area is entirely included in the large mass of syntectonic granite on which the tropical ferruginous soils are predominantly based, where the pedological processes are substantially identical [27].

Data used: The data used are the concentrations of chemical contaminants in well water as well as sociological data.

Data gathering: To determine the concentration of chemical contaminants in well water, sterilized plastic bottles were used to contain well water collected in order to perform physico-chemical analyzes. These analyzes were carried out in the water analysis laboratory of the Departmental Directorate of Water and Mines of Borgou. The concentrations of fluoride (F⁻), nitrate (NO₃⁻), chloride (Cl⁻) ions and pH are the parameters of particular interest in this study.

Based on software, a survey questionnaire has been implemented to gather sociological data such as: the perception of households on well water quality, associated use and the corollaries of the use of this water on health and material goods.

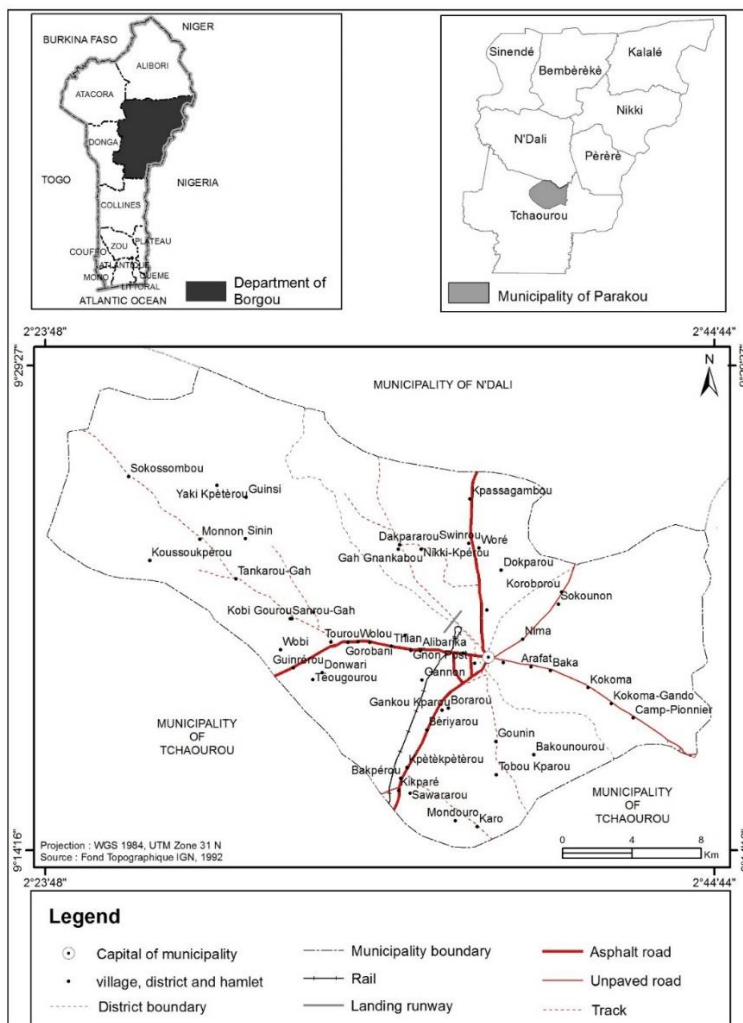


Figure 1 - Geographical location of the municipality of Parakou.

Data processing: The data collected was subject to statistical and cartographic processing. The factorial correspondence analysis was applied to determine the chemical contaminants and diseases associated with each neighborhood. The Chi-square test if the theoretical numbers are greater than 5, otherwise, Fisher's exact test is carried out to assess the link between the diseases reported by the populations surveyed and the state of the water they consume. The GIS software (ArcMap 10.3) was used for the spatialization of the results of the chemical analysis of the water. The kriging method [28] is a geostatistical technique which can be defined as a method of optimizing the estimation of a quantity which is distributed in space and measured on a network of points [29]. Kriging is used to perform spatial interpolation, that is to say, it makes it possible to predict the value taken by a natural phenomenon on a site, from point observations of this phenomenon. Spatial interpolation is a mathematical treatment that is sometimes useful when studying a natural phenomenon that continuously unfolds over a territory [30]. This method is used to spatialize the concentrations of chemical contaminants in well water at the level of Parakou township. The method of superimposing the layers of the different ions was used to bring out the most contaminated areas in terms of the number of ions whose concentrations are above the water potability standard set by the WHO.

Sampling: The SurveyMonkey formula was used to determine the sample of households surveyed.

$$n = \frac{\left(z^2 \cdot p \frac{(1 - p)}{e^2} \right)}{\left(1 + \frac{(z^2 \cdot p(1 - p))}{(e^2 N)} \right)} \tag{1}$$

(SurveyMonkey : [surveymonkey.com](https://surveyMonkey.com))

n = sample size; N = size of the population; e = margin of error (percentage in decimal form); z = dimension z; p = proportion of confidence level. The number of households in the commune of Parakou is 46,181. Taking the level of equal confidence of 85% and the margin of error of 6%, the size of the sample calculated is 144 distributed by locality in the table 1.

n = sample size; N = size of the population; e = margin of error (percentage in decimal form); z = dimension z; p = proportion of confidence level. The number of households in the commune of Parakou is 46,181. Taking the level of equal confidence of 85% and the margin of error of 6%, the size of the sample calculated is 144 distributed by locality in the table 1.

Table 1 - Distribution of households by locality.

Arrondissements	Numéro de maille	Localités	Effectifs par localités	Effectifs enquêté
1	1, 2,	Sokossombou	6	12
		Yaki Kpèterou	6	
1	3, 4	Guinsi	12	12
1	5, 6	Koussoukpérou	6	12
		Monnon	6	
1	7, 8	Tankarou-Gah	3	12
		Gah Gnankabou	3	
		Dakpararou	6	
3	9, 10, 11	Swinrou	3	18
		Woré	3	
		Nikki-Kpérou	6	
		Dokparou	6	
1	12, 13	Kobi Gourou	6	12
		Tourou	6	
1, 2	14, 15	Albarika	6	12
		Arafat	6	
2	16, 17	Nima	6	12
		Baka	6	
1	18, 19	Téougourou	6	12
		Bériyarou	6	
1, 2	20, 21, 22	Gounin	6	18
		Koloma	6	
		Camp-Pionnier	6	
1	23, 24	Bakpérou	3	12
		Kikparé	3	
		Karo	3	
		Tobou Kparou	3	
			Total	144

Spatial sampling was done by a regular band of 5 km apart (Figure 2).

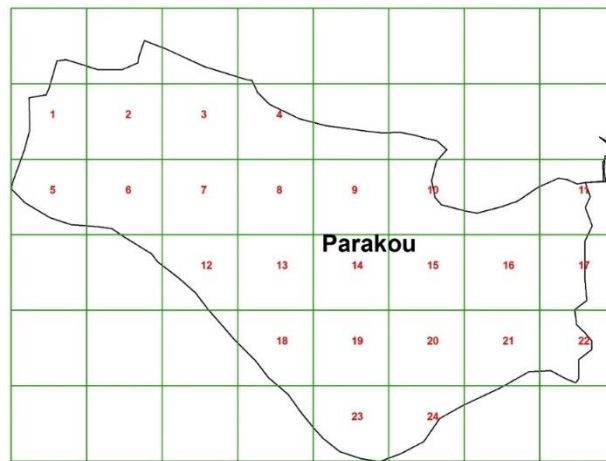


Figure 2 - Regular network of Parakou.

A well is selected from each of the meshes numbered from 1 to 24, for a total of 24 wells, and has been subjected to chemical analyzes.

RESULTS

Household perception of the quality of well water

Most households (97.48%) of respondents in Parakou township use well water in daily activities such as laundry, dishes, cooking as well as for bathing and 80.67% use it also for everyday consumption.

The taste of well water is perceived differently depending on the state of the water: whether it is acidic, basic, mild, neutral or brackish. Thus, nearly half of the population of Parakou township estimates the cost of their water from basic wells (fig. 3).

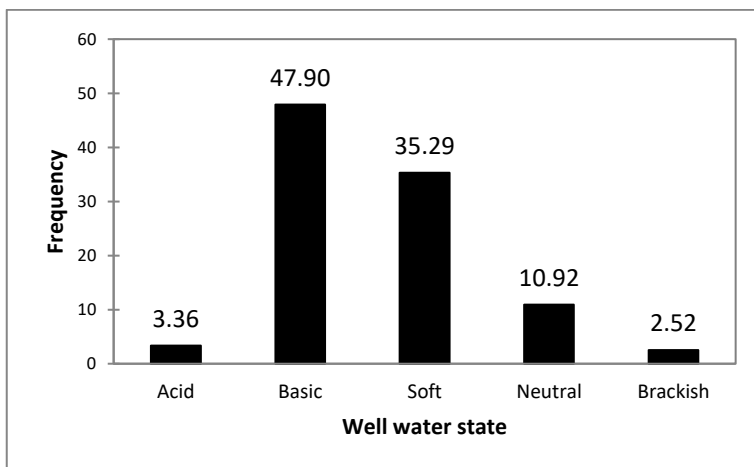


Figure 3 - Proportion of the assessment of the state of well water.

According to figure 3, 47.9% of the populations of Parakou township appreciate the taste of their well water as being basic and 35.29% find it sweet. The remaining appreciation are distributed between neutral, sour and

brackish tastes. This differentiation of tastes is explained by the diversity of the lithological nature of the surface layers of the earth's crust crossed by infiltrated water as well as the nature of human activities carried out around respective wells.

The populations surveyed also reported some diseases from which they suffered due to the consumption of well water. The Multiple Correspondence Analysis (MCA) showed that various ailments are linked to the villages and city districts of Parakou township (Figure 4).

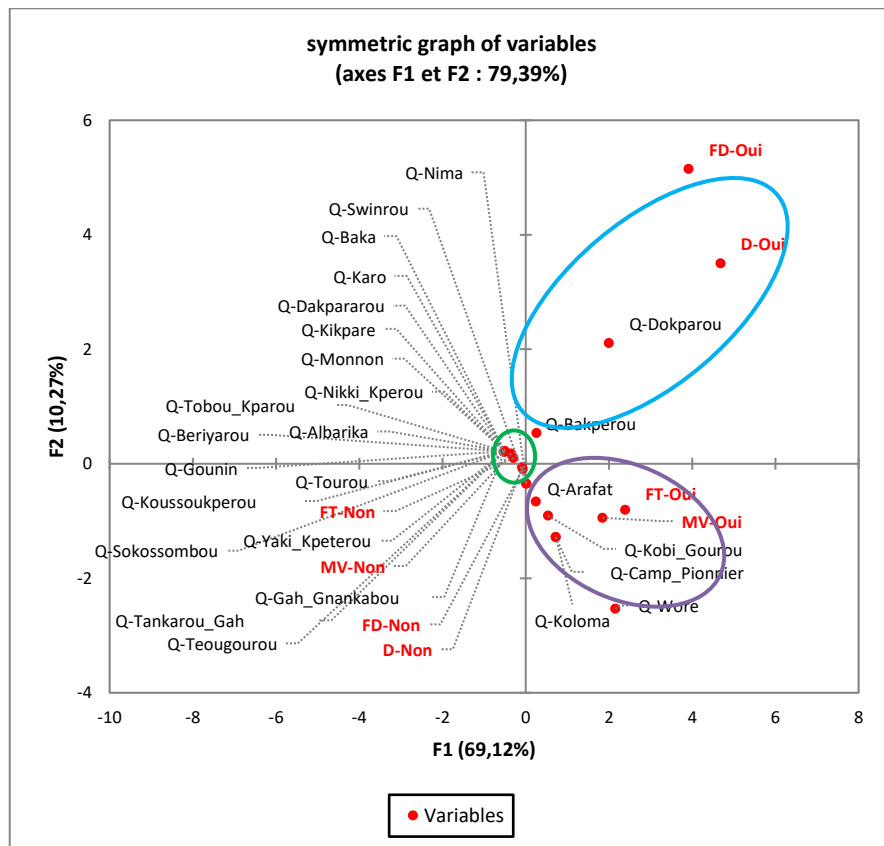


Figure 4 – ACM.

Figure 4 shows that dental fluorosis (FD) and dysentery (D) are relatively present in Dokparou and Bakpérou because of the consumption of well water. Typhoid fever (FT) and stomach aches (MV) are more reported in Woré, Camp Pionnier, Kobi Gourou and Arafat; while in other localities, people feel that they do not suffer any harm from consuming well water. The stomach aches and typhoid fever reported by the populations are significantly linked to the turbidity of the well water they consume (Fisher's exact test, p-values equal to 0.001 and 0.0001 respectively). As for dental fluorosis and dysentery, they are not significantly related to the turbidity of well water. However, not all of the diseases reported by the surveyed population are significantly related to: the acidity, basicity, neutrality and brackish state of the well water they consume.

Dissimilarity of well water

The well water collected from a sample of 24 wells was analyzed for physical and chemical properties. Among these properties we have: pH, temperature, conductivity, hardness, concentrations of nitrate, ammonium, fluorine, calcium, magnesium, chloride and bicarbonate ions. The dissimilarity analysis (Figure 5) was carried out these properties.

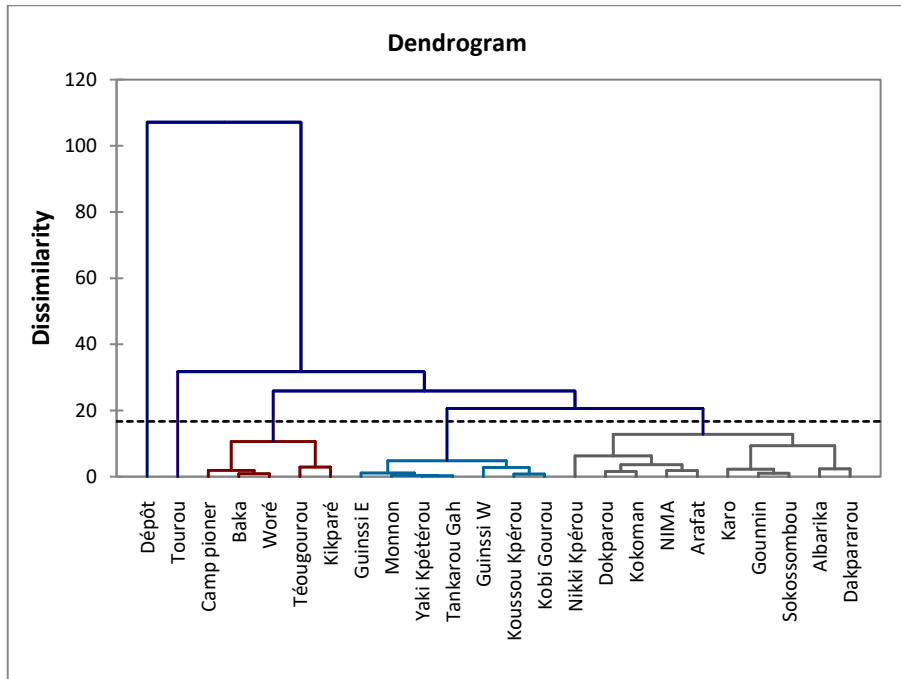


Figure 5 - Dissimilarity of the sampled waters.

Figure 5 shows five dissimilar classes from the 24 samples. The first class is composed of samples from Gounnin, Sokossombou, Karo, Nima, Dokparou, Kokoma, Arafat, Nikki Kpérou, Albarika and Dakpararou, while the second class is composed of samples from Depot, the third class is constituted of samples from Téoougourou, Kikparé, Camp Pionier, Kokoma, Baka and Woré, the fourth class samples comes from those of Tourou and the fifth class includes samples from Monnon, Guinssi E, Guinssi W, Yaki Kpétérou, Koussou Kpérou, Tankarou Gah and Kobi Gourou. It can be seen that almost all the localities of the third class are composed of localities reporting typhoid fever and stomach aches due to the consumption of well water. On the other hand, the second, fourth and fifth classes are composed of localities where populations do not seem to get sick from drinking well water. We noticed the opposite with the localities of Dokparou and Bakpérou which represent an eccentricity; but it is necessary to underline the case of the Depot district which represents a particularity due to the sulfuric acid contamination of the waters of the area. This acid comes from the sulfur storage of the Organization Commune Bénin-Niger (OCBN) which is located upstream and close to the neighborhood.

Spatialization of the chemical characteristics of well water

Results of physical and chemical analysis of sampled water show that only pH, nitrate, fluorine and chloride parameters are outside the WHO standard. These four parameters were the object of spatialization by kriging on the scale of the municipality of Parakou (Figure 6).

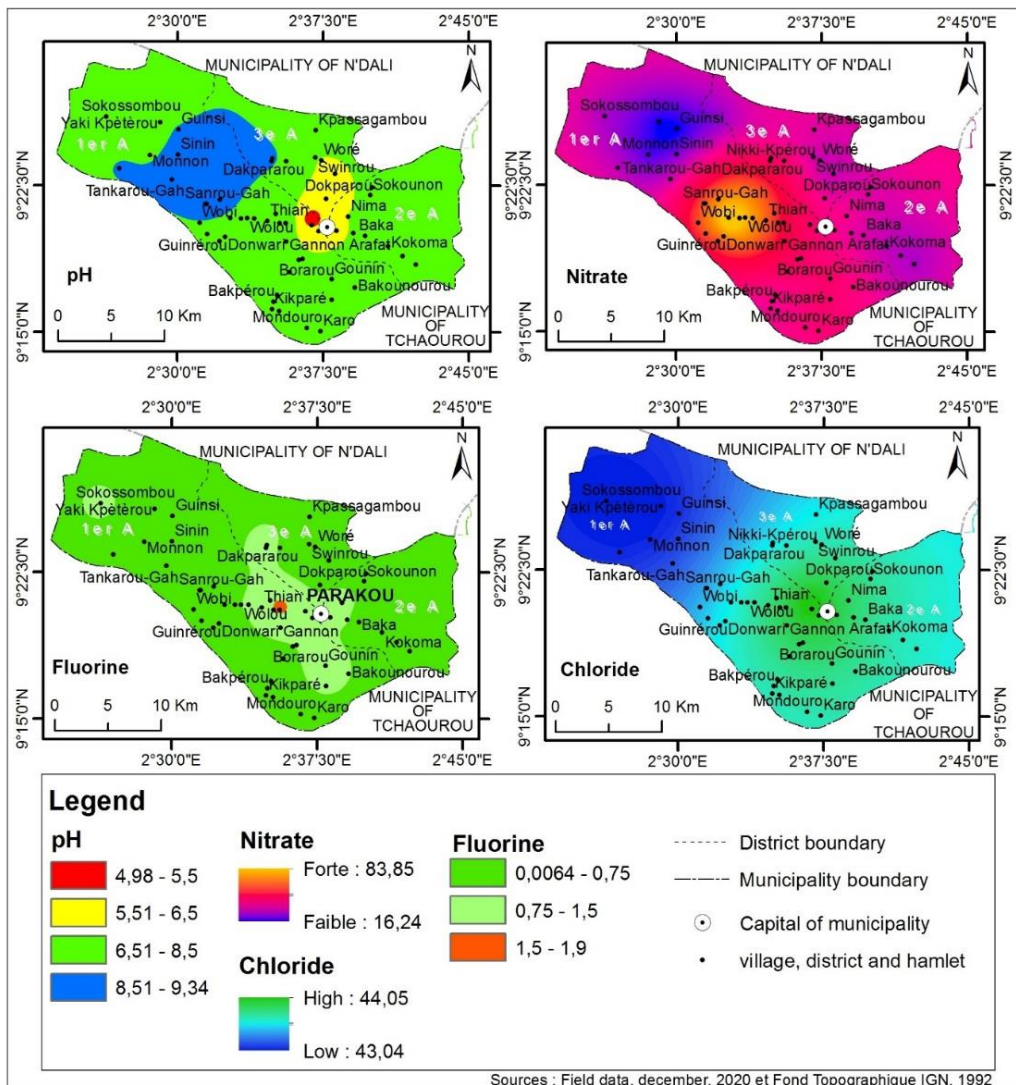


Figure 6 - Spatialization of the parameters considered at the Parakou scale.

The spatialization of the parameters considered presented by figure 6 indicates that at the level of the pH map the colors red and yellow ($4.98 < \text{pH} < 6.5$; acidic water) are the areas where the pH of the water from the wells is below the standard set by the World Health Organization (WHO). The color green ($6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$; relatively neutral water) occupies the space where the pH of well water is within the norm. The blue color ($8.5 < \text{pH} < 9.34$; basic water) is represented by the area occupied by wells whose water pH is above the WHO standard. The lowest values of the pH of well water are distributed approximately in the center of the municipality of Parakou, particularly in the Depot district where the $\text{pH} = 3.32$. This value is strictly low compared to all the values of the other samples. This is why this value is considered outlier by the kriging model and is generalized in the low range of between 4.98 and 5.5.

The spatialization map of nitrate ion concentrations (Figure 6) shows that the entire area of the municipality of Parakou contains wells with a nitrate ion concentration between 16.24 and 83.85 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$. This value is strictly

greater than 10mg.L^{-1} which is the tolerance threshold for the nitrate ion concentration in water. The highest values are located in the Tourou area.

The fluorine ion concentration spatialization map (figure 6) indicates that the orange color ($1.5 < [\text{F}^-] \leq 1.9$) represents the zone where the fluorine ion concentration is greater than the standard set by the WHO, at the risk of dental fluorosis. The green and light green colors are the areas where the ion concentration of the well water is within the norm.

The spatialization map of chloride ion concentrations (Figure 6) illustrates that all the wells in the municipality of Parakou are within the standard set by the WHO with $[\text{Cl}^-] < 250 \text{ mg.L}^{-1}$. However, the chloride ion parameter was taken into account because of the peculiarity of the sample from the Depot district, the chloride ion concentration of which is equal to 536.05 mg.L^{-1} , strictly greater than 250 mg.L^{-1} .

These four parameters considered were superimposed using a weighted superposition model in ArcGIS software following the graph shown in Figure 7.

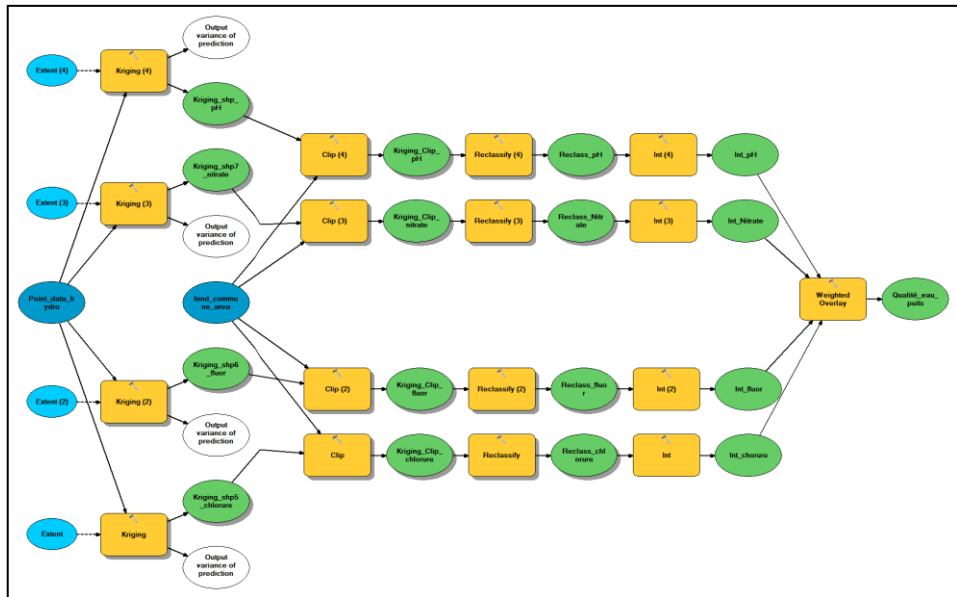


Figure 7 - Superposition model of the parameters considered.

After interpolation by kriging of the pH values and the concentrations of the ions considered, each of the maps generated was cut out, at the exact limit of Parakou township, then reclassified according to the WHO standard. These reclassified maps were superimposed to generate the final map of well water quality of Parakou township (figure 8).

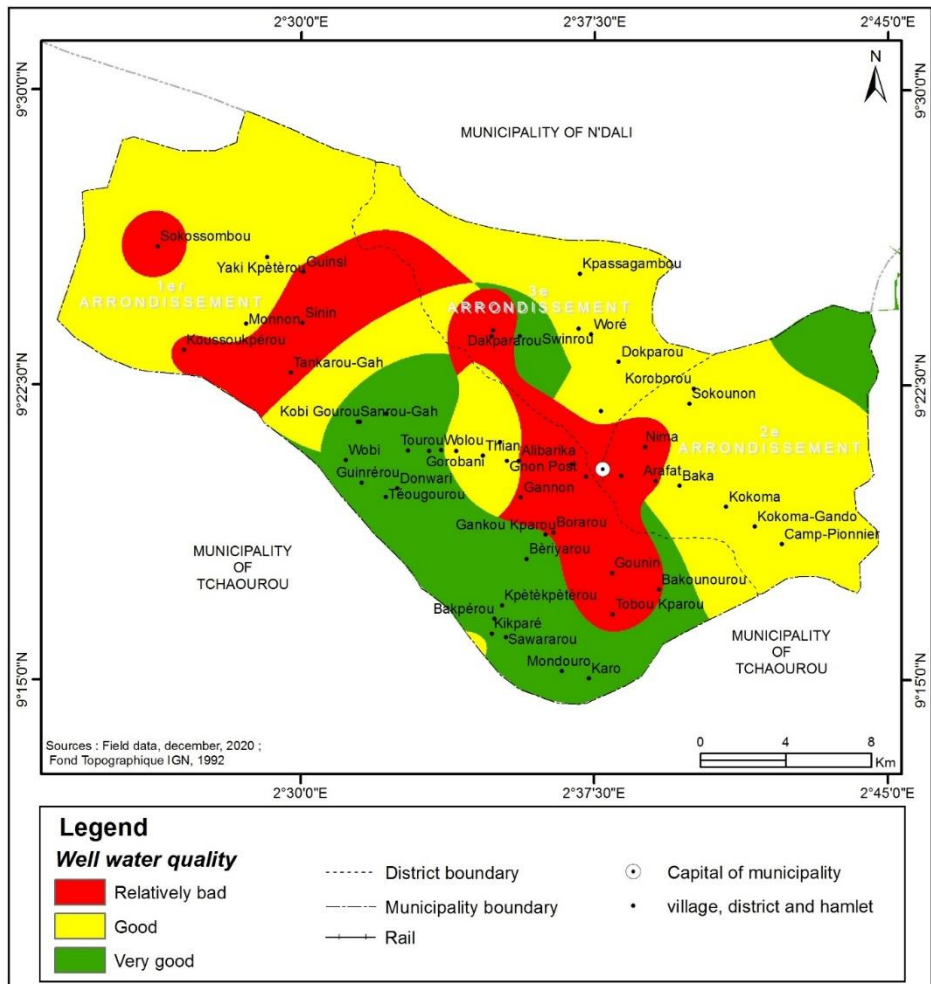


Figure 8 - Quality of well water in the municipality of Parakou.

According to figure 8, the color red (23.70% of the municipality) indicates areas where the quality of well water is relatively poor. The yellow color (54.85% of the municipality) illustrates the areas where the water from the wells is relatively of good quality. The green color (21.45% of the municipality) shows the areas where the well water is of very good quality.

Relatively poor quality well water is water whose pH and ion concentrations: nitrate, fluoride and chloride, are outside the WHO standard. Water of relatively good quality is water for which one or two of the parameters considered are out of the ordinary; while water of very good quality is water for which all the parameters considered are within the standard.

DISCUSSION

The perception of the populations of Parakou regarding the quality of well water is based on its acidity, basicity, smoothness, neutrality and brackish state. These assessments made by the population of the quality of the water are not based on the conclusions resulting from the work carried out using scientific measuring instruments, but rather based on the organoleptic characteristics, namely: the clarity of the water, its taste and smell [31]. These indicators allow them to assess water pollution and to link them to various diseases such as dental fluorosis,

dysentery, typhoid fever and stomach aches. Thus, results from this study, showed that stomach aches and typhoid fever reported by the populations are significantly related (Fisher's exact test, p-values equal to 0.001 and 0.0001 respectively) to the turbidity of well water. These results corroborate those of [32], study which revealed that 66.7% of households in the commune of Abomey-Calavi in Benin qualified the well water as polluted, and 71.7% affirmed that they present health risks.

The results of the chemical analysis of well water collected of Parakou township showed that all these waters have a nitrate concentration strictly higher than the WHO standard, as well as in Abomey-Calavi township [33]. These results are half-verified in rural areas of Grand-Popo and Pobè townships [34, 35] where 50% of the samples have a nitrate content higher than the standards indicated by WHO. In contrast, in the region of Meknes in Morocco, physico-chemical analysis showed that the wells studied have concentrations below the standards recommended by WHO [36]. This difference between study areas of the two countries is explained by the difference in level of development and the differential application of hygiene and sanitation texts within the two types of populations.

To assess the extent of the chemical properties of well water above the WHO standard, throughout the municipality of Parakou, a spatialization of the values of these was made as [37] to Western Côte d'Ivoire. But, the difference is at the level of the spatialized chemical properties. The pH values, nitrate, fluorine and chloride concentrations of the 24 wells studied were spatialized by interpolation using the kriging method. This method is also used to spatialize the concentration of nitrate in the irrigated perimeter of Doukkala in Morocco [38]. Regarding the result obtained in terms of spatialization of values, one pH draws attention, one from Depot district where the well water is acidic ($\text{pH} < 4$). This acidity comes from the infiltration of rainwater and runoff at the OCBN sulfur storage which is located upstream and close to the neighborhood. This result is consistent with that of [39] which states that infiltration is the main source of mineralization and pollution of underground water in the Mzamza community. Similar results come from the work of [40] who conclude that inputs of agricultural chemicals, through surface runoff to the water table, are the sources of well water contamination causing related diseases.

Finally, the four interpolated values were superimposed to generate a map of the well water quality at the scale of Parakou township. The result obtained shows that 23.7% of the municipality has poor quality water. This percentage is three times higher than one from a study carried out in the irrigated area of Doukkala in Morocco, revealing a quality ranging from bad to very bad in the vast majority of the wells analyzed, i.e. 75.53% of cases [38].

CONCLUSION

Water quality is extremely important for the continuation of life. Water is life. Through the present study we were able to have the perception of households on the quality of well water and to categorize it according to the similarity of wells water of the different localities of Parakou township. This study spatialize the chemical characteristics of well water by categorizing the cartographic result according to the WHO potability standard. According to household perception, based on taste and sight, well water can be classified into acidic, basic, soft, neutral, and brackish water. Diseases caused by the consumption of well water are linked to certain localities including Bakpèrou, Dokparou, Arafat, Kobi Gourou, Camp Pionnier, Kokoma and Woré. There is significant evidence that typhoid fever and stomach aches are related to the turbidity of the water consumed. The 24 wells were classified into five dissimilar classes. The Dépôt district is particularly visible with its acidic well water ($\text{pH} < 4$) due to the storage of sulfur near and upstream of the district. The pH, the concentrations of nitrate [NO_3^-], fluorine [F^-] and chloride [Cl^-] ions are out of the ordinary in well water in Parakou township depending on the locality. The superimposition of the layers of these water properties showed that 23.70% of the municipality has a relatively poor quality of well water; 54.85% represents areas where well water is of relatively good quality and 21.45% includes areas where well water is of very good quality. The results presented in this article are useful for well construction projects in order to identify suitable areas for the construction of good quality water wells or to know what treatment to bring to make potable water from poor quality wells or "opt for the construction of boreholes instead of wells. Therefore, every decision and every step to be taken on water is vital. It is extremely important. In our opinion, man is at the center of nature. However, we cannot talk about a situation such as the separation of man and nature.

References

- [1] Danielopol, D., L., Griebler, C., Gunatilaka, A. and Notenboom, J. 2003. Present state and future prospects for groundwater ecosystems. *Environmental Conservation*, 30(2), 104-130.
- [2] Gibert, J., Culver, D., C., Daniel Lopo L, D., L., Griebler, C., Gunatilaka, A., Notenboom, J., and Sket, B. 2007. Groundwater ecosystems: human impact and future management. pp. 30-44 in: *Aquatic ecosystems: Trends and Global Prospects*, N.V.C. Polunin (ed.), Cambridge University Press, 512 pages.
- [3] Amin, N., C., Lekadou, K., S., Attia, A., R., Claon, J., S., Agbessi, K., and Kouadio, K., I. 2008. Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'adduction publique de huit communes en Côte d'Ivoire. *J.sci.pharm.biol.*, 9(1).
- [4] Lagnika, M., Ibikounlé, M., Mazou, F., Sakiti, N. and Boutin, C. 2014. Diversité faunistique et qualité physico-chimique de l'eau des puits à Parakou (Bénin, Afrique de l'Ouest), *Bull. Soc. Hist. Nat.* : 150, 59-72.
- [5] Bakouan, C., Guel, B., and Hantson, A.-L., 2017, Caractérisation physico-chimique des eaux des forages des villages de Tanlili et Lilgomdè dans la région Nord du Burkina Faso - Corrélation entre les paramètres physico-chimiques, *Afrique SCIENCE* 13(6), 325-337.
- [6] Schrap, W., 1972, Die Bedeutung der filtereigenschaften des bodens für die anlage von friedhöfen. *Mitteilungen Deutsche Bodenkundl.*
- [7] Bermond, R., et Perron, C. 1979, Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement Paris, 259 page.
- [8] Boualla, N., Saad, F., H., 2011, *Sci. Lib.* Edit. Mersen : 3, 1-10.
- [9] Aka, N., Bamba, S., B., Soro, N., Larhys. 2013, *Journal* 16. 31-52.
- [10] Brahimi, A., A. Chafi, 2014, Etude écotoxicologique de l'oued Za et de son affluent Oued Tizeghrane (Basse Moulouya, Maroc Oriental), *J. Mater. Environ. Sci.* 5(5), 1671-1682.
- [11] Dimane, F., Haboubi, K., Hanafi, I., El Himri, A. 2017. Impact Des Facteurs De Pollution Sur La Qualité Des Eaux De La Zone Aval De La Vallée De L'oued Nekor (Al-Hoceima, Maroc), *European Scientific Journal January*, 13(3), 43-60.
- [12] Dussart, B. 1966. Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier-Villars, Ed., Paris. Scientifique concernant l'état de l'environnement, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa.
- [13] Bermond, R. and Vuichard, R., 1973, Paramètres de la qualité de l'eau, Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, Paris, France, 179 pages.
- [14] N'Guettia, G., K., Mangoua, J., M., O., Aboua, N., K., Douagui, A., G., and Gone, L., D. 2019. Caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines du bassin versant de la Baya, Est Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(1), 574-585
- [15] HCFLCD. 2006. Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201 pages.
- [16] Chapman, D. et Kimstach, V. 1996, Selection of water quality variables. Water assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, 59-126.
- [17] Sandao, I., Hassane, Saley, A., K., Gambo Haladou M. B., Maman, M., M., and Ousmane, B. 2019. Teneur en Fluor dans les eaux souterraines et ses impacts dans l'alimentation en eau des populations du Nord-Ouest de la Région de Zinder, Niger. *Afrique SCIENCE*. 15(5), 340 - 351
- [18] Dimé, A., K., D., Diouf, G., Sarr, M., M. and Fall, M. 2020. Caractérisation physico-chimique de la nappe phréatique située dans une zone à forte pollution industrielle : cas de la commune de Rufisque, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.* : 35, 163-174.
- [19] Moumouni, W., A., R., Zanguina, A., Chaibou, Yacouba, A., R., Chaibou, Ousmane, M., I., and Guero, Y. 2020. Évaluation de la pollution générée par le lixiviat du centre d'enfouissement publique de Koubia, Niamey-Niger, *Afrique SCIENCE* 17(3), 176-184
- [20] Merbouh, Ch., Belhsaien, K., Zouahri, A., Ioune, N. 2020. Evaluation De La Qualité Physico-Chimique Des Eaux Souterraines Au Voisinage De La Décharge Contrôlée Mohammedia-Benslimane : (Étude Préliminaire). *European Scientific Journal* 16(6), 455-470
- [21] Djade, P., J., O., Traore, A., Koffi, K., J., T., Keumeane, K., N., Soro, G., and Soro, N. 2020. Evaluation du niveau de contamination des eaux souterraines par les éléments traces dans le département de Zouan-Hounien (Ouest de la Côte d'Ivoire), *Journal of Applied Biosciences* : 150, 15457-15468
- [22] Gbamélé, K., S., Konan, K., S., Kouassi, K., L., Brou, L., A. 2020. Evaluation de la Contamination Chimique des Eaux Souterraines par les Activités Anthropiques : Cas de la Zone d'Ity-Floleu Sous-Préfecture de Zouan-Hounien, Ouest de la Côte d'Ivoire, *European Scientific Journal*, édition 16(6), 247-274.
- [23] Moussima, Y., D., A., Tiemeni, A., A., Zing Zing, B., Jokan, N., T., L., L., Aboubakar, A., Nzeket, A., B., Fokouong, T., B., H., and Mfopou, M., Y., C. 2020. Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines et risques sanitaires dans quelques quartiers de Yaoundé VII, Cameroun, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14(5), 1902-1920
- [24] INSAE. 2016. Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Bénin en 2013, 83 pages.
- [25] Djohy, G., L., Edja, A., H., Nouatin, G., S. 2015. Variation climatique et production vivrière : la culture du maïs dans le système agricole péri-urbain de la commune de Parakou au Nord-Bénin. *Afrique Science*, 11(6), 183-194.
- [26] Djohy, G., L. 2017. Stratégies d'adaptation des maraîchers face à la dépletion des ressources en eau dans un contexte de changements climatiques dans la Commune de Parakou (Nord-Bénin), *Ann. UP, série Sci. Nat. Agron. Hors-série* : 1, 59-65

- [27] ORSTOM, 1965, Les sols de la rigion de Parakou (Nord-Dahomey), Cotonou, 183 p.
- [28] Deutsch, C., V., Journel, A., G. 1992. Geos tatistical Software Library and User's Guide, Oxford University Press.
- [29] Ionescu A., Mayer E., Colda I., 1996, Méthodes mathématiques pour estimer le champ de concentration d'un polluant gazeux à partir des valeurs mesurées aux points dispersés, *Pollution atmosphérique*, 78-89.
- [30] Baillargeon, S. 2005. Le krigeage : revue de la théorie et application à l'interpolation spatiale de données de précipitations, mémoire de Maitrise, Université de Laval, Québec, 137 pages.
- [31] Yoro B. M., Ehui P. J., Silue D. 2016, Perceptions de la qualité de l'eau et risques de transmission de la schistosomiase chez les populations rurales du Tonkpi (cote d'ivoire), *Rev Afr Anthropol, Nyansa-Pô* : 20, 177-191
- [32] Bio, Worou, N. 2020. Perceptions des ménages sur la qualité de l'eau de puits dans la commune d'Abomey-Calavi au Bénin. Faculté des sciences économiques, sociales, politiques et de communication, Université catholique de Louvain, Prom. : Fabio Berti.
- [33] Dégbey, C., Makoutode, M., Ouendo, E.-M., Fayomi, B., De Brouwer, C. 2008. La qualité de l'eau de puits dans la commune d'Abomey-Calavi au Bénin, *Environnement, Risques & Santé* –7(4), 279-283
- [34] Makoutode, M., Assani, A., K., Ouendo, E.-M., Agueh, V., D., Diallo, P. 1999. Qualité et mode de gestion de l'eau de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous-préfecture de Grand-Popo, *Médecine d'Afrique Noire* : 1999, 46(11), 528-534
- [35] Lagnika, M., Ibikounlé, M., Montcho, J.-P., C., Wotto, V., D., Sakiti, N., G. 2014. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè, Benin, *Journal of Applied Biosciences* :79, 6887-6897.
- [36] Belghiti, M., L., Chahlaoui, A., Bengoumi, D., El Moustaine, R. 2013, Etude de la qualité physico - chimique et bacteriologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de meknès (maroc), *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680 : 14, 21-36.
- [37] Yao, K., S., A., and Ahoussi, K., E. 2021. Application des méthodes statistiques multivariées à l'étude hydrochimique des eaux souterraines dans un environnement minier du Centre - Ouest de la Côte d'Ivoire : cas du Département de Divo. *Afrique SCIENCE*, 18(4), 53-68
- [38] Rahoui M., Soudi B. & Id Ahmad F., 2000, Situation actuelle de la pollution nitrique des eaux souterraines dans le périmètre irrigué des Doukkala. *Séminaire 'Intensification agricole et qualité des sols et des eaux'*, Rabat, 121-134
- [39] El asslouj, J., Kholtei, S., El, amrani-Paaza, N., and hilali, A., 2006, Impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux souterraines de la communauté Mzamza (chaoula, maroc), *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 20(3), 309–321.
- [40] Bachabi, A., A., Agbon, A., C., Issa, M., S., et Boko, M., 2020, Impacts De La Production Du Coton Conventionnel Sur La Qualite Des Eaux Dans Le Bassin Versant De L'alibori Au Benin, *European Scientific Journal* 16(6), 435-454.

Impact of Climate Change on Water and Health

Gaaloul Nouredine¹, Saeid Eslamian², Rim Katlane³, Meriam Gaaloul⁴

¹ University of Carthage, National Research Institute of Rural Engineering, Water and Forestry, LR 16INRGREF02, LR Valorization of Unconventional Waters, 17 rue Hédi Karray, BP no. 10 Ariana 2080, 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;

⁴ Faculty of Architecture La Cambre Horta - ULB (Université Libre de Bruxelles)

Abstract

Detection and measurement of health effects of climate change are necessary to provide evidence on which to base national and international policies relating to control and mitigation measures.

Unequivocal evidence of health effects, and accurate measurements of their size, can come only from hard data. However, climate varies naturally as well as through human influences and in turn is only one of many determinants of health. There must be careful consideration of how best to collect and analyse information that will provide secure evidence of climate change impacts.

In this paper, we consider how monitoring may help provide evidence of early health impacts, examining the principles on which monitoring should be based, potential sources of monitoring data, and discussing issues in the analysis and interpretation of such data. There is a complex relationship between climate change and health. Detecting and quantifying impacts on health will be gained only through broad scientific effort rather than individual monitoring studies.

Key Words: Water, Health, Climate Change,

Impact du changement climatique sur l'eau et la santé

Résumé

La détection et la mesure des effets du changement climatique sur la santé sont nécessaires pour fournir des preuves sur lesquelles fonder les politiques nationales et internationales relatives aux mesures de contrôle et d'atténuation.

Des preuves sans équivoque des effets sur la santé et des mesures précises de leur ampleur ne peuvent provenir que de données concrètes. Cependant, le climat varie naturellement ainsi que par les influences humaines et, à son tour, n'est qu'un des nombreux déterminants de la santé. Il faut examiner attentivement la meilleure façon de collecter et d'analyser les informations qui fourniront des preuves sûres des impacts du changement climatique.

Dans cet article, nous examinons comment la surveillance peut aider à fournir des preuves d'impacts précoces sur la santé, en examinant les principes sur lesquels la surveillance devrait être basée, les sources potentielles de données de surveillance et en discutant des problèmes d'analyse et d'interprétation de ces données. Il existe une relation complexe entre le changement climatique et la santé. La détection et la quantification des impacts sur la santé ne seront obtenues que par un effort scientifique général plutôt que par des études de suivi individuelles.

Mots clés : Eau, Santé, Changement Climatique, .

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

INTRODUCTION

Climate change is now accepted as a reality and is being recognised as a serious environmental threat by international organizations, some governments, the policy makers and scientists. Scientists have improved their understanding of climate system and present us with evidence of creditable threat about such a change. Mathematical models have been used and these models have performed well in reproducing historical trends of the past, which creates confidence in future projections in response to greenhouse gas emissions and concentrations. However, these climate projections on their own do not define the potential risks of climate change. These risks are manifested through the exposure and tolerance of natural and human systems and their capacity to adapt to the change. One of the aims of this book is to examine the impacts of climate change, to enable us to be better prepared to adapt to these changes.

Climate change impacts every aspect of human life, including economic (because of changes in natural systems and resources availability), long term prosperity. While climate change variability and disasters associated with it are an additional burden to sustainable development, particularly in developing countries. We also know that impact of climate change is regional based. Africa will be the worst hit continent, where the increase in temperature is expected to be more than global average in spite of the fact that their contribution of greenhouse gases is minimal.

Change in climate also has an impact on health and trends. This might change or prolong the pollen season impacting people with allergies, indoor environment due to more heating or cooling will have an impact on the health of the people, there might be change in UV radiations impacting health of people etc. Climate change will also have an impact on vector borne diseases as well as water and food borne diseases. With increase in temperature, mosquitoes and ticks are creeping up on latitude (i.e. spreading in geographical areas where they did not exist before thus expanding the map for say West Nile and Dengue into North America and other places), change in precipitation is also changing the map of Malaria spread (in some cases with persistent drought breeding grounds for parasite has disappeared while Malaria has spread to newer places), also seasonal variation influences presence of pathogens such as Salmonella (i.e. higher temperatures provide ideal ground for growth of pathogens) leading to increased incidences of water and food borne diseases. Change in precipitation patterns will also link into agriculture, food security and availability of nutritious food (Based on Vardoulakis and Heaviside 2012).

Global warming has accelerated in the recent years; while the past 100 years saw an increase of about 0.75°C, the rate of increase of temperature in the past 25 years has been over 0.18°C per decade. The warming has been observed more over land than oceans. This rise in temperature is leading to sea-levels rise, glaciers melt and changes in precipitation patterns (for example from 1900 to 2005, precipitation has increased in eastern parts of North America, northern Europe, northern and central Asia and southern Europe while it has declined in southern Africa, parts of southern Asia, the Sahel, and the Mediterranean). In general, extreme weather events are increasing in terms of their frequency and intensity.

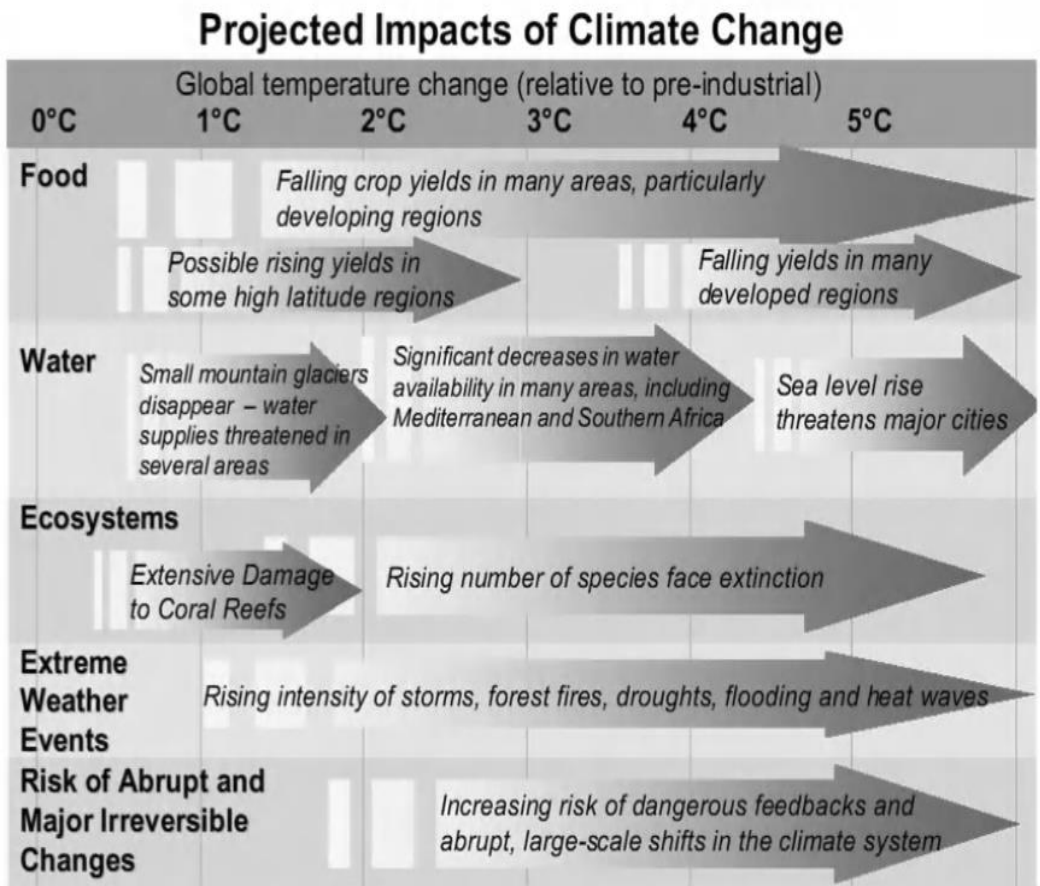
Impact of climate change is on both freshwater resources and also on oceans in terms of acidification, coral reef bleaching. A change in ocean acidity is likely to reduce the ocean's capacity to absorb CO₂ from the atmosphere, thus compounding the effects of climate change, and will affect the entire marine food chain. Also, large-scale, irreversible system disruption and the destabilization of the Antarctic ice sheets are serious risks: changes to polar ice, glaciers and rainfall regimes have already occurred.

Climate change causes significant effects on water resources availability and management. It also causes significant effects on groundwater recharge and storage. Since groundwater is a key element in the global hydrologic cycle, more attention should be paid to the effects of climate change on recharge. Furthermore, climate change affects the physico-chemical quality of water resources (surface waters and groundwaters). Climate change affects the quality of water resources through various ways such as bio-chemical processes, acidification, salinization, etc. Generally, it is expected that climate change will reduce the physico-chemical quality of water resources. Development of a tool to assess the global change effects on water resources (based mainly on climate models) would greatly help decision makers and water resources companies in their long-term planning and in the development of adaptation strategies. (Haj-Amor and Bouri, 2020).

IMPACT OF CLIMATE CHANGE

Since climate change is severely affecting the availability of water and its quality, it also poses a direct challenge to health: water-borne, water wash and vector related diseases are spreading to wider geographical areas posing challenges to both the existing health system and safe water supply. Southern countries and vulnerable people, but also poor people in industrialized countries have been the main victims and suffering the most from both climate-induced physical impacts (temperature and sea-level rise, precipitation change, increase in the number and intensity of natural hazards such as drought, heat waves, storms and floods and societal effects (famine, food protests, diseases, migration) (UNESCOWWAP,2009).

It can be seen in Fig. 1 that as the temperature rises, the impact gets more severe. For example, in case of food: a slight or one degree rise might raise yield in some places at higher altitudes, while any further rise will affect in developing countries.



Source: Stern Report

Figure 1. Projected impacts of climate change. Source: Stern Report

Usually, predictions of temperature rise are a global average; essentially temperature will increase in some parts more than the others. Even one degree temperature rise will have an impact on water systems, small glaciers, ecosystems and crops (affecting food security).

Regional impacts of climate change at places will be more than global average. For example, models of climate change predict that in the U.S. annual-mean temperatures might rise by 2°C to 3°C over the next 100 years, however northern regions will experience a greater increase of up to 5°C and some places such as northern Alaska might also see an increase of up to 10°C. Related to this increase in temperature other changes are also expected, such as in the U.S. precipitation, is predicted to continue to increase overall. Some GCMs predict a 20 percent increase for northern North America, a 15 percent increase in winter precipitation for northwestern regions, and a general increase in winter precipitation for central and eastern regions. Models predict a 20 percent decrease in summer precipitation, especially for southwestern regions, and a general decrease in summer precipitation is projected for southern areas. Although, there are predictions that precipitation will increase in most regions, yet there will be net decreases in water availability in those areas due to offsetting increases in evaporation (Adams and Peck, 2008).

Besides impact on climate and health, climate change will also impact movement of people (increasing climate change refugees, also discussed by Santa-Barbara in her chapter), agriculture (food security), energy and industries (because of variation in availability of water). The direct supplyside effects of climate change outlined previously, including increased water scarcity, flooding, accelerated glacial melting and rising sea levels, have the potential to accelerate human migration.

Agriculture is by far the largest consumer of freshwater. Globally, about 70 percent of freshwater is used in irrigated farming, and far greater volumes of water are used in rainfed agriculture. Although average temperatures are predicted to increase more dramatically in the northern hemisphere, the changes in temperature-dependent agriculture will be felt more significantly in developing regions because of their heavy reliance on small-scale farming, dependence on rainfed agriculture, a fragile infrastructure and limited capacity to respond to emergencies. Many African communities will be at risk, particularly subsistence farmers with low incomes in sub-saharan Africa. This will essentially impact income of these small farmers, as increased droughts may exacerbate poverty levels and increase vulnerability of these people. The United Nations scientists warned in 2005 that one in six countries are facing food shortages because of severe droughts that could become semi-permanent.

National communications report that climate change will cause a general decline in many subsistence crops, for example sorghum in Sudan, Ethiopia, Eritrea and Zambia; maize in Ghana; millet in Sudan; and groundnuts in Gambia. Africa already accounts for a large proportion of the total additional people at risk of hunger as a result of climate change; by the 2080s it may account for the majority. Also, changing temperature, precipitation, humidity, rainfall and extreme weather-related incidents will make food security more complex. For example, studies in countries such as Mali and Nepal suggest that by 2050, 72 percent of the population could face serious food shortages. (Accenture, 2011).

Current climate variabilities already present serious challenges for food security in many developing countries. Rural based populations in countries that rely on rainfed-agriculture and primarily depend on subsistence farming systems are especially vulnerable. In general, water scarcity can limit food production and supply, putting pressure on food prices and increasing countries' dependence on food imports.

CLIMATE CHANGE AND WATER SECURITY

Water security and climate change are only two of the major problems humankind is facing at present, and they will continue to be so for decades to come. However, important as they are, there are many other critical problems the world will have to confront for the rest of the 21st century. Most of these problems are now known, but there may be some black swan incidents, such as Covid-19, which are unexpected and may occur in the coming decades. If so, these could make the global situations even more complex than anticipated at present.

Climate, increased temperature, and water contamination have been found to be associated with many previous global outbreaks (Harvell et al., 2002; Daszak et al. 2000; Epstein, 1999). An example is the Rift Valley fever outbreaks in East Africa during the years 1950–1998. The rift valley fever is a viral disease, common in domesticated animals in sub-Saharan Africa. The origin of the outbreak was in sub-Saharan Africa, and in 1977, it spread in Egypt through infected livestock trade. Rift Valley fever can also pose potential health risks to humans. The direct and indirect contact with infected animals was the main reason for transmission from livestock to humans (WHO, 2018). Multiple studies have been conducted to understand the potential linkages between climate and outbreaks, and in this case, the relationship between temperature and outbreaks was noticeable (Epstein, 1999). During warm seasonal weather increased cases of the fever were observed. This pattern of increased fever cases and warm weather continued for many decades.

An important global issue for many decades has been the steady increase in the global population. The current global population of some 7.95 billion is expected to rise to 9.7 billion by 2050 and to 11 billion by 2100 (UN Population Division, 2019a). Additionally, in 2020, 56.15% of the global population lived in urban areas. This is estimated to increase to 68% by 2050, and to 85% by 2100 (UN Population Division, 2019b). It will mean that, increasingly, larger percentages of the global population will be concentrated in and around urban areas. This will undoubtedly put growing and serious strains on reliable and affordable supplies of food, energy, water and all other natural resources, as well as on the environment. In addition, ready availability of public health and all other forms of social services, including housing, education and transportation, for the rest of this century, will continue to be important challenges which all countries will have to face.

According to the IPCC's Fourth Assessment Report, Africa's warming trend will be 1.5 times the global mean (Eriksen et al., 2008). Climate models project an increase in global temperatures of between 1.4 and 5.8°C by 2100 and between 3 and 4°C for Africa (IPCC, 2007). Evidence of Africa's changing climate already exists: during the last century, the continent as a whole warmed by 0.7°C and the maximum temperature experienced in some regions increased by as much as 3.5°C (Magrath, 2006). Temperature increases can also be seen through melting glaciers (Perkins, 2009) and shifting ecosystems.

For Africa, the IPCC (2007) predicts that northern Sahara, Mediterranean Africa, and southern Africa will experience a decrease in rainfall, whereas East Africa is likely to have an increase. The global models do not consider vegetation and dust aerosol feedbacks, and El Nino Southern Oscillation (ENSO), one of the key controlling factors for rainfall in Africa, is also not adequately represented (Hulme et al. 2001). These discrepancies create a level of uncertainty.

The models of the Sahel, the Guinean coast and southern Sahara have produced particularly conflicting results. Climatic changes are not uniform and are strongly influenced by localized variables, climatic zones and elevation across the continent.

Overall, the impact of climate change on freshwater resources across Africa is expected to be negative. More areas will be under water stress due to net reductions in rainfall and higher temperatures causing melting glaciers and increased evaporation of surface water. By the 2020s and 2050s, an additional 75–250 million and 350–600 million Africans, respectively, are expected to live in areas of water stress (Arnell 2004 as quoted in Bates et al. 2008). Even areas experiencing increased rainfall will contend with higher evaporation rates, more intense events, and an increased variability in the timing of onset and distribution of rains. The drier ground and high evaporation means that less runoff will reach rivers and surface water will have little time to replenish aquifers.

In southern Africa, climate models predict a 30 percent reduction in runoff for a 2°C increase in global temperatures and 40–50 percent reduction for a 4°C increase (Stern 2007). At the same time, warmer ocean temperatures will result in more intense rainfall events. In areas where soil becomes quickly saturated, runoff will

create flash floods. While the net increase would likely improve water security in developed countries, most African countries lack the necessary infrastructure to harvest and store water from these events for use during the dry periods.

Warmer temperatures, changing rainfall patterns, and more frequent extreme events will take a toll on the lives and livelihoods of the African population. Infectious diseases are likely to spread at higher rates and to new areas, while water-wash and water-borne diseases will increase with both higher and lower than normal water availability. Severe malnutrition will likely worsen and water scarcity will affect all aspects of health

The impacts of climate change in Africa will certainly place additional pressure on existing vulnerabilities. However, the complex relationships between social, economic, political and environmental factors in Africa means that equating increasingly poor health solely on climate change is irresponsible and inaccurate. Population growth, political instability, international trade standards are just some examples of factors placing the African population at risk.

It is estimated that by 2025, 21 countries in Africa will be subject to water stress or scarcity (Bates et al. 2008). This will increase the number of people without access to potable water, which currently affects two thirds of the rural population and one quarter of the urban population in Africa (Magrath 2006). Access to adequate potable water means that individuals should have reliable access to a supply of 20L water per day from a source less than 1 km away (WHO 2011). Lasage et al. (2008) note that in dry periods women and children can walk up to 20 km in search of water. Time spent fetching water impacts health by limiting time for other activities, such as farming, income generation and domestic duties. In addition, the long distances and heavy loads are often responsible for burning up to 85 percent of a women's daily calorie intake (UNDP, n.d).

The human development report (Watkins 2006) describes poor access to water and sanitation as “a polite euphemism for a form of deprivation that threatens life, destroys opportunity and undermines human dignity.” Water is not only essential for survival but as discussed above there is considerable evidence that changes in the distribution and abundance of water will increase the transmission of both water-borne and vector-borne disease and have a considerable influence on food security. Approximately 3,900 children die every day as a result of contaminated water sources. Other diseases such as trachoma and scabies, albeit inconclusively, have also been associated with lack of water and associated impacts on proper hygiene (Pruss et al. 2002)

Incidences of extreme events are not limited to the increased frequency of floods and droughts, sea level rises will be accompanied by increased storm surges, saltwater intrusion, coastal erosion and flooding (Dasgupta et al. 2009). The IPCC (2007) predicts that storms and cyclones will change their paths and become more intense with higher wind speed and heavier rainfall. Coastal ecosystems, such as coral reefs and mangroves, which are vital for coastal protection and fisheries, are being impacted by saltwater intrusion, sedimentation and increased wave action. The IPCC (1998) estimated that 60 percent of mangrove areas in Senegal have been lost due to a combination of factors including increased water and soil salinity.

According to the Stern Report (2007) inundation and coastal erosion is expected to place millions at risk around the African coastline. Changes in temperature and precipitation will threaten existing biomes and biodiversity. Shifts of 25–35 km have been noted in the Sahel, Sudan and Guinean ecological zones due to declining rainfall, and half of sub-humid and semi-arid southern Africa is at risk of desertification (Bates et al. 2008). In addition to ecosystem shifts, diminishing ecosystem function will threaten water quality, waste assimilation and carrying capacity. The majority of Africans depend directly on the environment for their livelihoods and food intake, meaning that ecosystem shifts and other likely impacts of climate change are predicted to severely impact population health (Fig. 2).

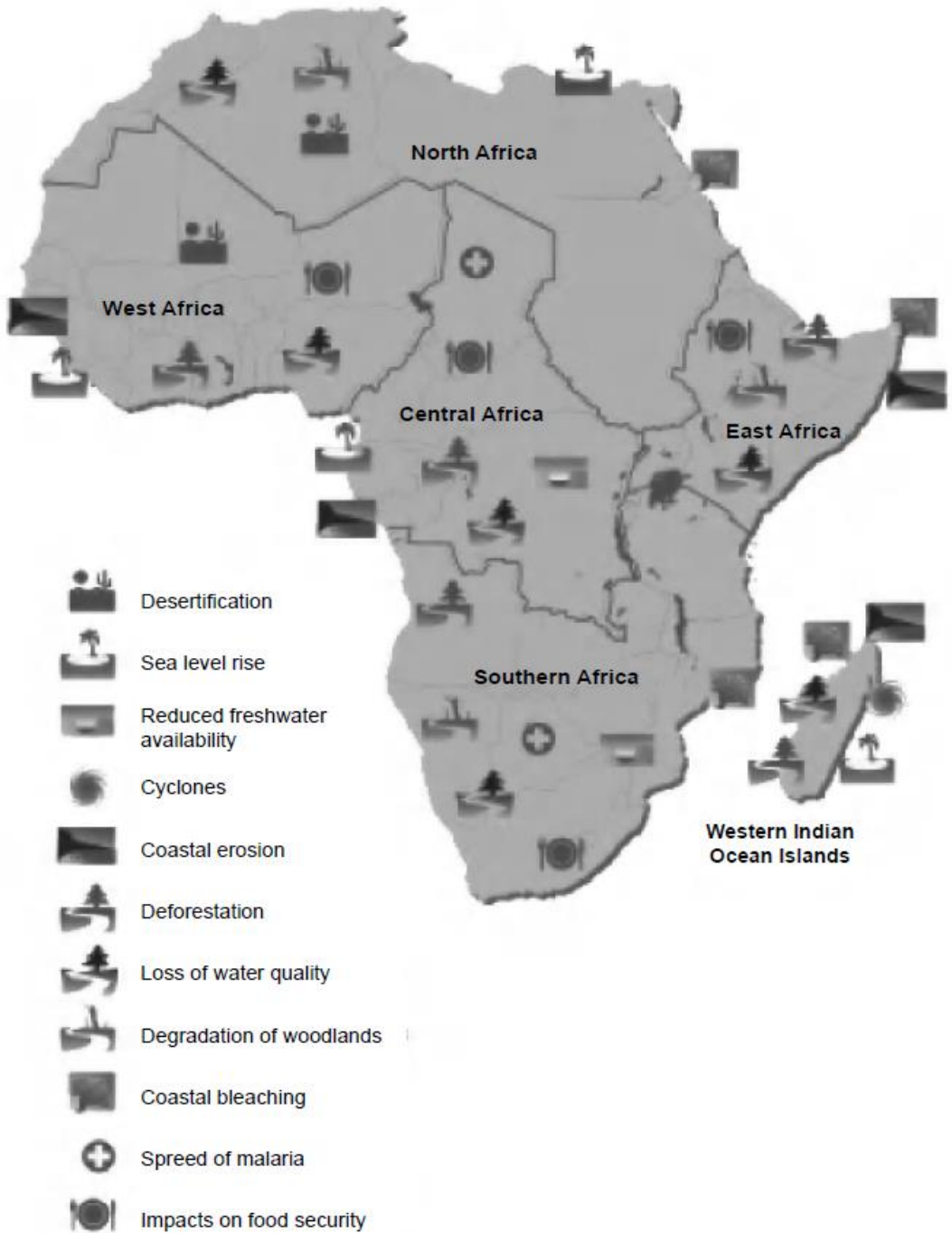


Figure 2. Climate change vulnerability in Africa. Source: UNEP, 2002 as sourced from Simms and Reid, 2005

CLIMATE CHANGE AND HEALTH

The greatest health impact of climate change will be borne by the poor (mainly in developing countries, but also in developed countries) who are already facing a host of health- related problems due to socio-economic conditions. Kofi Annan (President, Global Humanitarian Forum) introduced the Human Impact Report Anatomy of a Silent Crisis noting that, “the first hit and worst affected by climate change are the world’s poorest groups. Ninety-nine percent of all casualties occur in developing countries. A stark contrast to the one percent of global emissions attributable to some 50 of the least developed nations”.

As shown in the Fig. 3, climate change will impact us in different ways: by changing regional weathers and extreme weather conditions i.e. too much or too little rainfall, higher temperatures leading to heat waves causing illnesses and death, especially of vulnerable people, worsening air quality due to smog, increasing water and food-borne diseases etc.

The IPCC report shows that the impact of climate change on health issues will be mainly negative (Fig. 4). For example, in case of malaria, it will spread to more regions including higher altitudes because of favourable conditions due to change in climate (also shown in Fig. 5).

With the change in temperature and precipitation pattern spread of malaria will vary (since the spread of disease is directly related to the amount of precipitation and temperature for mosquitoes to thrive): in some areas the geographical range of the disease will contract while in the other areas it will expand and even the season when it is transmitted might change. There is a direct co-relation between higher minimum temperatures and incidences of malaria outbreaks, which has been shown in case of Ethiopia. Countries such as Senegal, for example, has seen a 60 percent drop in malaria cases in the past 30 yr because of reduced precipitation. However, in areas where temperatures are rising in the traditionally cool climates and higher latitudes, these areas will become more suitable reproductive habitats for the mosquitoes spreading malaria. In other places already warm zones may also see an increase in mosquito populations. Although, countries such as Senegal have seen a decrease in malaria incidences, it has returned to some places such as central and northern South America, most of Asia, some Mediterranean countries and much of the former USSR. Study estimates show that by 2080, approximately 260–320 million more people are likely to be affected by malaria.

The IPCC report (Parry et al. 2007) also predicts that malnutrition will be negatively impacted by the change in climate (Fig. 2), which is expected if agriculture will be impacted by change in precipitation threatening food security. Even today malnutrition is one of the most serious global health problems (FAO and WHO), about 178 million children globally are stunted and 1.5 million die annually from wasting, both important indicators of malnutrition. According to the IPCC report (Parry et al. 2007) there is an 80 percent cent chance that climate change will increase malnutrition and consequent disorders (Accenture, 2011).

Climate change will also have an impact on air quality, especially in cities, which will exacerbate the urban heat-island effect and increase the number of smog days and issues related to smog. Poor air quality is also known to cause respiratory health problems. The IPCC report (Parry et al. 2007) and other studies have shown that there will be an increase in cardio-respiratory morbidity and mortality associated with ground-level ozone (Accenture, 2011).

The IPCC reports (Parry et al. 2007) predict that there will be an 80 percent chance of increase in mortality and morbidity due to climate change related Extreme Weather Events (EWEs). In 2007, 95 percent of the 16,000 global fatalities from EWEs could be directly attributed to climate change. Because of the change in temperature and precipitation patterns, EWEs have changed in frequency and intensity.

As discussed in the IPCC report (Parry et al. 2007), impact of climate change on health will include spread of endemic and epidemic infectious diseases, water-borne diseases and vector-borne diseases. As temperatures change mosquitoes spreading diseases will move to higher latitudes where they did not exist before. For example, West Nile and dengue have crept up in North American provinces.

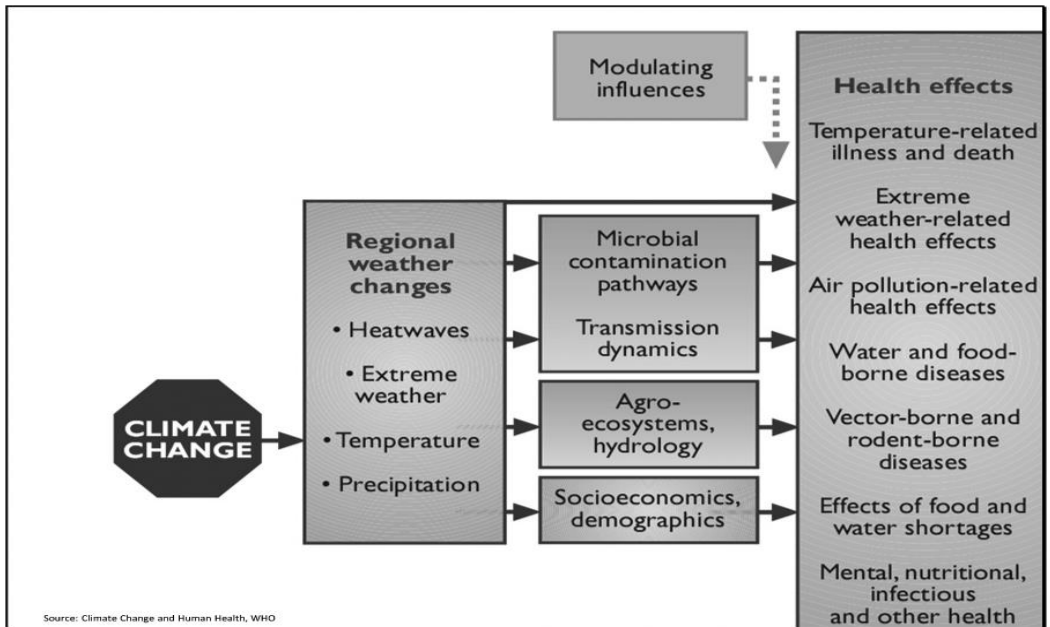
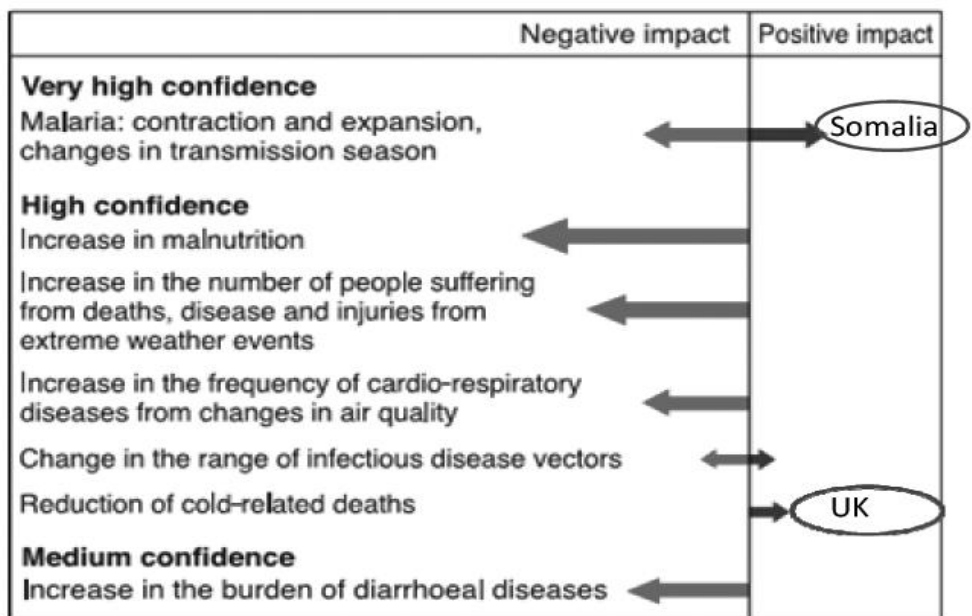


Figure 3. Impacts on climate change on health. Source: McMichael 2003



Source: IPCC

Figure 4. Direction and Magnitude of Change of Selected Health Impacts of Climate Change. Source: Parry et al. 2007

Climate Change and Malaria



Figure 5 Climate Change and Malaria. Source: Accenture 2011

Fig. 6 below shows the global spread of dengue with change in climate (and temperature). As discussed earlier, change in temperatures will have an impact on water availability, timing and precipitation patterns. Disasters resulting from such changes will cause both droughts and floods, including loss of water availability from glaciers. The resultant impacts on health will also be highly significant, and these impacts are also among the more reliable paths for assessing potential risks

A potentially lethal disease that affects 50 million people a year

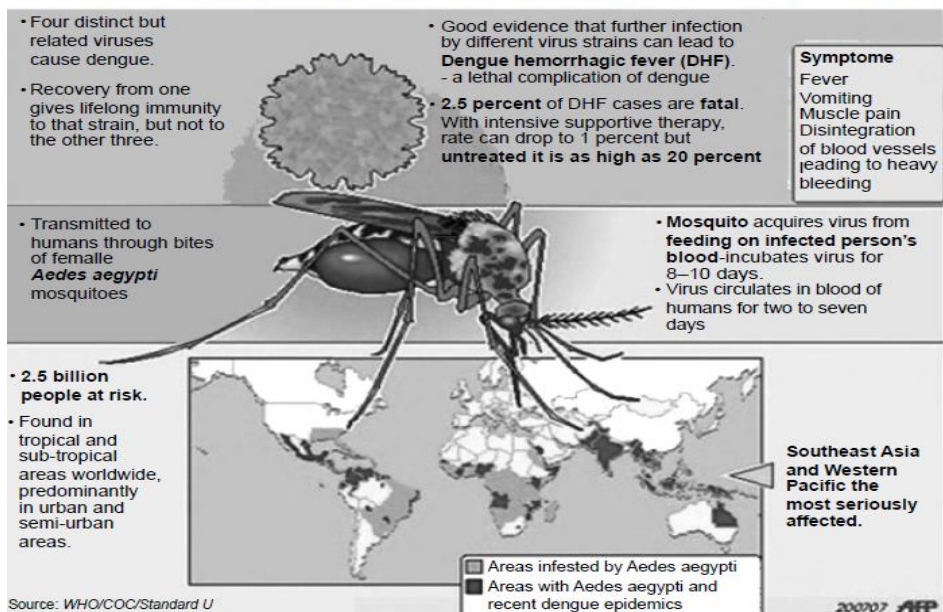


Figure 6. Global Spread of Dengue Fever

CONCLUSION

Climate change has exacerbated, and will continue to exacerbate, diseases and ill health amongst all the people of the world – but particularly the poor and the vulnerable. The health sector is known to be one of the major contributors towards the greenhouse gas emissions causing the climate crisis, the greatest health threat of the 21st century. The advent of COVID-19 has thrown a glaring light on the interconnectedness of health and environment, bringing into stark relief the urgency needed for stringent climate action. While climate change does impact everyone, the impacts will not be borne equally or fairly. The most vulnerable, including low-income communities, women, indigenous peoples, the elderly and children, will bear the brunt of climate impacts.

For the first time in history, the United Nation's 2030 Agenda for Sustainable Development (Sustainable Development Goals; SDGs) now legally acknowledges commitment to a sustainable future for all countries. This commitment puts agricultural systems under pressure—the twin challenge is to provide an ever-growing human population with sufficient and nutritious food, while facing environmental limits and climate change. With the escalating degradation of freshwater resources, a sustainable transformation of global farming is unattainable without a revolution in agricultural water use. To explore pathways towards sustainable food and water security in the “Anthropocene” of the 21st century, this special issue invites original contributions related to the fields of food system resilience, agriculture and climate change, on-farm water management, irrigation transitions, water resources sustainability, eradication of hunger and attainment of nutrition security, agricultural sector climate change adaptation and mitigation, and related topics.

Climate change is happening; no one is debating that fact anymore even though the reasons for change in climate (i.e. natural or anthropogenic) might be still debatable! Natural hazards are increasing as can be observed from floods, famine and intensity and number of hurricanes in the U.S., increased famine in Africa. This is not only causing loss of property, but is also increasing diseases (in the affected areas) and adding to the economic burden.

Availability of fresh water has always been an important factor impacting human population and civilizations. However, with the growth of population and economy, the pollution from anthropogenic activities is degrading the quality of water. The degradation in water quality is affecting the health of mankind and ecosystem. It is benign to understand the water quality parameters impacting the human health for judicious management of water quality

Climate change directly impacts the health of patients and communities. The interdependence between climate change and healthcare represents a unique opportunity for the healthcare sector to reduce climate change as well as combat it. The healthcare sector can be an example to other sectors by aggressively embracing climate-smart strategies, and using its collective voice for climate action at the policy level. The path taken by the healthcare facility affects the wellbeing of a community at large. Healthcare workers need to be sensitised about climate change and its associated impacts through the appropriate capacity-building interventions, so that they in turn can educate the community. When it comes to carbon-neutrality, going green and adopting climateresilient strategies, the leadership level of a healthcare facility needs to lead from the front.

Climate change leads to significant challenges for the health sector as it brings additional health concerns, demanding a concrete response from the sector. Climate change impacts health systems in various ways – infrastructural damage due to extreme flooding and precipitation, the rising burden of diseases, and disrupted supply chains leading to shortages of drugs and other medical commodities, to name a few. Health systems must be robust in order to meet increasing demands, and resilient so that they may survive the impacts of climate change. As healthcare providers and healthcare facilities are on the frontline, they need to be appropriately strengthened. In poorer countries, the already weak human resource structures and inadequate financing for health could stretch the health system to breaking point unless they undergo preparation to become climate-resilient.

References

- [1] Accenture. 2011. Climate change and Health: Framing the Issue. Accessed from http://nstore.accenture.com/acn.com/PDF/Accenture_Climate_Change_and_Health.pdf
- [2] Adams, R.M. and D.E. Peck. 2008. Effects of Climate Change on Water Resources, Choices, 2008, 23(1) accessed from <http://www.choicesmagazine.org/2008-1/theme/2008-1-04.htm>
- [3] atkins, K. 2006. Human development report 2006. Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis. United Nations Development Programme, New York, NY.
- [4] Bates, B., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J. Palutikof (eds.). 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva.
- [5] Bates, B., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J. Palutikof (eds.). 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva
- [6] Dasgupta, S., B. Laplante, S. Murray and D. Wheeler. 2009. Sea-Level Rise and Storm Surges [Policy Research Working Paper 4901]. The World Bank- Development Research Group-Environment and Energy Team, Washington, D.C., United States.
- [7] Daszak P, Cunningham AA, Hyatt AD (2000) Emerging infectious diseases of wildlife—threats to biodiversity and human health. *Science* 287:443–449
- [8] Epstein PR (1999) Climate and health. *Science* 285:248–347
- [9] Eriksen, S., K.O'Brien and L. Rosentrater. 2008. Climate Change in Eastern and Southern Africa: Impacts, Vulnerability and Adaptation. Global Environmental Change and Human Security Project, Oslo, Norway.
- [10] Haj-Amor, Z., Bouri, S.2020. Climate change impacts on coastal soil and water management Boca Raton, FL : CRC Press/ Taylor & Francis Group, 2020
- [11] Harvell CD, Mitchell CE, Ward JR, Altizer S, Dobson AP, Ostfeld RS, Samuel MD (2002) Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science* 296:2158–2162
- [12] Hulme, M., R. Doherty, T. Ngara, M.G. New and D. Lister. 2001. African Climate Change: 1900–2100. *Climate Research* 17: 145–168
- [13] IPCC. 1998. The regional impacts of climate change—an assessment of vulnerability. A special report of Intergovernmental Panel of Climate Change WGII. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- [14] IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contributions of the Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge
- [15] Lasage, R., J.Aerts, G.-C.M Mutiso and A. de Vries. 2008. Potential for community-based adaptation to drought: Sand dams in Kitui, Kenya. *Physics and Chemistry of the Earth* 33: 67–73.
- [16] Magrath, J. 2006. Africa: Up in Smoke 2. New Economics Foundation and International Institute for Environment and Development, London, United Kingdom
- [17] McMichael, A.J., D.H. Campbell-Lendrum, C.F. Corvalan, K.L. Ebi, A.K. Githeko, J.D. Scheraga and A. Woodward. 2003. Climate change and human health : risks and responses. WHO 2003 accessed from <http://www.who.int/globalchange/publications/climchange.pdf>
- [18] Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson [eds.] 2007. Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [19] Perkins, Sid. 2009. Mount Kilimanjaro's Glaciers Could Soon Vanish. *Science News* accessed from <http://www.usnews.com/science/articles/2009/11/02/mount-kilimanjaros>
- [20] Pruss, A., D. Kay, L. Fewtrell and J. Bartram. 2002. Estimating the Burden of Disease from Water, Sanitation and Hygiene at a Global Level. *Environmental Health Perspectives* 110(5): 537–542.
- [21] Stern, N. 2007. The economics of climate change. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- [22] UN Population Division. (2019a). World urbanization prospects: The 2018 revision. Department of Economic and Social Affairs, United Nations. <https://digitallibrary.un.org/record/3833745?ln=en>
- [23] UN Population Division. (2019b). 2019 revision of world population prospects. Department of Economic and Social Affairs, United Nations. <https://population.un.org/wpp/>
- [24] UNDP. (n.d.). Gender and Poverty. United Nations Development Programme, New York, U.S. http://www.undp.org/poverty/focus_gender_and_poverty.shtml
- [25] UNESCO-WWAP. 2009. Climate Change and Water—An Overview from the World Water Development Report 3: Water in a Changing World, A United Nations World Water Assessment Programme Special Report. Water Aid, Climate Change and water Resources. 2007, accessed from http://www.wateraid.org/documents/climate_change_and_water_resources_1.pdf
- [26] Vardoulakis, Sotiris and Clare Heaviside. Health Effects of Climate Change in the UK 2012: Current evidence, recommendations and research gaps. Health Protection Agency. Sep 2012
- [27] World Health Organization (WHO). 2011. Health through safe drinking water and basic sanitation. World Health Organization, Geneva. http://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/en/index.html
- [28] World Health Organization (WHO). 2018 Rift valley fever. <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/rift-valley-fever>.

JOURNAL INTERNATIONAL

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

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

Volume (vii) - Numéro 2 – Juin 2022

E_{au} - S_{anté} - C_{limat}'2022



Impacts du Changement Climatique sur l'Eau,
les Ecosystèmes et la Santé Humaine

Rédacteur en Chef : Pr Nouredine Gaaloul

Publié par :

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



Comité Scientifique International (CSI-EC'2022)

Nouredine Gaaloul
Hamadi Habaieb
Zouhaier Nasr
Mohamed Hachicha
Zouhaier Hlaoui
Adel Kharroubi
Rachid Boukebina
Nouredine Hamdi
Taoufik Hermassi
Mohamed Habib Sellami
Hechmi Belaid
Rim Katlane
Ibrahima Amadou Traoré
Mohamed Meddi
Azgédine Hani
Larbi Djabri
Salah Eddine Ali Rahmani
Saadane Djorji
Mohammed Achite
Abdelhalim Yabiaoui
Mohamed Bessenasse
Benabadi Noury
Abdelsamad Merzouk
Beloulou Laroussi
Abdelhalim Yabiaoui
Gnergazj Saadia
Gwendouz Abdelhamid
Khonaldia Wacila
Belkacem Bekkoussa
Ali Essablaoui
El Oualdi Abdelhadi
Abdellah El Hmadi
Imad Manssouri
Abdelmajid Moumen
Mhamed Anyay
Abdelaziz Abdallaoui
Nadia Lahlou
Amadou Thierno Gaye
Soussou Sambou
Diop Ngom Fatou
Abdoulaye Faty
Soro Nagnin
Gnamba Franck Maxime
Soro Nagnin
Cush Ngonzo Luwesi
Koussouhon A. Leonard
Koumassi Dégla Hervé
Hamma Yacouba
Harouna Karambiri
Lienou Gaston
Gnandi Kissao
Hamadoun Bokar
Salina Sanou
Saeid Eslamian
Amadou Gaye
Richard Anyah
Benjamin Lamptey
Ageel Al-Adili
Moumtaz Razack
Lucila Candella
Fotis K. Pliakas
Andreas Kallioras
Christoph Schüth
Jean-François Delège
Meriam Gaaloul

Prof. Université de Carthage – IRESA - INRGREF (Tunisie)
Prof. Université de Carthage – IRESA - INAT (Tunisie)
Prof. Université de Carthage – IRESA- INRGREF (Tunisie)
Prof. Université de Carthage – IRESA- INRGREF (Tunisie)
Prof. Université de Tunis - Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis (Tunisie)
Prof. Université de Gabès – ISSTEG (Tunisie)
M.Conf. Université de Gabès – ISSTEG (Tunisie)
Prof. Université de Gabès – ISSTEG (Tunisie)
M.Conf. Université de Carthage – IRESA - INRGREF (Tunisie)
M.Conf. Université de Jendouba – IRESA- ESIM (Tunisie)
M. Assistant, Université de Jendouba -IRESA- ESIM (Tunisie)
M.Conf. Université de la Manouba - Faculté des Lettres, des Arts et des Humanités (Tunisie)
Expert Hydrogéologue
Prof. ENSH, (Algérie)
Prof. Univ. Annaba (Algérie)
Prof. Univ. Annaba (Algérie)
Prof. Univ. des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (Algérie)
Prof. Université de Annaba (Algérie)
Prof. Université de Chlef (Algérie)
Prof. Université de Bechar (Algérie)
Prof. Université de Saad Dablab- Blida (Algérie)
Prof. Université de Tlemcen (Algérie)
Prof. Université de Tlemcen (Algérie)
Prof. Université Badji Mokhtar, Annaba (Algérie)
M.Conf. Univ. Bechar (Algérie)
M.Conf. Université de Biskera (Algérie)
M.Conf. Université de Blida1 (Algérie)
M.Conf. Université de Souk-Abras (Algérie)
M.Conf. Université Mustapha Stambouli de Mascara (Algérie)
Prof. Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
Prof. Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
Prof. Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
Prof. Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
Prof. Université Nadour (Maroc)
Prof. Université de Fès (Maroc)
Prof. Université Moulay Ismail (Maroc)
M.Conf. Université Mohamed V' Rabat (Maroc)
Prof. Université Cheikh Anta Diop, Dakar, (Sénégal)
Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Sénégal)
Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Sénégal)
Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Sénégal)
Prof. UFR STRM (Cote d'Ivoire)
Prof. UFR STRM (Cote d'Ivoire)
Prof. UFR STRM (Cote d'Ivoire)
Prof. Univ. Dem. Rep. (Congo)
Prof. FLLAC/ UAC (Congo)
Prof. LACEEIDE/ UAC (Bénin)
Prof. 2iE (Burkina Faso)
Prof. 2iE (Burkina Faso)
Prof. Univ. Yaoundé (Cameroun)
Prof. Univ. Lomé (Togo)
Prof. Univ. ENI-abt (Mali)
Pan African Climate Justice Alliance (Kenya)
Prof. Université de Isfahan (Iran)
Prof. CR4D (Ethiopia)
Prof. CR4D (Ethiopia)
Prof. CR4D (Ethiopia)
Prof. Univ. Technology (Iraq)
Prof. Université de Poitiers (France)
Prof. Univ. Catalonia (Spain)
Prof. Univ. Thrace (Greece)
Prof. Univ. Athens (Greece)
Prof. Tech.Univ. Darmstrad (Germany)
Prof. Univ. de Liège (Belgique)
Faculty of Architecture La Cambre Horta - ULB (Belgique)

Préface



Journée mondiale de la santé 2022 : Notre planète, notre santé.

Sommes-nous capables de repenser un monde où chacun a accès à un air pur, à l'eau et à la nourriture ?

Un monde dans lequel les économies privilégient la santé et le bien-être ?

Où les villes sont vivables, et où les populations ont la maîtrise de leur santé et de celle de la planète ?

Chaque année pour cette date, un thème est choisi qui met en évidence un domaine de préoccupation prioritaire pour l'OMS. Face à la pandémie actuelle, à une planète polluée et à une incidence croissante

des maladies, le thème de la Journée mondiale de la santé 2022 est Notre planète, notre santé. Cet appel de l'OPS, de l'OMS et de leurs partenaires présente une opportunité unique pour une reprise verte et saine après la pandémie de COVID-19, qui place la santé des individus et de la planète au centre des actions et favorise un mouvement pour créer des sociétés axées sur le bien-être. Au cours des dernières décennies, les améliorations apportées aux services de santé, à la protection de l'environnement, au développement économique et à d'autres facteurs ont conduit à des améliorations de la santé des populations dans toute la Région des Amériques. Néanmoins, on estime qu'un million de décès prématurés par an sont attribuables à des risques environnementaux évitables connus. La pollution de l'air, l'eau contaminée, l'assainissement inadéquat, y compris la gestion des déchets solides, les risques liés à certains produits chimiques dangereux et les impacts négatifs du changement climatique sont les menaces environnementales les plus pressantes pour la santé publique dans la Région. Ces menaces pour la santé publique sont aggravées par de faibles pratiques de gouvernance et des inégalités potentielles en matière de santé, ainsi que par un leadership, une expertise et des ressources limités dans le secteur de la santé. Cependant, ce thème de Notre planète, notre santé devrait nous rappeler avec force que la résolution de bon nombre de ces problèmes dépasse la compétence exclusive du secteur de la santé et, par conséquent, une réponse efficace exigera l'intervention de l'ensemble du gouvernement, et approches globales de la société.

Eau | L'eau est indispensable à la vie, pourtant des millions de personnes vivent sans elle.

- 771 millions de personnes – 1 sur 10 – n'ont pas accès à l'eau potable.
- Près de 1,5 fois la population des États-Unis vit sans raccordement à l'eau domestique.
- La crise de l'eau est le 5^e risque mondial en termes d'impact sur la société, annoncé par le Forum économique mondial en janvier 2021.
- 122 millions de personnes dépendent des eaux de surface, comme une rivière, pour satisfaire leurs besoins de base.
- Des millions de personnes font plusieurs voyages chaque jour pour aller chercher de l'eau. 282 millions de personnes passent plus de 30 minutes à chaque fois.

Assainissement | L'accès à des toilettes permet aux personnes dans le besoin de disposer de temps, de santé, de sécurité et d'intimité.

- 1,7 milliard de personnes – 1 sur 4 – n'ont pas accès à des toilettes.
- À l'échelle mondiale, 46 % des personnes n'ont pas accès à un assainissement géré en toute sécurité.
- 494 millions de personnes – 6 % de la population mondiale – déjeunent à l'air libre.
- Plus de personnes ont un téléphone portable que des toilettes.

Santé + hygiène | L'accès à l'eau potable et à l'assainissement contribue à l'amélioration de la santé.

- De meilleurs services d'eau, d'assainissement et d'hygiène pourraient sauver la vie de 297 000 enfants de moins de 5 ans chaque année.
- Près d'un million de personnes meurent chaque année de maladies liées à l'eau, à l'assainissement et à l'hygiène.
- Toutes les 2 minutes, un enfant meurt d'une maladie liée à l'eau.
- 160 millions d'enfants souffrent de retard de croissance et de malnutrition chronique liés à l'eau et à l'assainissement.
- 2,3 milliards de personnes dans le monde - 3 sur 10 - n'ont pas accès à de l'eau et du savon pour se laver les mains à la maison.
- Le manque d'eau de base, d'assainissement et d'accès à l'hygiène est connu pour contribuer à la diarrhée, la troisième cause de décès infantile dans le monde.
- La réalisation de l'accès universel à l'eau potable et à l'assainissement pourrait réduire les maladies mondiales jusqu'à 10 % par an.

Changement climatique | Les personnes vivant dans la pauvreté sont particulièrement vulnérables aux effets des changements climatiques.

- Les personnes vivant dans la pauvreté sont particulièrement vulnérables à l'impact du changement climatique en raison de leur dépendance à l'égard de systèmes d'approvisionnement en eau et d'assainissement instables, de protections institutionnelles plus faibles et d'un accès limité au financement.
- Le changement climatique affecte l'eau et l'assainissement, et les services d'eau et d'assainissement contribuent au changement climatique en raison de l'utilisation de l'énergie.
- Accroître l'accès à l'assainissement et améliorer la gestion des eaux usées peut aider à réduire les émissions de gaz à effet de serre.
- Les risques potentiels pour les services d'eau et d'assainissement posés par le changement climatique comprennent les dommages aux infrastructures, entraînant la perte de services et la détérioration de la qualité de l'eau - des impacts qui augmenteront les risques pour la santé.

Femmes | L'autonomisation des femmes est essentielle pour résoudre la crise de l'eau.

- Les femmes et les enfants sont les principaux responsables de la collecte de l'eau.
- Les femmes et les filles passent 200 millions d'heures chaque jour à aller chercher de l'eau. Ce temps n'est pas passé à travailler, à s'occuper des membres de la famille ou à aller à l'école.
- Les femmes et les filles vivant sans toilettes passent 266 millions d'heures chaque jour à trouver un endroit où aller.
- L'accès à un assainissement amélioré conduit à une réduction des agressions et de la violence contre les femmes et les filles.
- L'amélioration des pratiques en matière d'eau, d'assainissement et d'hygiène entraîne une amélioration de la santé des femmes et des filles. Il réduit les maladies, la dénutrition, les blessures causées par la collecte d'eau et le stress.

Education | L'accès à l'eau potable et à l'assainissement donne aux enfants la santé et le temps d'aller à l'école

- La réduction du temps consacré à la collecte de l'eau augmente la fréquentation scolaire, en particulier pour les filles.
- À l'échelle mondiale, 1 école sur 3 n'a pas accès à l'eau et à l'assainissement de base.
- Le fait d'avoir une solution d'assainissement à la maison signifie que les enfants sont plus susceptibles d'avoir de meilleurs résultats aux tests cognitifs.
- Pour chaque année qu'une fille reste à l'école, son revenu peut augmenter de 15 à 25 %.

Économie | L'eau et l'assainissement sont des investissements judicieux.

- Chaque dollar investi dans l'eau et l'assainissement génère un rendement économique de 4 dollars grâce à des coûts de santé réduits, une productivité accrue et moins de décès prématurés.
- Investir dans l'eau et l'assainissement présente des avantages économiques considérables, notamment un gain global estimé à 1,5 % du PIB mondial.
- 260 milliards de dollars sont perdus dans le monde chaque année en raison du manque d'eau et d'assainissement de base

Finances | L'accès à un financement abordable peut aider à mettre fin à la crise mondiale de l'eau.

- À l'échelle mondiale, il existe une demande de 18 milliards de dollars de la part des particuliers pour un financement abordable afin de répondre à leurs besoins en eau et en assainissement.
- 114 milliards de dollars par an sont nécessaires pour parvenir à une gestion sûre de l'eau et de l'assainissement pour tous d'ici 2030, conformément à l'objectif de développement durable 6. – Les investissements actuels pour l'eau et l'assainissement s'élèvent à 28,4 milliards de dollars par an. Cela représente un écart de 85,6 milliards de dollars.
- Il faudra trois fois plus que ce qui est actuellement investi pour combler le déficit financier et réaliser l'accès universel à une eau et un assainissement géré en toute sécurité.

References

- "Progress on household drinking water, sanitation and hygiene" World Health Organization and UNICEF Joint Monitoring Programme, 2021.
- The Global Risks Report 2021. World Economic Forum, 2021.
- "Fact sheet: Handwashing with Soap, Critical in the Fight against Coronavirus, Is 'out of Reach' for Billions." UNICEF, 13 Mar. 2020.
- Hygiene Baselines pre-COVID-19 Global Snapshot. World Health Organization and UNICEF Joint Monitoring Programme, 2020.
- "Fact sheet on Children: reducing mortality." World Health Organization, World Health Organization, 2019.
- Prüss-Ustün A, et al. (2019). Burden of Disease from Inadequate Water, Sanitation and Hygiene for Selected Adverse Health Outcomes: An Updated Analysis with a Focus on Low- and Middle-Income Countries. International Journal of Hygiene and Environmental Health. vol 222, no 5, pp 765-777.
- *Safely Managed Drinking Water Services. Thematic Report on Drinking Water 2016*, World Health Organization and UNICEF, 2016.
- Graham, Jay P., et al. *An Analysis of Water Collection Labor among Women and Children in 24 Sub-Saharan African Countries*. PLoS ONE, 2016.
- *Briefing note - 1 in 3 women lack access to safe toilets* WaterAid, 2012.
- Gonsalves, G.S., et al. *Reducing Sexual Violence by Increasing the Supply of Toilets in Khayelitsha, South Africa*. PLoS ONE, 2015.
- Esteves Mills, J., and Cumming, O. "The Impact of Water, Sanitation, and Hygiene On Key Health and Social Outcomes: Review of Evidence." London: UK Department for International Development, SHARE Consortium London School of Hygiene and Tropical Medicine, UNICEF (2016).
- Nauges and Strand. *Water Hauling and Girls' School Attendance*. The World Bank, 2013.
- *Progress on drinking water, sanitation and hygiene in schools: Special focus on COVID-19*. New York: United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization (WHO), 2020.
- Orgill, Jennifer. *Water, Sanitation, and Development: Household Preferences and Long-Term Impacts*. Duke University, 2017.
- Montenegro and Patrinos. *Comparable Estimates of Returns to Schooling Around the World*. The World Bank, 2014.
- Hutton, Guy. *Global Costs and Benefits of Drinking-Water Supply and Sanitation Interventions to Reach the MDG Target and Universal Coverage*. World Health Organization, 2012.
- Hutton and Varughese *The Costs of Meeting the 2030 Sustainable Development Goal Targets on Drinking Water, Sanitation, and Hygiene*. World Bank Group, 2016.
- UN-Water Policy Brief on Climate Change and Water. 2019.
- Climate change and water and sanitation: Likely impacts and emerging trends for action (2016). Howard G, Calow R, Macdonald A, Bartram J.
- State of the World's Sanitation: An urgent call to transform sanitation for better health, environments, economies and societies. New York: United Nations Children's Fund (UNICEF) and the World Health Organization, 2020.
- UN-Water Policy Brief on Climate Change and Water (2019).
- Howard G, Calow R, Macdonald A, Bartram J. Climate change and water and sanitation: Likely impacts and emerging trends for action (2016).
- Mission-critical: Invest in water, sanitation and hygiene for a healthy and green economic recovery. WaterAid (2021).
- Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: five years into the SDGs. Geneva: World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF), 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Noureddine Gaaloul

Professeur de l'Enseignement Supérieur Agricole (Université de Carthage – IRESA-INRGREF)

Fondateur et Rédacteur en Chef de la Revue Journal International Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement)

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

www.jistee.org



International Journal Water Sciences and Environment Technologies (IJWSET)

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

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

07 Volumes, 21 Numéros, (335 Articles)



Volume (vii) : 4 Numéros (.. Articles) Eau-Santé-Climat'2022

Numéro 1 – Mars 2022 (7 Articles) Changement Climatique : Quels effets sur notre santé ?

Numéro 2 – Juin 2022 (10 Articles) Impacts du Changement Climatique sur l'Eau, les Ecosystèmes et la Santé Humaine

Numéro 3 – Septembre 2022 (.. Articles)

Numéro 4 – Décembre 2022 (.. Articles)

Volume (vi) : 4 Numéros (.31 Articles) Eau-Agriculture-Climat'2021

Numéro 1 – Avril 2021 (11 Articles) Face aux enjeux climatiques et alimentaires : Réinventer les relations Eau-Agriculture-Climat

Numéro 2 – Juin 2021 (6 Articles) Changement climatique, eau, agriculture - Quelles trajectoires ?

Numéro 3 – September 2021 (6 Articles) Changement Climatique, Eau et Agriculture Vers des Systèmes Résilients

Numéro 4 – Décembre 2021(8 Articles) Changement Climatique, Eau et Agriculture : Quelles Stratégies ?

Volume (v) : 2 Numéros (27 Articles) Eau-Climat'2020

Numéro 1 – Septembre 2020 (14 Articles) Ressources en Eaux et Changements Climatiques

Numéro 2 – Décembre 2020 (13 Articles) Gestion Intégrée des Ressources en Eau et Changement Climatique

Volume (v) : 2 Numéros (68 Articles) Eau-Energie-Climat'2019

Numéro 1 – Décembre 2019 (56 Articles) Gestion Intégrée des Ressources en Eaux

Numéro 2 – Décembre 2019 (12 Articles) Énergies Renouvelables Et changements climatiques

Volume (iii) : 3 Numéros (103 Articles) Eau-Environnement-Climat'2018

Numéro 1 – Avril 2018 (62 Articles) Gestion des Ressources en Eau

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

Volume (ii) : 5 Numéros (53 Articles) Eau-Société-Climat'2017

Numéro 1 – Février 2017 (17 Articles) Caractérisation qualitative et quantitative des ressources en eau

Numéro 2 – Avril 2017 (8 Articles) Évaluation des ressources en eau sous les pressions de l'humanité et des changements climatiques

Numéro 3 – Juin 2017 (9 Articles) Vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques

Numéro 4 – Août 2017(8 Articles) Modélisation de l'impact des changements anthropiques et climatiques sur les ressources en eau

Numéro 5 – Octobre 2017(11 Articles) Modélisation Numérique en Hydraulique, Hydrologie et Hydrogéologie

Volume (i) : 3 Numéros (36 Articles) Eau-Climat'2014

Numéro 1 – Avril 2014 (17 Articles) Ressources en Eaux de Surface en Région Méditerranéenne

Numéro 2 – Août 2014 (8 Articles) : Ressources en Eaux Souterraines en Région Méditerranéenne

Numéro 3 – Décembre 2014 (11 Articles) Changements Climatiques en Région Méditerranéenne

Copyright © 2022 – Jistee Tous droits réservés

Effets de l'utilisation des eaux de puits sur la sante humaine dans le 6^{ème} arrondissement a cotonou (Benin)

Yetongnon Judith Eric Georges¹

¹Laboratoire Laboratoire Pierre Pagney, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE)
Université d'Abomey Calavi (UAC), République du Bénin

Résumé

Les problèmes de santé liés à l'utilisation de plusieurs sources d'eau pour les besoins quotidiens est l'un des soucis majeurs auxquels font face les populations du 6ème arrondissement de Cotonou. Cette recherche étudie les effets sanitaires de l'utilisation des eaux de puits dans ledit arrondissement.

La méthodologie utilisée est basée sur l'utilisation des données qualitatives et quantitatives, la recherche documentaire, l'observation, les entretiens, les enquêtes de terrain réalisées sur 140 enquêtés et les analyses bactériologiques qui ont été faites sur cinq puits pour déterminer la qualité de l'eau consommée. Les données collectées ont été traitées à l'aide des logiciels Excel 2013, Sphinx 4.5.

Des résultats, il ressort que 75 % des enquêtés utilisent l'eau de la SONEB et l'eau de puits, 18 % n'utilisent rien que l'eau de la SONEB et 7 % font recours également à l'eau de puits. Face à cela, les analyses bactériologiques faites révèlent que la totalité des puits échantillonnés, renferment tous des taux de germes banals, de coliformes totaux, de coliformes fécaux, d'Escherichia coli et de streptocoques fécaux dépassant plus de 10 à 10000 fois, les valeurs maximales admises par l'ONU pour une eau de boisson. Seul le puits d'Abouansori (Ste Cécile) est exempt de streptocoques fécaux. L'utilisation de ces eaux de puits fait enregistrer sur une période de trois ans, 52,8 % de gastroentérite, 19,7 % d'affections de la peau, 10,6 % d'infections vaginales, 16 % de diarrhée et 0,8 % de choléra. Il convient donc que les autorités facilitent l'accès de l'eau potable à moindre coût aux populations et organisent fréquemment des campagnes de sensibilisations sur les règles d'hygiène et d'assainissement, pour préserver la santé de celles-ci

Mots clés : Bénin, 6ème arrondissement de Cotonou, Eau de puits, Maladies hydriques, Santé humaine.

Effects of the use of well water on human health in the 6th district of Cotonou (Benin)

Abstract:

The health problems associated with the use of several water sources for daily need is one the major concerns facing people in the 6th district of Cotonou. The purpose of this research is to study the health effects of the use of well water in the borough. The methodology used is based on the use of quantitative and qualitative data, documentary research, observation, interviews, field surveys carried out on 140 respondents and bacteriological analyzes that have been carried out on five wells to determine the quality water consumed. The data collected was processed using Excel 2013 software.

In the 6th district of Cotonou, out of the 140 respondents, 75 % use SONEB water and well water, 18 % use nothing but SONEB water and 7 % use also water rainwater. Against this background, the bacteriological analyzes revealed that all the sampled wells contain all levels of common germs, total coliforms, faecal coliforms, Escherichia coli and faecal streptococci exceeding 10 to 10,000 times, maximum allowed by the UN for drinking water. Only the Abouansori (Ste Cécile) is free of faecal streptococci. The use of these well waters recorded over a period of three years, 52,8 % of gastroenteritis, 19,7 % of skin conditions, 10,6 % vaginal infections, 16 % of diarrhea and 0,8 % cholera. The authorities should therefore facilitate access to drinking water at a lower cost for the population and organize frequent awareness-raising campaigns on the hygiene and sanitation rules in order to preserve the health of these populations.

Key Words: Benin, 6th district to Cotonou, Well water, Waterborne diseases, Human health.

¹ Corresponding author: eyetongnon@yahoo.fr

INTRODUCTION

L'accès à l'eau douce, en quantité et en qualité suffisantes, est essentiel pour tous les aspects de la vie et pour le développement durable. L'eau représente l'un des besoins humains les plus fondamentaux. Malheureusement, selon le rapport de la Banque mondiale publié à la tribune de l'ONU en 2019, le monde est confronté à une invisible crise de la qualité de l'eau qui réduit d'un tiers la croissance économique potentielle des zones fortement polluées et menace le bien-être humain et environnemental.

L'alimentation en eau potable constitue l'un des besoins essentiels de tout être vivant (CHOUTI, 2011). La survie de l'homme exige une eau saine et en quantité suffisante pour le bon fonctionnement et l'équilibre de son organisme. La consommation d'eau non potable affecte plus les populations démunies des quartiers défavorisés (Sy *et al.*, 2011).

D'après les estimations de l'ONU (2005), plus d'un milliard d'individus sont privés du droit d'accès à l'eau potable.

Dans la ville de Cotonou au Bénin, capitale économique du pays, la couverture en eau potable est d'environ 97,9 % (INSAE, 2013). Pourtant, selon Odoulami (2009), 83 % de la population utilisent toujours les eaux de puits pour satisfaire leurs besoins en eau quotidien. La présente étude est menée pour étudier les effets sanitaires de l'utilisation des eaux de puits dans le 6^{ème} arrondissement de Cotonou. Situé dans la Commune de Cotonou, le 6^{ème} arrondissement borde le cordon littoral de l'Océan Atlantique, entre les parallèles 6°21' et 6°23' de latitude nord et les méridiens 2°24' et 2°26' de longitude est. Il est limité au nord par le lac Nokoué, au sud par le 5^{ème} arrondissement, à l'est par la lagune de Cotonou et à l'ouest par les 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème} arrondissements. L'arrondissement est subdivisé en 19 quartiers (figure 1).

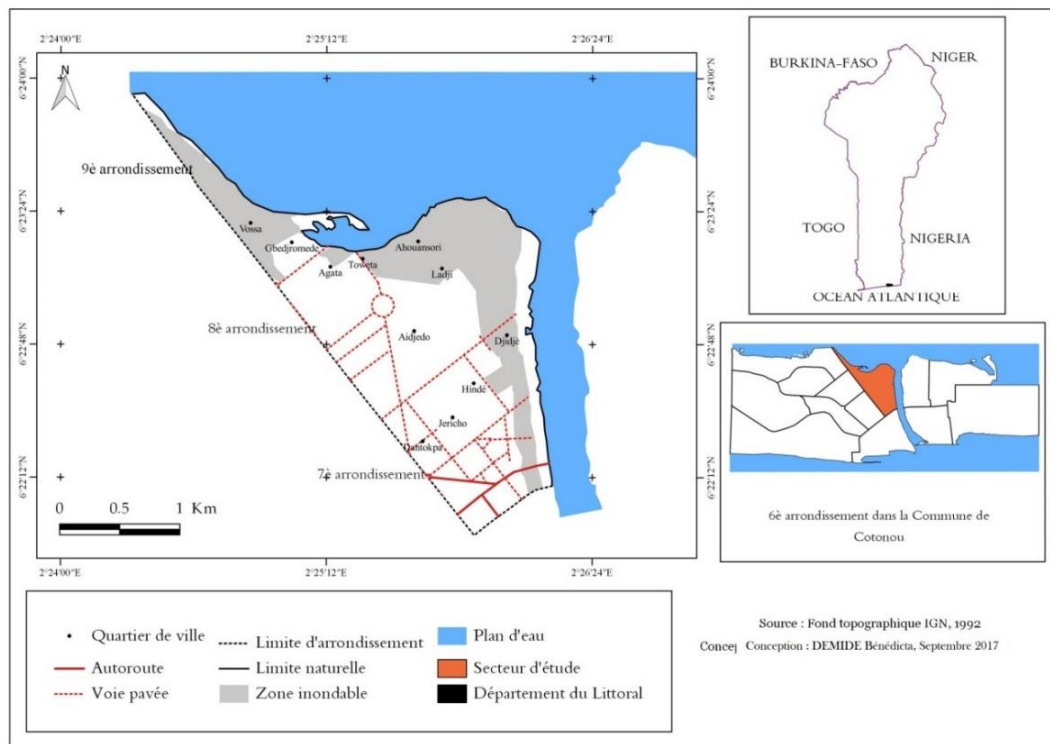


Figure 1 : Localisation géographique du 6^{ème} arrondissement de Cotonou

METHODE DE COLLECTE ET DE TRAITEMENT DES DONNEES

Matériels et outils collecte des données

- un questionnaire adressé aux ménages ; un guide d'entretien à l'endroit du personnel de la SONEB, des agents de la Mairie de Cotonou, des agents de la santé et aux assistants des services d'hygiène ;
- une grille d'observation. un enregistreur ; un appareil photo pour la prise des vues ;
- un GPS pour la prise des coordonnées géographiques des points d'eau ;
- une glacière contenant de la glace pour conserver les échantillons d'eaux de puits prélevées pour analyse ;
- une balance de précision sensible pour la pesée des milieux de cultures ;
- une plaque chauffante avec agitation pour la préparation des milieux de cultures ;
- un autoclave pour la stérilisation des milieux de culture avant son utilisation et pour la destruction de ces milieux de culture après dénombrement ;
- un bain mari pour la préparation du milieu et pour le maintien de sa température à la température adéquate ;
- des boîtes de pétri pour ensemencement des milieux de culture ;
- les verreries de laboratoire : erlenmeyer de 250 ml (PCA) et bécher de 500ml (Rapide E. Coli, REC) ;
- un incubateur de 37°C pour l'incubation des milieux de cultures après ensemencement.

Techniques de laboratoire

Pour des raisons d'ordre technique et financier, nous nous sommes limitées à ces quelques échantillons d'eau de puits et à l'analyse bactériologique. Quelques paramètres importants pour déclarer une eau polluée sont recherchés dans ces échantillons d'eau. Le tableau I présente les paramètres recherchés dans l'analyse bactériologique effectuée.

Tableau I : Germes recherchés dans l'analyse bactériologique

Germes recherchés /ML	But	Milieu de culture et techniques utilisés
Germes banals	Renseigne sur l'état d'hygiène de l'eau	Milieu neutre Plate Count Agar (PCA) et s'incubent à 37°C pendant 24h à 48h
Coliformes totaux	Renseigne sur la qualité microbiologique de l'eau	Milieu rapide E-coli 2 Agar et s'incubent à 37°C en 24h
Coliformes fécaux	Renseigne sur la pollution fécale humaine récente	Milieu rapide E-coli 2 Agar et s'incubent à 37°C en 24h
Escherichia coli	Renseigne sur la pollution fécale humaine en cours	Milieu rapide E-coli 2 Agar et s'incubent à 37°C en 24h
Streptocoques fécaux	Renseigne sur la pollution fécale animale de l'eau	Milieu SLANETZ-BARTLEY (SLZ) et s'incubent à 37°C pendant 24h à 48h

Source : Travaux de laboratoire, avril 2018

Le tableau I présente les germes recherchés dans l'analyse bactériologique. La recherche de ces paramètres importants intervenant dans l'analyse bactériologique de l'eau, a permis d'apprécier la qualité des eaux de puits échantillonnées. Les données collectées ont été ainsi traitées et analysées.

Traitement des données et analyse des résultats

La méthode utilisée pour recueillir l'eau dans le contenant doit garantir l'intégrité de l'échantillon. Les eaux de puits sont prélevées dans des flacons en verre nettoyés et lavés à l'eau distillée. Les prélèvements s'effectuent de manière à mettre en direct dans le contenant l'eau de la source. Toute forme de contamination ou geste de trop est évité. Le contenant ne se remplit pas entièrement, car les éventuels germes ont besoin de l'air pour rester en vie jusqu'au moment où ils seront mis en culture. Le contenant doit être bien fermé et identifié (le code de l'échantillon et le nom du point de prélèvement ou du quartier). Les informations relatives à la source de prélèvement doivent être notées dans un cahier et signées par le préleveur. La conservation à 10°C au plus dans la glacière munie de conservateur de température, le transport et le délai qui s'écoule entre le prélèvement et la mise en culture (microbiologique) est de 8 heures. Les échantillons ont été conservés au froid (parce que le froid est bactériostatique) et à l'obscurité dans la glacière (pour garder en vie les germes qui ne résistent pas à la lumière) et acheminés le même jour au laboratoire pour les analyses microbiologiques.

Pour analyser les résultats, l'approche PEIR (Pression Etat Impact Réponse) est utilisée. Ce modèle permet d'étudier les facteurs et éléments qui conditionnent l'utilisation de l'eau de puits dans le 6^{ème} arrondissement de la ville de Cotonou.

RESULTATS ET DISCUSSION

Sources et usages d'eau dans le 6^{ème} arrondissement de Cotonou

Les sources d'approvisionnement en eau dans le 6^{ème} arrondissement sont diverses. La figure 2 présente les sources d'approvisionnement en eau de la population.

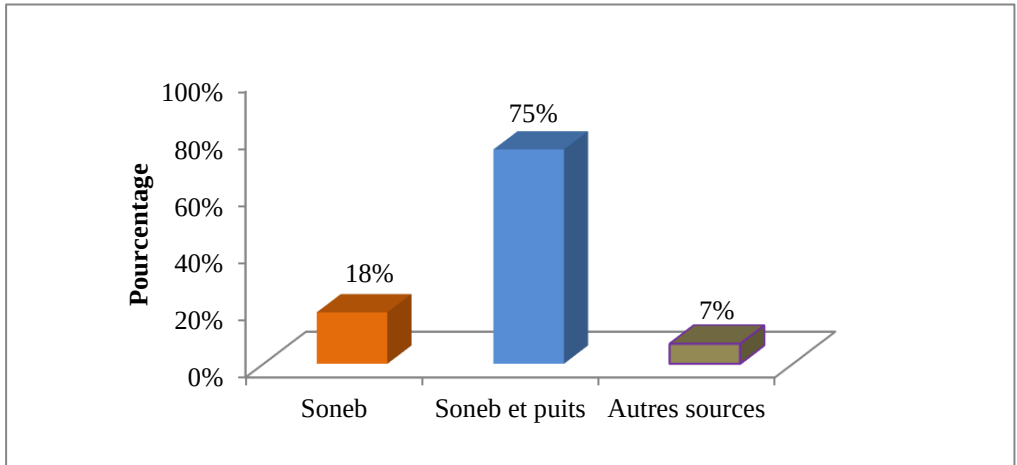


Figure 2 : Répartition des ménages selon les sources d'approvisionnement

Source : KOUMASSI, novembre 2017

Plusieurs sources d'eau sont utilisées par la population. Ainsi, 18 % soit 25 sur 140 de la population enquêtée n'utilisent rien que l'eau de la SONEB pour tous leurs usages domestiques. 75 %, soit 105 personnes font recours à l'eau de puits pour compléter ces besoins et 7 % soit 10 personnes utilisent, après l'eau de la SONEB et de puits, les autres sources (lac Nokoué et l'eau de pluie) pour d'autres besoins comme se baigner. Donc $\frac{3}{4}$ (trois quart) de la population enquêtée font recours à l'eau de puits. Cette situation peut accroître les risques d'affections hydriques, plus encore s'ils ne traitent pas l'eau avant utilisation et ne respectent pas les règles d'hygiène.

Compte tenu de l'importance de l'eau dans la vie de l'homme, il est indispensable de s'en procurer non seulement comme boisson, mais aussi en tant qu'élément de premier plan dans les ménages. La figure 3 la proportion des différents usages de l'eau de puits par la population.

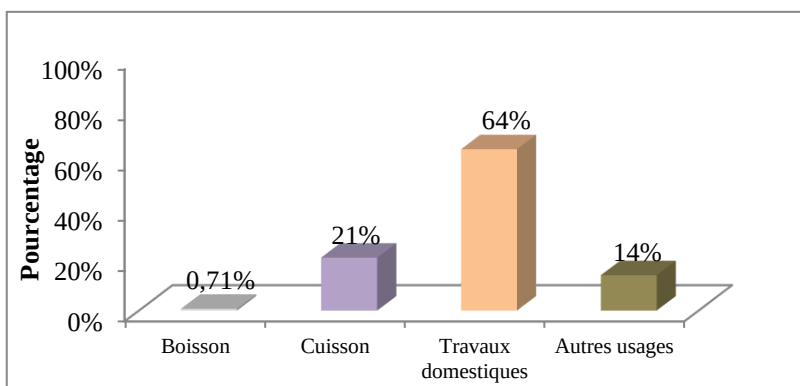


Figure 3: Répartition des divers usages faits de l'eau de puits

Source : Enquêtes de terrain, avril 2018

La figure 3 présente la répartition des différents usages faits de l'eau de puits dans le 6^{ème} arrondissement de Cotonou. Il ressort que l'eau de puits est plus utilisée dans les travaux de maison (lessive, vaisselle, douche, nettoyage) que les autres usages.

Qualité de l'eau de puits du 6^{ème} arrondissement

Pour apprécier la qualité des eaux de puits du 6^{ème} arrondissement de la ville de Cotonou, il est important de connaître l'environnement des puits et l'état bactériologique de ces eaux de puits.

- Etat bactériologique des eaux de puits

Pour connaître l'état bactériologique des eaux de puits du 6^{ème} arrondissement, cinq puits ont été échantillonnés et analysés au laboratoire.

Le tableau II renseigne sur les résultats des différents germes obtenus après analyse.

Tableau II : Résultats bactériologiques des prélèvements d'eaux de puits échantillonnés

Quartiers Germes Pathogènes / ml	Hindé 1	Djidjè 1	Ahouansori (Ste Cécile)	Ladji (honto)	Towéta 1	Norme admissible
Germes banals	8000	46000	520	40000	512000	50
Coliformes totaux	10000	30000	7000	44000	20000	0
Coliformes fécaux	9000	1000	440	10000	2000	0
Escherichia coli	1000	1000	80	2000	1000	0
Streptocoques fécaux	1000	31000	0	4000	2000	0

Source : Travaux de laboratoire, avril 2018

Le tableau II présente les résultats bactériologiques des prélèvements d'eaux échantillonnées. Ces résultats issus des analyses bactériologiques montrent que la totalité des puits échantillonnés, présentent une contamination d'origine organique. En effet, ils renferment tous, des taux de germes banals, de coliformes totaux, de coliformes fécaux, d'Escherichia coli et de streptocoques fécaux dépassant plus de 10 à 10000 fois, les valeurs maximales admises pour une eau de boisson. Seul le puits de Ahouansori (Ste Cécile) est exempt de streptocoques fécaux. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus auprès des centres de santé. Pour les agents de santé, les analyses bactériologiques réalisées sur les eaux de puits révèlent la présence de germes comme les coliformes totaux, coliformes fécaux, Escherichia Coli et les bactéries fécales d'origine animale (streptocoques fécaux). La figure 4 suivante, illustre ces résultats et montre le niveau de contamination de chacun des germes.

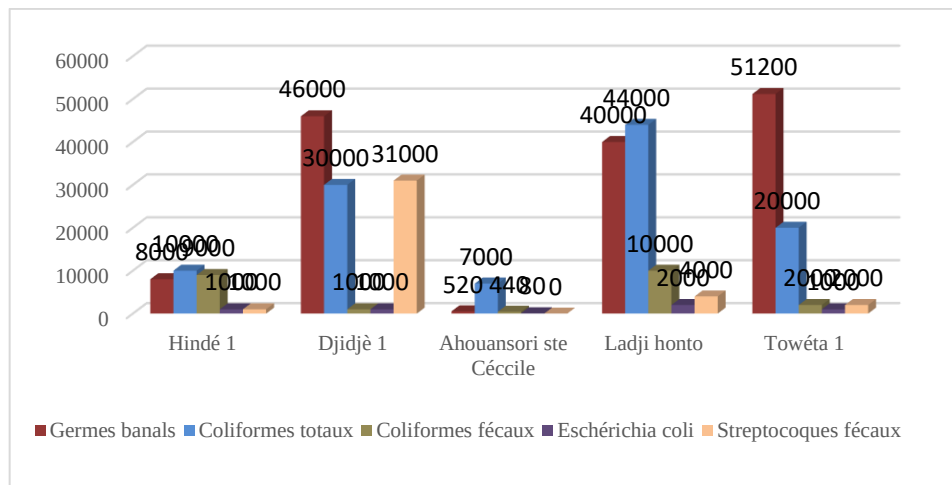


Figure 4 : Niveau de contamination des puits du 6^{ème} arrondissement

Source : Travaux de laboratoire, Avril 2018

le niveau de contamination varie d'un puits à l'autre et d'une localité à l'autre :

- Hindé 1 (puits E1) : la présence élevée de coliformes totaux, fécaux et de germes banals montre que l'eau de puits est de mauvaise qualité d'hygiène, qu'elle ne peut être consommable directement comme boisson et qu'elle est polluée par les matières fécales d'animaux.
- Djidjè 1 (puits E2) : le taux élevé de germes banals, de streptocoques fécaux et de coliformes totaux montre que ce puits est aussi en mauvaise qualité d'hygiène. Il y a présence de matières fécales humaines dans l'eau de ce puits et elle n'est également consommable.
- Ahouansori Ste Cécile (puits E3) : seul le taux de coliformes totaux est plus important que celui des autres germes. Ce taux élevé de coliformes totaux montre que l'eau ne peut être consommable, donc la non-présence de streptocoques fécaux ne fait pas de celle-ci une eau de bonne qualité. Ce qui ne confirme pas les propos de l'enquêtée (encadré 1).
- Ladjì honto (puits E4) : la présence élevée de coliformes totaux et de germes banals fait de cette eau, en eau de mauvaise qualité également et n'est pas consommable.
- Towéta 1 (puits E5) : fort taux de germes banals, de coliformes totaux, fait de cette eau de mauvaise qualité et n'est également pas consommable.

Ainsi, 75 % de la population échantillonnée (ceux qui utilisent l'eau de puits) s'expose à un risque élevé en utilisant ces eaux, plus précisément ceux des puits analysés. Ce risque est élevé lorsque l'eau est utilisée sans un traitement préalable et sans l'observation d'une bonne conduite sanitaire dans les ménages.

Affections hydriques enregistrées dans le 6^{ème} arrondissement

Les maladies dont souffrent les ménages enquêtés et signalés par ceux-ci sont : les diarrhées, la fièvre typhoïde, la gastroentérite le choléra, le paludisme, les allergies et les pertes vaginales. Ces informations reçues ont été complétées par les données des centres de santé publics enquêtés. Le tableau suivant donne des informations sur les affections hydriques relatives au mode de contamination par contact de l'eau de puits enregistrée dans les centres publics de l'arrondissement.

Tableau III : Affections hydriques enregistrées dans les centres de santé publics du 6^{ème} arrondissement

Centres sanitaires	Enfants	%	Adultes	%
Centre de santé de Agué	- Le choléra	0,2	- gastro-entérite	17
	- diarrhée	14	- infections vaginales	36
	- gastro-entérite	24,3		
Centre de Aïdjèdo	- diarrhée	10	- gastro-entérite	14
	- gastro-entérite	18,1	- diarrhée	10,6
	- dysenterie	16		
Centre /maternité de Ladjì	- diarrhée	12	- fièvre typhoïde	13,3
	- cholera	0,3	- gastro-entérite	7,5
	- fièvre typhoïde	4,7		

Source: Travaux de terrain, 2017

Le tableau III présente les affections hydriques enregistrées dans les centres de santé publics du 6^{ème} arrondissement. Il est à noter dans ce tableau que les cas d'affection qui sont plus fréquents dans ces centres de santé sont la gastro-entérite et la diarrhée, qui touchent autant les adultes que les enfants. Le choléra étant une maladie endémique, s'enregistre rarement dans l'année.

Selon les agents de santé rencontrés dans les trois centres de santé, les périodes de l'année où ils enregistrent plus ces cas d'affections ne sont que les périodes pluvieuses (avril à juin et septembre à octobre), ainsi que les périodes des fêtes (mois de décembre surtout) et les saisons des fruits (mai, juin pour la mangue).

Les gastro-entérites sont très fréquentes au début, au milieu et à la fin de l'année puisque ce sont des moments où la température est humide et les microbes responsables de cette pathologie se développent facilement. Un moment ou un temps fixe de son apparition ne peut être défini pour ces cas, puisque l'apparition de ces maladies a lieu tout le long de l'année.

Le tableau suivant présente le nombre de cas de maladies enregistrés en 2014, 2015 et 2016.

Tableau IV : Les affections hydriques enregistrées dans le 6^{ème} arrondissement de Cotonou de 2014 à 2016

Période Affections hydriques	2014	2015	2016	Total	Moyenne en %
Affections Gastro-intestinales	1825	1408	2040	5273	52,8
Affections Dermatologiques	623	621	723	1967	19,7
Infections vaginales	198	294	569	1061	10,6
Choléra	14	1	59	14	0,8
Diarrhée	599	538	498	1635	16

Source : Travaux de terrain, 2017

Le tableau IV présente les affections hydriques enregistrées dans le 6^{ème} arrondissement de Cotonou. Il est noté que les affections qui sont les plus récurrents durant ces trois années sont : les affections Gastro-intestinales 52,8 %, suivi des affections dermatologiques 19,7 %, de la Diarrhée 16 % et des infections vaginales 10,6 %. Le choléra 0,8 %, n'a pas été enregistré en grand nombre du fait étant une maladie endémique. D'après les informations reçues des agents de santé rencontrés, l'Etat a mis en œuvre des politiques pour sensibiliser la population lorsque la période survient et son apparition est souvent liée à une contamination ponctuelle dans le temps et dans l'espace. Les affections gastro-intestinales, dermatologiques et la diarrhée sont les pathologies qui ont plus touchées les populations durant cette période. Ce fait se justifie par les aléas climatiques que connaît la ville de Cotonou, des politiques d'urbanisation de la ville qui font accroître la mauvaise gestion des déchets urbains et les font stationner dans les périphéries des villes. A part le choléra qui subit une régression, tous les autres cas ont accru de façon rapide. Cette régression du choléra est dû au fait que les mesures prises et les diverses sensibilisations des agents de santé ont été moyennement respectés. L'accroissement des autres cas (plus spécialement des affections gastro-intestinales) est dû au fait que la population ne suit pas les règles d'hygiène pouvant en être la cause. Le taux de ces diverses pathologies n'est pas constant au fil des années, du fait d'une part, de l'apparition endémique de certaines pathologies comme le choléra, de la manière dont les gens respectent les règles d'hygiène et d'assainissement, des temps d'aléas climatiques (l'inondation). Et d'autre part, cette constante dépend aussi de la politique qu'il y a au niveau des centres de santé pour enregistrer les différents cas. Afin de réduire ces différents cas d'affections hydriques auxquels la population fait face lorsque celle-ci se met en contact avec l'eau de puits, des techniques ont été recensés, au niveau de la population et de nos autorités étatiques.

Techniques pour une amélioration de la qualité de l'eau de puits

Plusieurs techniques servent à traiter les pollutions de l'eau d'origine physique et microbiologique. Parmi ces techniques, la population utilise quelques techniques plus pratiques pour traiter l'eau de puits. Le tableau suivant renseigne sur les techniques de traitement de l'eau utilisée par la population.

L'analyse du tableau V renseigne sur les deux techniques de traitement de l'eau de puits utilisés par la population. Parmi les 75 % de la population qui font recours à l'eau de puits, 40 % utilisent la technique de chloration, 25 % utilisent celle de l'ébullition et 35 % n'utilisent rien comme traitement. Ces deux techniques visent à éliminer les germes et micro-organismes présents dans l'eau, toutefois si les mesures de traitement ne sont pas bien respectées le traitement risque ne pas être efficace.

Tableau V : Avantages et inconvénients des techniques de traitement utilisés par la population

Techniques	Prévention	Avantages	Inconvénients	Taux en % des populations	
				Traitant l'eau	Ne traitant pas l'eau
Chloration (pierre d'alun eaux de javel, pastilles d'Aquatabs)	désinfecte l'eau afin de la rendre potable	- l'eau boueuse peut être rendue potable si le traitement est effectué correctement ; - effet durable de la chloration	- les produits doivent être acheminés de l'extérieur, donc risque de manipulation ; - coût non négligeable	40	35
Ebullition	tuer la totalité des germes et micro-organismes présents dans l'eau. Pour une bonne destruction des germes, l'eau doit être filtrée ou décantée avant d'être bouillie.	- simples à mettre en œuvre ; - tue tous les germes présents	- nécessite beaucoup de moyen de chauffage et un récipient résistant à la chaleur ; - risque de manipulation.	25	

Source : Travaux de terrain, novembre 2017

DISCUSSION

La présente étude a permis d'étudier les effets de l'utilisation des eaux de puits sur la santé humaine dans le 6^{ème} arrondissement à Cotonou. En effet, l'insuffisance des équipements hydrauliques et la pauvreté des populations les amènent à utiliser les eaux de qualité douteuse.

Les sources d'approvisionnement en eau de boisson varient selon les milieux de résidence mais se fait majoritairement à un puits à pompe ou la SONEB. Pour deux ménages sur dix, le temps de trajet pour s'approvisionner en eau de boisson excède 30 minutes (13 pour cent en milieu urbain et 26 pour cent en milieu rural).

Les résultats des analyses bactériologiques effectuées présentent une grande diversité bactérienne du point de vue quantitative et qualitative. De même, plusieurs affections hydriques sont identifiées dans le secteur d'étude. les résultats sont conformes à ceux obtenus par HOUNSOUNOU *et al.*, en 2015 dans la zone d'étude. Selon ces enquêtes, la répartition de ces maladies se présente dans cet ordre d'importance : paludisme (100 %), affections vaginales (30 %), affections dermatologiques (27,5 %), affections gastro-intestinales (20,8 %), diarrhées (23,3 %), fièvre typhoïde (1,7 %) et choléra (0,8 %).

Plusieurs auteurs ont relevé les facteurs tels que les activités autour des puits, le défaut d'aménagement des puits, la proximité des sources de pollution telles les déchets urbains, décharges sauvages d'ordures, les ouvrages d'assainissement individuel (latrines, puisards, Fosses septiques), et le non-respect des règles d'hygiène élémentaire par les utilisateurs à l'origine de la pollution (microbienne et/ou chimique) des eaux de puits en milieux urbains (Sagbo,1999; Kessou, 2000;Chippaux et al.,2002;Djuikomet al., 2009; Mpakam et al., 2009;Mbawala et al., 2010; Yapo et al., 2010; Degbey et al.,2011; Dovonou, 2012; Belghiti et al., 2013;Zerhouniet al., 2015). Le lixiviat des décharges publiques constitue le principal vecteur de transport de la pollution métallique issue des sites de stockage des déchets vers la nappe phréatique (Jourdan et al., 2005 ; Er-Raioui et al., 2011).

CONCLUSION

La présente étude a porté sur effet de l'utilisation des eaux de puits sur la santé humaine dans le 6^{ème} arrondissement de Cotonou. L'approche développée dans cette étude est centrée sur les sources d'approvisionnement en eau, la qualité des eaux de puits utilisée et les nuisances de cette utilisation sur la santé humaine dans ledit arrondissement. Les travaux de terrain ont montré que l'approvisionnement en eau potable des populations est réparti en trois sources (SONEB 18 %, SONEB et puits 75 % et autres sources 7 %).

Cependant, le faible taux des populations qui n'utilisent rien que l'eau de la SONEB, montre qu'il existe certains facteurs influant l'utilisation exclusive de l'eau potable dans les maisons, tels le niveau de vie social des populations, la situations géographique de ces quartiers, la mauvaise gestion des déchets solides et liquides ainsi que l'hygiène précaire qui prévaut dans ces quartiers. Ces facteurs sont autant des raisons qui justifient le recourt aux sources douteuses, telles l'eau de puits, de pluie et du Lac. Une analyse bactériologique de l'eau de puits de cinq quartiers de l'arrondissement a été faite, afin d'en apprécier la qualité. Il ressort de cette analyse que, tous les puits échantillonnés sont pollués par les germes pathogènes, tels que les germes banals, les coliformes totaux et fécaux, l'*Escherichia coli* et les streptocoques fécaux. De l'utilisation quotidienne de ces eaux, la santé de la population est menacée par les affections hydriques telles que les affections gastro-intestinales, les affections de la peau, la diarrhée, les infections vaginales et le choléra.

Face à ces risques de santé, la population pour se protéger ou réduire ces risques, utilisent des méthodes de traitement comme l'ébullition et la chloration. Ces deux méthodes visent à tuer les micro-organismes présents dans l'eau, mais nécessitent beaucoup de moyens pour le chauffage et l'achat de certaines pastilles, aussi il peut se poser des risques de pollution de l'eau lors de l'utilisation de ces pastilles. Les effets sanitaires de l'utilisation de l'eau de puits risque encore de s'accroître à l'avenir dans ces zones périurbaines comme ledit arrondissement, compte tenu du non-respect des règles d'hygiène et d'assainissement noté, de l'accroissement rapide de la population et des difficultés liés à l'approvisionnement dans ces milieux. Mais lorsqu'on aura garanti à tout un chacun, quelles que soient ses conditions de vie, l'accès à l'eau potable la lutte contre les maladies hydriques aura fait un bond énorme. Ainsi, le droit d'accès à l'eau est un droit fondamental, que l'Etat doit régulièrement promulguer dans ses projets.

Références

- [1] ADOUBIARAN M., (2008) : Approvisionnement en eau potable dans l'arrondissement de Kika. Mémoire de Maitrise, DGAT/FLASH/UAC, 53 p.
- [2] AKODOGBO H., (2005) : Contribution à l'amélioration de la qualité de l'eau à usage domestique dans le 5^{ème} arrondissement de Porto-Novo. Mémoire de maîtrise professionnelle en environnement et santé, FLASH, UAC, 105 p.
- [3] CHOUTI W., (2007) : Evaluation de la qualité des eaux des puits couverts et munis de pompe dans la Commune de Porto-Novo. Mémoire de DESS, UAC 74 p.
- [4] DOSSOU DOSSA B., (2001): Analyse et esquisse cartographique de la contamination bactériologique de la nappe phréatique alimentant les puits traditionnels de la ville de Cotonou. Mémoire de DESS, UAC/FAST, 81 p.
- [5] HOUNSOUNOU E., TCHIBOZO M., AYI- FANOU., AGBOSSOU E., (2015) : Chaîne de l'eau du réseau public dans quelques quartiers précaires du sixième arrondissement de Cotonou-Bénin, Volume17, numéro (3).
- [6] INSAE (2013) : Quatrième Recensement général de la Population Humaine : cahier des villages et quartiers de ville de Cotonou, 13 p.
- [7] KORA A., (2007) : Evaluation des ressources hydriques et problème d'approvisionnement en eau potable dans la Commune de Ouassa-Pehunco. Mémoire de maîtrise, FLASH/Abomey-Calavi, Bénin, 101 p.
- [8] ODOULAMI L., (1999) : Approvisionnement en eau potable dans les grandes villes du Bénin. Quelles perspectives pour l'avenir ? Cas de Cotonou, Porto-Novo et Parakou. Mémoire de DEA, UAC, 53 p.
- [9] ODOULAMI L., (2009) : Problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou. Thèse de doctorat, UAC, 230 p., Géographie : pp 411 – 417.
- [10] OMS, (1993) : Directive de l'OMS pour la qualité de l'eau de boisson, 2^e édition, volume 1 : Recommandations Genève, 49-50 p.
- [11] Plan de Développement Communal de Cotonou (2006) : Mairie de Cotonou, 222 p
- [12] SY I., KOITA M., TRAORE D., KEITA M., LO B., TANNER M., et CISSE G.,(2011): Vulnérabilité sanitaire et environnementale dans les quartiers défavorisés de Nouakchott (Mauritanie) : analyse des conditions d'émergence et de développement des maladies en milieu urbain Sahélien. Revue en science de l'Environnement, Volume 11 numéro (2).

Production agricole et sécurité alimentaire dans l'arrondissement de pelebina (commune de Djougou)

Louis Dèdègbè Ahomadikpohou¹

¹ Laboratoire de Géographie Rurale et d'Expertises Agricoles (LaGREA), Université d'Abomey-Calavi (UAC)

Résumé

Plusieurs contraintes entravent, aujourd'hui, la production agricole tant en quantité qu'en qualité. Ce qui ne favorise pas régulièrement la sécurité alimentaire dans plusieurs régions du Bénin. La présente recherche vise à mieux cerner les incidences de l'agriculture face aux besoins alimentaires des populations de l'arrondissement de Pelebina, ainsi que le bien être tiré de la consommation de ces produits.

L'approche méthodologique utilisée s'articule autour de la collecte des données, leur traitement et l'analyse des résultats. La recherche documentaire et les travaux de terrain sont les principales techniques utilisées pour la collecte des données. Ces données ont été collectées grâce à un questionnaire, un guide d'entretien et à une grille d'observation. La méthode de Schwartz (1995) a permis d'interroger au total, 145 personnes. Les données collectées ont été traitées et les résultats ont été analysés avec le modèle SWOT.

De l'analyse des résultats, il ressort qu'au cours des campagnes agricoles de 2014 à 2019, de nombreuses cultures vivrières dont les céréales ; les tubercules et les cultures maraichères, sont réalisés dans la localité de Pelebina. Plus de 75 % de terres sont emblavées pour les produits vivriers. Malgré cela, les populations de Pelebina ne sont pas à l'abri de l'insécurité alimentaire. Le bilan alimentaire de 2014 à 2017 est quasiment déficitaire de -810. A l'issue de ce bilan, le solde vivrier des cultures est négatif. Cet état de chose pourrait s'expliquer par les difficultés liées à la production agricole qui sont relatives aux contraintes climatiques et pédologiques du milieu, aux effets socio-économiques et aux ravageurs.

Face à tous ces problèmes énumérés, des suggestions ont été formulées et sont relatives à la mise en place d'une politique de promotion des cultures, à l'adéquation entre écologie, offres climatiques et pédologique et enfin à la vulgarisation de la recherche agricole.

Mots clés : Pelebina, production agricole, sécurité alimentaire, bilan alimentaire.

Agricultural production and food security in the district of Pelebina (municipality of Djougou)

Abstract:

Several constraints today hinder agricultural production in terms of both quantity and quality. This does not regularly promote food security in several regions of Benin. This research aims to better understand the impact of agriculture on the food needs of the populations of the district of Pelebina, as well as the well-being derived from the consumption of these products.

The methodological approach used revolves around the collection of data, their processing and the analysis of the results. Desk research and fieldwork are the main techniques used for data collection. These data were collected using a questionnaire, an interview guide and an observation grid. The method of Schwartz (1995) made it possible to question a total of 145 people. The collected data was processed and the results were analyzed with the SWOT model.

From the analysis of the results, it appears that during the agricultural campaigns from 2014 to 2019, many food crops including cereals; tubers and market gardening, are carried out in the locality of Pelebina. More than 75% of land is sown for food crops. Despite this, the populations of Pelebina are not immune to food insecurity. The food balance sheet from 2014 to 2017 is almost in deficit by -810. At the end of this assessment, the food crop balance is negative. This state of affairs could be explained by the difficulties related to agricultural production which are related to the climatic and soil constraints of the environment, the socio-economic effects and pests.

Faced with all these problems listed, suggestions have been made and relate to the establishment of a crop promotion policy, the adequacy between ecology, climatic and soil offers and finally the popularization of agricultural research.

Key Words: Pelebina, agricultural production, food security, balance sheet alimentary.

¹ Corresponding author: kharidad1@gmail.com

INTRODUCTION

Le développement de l'économie et la lutte contre la faim et la pauvreté en Afrique repose sur plusieurs secteurs. Parmi ses secteurs figure l'agriculture. Elle mobilise une main d'œuvre impressionnante et génère beaucoup de revenus aux exploitants (B. Kotchikpa, 2016, p 12).

Au Bénin, le secteur agricole contribue à hauteur de 40% du PIB et 80% des recettes d'exportation (INSAE, 2014, 87p). Le climat et le sol sont favorables à la diversification de la production agricole et permettent à la production de couvrir pour l'essentiel, les besoins alimentaires de base. La sécurité alimentaire est assurée quand toutes les personnes, en tout temps, ont économiquement, socialement et physiquement accès à une alimentation suffisante, sûre et nutritive qui satisfait leurs besoins nutritionnels et leurs préférences alimentaires pour leur permettre une vie active et saine (E. MAYER, 2000, p 112).

Elle constitue un sujet d'actualité dans les pays en développement en général et ceux d'Afrique au Sud du Sahara en particulier. Elle est un gage de développement d'autant plus que c'est l'homme qui est au centre de celui-ci. C'est ce qui amène E. H. LABONNE en (1994, p 169) à écrire : « sur la question alimentaire en Afrique » et ALTERSIAL en (1985, p 147) à écrire aussi « Nourrir les villes d'Afrique sud saharienne ». Pour ces derniers, l'Afrique doit produire plus afin d'assurer la sécurité alimentaire.

La sécurité alimentaire a été de véritables problèmes suite aux craintes de pénuries alimentaires chroniques et de famine de masse consécutive, à la montée des cours internationaux de céréales et au retard accusé par la production alimentaire dans plusieurs pays à faible revenus de l'Asie et de l'Afrique au début des années 1970 (FAO, 2008, p 87). Ainsi, au sommet mondial de l'alimentation, la FAO, (2011, p 96) affirme que 98 % des 925 millions de personnes souffrent de la sous-alimentation chronique, vivent dans les régions rurales du monde en développement.

Des possibilités réelles de diversification des sources de richesses et d'expansion économique existent avec la création des espaces UEMOA et CEDEAO et la proximité du Nigéria avec plus de 120 millions d'habitants (MAEP, 2000, p 45). Le secteur agricole est doté d'atouts pour l'émergence d'entreprises plus performantes et d'énormes potentialités pour la relance de l'économie du pays. Cependant, la pratique agricole au Bénin comme dans la plupart des pays en voie de développement rencontre de grosses difficultés au nombre desquelles on peut citer notamment l'outillage manuel et rudimentaire, des méthodes de production non adoptées et une production peu diversifiée (A. Amelie, 2012, p47). A ces difficultés, s'ajoute celle de la dominance du coton au détriment des autres produits.

La situation de l'agriculture dans l'arrondissement de Pelebina où se pose le problème de la production agricole et la sécurité alimentaire est loin d'être résolue. C'est pour étudier les systèmes de production agricole et ses effets sur la sécurité alimentaire dans l'Arrondissement de Pelebina que la présente recherche est menée.

Cadre géographique de la recherche

Situé au Sud de la Commune de Djougou, l'Arrondissement de Pélébina fait partie des 12 Arrondissements de ladite Commune. Il est localisé entre 9°23'01" et 9°38'41" de latitude Nord et entre 1°31'10" et 1°43'18" de longitude Est (figure 1).

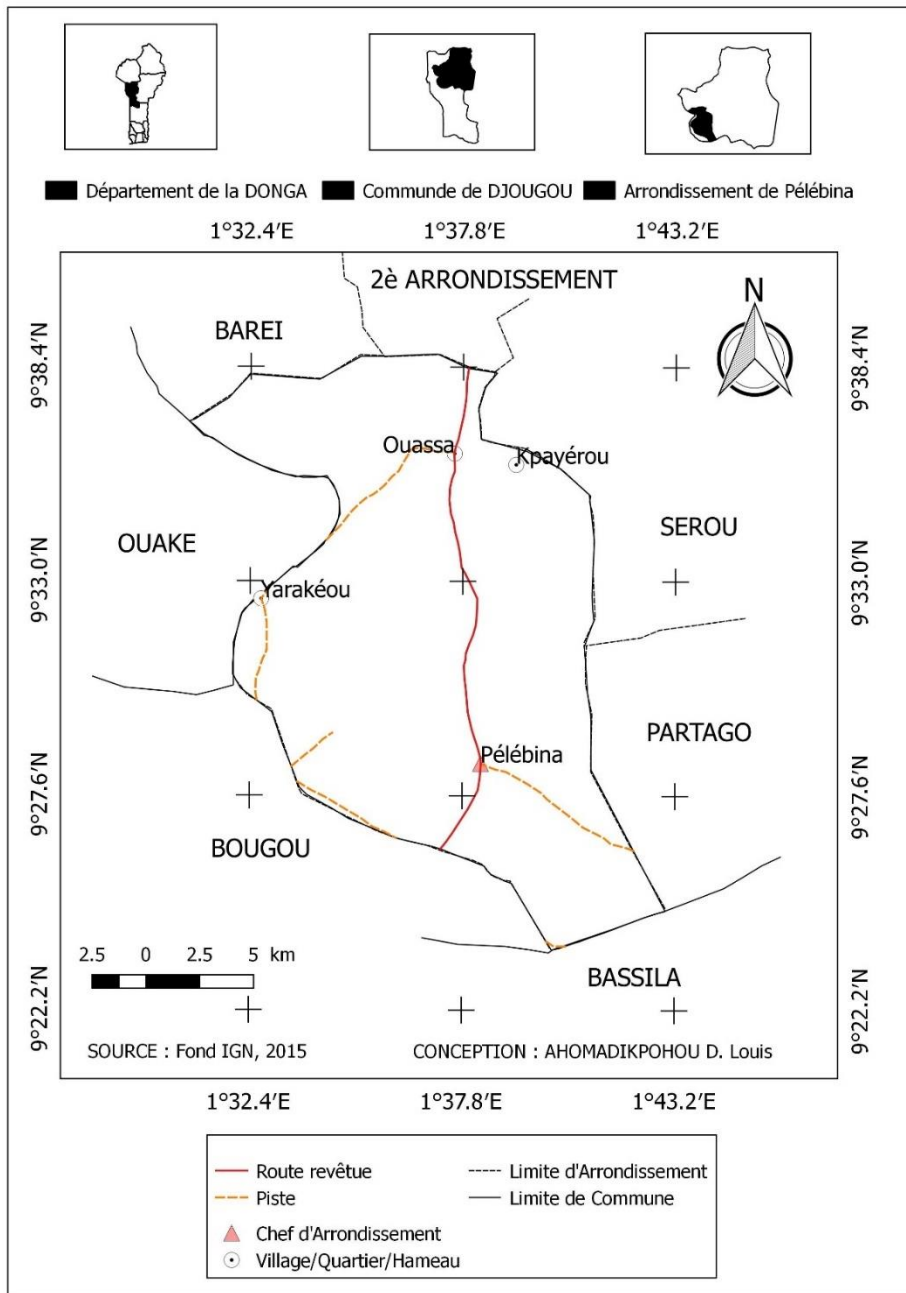


Figure 1 : Situation géographique de l'Arrondissement de Pélébina

Il ressort de l'analyse de la figure 1 que l'Arrondissement de Pélébina est limité au Nord par l'Arrondissement de Baréi et le deuxième Arrondissement de Djougou, au Sud par la Commune de Bassila, à l'Est par les Arrondissements de Sérrou et de Partago et à l'Ouest par l'Arrondissement de Bougou et la Commune de Ouaké.

APPROCHE METHODOLOGIQUE

La méthodologie adoptée dans cette recherche se résume à la collecte des données, le traitement de ces données et l'analyse des résultats.

Données utilisées

Plusieurs données ont servi à la réalisation de cette recherche. Il s'agit des :

- données agricoles, notamment les superficies emblavées obtenues à l'ATDA/Donga. Ces données ont permis d'analyser l'évolution des terres emblavées et les productions obtenues. Elles ont également permis de calculer le bilan alimentaire pour analyser le niveau de sécurité alimentaire dans le secteur de recherche ;
- données démographiques constituées du nombre d'habitants de l'Arrondissement, obtenues à l'INSAE. Ces données ont permis d'analyser l'évolution de la population de Pelebina et faire la liaison entre son évolution et la sécurité alimentaire ;
- données sur l'autosuffisance alimentaire de 2014 à 2017 et le respect des normes en matière d'alimentation pour calculer le bilan alimentaire de l'Arrondissement de Pelebina ;
- des données qualitatives d'investigations socio-anthropologiques qui ont permis d'appréhender la perception des populations sur les problèmes de l'insécurité alimentaire liés à la production agricole.

Techniques et outils de collectes des données

Pour bien mener cette recherche, des techniques et outils ont été utilisés.

Les techniques de collecte de données utilisées se résument à la recherche documentaire, l'observation directe, les entretiens et les enquêtes par questionnaire.

Les outils utilisés dans le cadre de ce travail sont le questionnaire, le guide d'entretien et la grille d'observation.

Les enquêtes ont été menées auprès d'un échantillon de population bien défini.

Echantillonnage

La technique d'échantillonnage est celle du choix raisonné. Elle a pris en compte toutes les différentes catégories de personnes qui interviennent dans la production agricole. Ceci consiste à répertorier tous les villages affectés par la problématique avec leur population respective.

Pour déterminer l'effectif de l'échantillon, les données fournies par le RGPH4 de 2013 sont utilisées. La taille de l'échantillon a été déterminée par la formule de Schwartz (1995) :

$$X = Z\alpha^2 \times p.q / i^2 \quad \text{avec :}$$

X= taille de l'échantillon ;

$Z\alpha = 1,96$: écart réduit correspondant à un risque α de 95% ;

$p = n/N$: la proportion des ménages agricoles de chaque village (n) par rapport au nombre total des ménages agricoles de l'arrondissement (N) ;

i = précision désirée égale à 5% ;

$q = 1-p$;

Ainsi, l'application de cette formule a été utilisée pour déterminer le nombre d'enquêtés dans chaque village.

Pour le village de Pelebina par exemple, l'application numérique est la suivante :

$$Z\alpha^2 = (1,96)^2 = 3,841$$

$p = n/N$ avec $n = 541$ et $N = 1\,011$

$P = 541 / 1\,011 = 0,54$

$q = 1-p = 1-0,54 = 0,46$

$i^2 = (0,05)^2 = 0,0025$

$X = 3,841 \times 0,54 \times 0,46 / 0,0025 = 381,64 \approx 382$

$X = 382$ chefs de ménages.

Un taux de réduction de 15 % a été appliqué pour déterminer le nombre exact de ménages à enquêter.

$X = 382 \times 0,15$

$X = 57,3 \approx 57$

Le nombre de ménages enquêtés dans les autres villages a été déterminé.

Le tableau I présente la structure de l'échantillon de l'enquête.

Tableau I : Echantillon de l'enquête

Arrondissement	Villages parcourus	Effectif total des ménages	Effectif total des ménages agricoles	Effectif des chefs de ménages agricoles enquêtés	Autorités locales interviewées	Agents de l'ATDA interviewés
PELEBINA	Pelebina	781	541	57	03	03
	Wassa	365	223	40		
	Yarakeou	265	247	42		
Total		1 411	1 011	139	03	03

Source des données : Enquêtes de terrain, juin 2021

L'analyse du tableau I montre le nombre de personnes enquêtées dans l'Arrondissement de Pelebina. Au total, 139 chefs de ménages agricoles ont été enquêtés. En plus de ces chefs de ménages, trois (03) autorités locales et trois (03) agents de l'Agence Territoriale de Développement Agricole (ATDA) ont été interviewés. Ce qui porte le nombre total des enquêtés dans cette recherche à cent vingt-cinq (125) personnes.

Traitement des données et analyse des résultats

Les fiches d'enquêtes ont été dépouillées manuellement et traitées à l'aide d'outils informatiques. Quant aux tableaux et graphiques, ils ont été réalisés à l'aide du tableur Excel 2013. Le traitement cartographique a été fait grâce au logiciel ArcGis 10.1.

L'analyse des résultats s'est basée sur certains calculs et l'adoption de modèle d'analyse SWOT.

Le solde vivrier est réalisé à partir du modèle d'évaluation et de prévision alimentaire utilisé par l'ONASA en 1995 et qui est développé par le Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS). Il est déterminé en utilisant le DIAPER selon la formule :

$$SV = PD - PU$$

SV : Solde Vivrier

PD : Production Disponible

PU : Production Utile

RESULTATS ET ANALYSE

Cette rubrique présente et analyse les différents résultats obtenus dans cette recherche.

Types de spéculations cultivées à Pelebina

L'activité prépondérante dans l'Arrondissement de Pelebina est l'agriculture. C'est une agriculture de subsistance, traditionnelle pratiquée avec des outils rudimentaires et le manque de formation technique des paysans. L'Arrondissement de Pelebina dispose de bonnes potentialités pour le développement agricole. On y dénombre plusieurs groupes villageois, les groupements des producteurs, les agents ou structures d'encadrement et la Caisse Locale de Crédit Agricole Mutuel (CLCAM). En effet, les actions de la CLCAM, profitent véritablement à la production agricole. L'agriculture commerciale fait entrer des devises pour l'Arrondissement : il s'agit des cultures de rente et surtout de la production vivrière dont le maïs (*Zea mays*), le manioc (*Manihot esculenta*), l'igname (*Dioscorea alata*), le soja (*Glycine max*), l'arachide (*Arachis hypogea*), etc. (Mairie de Djougou, 2014, p 132).

Zea mays

Selon les enquêtes de terrain, c'est le produit vivrier le plus important et le plus transformé dans l'Arrondissement de Pelebina. Communément appelé "Manzor" en langue yom. Il constitue la base de l'alimentation des populations de Pelebina et joue aussi le rôle de culture de rente. Il est réalisé aussi bien sur tous les types de surfaces et par tous les agriculteurs. La photo 1 présente un champ de sorgho (*Sorghum bicolor*).



Photo 1 : Champ de sorgho (*Sorghum bicolor*) à Wassa

Prise de vue : Ahomadikpohou, juillet 2021

La photo 1 montre une vue partielle d'un champ de sorgho dans l'Arrondissement de Pelebina. Herbeux, ce champ de sorgho est en cours de sarclage par les agriculteurs afin de permettre son accroissement et lui faciliter un bon rendement. De l'analyse de cette photo, il ressort que les produits céréaliers constituent les spéculations les mieux cultivées dans le secteur de recherche. Sa culture en quantité permet de tendre vers une sécurité alimentaire dans l'Arrondissement de Pelebina.

Manihot esculenta

Selon 76 % des personnes enquêtées, le Manihot esculenta, appelé "N'gomsse" en langue yom, est la deuxième culture importante après le maïs dans l'Arrondissement de Pelebina. La photo 2 présente un champ de manioc (Manihot esculenta) à Pelebina.



Photo 2 : Champ de manioc (*Manihot esculenta*) à Pelebina

Prise de vue : Ahomadikpohou, juillet 2021

La photo 2 montre une exploitation de manioc bien entretenu. Cet entretien permet au manioc de bien produire et de contribuer à la sécurité alimentaire du secteur de recherche. Car, élément nutritif, le manioc joue un rôle important dans la sécurité alimentaire des populations de Pelebina. Il arrive à maturité lorsque les réserves de maïs s'épuisent. Il est aussi moins sensible à la sécheresse que le maïs. Il sert dans la fabrication du gari, du tapioca et de certains beignets, etc.

Dioscorea alata

Selon 60,12 % des personnes enquêtées, ce tubercule est moins important que le manioc dans l'Arrondissement de Pelebina. Elle sert dans l'alimentation sous forme frite, cuite ou sous forme d'igname pilée. Il est appelé "Te wre" en langue yom.

Glycine max

Selon 80,21 % des personnes enquêtées, c'est la culture qui prend d'ampleur au cours de ces cinq dernières années. Le soja est réalisé sur tous types de surfaces par tous les paysans. Il sert dans la fabrication de fromage et de la bouillie. Ce fromage de soja constitue la base de l'alimentation des populations de Pelebina à la place de la viande. L'appellation en langue yom n'est pas différente de la langue française Soja.

Arachis hypogea

Selon les 51,10 % des personnes enquêtées, l'arrondissement de Pelebina n'occupe pas une place importante dans la production des arachides. "Nohrme" en langue yome, c'est la culture là plus petite. De même pour les *Lycopersicum esculentum* (tomate), *Caspicum annum* (piment), *Hibiscus esculentus* (gombo). La photo 3 présente un champ d'arachide (*Arachis hypogea*).



Photo 3 : Champ d'arachide (*Arachis hypogea*) à Yarakéou

Prise de vue : Ahomadikpohou, juillet 2021

La photo 3 montre un champ d'arachide dans l'Arrondissement de Pelebina qui est en bon état de croissance. Elle fait partie des spéculations adoptées par les producteurs de Pélébina. Elle est surtout transformée en sauce dans le secteur de recherche pour accompagner les plats de pâte et d'igname pilée.

Evolution des productions

La figure 2 montre l'évolution de la production des différentes spéculations cultivées en tonnes de 2010 à 2019 dans l'Arrondissement de Pélébina.

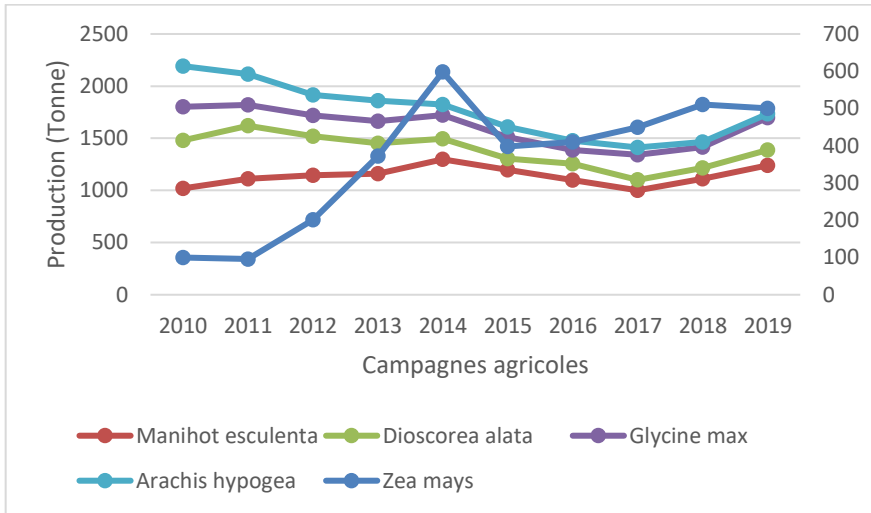


Figure 2 : Evolution des principales spéculations de 2010 à 2019

Source des données : ATDA/Borgou, 2020

Il ressort de l'analyse de la figure 2 que sur la période de 2010 à 2019, le manioc (*Manihot esculenta*) et le maïs (*Zea mays*) sont les deux premiers produits les plus cultivés dans l'Arrondissement de Pélébina tandis que l'igname (*Arachis hypogea*) est le produit le moins cultivé. Ce rang qu'occupent le manioc et le maïs parmi les produits agricoles se justifie par le fait qu'ils interviennent beaucoup plus dans l'alimentation des populations dans l'arrondissement de Pélébina.

Evolution des superficies emblavées

Les superficies emblavées dans l'arrondissement de Pélébina sont présentées à travers la figure 3.

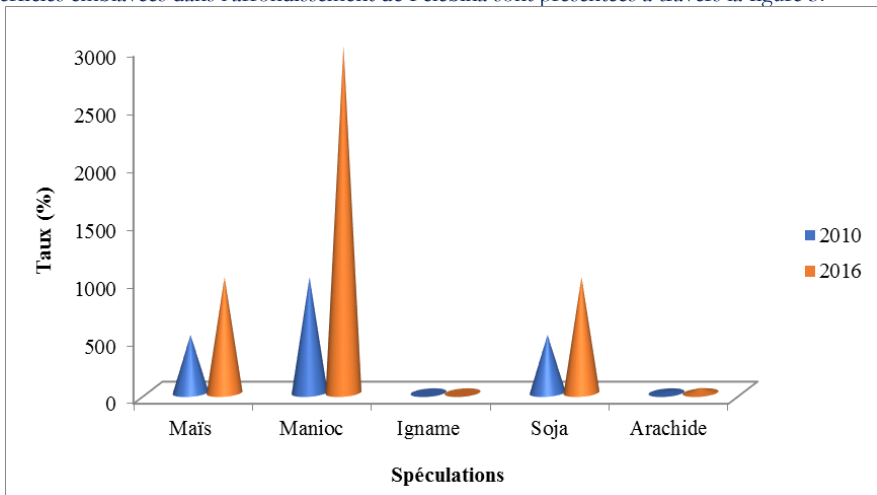


Figure 3 : Evolution des superficies emblavées entre 2010 et 2016 à Pélébina

Source des données : ATDA/DONGA, 2020

Il ressort de l'analyse de la figure 3 qu'en six (6) ans, la superficie des champs du maïs emblavée a connu une augmentation annuelle de 2,70 %. De même, celle du manioc a connu une augmentation annuelle de 4,74 % allant de 1004 ha à 3005 ha. Ainsi, les superficies d'igname et de l'arachide ont vu respectivement leurs superficies passées légèrement de 200 ha à 300 ha de 2010 à 2016 soit une augmentation de 1,2 % et de 200 ha à 350 ha

(augmentation 1,6 %). Quant au soja, la superficie est passée de 500 ha à 1009 ha de 2010 à 2016, soit une augmentation de 2,5 %.

De tout ce qui précède, les produits les plus consommés et les plus vendus sont ceux dont les superficies s'agrandissent avec le temps.

Facteurs d'insécurité alimentaire dans l'Arrondissement de Pélébina

Plusieurs facteurs sont à la base de l'insécurité alimentaire dans l'Arrondissement de Pélébina.

Principaux facteurs

- Bradages des denrées alimentaires

Le bradage des denrées alimentaires et les mauvaises pratiques culturales sont des facteurs primaires qui expliquent l'insuffisance alimentaire dans la zone de recherche. En effet, le fait par exemple de vendre le maïs frais dans le secteur de recherche sans le laisser à maturité afin d'obtenir des graines de maïs constitue un handicap pour la sécurité alimentaire.

La vente massive à l'extérieur de l'Arrondissement des cultures vivrières à moindre coût est la cause de la pénurie des denrées alimentaires et les populations sont obligées d'acheter chèrement les mêmes denrées qu'elles ont eux-mêmes vendues. En effet, pour satisfaire les autres besoins fondamentaux, les producteurs sont obligés de vendre ces cultures vivrières qui constituent pour eux les seuls revenus. Par exemple, le maïs vendu des fois à 200 FCFA la mesure est racheté à 250 voire 300 F CFA. En période de contre saison, toutes les denrées alimentaires sont vendues au double de leur prix à la récolte. Dans l'Arrondissement de Pélébina, plus de 70 % des paysans surtout autochtones éprouvent déjà des difficultés financières deux mois après les récoltes. Les stocks alimentaires s'épuisent souvent vite. La pénurie alimentaire s'installe et le prix des produits agricoles flambent surtout pour le maïs, principale source d'alimentation des populations.

-Mauvaises pratiques culturales

Les cultures itinérantes sur brûlis constituent une menace à la fertilité de la terre. Lorsque les paysans produisent du maïs sur un espace déjà brûlé, un bon rendement n'est pas obtenu du fait qu'auparavant, les matières organiques indispensables à la fertilité du sol sont détruites. 80 % des personnes retenues pour l'enquête brûlent les pieds de maïs après la récolte. La déforestation fait que la biodiversité n'est plus protégée.

Il est à signaler que les méthodes de pépinières adoptées par les maraîchers et les billons faits dans le champ ne répondent pas aux normes agricoles, puisque la distanciation des pépinières n'est pas respectée.

-Système de stockage

Outre le bradage des denrées alimentaires et les mauvaises pratiques culturales, il existe d'autres facteurs d'insécurité alimentaire dans l'Arrondissement de Pélébina.

Facteurs secondaires d'insécurité alimentaire dans l'arrondissement de Pélébina

D'après les données obtenues sur le terrain au cours des enquêtes de terrain, plus de 90 % des personnes retenues pour l'enquête ont mis l'accent sur l'insuffisance quantitative en matière de disponibilité alimentaire, son irrégularité ainsi que sur la faiblesse des revenus comme étant les éléments des facteurs d'insécurité. Ces facteurs élaborés par les ménages se trouvent en grande partie, dans les paramètres déterminants les conditions de vie des ménages ruraux au Bénin. Il s'agit de :

- l'accès aux ressources productives ;
- le niveau de formation ou d'éducation des producteurs ;
- l'accès aux services sociaux de base.

Pour ce qui est de l'Arrondissement de Pélébina, le premier paramètre est plus mis en cause quand il s'agit des facteurs tels que : la pénibilité du travail agricole, la pénurie de terres cultivables, l'accès difficile au crédit, le faible rendement agricole.

Risques d'insécurité alimentaire dans l'arrondissement de Pélébina

A partir du niveau de couvertures des besoins alimentaires, du revenu et du pouvoir d'achat des populations agricoles puis des bilans alimentaires, un jugement pourrait être donné sur les risques d'insécurité alimentaire dans l'arrondissement de Pélébina.

Niveau de couvertures des besoins alimentaires

Dans l'Arrondissement de Pélébina, le niveau de couverture des besoins alimentaires est lié à trois facteurs dont la taille du ménage ; la production et la gestion de la récolte. Ainsi, 61 % des ménages interrogés arrivent à couvrir leurs besoins en maïs (aliment principal et de base). Les 35 % se procurent au marché.

Dans l'incapacité de couvrir les besoins alimentaires en produits locaux, les populations agricoles sont obligées de faire recours au marché quel que soit leur revenu et leur pouvoir d'achat.

Bilans alimentaires indicatifs de 2017 à 2020 à Pélébina

Le revenu des populations agricoles n'est que l'argent obtenu de la vente des produits agricoles. 100 % des personnes interrogées soutiennent que le revenu du manioc, du soja, du riz, d'igname, du mil qui leur permettait de satisfaire leurs besoins vestimentaires, scolaire, sanitaires et même alimentaire au moment où les productions vivrières ne vont pas couvrir les besoins alimentaires. Comme le revenu des populations ne provient que de leurs productions agricoles pour lesquelles on enregistre de nos jours de faibles rendements, elles sont obligées de diminuer le nombre de repas de trois fois à deux fois voire même une fois par jour dans certains ménages. Une analyse sur les bilans alimentaires indicatifs de 2017 à 2020 permet de se rendre compte des véritables risques d'insécurité alimentaire dans l'Arrondissement de Pélébina. Les conditions d'alimentation sont appréciées sur la base de la situation alimentaire estimée à partir du bilan par année et par denrée. Il est égal à la production de l'année avec déduction des consommations, des pertes et semences. Le tableau II présente la norme de calcul des bilans alimentaires pour les principales spéculations agricoles retenues pour l'enquête.

Tableau II : Norme de calcul des bilans alimentaires

Spéculations	Consommation (kg/hbt/an)	Semences et pertes (%)
Manioc (<i>Manihot esculenta</i>)	50	10
Maïs (<i>Zea mays</i>)	25	15
Soja (<i>Glycine max</i>)	20	35
Igname (<i>Dioscorea alata</i>)	40	30

Source des données : ONASA et al., (1995) et résultats d'enquêtes de terrain, 2021

Les besoins annuels pour les principales spéculations alimentaires sont obtenus à partir de la ration journalière individuelle multipliée par la population de l'année considérée et par 365 jours.

Le tableau III relate les informations sur les bilans alimentaires indicatifs de 2017.

Tableau III : Bilans alimentaires de 2017

Cultures	Consommation (kg/hbt/an)	Population	Consommation en tonne	Production disponible	Production utile		Solde vivrier
					%	Tonne	
Manioc	50	9505	579	1494	39	1298	196
Maïs	25	9505	298	598	29	1029	-431
Soja	20	9505	168	330	51	225	105
Igname	40	9505	112	220	51	198	22

Source des données : ONASA (2015) et résultats d'enquête de terrain, juillet 2021

L'analyse du tableau III montre que le maïs est déficitaire (-431) alors que le manioc (196), le soja (105), l'igname (22) sont excédentaires. Le solde négatif en maïs (premier produit alimentaire du milieu) ne garantit pas une sécurité alimentaire aux populations de l'Arrondissement de Pélébina. Cela est dû à l'appauvrissement des sols, à la rareté des pluies. Le tableau IV relate les informations sur les bilans alimentaires indicatifs de 2015.

Tableau IV : Bilans alimentaires indicatifs de 2018

Cultures	Consommation (kg/hbt/an)	Population	Consommation en tonne	Production disponible	Production utile		Solde vivrier
					%	Tonne	
Manioc	50	9505	579	1194	39	1098	96
Maïs	25	9505	298	1029	29	398	631
Soja	20	9505	168	330	51	205	125
Igname	40	9505	112	210	51	108	102

Source des données : ONASA (2015) et résultats d'enquêtes de terrain, juillet 2021

De l'analyse de tableau IV, il ressort qu'en 2018, les produits cultivés présentés ont un solde positif. Cette situation s'explique par la modification des calendriers agricoles. Le solde de manioc (96) a diminué. Cela est dû

aux phénomènes d'aléas climatiques et le manque d'espace cultivable ainsi que l'appauvrissement des sols. Le tableau V relate les informations sur les bilans alimentaires de 2019.

Tableau V : Bilans alimentaires indicatifs de 2019

Cultures	Consommation (kg/hbt/an)	Population	Consommation en tonne	Production disponible	Production utile		Solde vivrier
					%	Tonne	
Manioc	50	9505	799	1694	39	1098	596
Maïs	25	9505	298	410	29	1229	-810
Soja	20	9505	108	132	51	310	-178
Igname	40	9505	102	230	51	158	72

Source des données : ONASA (2015) et enquêtes de terrain, juillet 2021

Le tableau V révèle qu'en 2019, le maïs (*Zea mays*) et le soja (*Glycine max*) ont respectivement les soldes (-810) et (-1788) négatifs, donc déficitaires. Par contre le manioc (596) et l'igname (72) ont un solde positif, donc excédentaire. Le solde négatif se traduit par l'insuffisance des engrais chimiques, la rareté des pluies. Le tableau VI présente les informations sur les bilans alimentaires indicatifs de 2020.

Tableau VI : Bilans alimentaires indicatifs de 2020

Cultures	Consommation (kg/hbt/an)	Population	Consommation en tonne	Production disponible	Production utile		Solde vivrier
					%	Tonne	
Manioc	50	9505	799	2694	39	1598	1096
Maïs	25	9505	298	398	29	1429	-1031
Soja	20	9505	108	340	51	215	125
Igname	40	9505	102	260	51	148	112

Source des données : ONASA (2015) et enquêtes de terrain, juillet 2021

D'après le tableau VI, seul le maïs (-1031) a un solde vivrier négatif. Le manioc (1096), le soja (125), l'igname (112) ont un solde positif donc sont tous excédentaires. Le solde négatif en maïs (-1031) est dû à l'envahissement des criquets dévastateurs des plantes, à l'appauvrissement des sols et aux aléas climatiques.

Contraintes liées à la production agricole

L'objectif de cette partie est d'indiquer les facteurs limitant le rendement des produits vivriers pendant et après le cycle de croissance, en soulignant leur importance et en décrivant leurs caractères et leurs conséquences sur le rendement.

Contraintes physiques

La pluie et la sécheresse sont les éléments du climat qui influencent la production agricole. Parmi ces éléments, la pluie constitue la plus variable selon 80 % des personnes enquêtées. Son action se fait sentir à travers sa nature, sa fréquence et sa variabilité qui imposent des contraintes au milieu naturel et à l'occupation agricole. La pluviométrie moyenne de l'Arrondissement de Pélébina est faible et avoisine 235,8mm (Météo-Bénin, 2020, p.20).

Cette valeur ne favorise guère la production agricole dans l'Arrondissement de Pélébina. Aussi, une sécheresse prolongée peut avoir des conséquences néfastes sur la croissance, la maturité et le rendement des cultures. Les aléas climatiques en perpétuel changement influencent négativement les prévisions agricoles.

Contraintes socio-économiques

Sur le plan économique : Elles constituent une entrave majeure à la production des vivres à Pélébina. Les différents facteurs économiques influençant la production vivrière sont essentiellement : la répartition inadéquate des ressources, le manque d'infrastructure, les difficultés de vulgarisation, etc. pour 65 % des personnes enquêtées, le manque de réelles pistes rurales ne facilite pas le transport des produits agricoles vers les centres d'échange. Ce qui constitue un frein pour les producteurs dans la commercialisation de leurs produits.

Répartition inadéquate des ressources foncières : Selon 95 % des personnes enquêtées, il n'existe pratiquement à Pélébina aucune politique réelle en matière d'utilisation des terres. La pression démographique croissante se traduit souvent par la réduction notable de la jachère et des terres agricoles. Il s'en suit donc la mise en culture des terres marginales parfois impropres à toute culture.

Risques liés au foncier : L'examen de la problématique foncière au regard des régimes fonciers, des modes de gestion du patrimoine terre et des effets de la pression démographique sur les ressources naturelles en général permettent

de conclure à l'existence de risques réels liés à la question foncière dans la perspective de mise en œuvre de programme de développement au niveau de l'Arrondissement de Pélébina.

Aux plans individuel et communautaire, l'insécurité et la précarité qui caractérisent la disponibilité des terres agricoles peuvent constituer de véritables freins à la mise en œuvre des activités de l'agriculture. L'inexistence d'un code foncier intégrant le fondement coutumier et les préoccupations actuelles de l'Arrondissement de Pélébina en matière foncière explique grandement la multitude de conflits liés à la terre qui surgissent çà et là. D'ailleurs, le régime foncier sur le cadre juridique en vigueur à Pélébina pose de sérieux problèmes qu'il convient de régler. Dans l'arrondissement de Pélébina, l'application du régime coutumier est la règle et celle du régime foncier légal l'exception. Ce régime coutumier demeure usuel à cause de plusieurs facteurs dont les plus importants sont la pression démographique, l'urbanisation et l'installation des établissements à caractère économique et industriel.

Contraintes financières : Le manque de crédit est généralement perçu comme une contrainte sérieuse à la production des cultures vivrières au Bénin en général et dans l'Arrondissement de Pélébina en particulier. En effet, 70, 1 % des agriculteurs interrogés avouent ne disposer pas de moyens financiers nécessaires pour payer les services d'ouvriers agricoles, ni de crédit pouvant les servir dans ce cas. Cette situation s'explique par le fait que seules les cultures de rentes retenaient l'attention des décideurs nationaux et des bailleurs de fonds étrangers alors que les cultures vivrières en général ne bénéficiaient pratiquement d'aucune subvention, ni de l'Etat, ni des bailleurs de fonds. Ceci se traduit par un développement limité des exploitations agricoles et une réduction considérable des rendements et de la production. Même s'il est certain qu'un effort se fait aujourd'hui par le ministère de tutelle, beaucoup reste à faire afin de donner plus d'impulsion à la production agricole, gage de la sécurité alimentaire. D'où la nécessité de repenser une solution durable pour un développement prodigieux de la production vivrière dans l'Arrondissement de Pélébina.

Problèmes d'infrastructures et de vulgarisation : L'insuffisance ou la quasi-inexistence des pistes de dessertes rurales constitue aussi un handicap sérieux au développement agricole. Plusieurs zones agricoles de l'Arrondissement de Pélébina restent encore enclavées. Ainsi, d'énormes quantités de produits agricoles périssent dans les champs soit par manque de voies de communication, soit à cause du mauvais état des voies existantes qui rend très élevé les coûts de transport aux paysans. Ne pouvant transporter par tête à la maison ou aux points des marchés que ce dont ils sont capables, ces paysans sont obligés parfois d'abandonner le reste de la production aux champs dans des greniers peu sécurisant, à la merci des voleurs et des ravageurs de tout genre.

L'absence d'une politique de prix, de collecte et de commercialisation des produits constitue un autre handicap. En effet, hormis la culture cotonnière dont la commercialisation est suffisamment organisée avec un prix garanti et fixé avant le semis, la production vivrière ne bénéficie pas d'une commercialisation conséquemment organisée. Ainsi, les commerçants interviennent dans le circuit en imposant des prix qui au départ n'avantagent pas le producteur puis pénalisent les consommateurs à travers les spéculations. A tout cela, s'ajoute la faiblesse de la capacité des unités agro-industrielles. En effet, l'amélioration des technologies de transformation des produits agricoles en général se traduirait par une hausse de productivité et un relèvement du niveau de vie des cultivateurs. Elle prolongerait par ailleurs la durée des produits entreposés, faciliterait le transport, multiplierait les débouchés et augmenterait le niveau de nutrition.

Le manque d'encadrement technique, l'inexistence des boutiques des produits phytosanitaires (engrais, pesticide, ...), de semence et l'inexistence de centre de formation sur la gestion de l'exploitation agricole constituent un handicap pour le développement agricole. Aussi, l'introduction des techniques culturales modernes et des nouveaux instruments agricoles exigent la mobilisation de capitaux considérables difficiles à obtenir. Le faible contrôle accordé à la circulation des denrées agricoles et le moins d'attention accordée à l'organisation des banques des céréales sont aussi des menaces face à la sécurité alimentaire.

Contraintes sociales : Dans l'Arrondissement de Pélébina, la culture du sorgho est abandonnée au profit surtout du maïs et du manioc qui selon 80,8 % des personnes enquêtées constituent les principales cultures ancestrales. L'exigence des consommateurs et même des paysans quant à la qualité des grains servant à la préparation des différents mets locaux constitue une autre entrave à la production vivrière en général et du maïs en particulier. Le manque d'échange d'information sur les techniques agricoles entre les paysans constitue aussi un problème pour le développement agricole.

Dans la société traditionnelle, les occupations des populations varient selon l'âge, le sexe et la position sociale. Cette différenciation risque de gêner l'introduction des méthodes nouvelles d'organisation tendant à rejeter des règles traditionnelles. La peur de s'écarter des normes traditionnelles amène le paysan à montrer une réticence à adopter les méthodes et les conceptions nouvelles en matière d'agriculture, d'hygiène et d'habitude alimentaires

par crainte des maléfices des esprits ancestraux et des autres forces contrariées au cas où ces innovations s'écartent des voies traditionnelles. L'exode rural observé au niveau des jeunes est aussi une menace face à la sécurité alimentaire. Selon 68 % des personnes enquêtées, le flux de sortie des jeunes du milieu de recherche tournerait autour de 4 % par an. Ces jeunes se rendent dans les grandes villes du Bénin ou vers le Togo ou le Nigeria à la recherche d'autres activités plus rémunératrices que l'agriculture qu'ils pratiquent dans l'Arrondissement de Pélébina.

DISCUSSION

Les résultats obtenus dans le cadre cette recherche révèlent que plus de 75 % de terres sont emblavées pour les produits vivriers dans l'Arrondissement de Pélébina. Mais, malgré cela, les populations de Pélébina ne sont pas à l'abri de l'insécurité alimentaire. Le bilan alimentaire de 2014 à 2017 est quasiment déficitaire de -810. A l'issue de ce bilan, le solde vivrier des cultures est négatif. L'analyse des perspectives alimentaires montre que la situation alimentaire n'est pas assez confortable dans l'Arrondissement de Pélébina. Cette situation au niveau de l'Arrondissement ajoutée aux soldes vivriers négatifs enregistrés pour des spéculations dont le maïs n'est pas rassurant, vu l'importance du maïs dans l'alimentation des populations, pour traverser facilement une période de soudure. S'intéressant également aux études sur la sécurité alimentaire, T. R. G. Kadjègbin (2014, p.177) a analysé le niveau de la sécurité alimentaire dans les Communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué au centre Bénin. Ces résultats lui ont permis de révéler que les indicateurs de l'insécurité alimentaire dans lesdites Communes montrent l'existence de deux (02) types d'insécurité alimentaire, notamment l'insécurité alimentaire modérée dans chacune des deux (02) communes avec respectivement 42,58 % à Dassa-Zoumè contre 42,74 % à Glazoué, et l'insécurité alimentaire grave avec respectivement 08,38 % à Dassa-Zoumè contre 05,64 % à Glazoué. Ce qui montre qu'à l'image de l'Arrondissement de Pélébina, des efforts méritent d'être faits aussi dans ces localités pour assurer la sécurité alimentaire à toutes les populations. C'est aussi une question qui fait appel à la durabilité de l'agriculture dans les zones de production. A cet sujet, dans son étude sur la durabilité de la production maraîchère au sud-Bénin, C. Ahouangninou (2014, p. 101) a montré que les systèmes de production de grande superficie et irrigation motorisée sont plus durables. Mais assez ne disposent de ce système pour pouvoir assurer cette durabilité, histoire de garantir une sécurité alimentaire à la population à long terme. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par M. Naceur et al., (2009, p.226) et F.O.D Topanou Ligan (2015, p. 159) sur la durabilité des exploitations sous mécanisation agricole dans la Commune de Gogounou au Bénin qui a montré que, dans leur état actuel, ces exploitations ont une bonne durabilité agro-écologique (74,3/100), mais cela ne garantit pas entièrement la sécurité alimentaire.

Au vue de ces résultats, les systèmes de production agricole restent donc à améliorer considérablement afin de garantir et d'assurer une sécurité alimentaire à long terme pour la population béninoise entière et celle de l'Arrondissement de Pélébina en particulier.

CONCLUSION

Au terme de cette recherche, il faut retenir que l'Arrondissement de Pélébina apparaît comme l'une des régions qui dispose des meilleures potentialités de développement agricole aux regards de l'état des forces productives disponibles, de la disponibilité des terres, la faible densité de la population et l'immense possibilité de diversification des cultures. Le principal problème qui se pose dès lors reste l'épineuse question d'un stimulant permettant le retour des jeunes vers la terre. L'adhésion à une activité comme celle de la production agricole n'est possible que si le paysan est conscient d'y trouver son compte. Cependant, malgré leur importance dans la vie des populations, leur production est sérieusement menacée par des contraintes de tout genre qui entravent leur développement. L'analyse des perspectives alimentaires montre que la situation alimentaire n'est donc pas assez confortable si rien n'est fait pour mettre un frein au bradage des récoltes des produits vivrières surtout le maïs et le manioc. Cette situation au niveau de l'Arrondissement de Pélébina ajoutée aux soldes vivriers négatifs enregistrés pour des spéculations dont le maïs n'est pas rassurant, vu l'importance du maïs dans l'alimentation des populations, pour traverser facilement une période de soudure. Le solde vivrier négatif enregistré n'est pas seulement dû au bradage des récoltes car les faibles rendements agricoles occasionnent aussi l'insécurité alimentaire. Il est également dû à l'appauvrissement des sols. Pour assurer un approvisionnement stable dans le temps, il convient de maîtriser tout système de production et de distribution car pour obtenir une production agricole, il faut des moyens et des facteurs de production.

Références

- [1] AHOANGNINOU Claude Comlan Agbatan (2013) : Durabilité de la production maraîchère au Sud-Bénin : un essai de l'approche écosystémique. Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, 405 p.
- [2] ALTERSIAL (1985) : Nourrir les villes d'Afrique subsaharienne, Collection Ville et Entreprise, Ed. Harmattan, CERED, Paris, 421p.
- [3] AMELIE Amédé (2012) : Production et commercialisation des denrées vivrière dans la commune de Savè : cas de l'arrondissement de Sakin, Mémoire de maîtrise de Géographie, DGAT/ FASHS/ UAC, 74p.
- [4] FAO (2008) : Rapport sur le développement agricole dans le monde, Rome, 87p.
- [5] FAO (2011) : Manuel de production du Maïs, Rome, 120p.
- [6] INSAE (2013) : Résultats provisoires du RGPH4, Bénin, 89p.
- [7] KADJEBIN Toundé Roméo Gislain (2014) : Production agricole et sécurité alimentaire dans les communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué au Bénin. Thèse de doctorat (FLASH/UAC), 329p.
- [8] LABONNE Eirik Henry, (1994) : « La question alimentaire en Afrique », Collection ville et nutrition, Paris, 169p.
- [9] MAEP (2000) : Programme de relance d'encadrement des agriculteurs, Bénin, p79.
- [10] MAEP (2001) : Programme de développement de l'agriculture, Bénin, p 67.
- [11] MAIRIE DE DJOUGOU (2010) : Plan de développement communal, Djougou, 132p.
- [12] MAYER Emile (2000) : « Les illusions de l'autosuffisance alimentaire : exemple du Bénin, du Nigeria, du Ghana » in monde en développement, Paris, 11p.
- [13] METEO-BENIN (2020) : Rapport des données climatiques de la commune de Djougou, PDC, Djougou, 151p.
- [14] NACEUR M'Hamdi, RAfiK Aloulou, MOUNA Hedhly, BEN HAMOUDA Mohamed (2008) : Evaluation de la durabilité des exploitations laitières tunisiennes par la méthode IDEA, Biotechnol. Agron. Soc. Environ, pp. 221-228.
- [15] TOPONOU LIGAN Francine Olivia Dona (2015) : Essai d'évaluation de la durabilité de l'agriculture : application aux exploitations sous mécanisation agricole dans la commune de Gogounou au nord Bénin, Thèse de Doctorat de l'Université d'Abomey-Calavi, 282 p.

Intégrer l'information climatique dans les politiques publiques agricoles locales, quels rôles pour les collectivités territoriales du moyen-Couffo au Bénin ?

Marius K. Vodounnon Totin¹,

¹. Département sociologie-Anthropologie Université d'Abomey-Calavi/FASHS Adjarra

Résumé

Les réponses aux mutations climatiques prennent souvent par le renforcement de la résilience et des capacités d'adaptation des communautés vulnérables aux aléas. A cet effet, l'information climatique se révèle très capitale et doit constituer un élément essentiel des politiques publiques agricoles locales. Dans cette perspective, comment les collectivités locales participent-elles à la vulgarisation de l'information climatique en vue d'asseoir des stratégies durables de résilience climatique ? Il s'agit d'analyser le rôle des collectivités locales dans la vulgarisation agricole et ce, à travers la dissémination de l'information climatique. L'approche méthodologique empruntée s'appuie sur l'observation du paysage agraire et la modification du finage, les techniques de résilience des communautés paysannes et des entretiens semi-directifs réalisés auprès de 221 acteurs ciblés dans quatre communes agricoles du moyen-Couffo au Bénin. L'approche analytique orientée sous l'angle des politiques publiques agricoles locales a permis de rapprocher l'information climatique à une compétence des collectivités locales. Le présent article, en s'appuyant sur un corpus d'itinéraire de résilience, éclaire sur le rôle des collectivités territoriales dans l'anticipation et l'adaptabilité aux mutations climatiques. Il ressort des cas étudiés que la promotion des stratégies d'adaptation durables est tributaire d'une politique publique agricole locale soutenue par une planification et des innovations agricoles basées sur l'information climatique et leur vulgarisation par les entités territoriales décentralisées.

Mots clés : Résilience – information climatique – politiques publiques agricoles – collectivités territoriales – moyen-Couffo.

Integrating climate information into local public agricultural policies, what roles for the local authorities of Moyen-Couffo in Benin?

Abstract :

Responses to climate change often take the form of strengthening the resilience and adaptive capacities of communities vulnerable to hazards. To this end, climate information is very crucial and must constitute an essential element of local public agricultural policies. In this perspective, how do local communities participate in the popularization of climate information in order to establish sustainable strategies for climate resilience? This involves analyzing the role of local communities in agricultural extension through the dissemination of climate information. The methodological approach taken is based on the observation of the agrarian landscape and the modification of the finage, the techniques of resilience of the peasant communities and semi-structured interviews carried out with 221 targeted actors in three agricultural communes of Moyen-Couffo in Benin. The analytical approach oriented from the perspective of local agricultural public policies has made it possible to bring climate information closer to a competence of local communities. This article, based on a corpus of resilience itineraries, sheds light on the role of local authorities in anticipating and adapting to climate change. It appears from the cases studied that the promotion of sustainable adaptation strategies depends on a local public agricultural policy supported by planning and agricultural innovations based on climate information and their popularization by decentralized territorial entities.

Key Words: Resilience – climate information – public agricultural policies – local authorities – middle-Couffo.

¹ Corresponding author: kmariuso@yahoo.fr

INTRODUCTION

Les mutations climatiques constituent aujourd'hui une préoccupation essentielle des chercheurs, des décideurs à divers niveaux et des populations locales qui subissent constamment les effets du phénomène. Les tendances actuelles de la crise climatique montrent l'urgence des ripostes à développer et auxquelles les sociétés doivent, et devront, désormais penser, à des degrés toutefois divers selon les territoires (variabilité spatiale), et selon le niveau global d'atténuation atteint (variabilité temporelle) (E. Richard, 2017, p. 3). La « crise climatique » vient également reposer avec acuité les questions de l'équité dans le temps (entre les générations) et dans l'espace (entre les territoires), notamment parce que les mesures d'atténuation ne peuvent être effectives par rapport à l'objectif final poursuivi que si l'ensemble des territoires souscrivent à cet objectif et visent simultanément à l'atteindre dans leurs actions (F. Bertrand, 2016, p. 4). En effet, chaque système, qu'il soit urbain, rural ou naturel, est une combinaison unique de facteurs géographiques, physiques, socioéconomiques, politiques ou environnementaux interconnectés. Ces paramètres vont déterminer la vulnérabilité d'un territoire aux mutations climatiques, qui selon ADEME (2013, p. 5) est « fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé et de la sensibilité de ce système à cette variation du climat ». B. Quenault *et al.* (2011, p. 153) ajoutent à cette équation un troisième facteur, les mesures adaptatives du système, définies par le GIEC (2007) comme « la capacité d'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse aux changements climatiques (y compris à la variabilité et aux extrêmes climatiques), afin d'atténuer les effets potentiels, d'exploiter les opportunités, ou de faire face aux conséquences ».

Dans cette perspective et au regard des nouveaux enjeux locaux, l'orientation pour les managers locaux est de regarder l'ensemble de leurs activités au travers de la « lentille climatique », pour parvenir à passer d'une logique d'adaptation incrémentale centrée sur la réaction à des événements ponctuels, à une logique transformative plus structurelle et anticipative des changements à venir (X. Chu *et al.*, 2019).

Le Bénin, comme la plupart des pays au sud du Sahara est fortement exposé aux intempéries et aux impacts des mutations climatiques. Les implications diverses ont aggravé un peu partout et surtout dans le domaine agricole, la difficulté dans la planification de la sécurité alimentaire, les épidémies et la gestion des ressources en eau. En effet, les changements structurels révèlent les effets induits à toutes les échelles ; ce qui modifie les systèmes de production et la vie agricole.

A l'échelle locale, la perspective d'adaptation aux mutations climatiques consiste non seulement à inclure les communautés rurales dans les processus de la fabrique des stratégies d'adaptation mais aussi à renforcer leur résilience et leurs capacités d'adaptation aux aléas par l'entremise d'un circuit informationnel institutionnel qui renseigne sur les données désagrégées que sur les variables d'une anthropologie localisée du climat. Consacrer le territoire comme siège des mutations et des innovations, c'est développer alors une approche systémique et inclusive partant des réalités des milieux naturels et des systèmes humains, sous le leadership des collectivités locales en partenariat avec toutes les parties prenantes, dans le croisement des défis et des échelles. De ce fait, selon R. Dantec (2021), « les collectivités territoriales, par leur rôle "d'ensemblières" initiatrices et coordinatrices de projets locaux et par leur proximité avec les habitants et les acteurs territoriaux, sont les entités privilégiées pour mettre en œuvre la logique de partenariat et d'approche systémique que portent les ODD dans le cadre de leur action climat. »

L'implication et la pleine responsabilisation des collectivités locales dans la jugulation des effets des mutations climatiques permettent, et de cerner les aspirations et projets des communautés et des acteurs. La réflexion stratégique sur le climat dans ce contexte local doit donc resituer la place et le rôle des collectivités locales comme acteurs-pivots et instances de prise de décision collective, de mobilisation et d'action créative. La réalisation de cet enjeu exige des politiques de décentralisation, des orientations plus adaptatives centrées sur les informations climatiques, des processus de développement local plus endogènes et prospectifs et une subsidiarité plus tournée vers l'action collective territorialisée. Les enjeux autour du climat étant au cœur de la planification locale.

Comme le mentionne l'ONG CARE, 2015,

« Les informations climatiques constituent un élément essentiel des processus d'adaptation, y compris les prévisions climatiques à plus long terme et les informations à plus court terme telles que les prévisions saisonnières, les alertes précoces pour les conditions climatiques extrêmes, les prévisions météorologiques à court terme et les données pluviométriques locales. Dans certains contextes, l'accès à ces informations est difficile, en raison du manque de disponibilité, de faibles systèmes de communication ou d'obstacles politiques d'accès pour les [acteurs-rices] locaux ».

Il s'ensuit donc que l'information climatique est capitale et sa prise en compte dans les politiques publiques locales et surtout agricoles, devient un impératif de développement. L'essor de l'agriculture au niveau local dépendant fortement de la vulgarisation de l'information climatique et de son accessibilité par les communautés à la base. Dans le moyen-Couffo au sud-est du Bénin, l'appréciation sur une période de dix (10) ans des résultats de production agricole révèle une variabilité des tendances de productions et un désistement progressif des activités agricoles. L'identification des facteurs favorisant cette situation permet d'approcher le déficit d'informations dans les problématiques agricoles. Or, la territorialisation de l'action agricole implique le rôle prépondérant des collectivités territoriales dans la définition des options qui priorisent l'information sur le climat dans toutes les stratégies de développement agricole. A cet effet, la solution préconisée, en association avec les acteurs institutionnels opérant pour le monde rural était de formaliser un protocole de vulgarisation agricole impliquant les collectivités locales ; ce qui n'est pas le cas. Cependant, le déficit de données climatologiques adéquates et fiables empêche les communautés à la base de bien comprendre la variabilité et l'évolution actuelles et à venir du climat. Ce qui repositionne les collectivités locales comme acteurs enjeux dans l'optimisation des politiques publiques agricoles locales. Il est donc impérieux de reconstruire le procédé opératoire de ces collectivités territoriales dans la vulgarisation de l'information climatique en vue d'asseoir des stratégies durables de résilience climatique dans le moyen-Couffo.

METHODES, MATERIELS ET MODELE D'ANALYSE

Méthodes et matériels

L'ancrage territorial, la nature transversale et complexe, ainsi que les incertitudes associées constituent au moins trois dimensions du problème de l'adaptation qui rendent délicate la gestion des effets du changement climatique par les territoires (E. Richard, 2013, p. 6). Le présent travail s'inscrit dans une démarche de type exploratoire. La méthodologie utilisée procède à une utilisation combinée de la documentation et des travaux de recherches empiriques. Ces derniers s'appuient sur l'observation du paysage agricole et la modification du finage, les techniques de résilience des communautés paysannes et des entretiens semi-directifs réalisés auprès de 221 acteurs ciblés dans quatre communes agricoles du moyen-Couffo au Bénin. Par ailleurs, les guides d'entretiens ont été pré-testés lors de cette phase exploratoire afin de les adapter aux réalités du terrain. De même, des entretiens occasionnels ont été organisés pour solliciter des réponses d'éclaircissement dès l'apparition d'une nouvelle information suscitant des réflexions (N. Diarassouba et *al.*, 2008). L'approche analytique orientée sous l'angle des politiques publiques agricoles locales a permis de rapprocher l'information climatique à une compétence des collectivités locales.

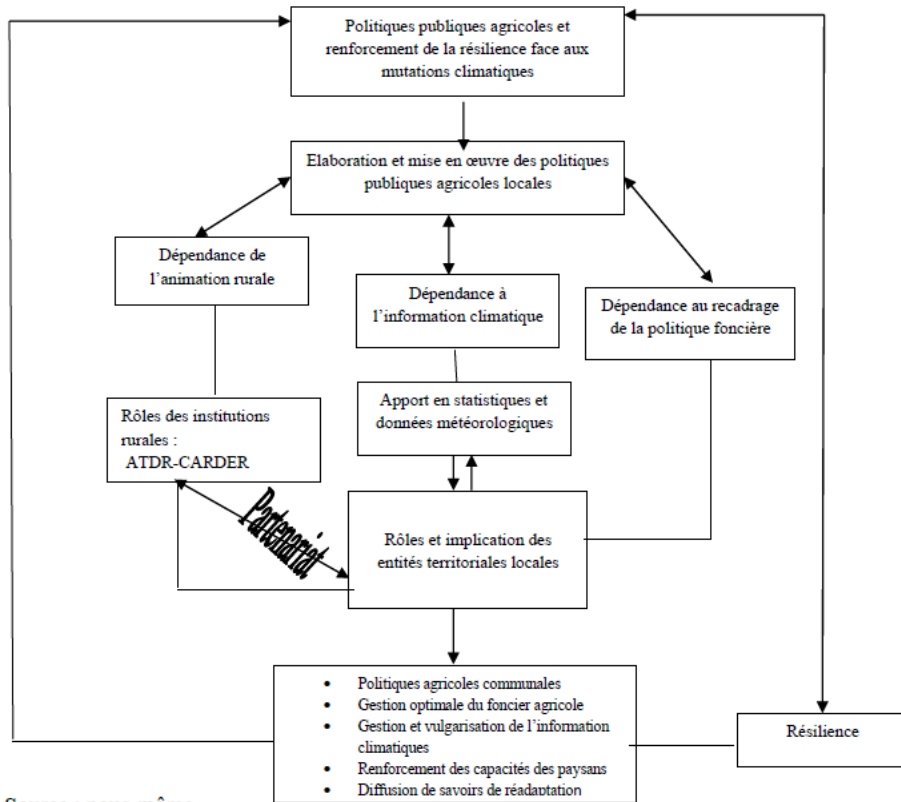
Le tableau I renseigne sur la répartition des acteurs par commune.

Tableau I : Répartition statistique des acteurs par commune

Communes	Organisation des Producteurs agricoles	Faitières des coopératives de producteurs	Ménages agricoles	Encadreurs ruraux	Cadres des Mairies		Elus locaux	Autres
					Services	Membres des cadres de concertation de gestion des risques agro climatiques et de sécurité alimentaire		
Lalo	6	2	37	2		3	15	7
Klouékanmey	8	4	46	3		3	12	5
Toviklin	4	2	35	2		3	11	5
TOTAL	18	8	118	7		9	38	17
TOTAUX	221							

Conceptuel et modèle d'analyse

Pour analyser les données recueillies sur le terrain, l'approche analytique orientée sous l'angle des politiques publiques agricoles locales a permis de rapprocher l'information climatique à une compétence des collectivités locales.



RESULTATS

Spécificités agro sociologiques comparées moyen couffo (Bénin)

Le Moyen-Couffo composé de trois communes à savoir : la commune de Lalo, de Klouékanmey et de Toviklin. Il est situé au sud-est du département du Couffo (un département situé au sud-ouest du Bénin) et couvre une superficie de 946 km². C'est une zone de grande production agricole et jouissant d'une très bonne situation géographique rare et exceptionnelle favorable à toutes sortes de cultures : cultures pérennes et cultures maraîchères. Les cartes (géographique et administrative) ci-dessous renseignent plus amplement sur le Moyen-Couffo.

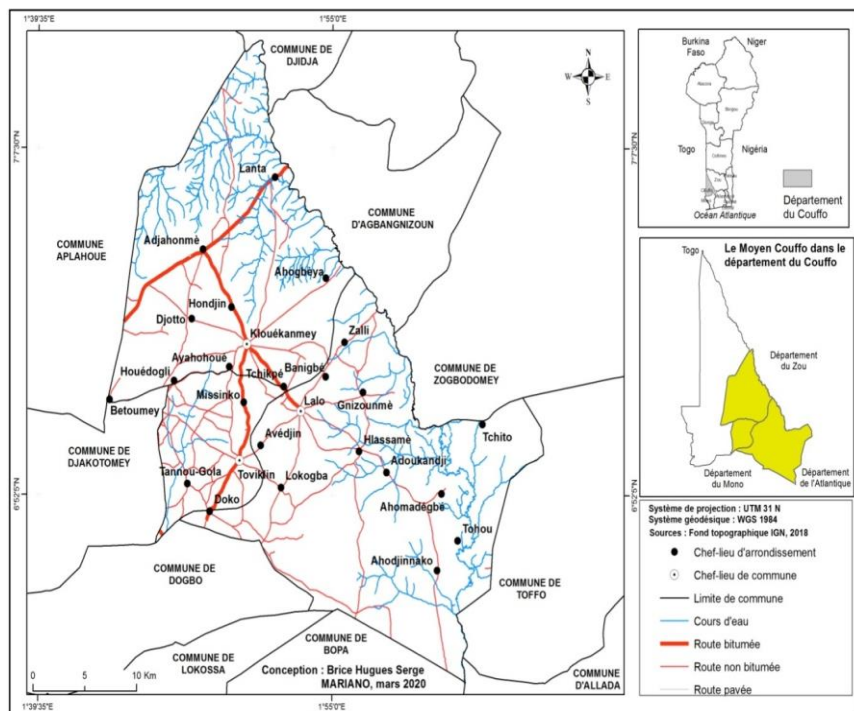


Figure : Carte géographique du Moyen-Couffo

Source :

Le climat du moyen-Couffo est de type subéquatorial à deux saisons pluvieuses et à deux saisons sèches. La hauteur annuelle de pluie varie entre 800 mm et 1400 mm L'humidité relative est considérable et peut atteindre 85%. Le nombre de jours de pluies tourne autour de 100 jours par an et la période de croissance végétative varie entre 210 jours et 240 jours. On y distingue deux (02) zones agroécologiques, à savoir: les terres de barre (6^e zone agroécologique) à Klouékanmè et Toviklin ; et la dépression des Tchi, (7^e zone agroécologique) à Lalo.

L'agriculture dans le moyen-Couffo est encore pluviale malgré le potentiel hydrographique de la Commune et est fortement tributaire des aléas climatiques et de la main-d'œuvre. Les principales cultures saisonnières sont : le maïs, la tomate, le manioc, le niébé, l'arachide, le coton, le piment et le gombo. Les cultures pérennes de rente sont le palmier à huile et les fruitiers (les agrumes, le manguiier, le pommier...). Le coton, la tomate et les agrumes constituent les principales sources de revenus des producteurs. Les recettes contribuent à près de 80% à l'économie locale. Ceux qui vivent de l'agriculture sont évalués à 63 685, soit 91,68 % de la population des Communes tandis que les actifs agricoles représentent 39,40 % de la population active. Par ailleurs les statistiques montrent que 51,90 % de la population ont moins de 15 ans.

Dépendance climatique de l'agriculture dans le moyen-Couffo : éléments de corrélation Vie agricole paysanne et éléments de dépendance climatique

La vie agraire chez les communautés paysannes du moyen-Couffo repose essentiellement sur la production agricole. Cette dernière définit un ensemble *k* de cinq éléments qui animent le marché : rendements agricoles, rentes agricoles, facteurs de production (capital propre des producteurs), prix des denrées agricoles sur les marchés locaux et politique publique agricole locale (institutions, mécanismes de fonctionnement).

- **k1** = rendements agricoles ;
- **k2** = rentes agricoles ;
- **k3** = facteurs de production ;
- **k4** = prix des denrées agricoles sur les marchés locaux ;
- **k5** = politique publique agricole locale.

Les composantes de la variable **k** ainsi identifiées, il s'ensuit que les spectres des mutations climatiques et les éléments de résilience de l'agriculture dans le moyen-Couffo sont à rechercher autour de la variable. Ces composantes permettent au mieux d'apprécier les effets adverses des risques climatiques sur les systèmes agraires. Dans la nomenclature des risques, la littérature abondante existante et les observations et enquêtes de terrain indiquent : les sécheresses prolongées = **c1**, le caractère aléatoire des pluies = **c2** et l'invasion des champs (inondation et criquets) = **c3** comme causes justifiées. Elles sont confirmées par 100% des acteurs approchés.

L'appréciation des impacts de **c** sur **k** permet d'opérer une lecture réelle des effets des mutations climatiques tant sur le système agraire que sur la vie communautaire rurale dans le moyen-Couffo. En supposant **I** l'impact de **c** sur **k**, lequel rapport permettra d'apprécier la dépendance climatique, il ressort que **I** prend les variables : baisse des rendements agricoles, amenuisement des revenus agricoles, diminution du pouvoir d'achat des producteurs agricoles, endettement des producteurs agricoles, dégradation des conditions de vie des ménages agricoles, exode rural, amplification de la pauvreté rurale, précarité économique des producteurs agricoles, flambée des prix des denrées agricoles, raréfaction des denrées de base, difficile accès aux services sociaux de base, augmentation de la sollicitation des acteurs humanitaires, augmentation de la sollicitation des institutions agricoles, perturbation du fonctionnement des institutions agricoles locales, perturbations dans la mise en œuvre des stratégies de développement agricole à l'échelle locale, inversion des rapports rural-urbain, apparition de nouveaux conflits sociaux, effritement des lieux familiaux, ... }.

Ces relevés empiriques, même s'ils permettent de rendre compte des mutations en cours dans le monde rural, toutefois, ils constituent de vrais indicateurs d'évaluation de la dépendance climatique des activités agricoles.

Pour S. F. (57 ans) producteur agricole résidant à Klouékanmé :

« le nouveau climat a tout changé. Rien n'est plus pratiquement comme avant. Nous cultivons beaucoup pour récolter un peu. La pluie ne vient plus fréquemment ; ou si elle doit venir, on ne connaît pas la fin. Nous ne maîtrisons plus grande chose. Le village se vide et parfois c'est du dehors qu'on amène les vivres. Nous n'avions plus assez d'argent pour régler les choses urgentes... ».

Ce court propos du paysan expose le point de vue de l'ensemble des communautés paysannes et révèle par-delà, à la fois les dimensions économiques et sociales de la crise et ses effets sur l'accentuation de la pauvreté en milieu rural. En effet, la portée sociale et économique des mutations climatiques, les effets collatéraux induits, les conséquences peu irréversibles et les transformations tant sociétales que structurelles dérivées fondent les perceptions communautaires paysannes et légitiment leur vulnérabilité. Tant leurs pratiques agricoles que leur système social dépendent fortement du climat.

Dépendance versus vulnérabilité

Conceptuellement, la vulnérabilité convoque, comme l'a montré H. Thomas (2010, p. 43), deux notions : la fêlure d'une part (la zone sensible, fragile, par où arrivera l'atteinte) et la blessure d'autre part (qui matérialise l'atteinte). Elle exprime le niveau auquel un système naturel ou humain peut être affecté puis dégradé ou endommagé par les impacts de la variabilité et des changements climatiques y compris les événements extrêmes. Elle dépend aussi bien des facteurs physiques que socio-économiques. Dans le contexte actuel, la vulnérabilité désigne l'influence ou les effets directs ou indirects d'un climat modifié sur les systèmes et pratiques agricoles, le finage,

les rendements ainsi que sur la magnitude de leur auto-ajustement. Dans le moyen-Couffo, les impacts des effets directs ou indirects du climat modifié sont expressifs à travers les indices de dépendance climatique. Ils sont révélés au prisme d'une analyse corrélative mettant en exergue l'évolution du climat et les rendements agricoles.

Dans cette perspective, un corpus d'indicateurs de vulnérabilité a été établi. Les éléments de vulnérabilités indexés par les paysans résultent du maillage des spécificités du secteur agricole et des caractéristiques paysagères, économiques et sociales du moyen-Couffo. Aussi, ressort-il des facteurs que la baisse de l'élan de fertilisation des terres agricoles et l'insécurité foncière sont les principaux facteurs de vulnérabilité du système agricole aux risques climatiques.

En effet, le premier intègre les aléas pluviométriques, la dégradation des terres cultivables, la faible résistance des variétés agricoles à la sécheresse, etc., tandis que la question foncière est relative entre autres à la faible sécurisation du foncier et aux nouveaux problèmes liés à sa spéculation et au bradage. A cela s'ajoutent le déficit d'adoption d'innovations agricoles, la faible appropriation des interventions étatiques en milieu rural, le dualisme entre les logiques en présence, et la quasi absence d'un système d'information rurale.

Pour S. E. (61 ans), producteur à Lalo,

« les temps ont changé. La vie rurale est transformée totalement. La sécheresse se prolonge tous les ans rendant nos terres peu productives. La pauvreté et les besoins de l'heure nous amènent à vendre nos champs à vil prix. Et tout ça, parce l'Etat ou la mairie ne nous aide pas. On est sous informés ; on ne comprend pas comment vont les choses et qu'est-ce qu'il faut faire... »

L'analyse de ces propos fait ressortir la soumission des paysans aux mutations climatiques et leur faible capacité à contenir les risques potentiels et à riposter. Dans les milieux à faibles capacités de relèvement post-catastrophe, la permanence des risques perdurent et génèrent des dynamiques spéculatives qui tentent d'exacerber la pauvreté à moyen et long terme. En développement, un système informationnel de veille et de renseignement climatique, un des défis majeurs à caractère local lié à la maîtrise agricole serait réglé afin d'accroître la riposte.

Par ailleurs, en visualisant les indicateurs de la vulnérabilité structurelle qui prennent en compte les formes manifestes de la pluviométrie, les aspects déficients dans les politiques publiques agricoles, le faible accès aux informations de prévisions agro météorologiques saisonnières, le niveau d'instruction des producteurs, les défaillances dans le fonctionnement des cadres institutionnels communautaires de prévention et de gestion des risques climatiques et de catastrophes, les insuffisances dans l'intégration des risques de sécheresses et d'inondations dans les stratégies de développement du secteur agricole au niveau local, il s'ensuit que l'information agricole et sa vulgarisation seraient un potentiel levier à la réponse aux mutations climatiques en cours dans les milieux ruraux.

L'information climatique : un élément essentiel des politiques publiques agricoles locales

La politique agricole en tant qu'ensemble de mesures stratégiques spécifiques au secteur agricole consiste généralement soit à soutenir ou inciter la production agricole, soit à stabiliser le marché ou soit encore à combiner les trois. En effet, la politique agricole peut être définie comme l'intervention publique dans le secteur agricole. C'est un ensemble de mesures d'interventions publiques qui portent sur la production agricole nationale ou sur les importations et exportations de produits agricoles. Selon V. Ribier (2008), elle se caractérise généralement par « un ensemble de mesures réglementaires, dispositifs structurels, moyens financiers et humains interdépendants, mis en œuvre par la puissance publique pour contribuer à la progression du secteur agricole ». Elle a pour finalité d'accroître la production agricole de façon soutenue, progressive et durable. Les initiatives pour atteindre cet objectif reposent fondamentalement sur la maîtrise et la gestion rationnelle des informations relatives au système agricole et aux mutations socio-environnementales surtout dans un contexte où les effets des activités humaines sur le système climatique sont emblématiques de la crise environnementale (Vodounnon

Totin M. & Montcho R. 2020) et demeurent par endroits imprévisibles voire irréversibles (D. Bourg, 2002, p. 184). Face à cela, l'action publique locale, pilotée par les collectivités territoriales, est indispensable et doit se reposer sur une compréhension des changements en cours, la capacité des acteurs à convertir les contraintes en forces et opportunités et sur un système d'informations qui permet d'anticiper sur les risques de vulnérabilité.

L'information agricole et sa vulgarisation sont conçues ces derniers temps autant comme des supports de production agricole que des pans de système d'alerte, permettant aux paysans et aux acteurs de la chaîne, de réguler leur dépendance des phénomènes climatiques. Elles contribuent à favoriser le développement agricole et constituent des indicateurs d'amélioration de la résilience. Elles reposent sur l'accès aux données climatiques et aux détails géographiques nécessaires qui sont des outils de mise en œuvre des politiques publiques agricoles. En référence aux énoncés des acteurs interrogés, les besoins des communautés paysannes en matière d'informations concernent principalement : les techniques culturales pérennes, les calendriers agricoles en lien avec les mutations localement pertinentes, les mesures d'adaptation à la sécheresse et aux inondations, les informations sur les marchés du bétail et des récoltes, les flux de coûts des produits agricoles, les mesures d'adaptation aux changements climatiques, la gestion durable des terres agricoles.

Sur le court terme (cycle agricole) et très court terme (jours et semaines à venir), l'information sur les mutations climatiques aide les producteurs à modifier la gestion du système de production (dates de semis, espèces végétales et variétés utilisées, constitution de réserves de fourrages, etc.) et à protéger les exploitations agricoles comme le montre les propos de cet agriculteur de Klouékanmey :

« Les dérèglements climatiques sont là et il nous faut avoir le maximum d'informations sur les calendriers agricoles, les systèmes culturaux, la disponibilité des semences, les systèmes de conservations etc. Cela nous permet non seulement d'avoir une idée de la date probable de début et de fin des pluies, mais aussi de précaution à prendre afin de résister aux effets néfastes des changements climatiques ».

Les mutations récentes du climat ressenties par les producteurs sont le retard des premières pluies, l'irrégularité des pluies et le raccourcissement de la saison pluvieuse. Cela constitue un risque majeur pour la croissance des cultures particulièrement au stade de jeunes plantes comme le montre la planche de photo 1

Photo 1: Cultures de légumes en stress hydrique par temps de retard des pluies



Prise de vue : Marius K. VODOUNNON TOTIN

Par ailleurs, la connaissance de prévisions relatives à l'évolution future des paramètres champêtres est nécessaire pour permettre aux producteurs d'anticiper sur les risques éventuels. L'accès à ces informations localement pertinentes sur la vie agraire, notamment grâce à la diffusion d'avis aux agriculteurs, de conseils sur la protection des cultures et de renseignements sur les techniques peu coûteuses de conservation des eaux et des sols, a permis une réduction importante des facteurs limitant la productivité, des pertes et des dommages causés aux cultures comme le montre la planche de photo 2 ci-après :



Photo 2 : Champs de tomates attaqués dans la commune de Lalo

Prise de vue : Marius K. VODOUNNON TOTIN

Cela permet d'améliorer la productivité agricole et la sécurité alimentaire des communautés en dépit des changements climatiques comme le souligne cet enquête :

« Quand on a les bonnes informations, on s'en sert. L'agriculture n'est pas particulièrement compliquée; c'est pourquoi il est important de connaître les principaux facteurs de production et l'information utile et à temps pour orienter nos techniques de travail ».

Il continue :

« Les conseils prodigués par les conseillers agricoles m'ont particulièrement aidé. Les récoltes des années antérieures ont été catastrophiques pour moi. Je ne savais rien de la protection des cultures contre les rongeurs à part les méthodes traditionnelles que nos parents utilisaient. Mais depuis que j'ai commencé à participer aux réunions et formations des agriculteurs, il y a eu de l'amélioration. J'ai acquis des connaissances non seulement sur les systèmes de production mais aussi sur la conservation. Et voilà le résultat (photo 3) ».



Photo 3 : Champ de Maïs et de Gombo suivi par les conseillers agricoles dans la commune de Klouékanmey

Prise de vue : Marius K. VODOUNNON TOTIN

L'intégration des objectifs climatiques dans les politiques agricoles locales n'exclue cependant pas l'élaboration, en amont, d'une stratégie et de plans d'actions climatiques locaux, qu'il s'agit d'intégrer dans les plans communaux de développement. En effet, ceux-ci permettent de se donner les moyens de définir une véritable vision localisée liée aux mutations climatiques, d'une feuille de route locale pour y parvenir et du rôle respectif de chaque division sectorielle de la municipalité. Ils contribuent ainsi à impulser et à assurer un suivi de l'intégration des objectifs dans les politiques sectorielles et transversales et à favoriser la complémentarité et la cohérence entre les diverses actions mises en œuvre dans le cadre de ces politiques publiques agricoles locales. L'adaptation à base communautaire vise donc à appuyer les populations locales à comprendre les mutations auxquelles elles font face et à prendre des mesures appropriées sur la base de cette compréhension. Il est donc essentiel de mettre l'information climatique à la disposition des communautés paysannes pour leur permettre de gérer la vie de leurs

finages, et donc de minimiser les risques grâce à l'adoption des stratégies d'adaptation adéquates. Pour cela, il faudrait utiliser des informations pertinentes et un langage local accessible et compréhensible, de dédramatiser les problèmes à travers des exemples simples, fiables et exploitables de manière à faciliter la compréhension des agriculteurs pour leur permettre de prendre les bonnes décisions au moment opportun.

Traditionnellement, les paysans du moyen-Couffo s'appuient sur les connaissances autochtones leur prise de décision en matière de gestion des systèmes de culture. Le graphe ci-dessous donne expose un répertoire des stratégies paysannes d'adaptation aux mutations climatiques.

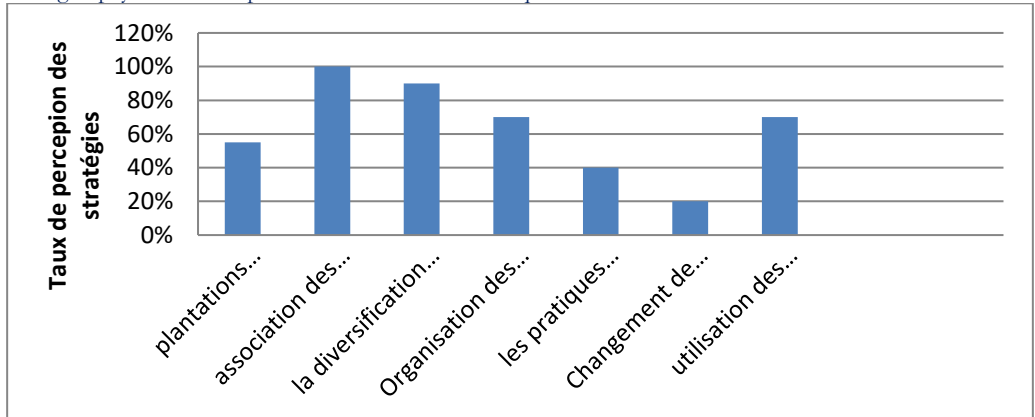


Figure : Stratégies paysannes d'adaptation aux changements climatiques dans le moyen-Couffo

Source : Données de terrain, 2022

Il s'agit entre autre : des plantations agricoles, de l'association des cultures, de la diversification des activités génératrices de revenus, de l'organisation des cérémonies et offrandes aux dieux, et autres. La disponibilité des données sur le climat renforce l'intégration du savoir autochtone dans la planification des cultures et contribue à un ciblage plus judicieux des mesures à prendre et également des actions néfastes ou inadaptées à éviter.

Le renforcement des dispositifs de relevés et prévisions météorologiques locales, la diffusion des informations climatiques disponibles (radio, téléphones mobiles communautaires) et la mise en œuvre/la redynamisation des systèmes d'alerte précoce constituent des mesures utiles pour permettre aux producteurs, aux populations locales et aux pouvoirs publics d'anticiper d'éventuels accidents climatiques et leurs conséquences (sécheresses, inondations, pluies violentes, attaques parasitaires). Il importe que les informations diffusées soient facilement interprétables par l'ensemble des producteurs, y compris les agriculteurs (rices) familiaux ; ce qui n'est aujourd'hui souvent pas le cas. Ces informations doivent pouvoir ensuite être interprétées et utilisées par les décideurs politiques, ainsi que par les populations locales dans le cadre de processus participatifs.

Dans l'actuel contexte de crise agricole et de quête de souveraineté alimentaire, les entités territoriales décentralisées doivent œuvrer à assumer des rôles d'acteurs objectifs en définissant des options locales de promotion de développement agricole durable.

DISCUSSIONS : LES COLLECTIVITES LOCALES, ACTEURS ENJEUX DANS LA VULGARISATION AGRICOLE

Avec la croissance démographique galopante et les défis multiformes en cours dans toutes les sociétés, les problèmes alimentaires deviennent le plus expressif surtout dans un contexte où le monde rural est en baisse de production agricole ; une baisse justifiée par des défis de mutations du système agraire, qui induisent une diminution de rendement des cultures, les pertes post-récolte élevées, la dégradation de l'environnement. Ce qui exacerbe la pauvreté des masses paysannes. Par ailleurs, dans la nomenclature des facteurs de persistance de la crise agricole, s'illustrent, le faible accompagnement et soutien institutionnel aux producteurs, le déficit de connaissances techniques, la faiblesse des compétences entrepreneuriales et un surtout un accès limité aux informations de base sur les questions agraires et les conditions de mutations climatiques. Ce qui interpelle le rôle des collectivités territoriales en ce sens que les initiatives doivent être prises au niveau local.

Comme le soulignent (F. Bertrand, L. Rocher, 2011, p.6), l'action des collectivités locales en matière de gestion de l'information climatique prend forme dans un cadre volontaire où elles se placent en relais du message

institutionnel ; elle est stimulée au sein de réseaux d'échange et par un souci de positionnement et de visibilité dans un contexte où la thématique environnementale est un élément central de « marketing territorial ». Elle prend également la forme de mesures à caractère incitatif et contractuel à destination des communautés à la base. Ce rôle de relais prend plusieurs formes telles que les campagnes de communication, les info-alertes, ou encore les mesures incitatives destinées à changer massivement les comportements.

Cette action des collectivités locales sur l'agriculture se fait selon X. Guiomar 2011, d'au moins quatre manières :

- *Par leur vision globale du territoire et leurs ambitions pour celui-ci, qui se traduisent par des dispositifs orientés vers cette évolution en intégrant plus ou moins clairement l'agriculture dans les projets et les programmes.*
- *par leurs réglementations (normes, autorisations...), c'est le fameux « coup de crayon » qui peut faire basculer la destinée d'une parcelle ou d'un plateau tout entier du côté agricole ou urbain ou y favoriser la mixité. Ces choix sont plus ou moins bien connus et compris des populations locales et agricoles selon l'investissement de la collectivité dans la communication.*
- *par leurs (co-)financements de projets ou de structures liées plus ou moins directement à l'agriculture.*
- *et par leurs processus de concertation qui associe plus ou moins la population et les différentes familles d'acteurs publiques et privés aux différents stades d'élaboration des politiques.*

L'action globale d'une collectivité locale sur l'agriculture peut privilégier l'une de ces voies d'action sans nécessairement la décliner dans les autres. La vulgarisation de l'information et le conseil agricoles jouent un rôle important dans le partage des résultats de la recherche et des innovations technologiques avec les exploitants familiaux. Ils leur apportent l'encadrement nécessaire à l'amélioration de leur productivité et à l'accroissement de leurs revenus. Dès lors, le développement de l'agriculture, pour être efficient et durable, doit aller de pair avec la mise en place de systèmes communaux de vulgarisation et de conseil agricoles adaptés aux besoins des producteurs.

La communication, pour le bon partage de l'information a un rôle déterminant à jouer. La perturbation du système climatique liée aux activités humaines fait l'objet d'une institutionnalisation récente et tend à s'imposer comme un élément central des politiques publiques locales. L'action des collectivités locales face aux mutations climatiques, qualifiées de politiques climatiques locales émergentes, prend forme dans un contexte institutionnel assez mouvant. Pour F. Bertrand et L. Rocher (2011), l'intégration d'enjeux climatiques dans l'action publique locale repose sur une implication volontaire à l'initiative des collectivités, hors de toute obligation réglementaire. Les interventions des collectivités locales en la matière ont un caractère incitatif, proposant un cadre d'action, dont le processus d'élaboration et le contenu sont à définir par les acteurs locaux. Le niveau central, producteur d'un discours sur la nécessité d'un effort collectif à relayer et à démultiplier par les entités territoriales et les individus, met à la disposition des collectivités des outils méthodologiques et des cadres institutionnels qui tendent à être généralisés.

La gestion par les risques des effets probables des changements climatiques constitue une approche privilégiée par bon nombre d'acteurs. Deux approches sont généralement avancées pour intégrer l'adaptation aux changements climatiques dans la gestion des risques : d'un côté l'approche « par le haut », basée sur des réponses institutionnelles, des accords procéduraux, des allocations de financement, et de l'autre côté, l'approche « par le bas » de réduction des risques, basée sur l'amélioration des capacités des collectivités locales à s'adapter et à se préparer à la catastrophe (G. Yohe *et al.*, 2007, p.820). Le caractère systémique et transversal de l'adaptation des masses paysannes au changement climatique tend à combiner ces deux approches, s'approchant du contenu de gestion des risques fondé sur l'évaluation à la fois des aléas et des vulnérabilités du territoire (E. Rigaud, 2009), et s'accordant avec les objectifs du développement durable (G. Yohe, 2007, p.818).

Face aux incertitudes associées aux mutations climatiques, les choix formulés par les territoires visent généralement soit à réduire le doute en cherchant à régionaliser les modèles et à intégrer davantage de paramètres pour les simulations du climat (approche probabiliste), soit à élaborer des stratégies alternatives à l'incertitude qualifiée de robustes par S. Dessai (2005). Cet enjeu de prise de décisions en situation incertaine n'est pas spécifique à la gestion locale des enjeux du climat (S. Dessai, 2005 ; Y. Chalas et O. Soubeyran, 2010), elle est retrouvée notamment en aménagement dans la gestion des risques, dans le développement économique ou dans le secteur du tourisme.

Les stratégies et options d'adaptation les plus pertinentes varient selon les territoires considérés et doivent être définies au plus près des populations locales et avec leur participation. Les collectivités territoriales doivent donc jouer un rôle primordial en matière d'intégration des objectifs climatiques dans les politiques publiques locales, et notamment des politiques agricoles communales, et ce, avec une participation des populations dans la

définition et le suivi de ces politiques, y compris en impliquant des institutions informelles. L'information climatique permet ainsi une optimisation des stratégies de développement agricole. Elle s'avère donc l'élément de rentabilité des campagnes agricoles et un outil de succès des politiques publiques agricoles.

CONCLUSION

Les mutations en cours dans le monde rural et la crise agricole ambiante ont suscité des problématiques nouvelles liées à la territorialisation l'action publique locale et aux rôles des collectivités locales dans la résolution des défis climatiques. Si le phénomène est de portée globale, le local est tout d'abord indiqué comme terreau des initiatives. Les nouveaux enjeux qu'impose l'agriculture et la nécessité d'assurer une sécurité alimentaire exigent des politiques publiques et surtout locales des stratégies basées sur la collecte de données et d'informations. Dans cette perspective, les collectivités locales assurent la vulgarisation de l'information climatique en vue d'asseoir des stratégies durables de résilience climatique. Car pour les organisations paysannes, la vulgarisation de l'information climatique et le conseil agricole revêtent une importance fondamentale dans la maîtrise des aléas et des incertitudes critiques. Ils constituent, pour les exploitations familiales, des instruments essentiels d'alerte et les bases de production. Les politiques publiques agricoles locales n'atteindront leurs objectifs de durabilité que si elles intègrent l'information climatique comme la variable dépendante. Les collectivités territoriales ont donc un rôle de premier plan à jouer par l'entremise des stratégies communales orientées.

Références

- [1] ADEME. 2019, « Comment Développer sa Stratégie d'adaptation au Changement Climatique à l'échelle d'une Filière Agroalimentaire ? », Guide méthodologique, 61p <https://www.ademe.fr/comment-developper-strategie-dadaptation-changement>
- [2] Béatrice Quenault et al, 2011, *vulnérabilité et résilience au changement climatique en milieu urbain : vers des stratégies de développement durable ?*, Rapport final, Volume 1
- [3] Bertrand François., 2004, *Planification et développement durable : vers de nouvelles pratiques d'aménagement régional ? L'exemple de deux Régions françaises, Nord-Pas-de-Calais et Midi-Pyrénées*, Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace, Université de Tours, <http://tel.ccsd.cnrs.fr/tel-00012142>.
- [4] Dominique Bourg., 2002, « Des problèmes résoluement contemporains », in *Ducroux A.-M., 2002, Les nouveaux utopistes du développement durable*, Paris, Édition Autrement, coll. « Mutations », 4p.
- [5] Care International, 2015, *Planifier l'adaptation avec les communautés* - Note à l'intention du praticien 1,
- [6] Dominique Berry, Patrick Caron, Jean-Yves Grosclaude et Emmanuel Torquebiau, 2015, « De nouvelles perspectives de recherche au regard des enjeux climatiques concernant les agricultures du Sud », in *Changement climatique et agricultures du monde*, éditions Quae.
- [7] EEA, 2016, « Urban adaptation to climate change in Europe 2016 Transforming cities » in *a changing climate*, p140.
- [8] Elsa Richard, 2013, *L'adaptation au changement climatique, nouveau critère de développement durable des territoires*. Jean-Paul Carrière, Christophe Demazière, Rodica Petrea, Luminita Filimon. La mise en œuvre du développement territorial durable : déclinaisons franco-roumaines, L'Harmattan, 978-2-343-01281-0. fihai-01473155f, 17p.
- [9] Gary Yohe et al., 2007, *Perspectives on climate change and sustainability. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 30p
- [10] Nafan Diarassouba, et al., 2008, *Connaissances locales et leur utilisation dans la gestion des parcs à karité en Côte d'Ivoire*, Afrika focus., 21(1): 19p.
- [11] Olivier Godard, 1997, « Les risques climatiques liés à l'effet de serre : pour une économie de la précaution », in *Aménagement & Nature*, 7p.
- [12] Rigaud E., 2009. « La dialogique résilience-vulnérabilité. Une révolution au sein des sciences et génie des activités à risques? » Dans S. Becerra, & A. Peltier, *Risques et environnement : recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés*. Paris: L'Harmattan, 9p.
- [13] Suraje Dessai, 2005, *Robust adaptation decision amid climate change uncertainties*, Thesis under the supervision of Pr.Mike Hulme, for the Degree of Doctor of Philosophy in the School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK, 283p.
- [14] Xavier Guimar, 2011, « Agriculture et collectivités locales, quelles politiques pour quelle proximités ». 5. Journées de Recherche en Sciences Sociales SFER - INRA - CIRAD, AgroSup Dijon - Institut National Supérieur des Sciences Agronomiques, de l'Alimentation et de l'Environnement. Dijon, FRA., Dec, Dijon, France. 17 p.
- [15] Xuefeng Chu et al, 2019, « Applying Climate Adaptation Strategies for Improvement of Management Indexes of a River-Reservoir Irrigation System », in *irrigation and drainage*.
- [16] Yves Chalas., Olivier Soubeyran, 2010, *Incertitude, environnement, aménagement, quelle rupture?*, dans "Comment les acteurs s'arrangent avec l'incertitude?", éditions archives contemporaines, 22p.

Analyse fréquentielle des pluies journalières maximales

dans le bassin versant Lebna, Cap-bon, Tunisie

Zarrouf Rafika^{1,2}, Chargui Sameh¹, Ben Khelifa Walid³

¹ Georesources Laboratory, Water Research and Technology Centre, Borj CedriaEcopark, Tunisia

² Faculty of Sciences of Sfax, Sokra Road, 3000 Sfax, Tunisia

³ National Institute of Agronomy of Tunisia, 43 Avenue Charles Nicolle, Mahrajène, 1082 Tunis, Tunisia

Résumé

Les précipitations extrêmes présentent un large domaine d'étude et d'intérêt pour les chercheurs, les hydrologues et les météorologues. L'estimation de ses valeurs extrêmes est un élément indispensable : il fournit un outil d'aide à la décision surtout lorsque on parle en termes de risque.

Ce papier a pour objet la détermination d'une loi théorique qui donne une représentation adéquate de la fonction de distribution des pluies journalières maximales annuelles, dans le bassin versant Lebna, au Nord Est de la Tunisie. La période choisie pour cette étude s'étale de 1980 jusqu'à 2019, où 11 stations pluviométriques ont été utilisées. Trois lois statistiques ont montré une bonne adéquation (la loi Log Normale, Exponentielle et Gumbel) et ont permis la détermination des quantiles et par la suite la cartographie de leur distribution spatiale. Les stations pluviométriques Oued Labid bge, Sidi Bouali Cap Bon et Takelsa Ribereau ont montré les valeurs extrêmes les plus fortes, alors que les deux stations Bge Sidi Abdelmonem aval et Tazoghrane ont dévoilé les valeurs les plus faibles.

Mots clés : Pluies journalières maximales, bassin versant Lebna, analyse fréquentielle, quantiles

Frequency analysis of annual maximum daily rainfall in Lebna basin, Cap bon, Tunisia

Abstract:

Extreme precipitation presents an important subject and interest for researchers, hydrologists, and meteorologists. Estimation of these extreme values is essential to provide a decision-making tool, especially when speaking in terms of risk.

The paper targets to determine a theoretical function that gives an adequate representation of the annual maximum daily rainfall distribution function, in Lebna basin (Nord Est of Tunisia). Selected period for this study ranges from 1980 to 2019 and eleven rain gauges were used. As result, three statistical laws showed a good adequacy (the Log Normal, Exponential and Gumbel law) and allowed the determination of the quantiles and subsequently the mapping of their spatial distribution. The rain gauges Oued Labid bge, Sidi Bouali Cap Bon and Takelsa Ribereau showed the highest extreme values, while the two stations Bge Sidi Abdelmonem aval and Tazoghrane revealed the lowest values

Key Words : Maximum daily rainfall, Lebna watershed, frequency analysis, quantiles.

¹ Corresponding author: chargui_sameh@yahoo.fr

INTRODUCTION

L'étude des valeurs extrêmes de la pluviométrie devient de plus en plus un défi majeur pour les scientifiques et les décideurs, surtout après l'augmentation de leur fréquence dû aux changements climatiques. Selon le 6^{ème} rapport du GIEC portant sur le changement climatique 2021[4]: le changement climatique a intensifié le cycle de l'eau et a apporté des pluies plus intenses, avec les inondations qui les accompagnent, aussi les sécheresses deviennent plus intenses dans beaucoup de régions [2, 10]. Il s'agit de faire face aux risques des inondations. Une bonne connaissance des pluies abondantes tels que les valeurs maximales journalières est nécessaire pour étudier ces extrêmes. L'analyse fréquentielle est parmi les méthodes statistiques fréquemment utilisées [5, 6, 7] pour estimer l'occurrence et l'intensité de ces maximums. Cette approche statistique est basée sur l'analyse des événements passés pour définir les probabilités d'apparition futures. Le but est de chercher la meilleure loi de probabilité avec une bonne adéquation aux valeurs observées. Dans la littérature plusieurs lois ont été utilisées pour modéliser les valeurs extrêmes tels que la loi de Gumbel et la loi GEV [5, 6, 7]. L'étude porte sur le bassin versant de Lebna, situé au Cap-Bon, dans un contexte méditerranéen connu par sa forte variabilité climatique [3] et qui connaît des événements extrêmes exceptionnels et des sécheresses récurrentes. Ainsi, une connaissance des quantiles de précipitations extrêmes s'avère nécessaire notamment dans un contexte où le changement climatique devrait s'accompagner d'une intensification du cycle hydrologique globale. L'objectif de ce sujet est de faire une analyse fréquentielle des précipitations extrêmes et de déterminer les quantiles des pluies journalières maximales annuelles dans ce bassin. L'approche méthodologique consiste à une analyse de données de la pluviométrie journalière pour une période qui couvre les quatre dernières décennies, de fournir une vision régionale de l'organisation spatiale de ces extrêmes.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Zone d'étude : Bassin versant Lebna

Le bassin versant Lebna est situé dans le gouvernorat de Nabeul, sur la péninsule du Cap Bon, au Nord-Est de la Tunisie (Figure 1). Ce bassin est délimité à l'Ouest, dans sa partie aval, par le djebel Abderrahmane principalement couvert par du maquis et de la forêt (altitude maximale 650 m). La partie centrale est constituée de reliefs collinaires (altitude moyenne 350 m) et occupée principalement par des associations polycultures / terres de parcours. La partie Est à l'aval présente un relief peu marqué [8, 11].

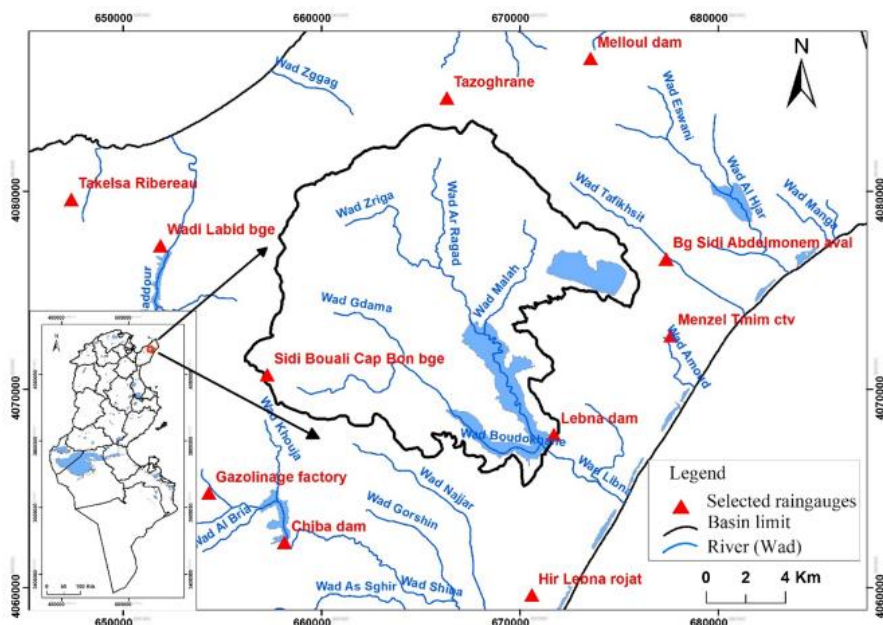


Figure 1- Localisation du bassin versant Lebna [3]

Pour étudier les pluies journalières maximales au sein du bassin versant Lebna, on a utilisé en totalité 11 stations pluviométriques (figure 1). Les stations retenues sont : Barrage Melloul, Bge Sidi Abdelmonem aval, Barrage Chiba, Mzel Temime ctv, Oued Labid bge, Hir Lebna rojat, Barrage Lebna, Takelsa Ribereau, Tazoghane, Usine de gazolinage et Sidi Bouali Cap Bon. Ces données ont été fournies par la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE). Les coordonnées ainsi que les périodes d'observations de chaque station sont dans le tableau 1.

Tableau 1 - Les stations pluviométriques utilisées dans le bassin versant Lebna.

Station	Date d'observation	X (UTM)	Y (UTM)	Moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation
Barrage Melloul	1990-2019	673564.45	4086716.56	565,87	180,36	0,32
Barrage Chiba	1980-2019	658143.65	4062276.88	552,44	151,12	0,27
Barrage Lebna	1990-2019	671718.49	4067721.48	456,86	148,87	0,33
Bge SidiAbdelmonem aval	1980-2019	677385.21	4076594.78	528,36	119,02	0,23
Hir lebna rojat	1980-2019	670611.44	4059619.38	455,12	158,29	0,35
Mzel Temime ctv	1980-2019	677617.70	4072714.73	479,65	132,15	0,28
Oued Labidbge	1980-2019	651897.79	4077268.01	600,37	152,2	0,25
Sidi Bouali bge	1980-2019	657272.93	4070739.88	628,94	158,3	0,25
Takelsa Ribereu	1980-2019	647396.85	4079596.94	524,99	140,69	0,27
Tazoghane	1980-2019	666321.72	4084718.03	543,49	156,21	0,29
Usine de gazolinage	1980-2019	654327.11	4064770.62	484,35	150,49	0,31

Le bassin d'étude est caractérisé par une variabilité pluviométrique dans l'espace et dans le temps. Les coefficients de variations (tableau 1) sont très proches les uns aux autres, Ils varient entre 0,35 et 0,23. La station de Hir lebna rojat est marquée par le coefficient de variation le plus élevé qui est d'environ 0,35 et un écart type de 158,29 alors que le coefficient de variation le plus faible 0,23 est observé au niveau de la station Bge Sidi Abdelmonem aval. Ce coefficient est plus élevé en aval du bassin qu'en amont.

Analyse fréquentielle et caractérisation des événements rares

- *Principe*

L'évaluation des statistiques liées aux événements rares paraît comme un sujet qui suscite de plus en plus l'intérêt des scientifiques et des décideurs dans le domaine de l'eau. Dans certaines études, il est nécessaire d'approcher en valeur les événements extrêmes pour des sites où il existe peu, ou aucune donnée, ainsi que leurs périodes de retour [5]. L'estimation des valeurs rares ou extrêmes est basée sur l'ajustement statistiques d'une longue série des données observées à un modèle statistique et par la suite la détermination des quantiles. Ces quantiles seront utiles pour la conception des ouvrages hydrauliques tels que ceux de protection contre les inondations. Cette méthode est très utilisée dans la littérature: à l'aide des tests d'adéquation, il s'agit de rechercher une loi de probabilité et une méthode d'estimation. Cette méthode sera appliquée aux séries de pluies maximales journalières annuelles. Les données journalières de onze stations pluviométriques, situées à l'intérieur et aux alentours du bassin versant de Lebna ont été utilisées pour déterminer les lois la plus adaptées. Et par la suite la détermination des quantiles pour différentes périodes de retour.

- *Logiciel utilisé : Hyfran*

Le logiciel HYFRAN-PLUS a été développé par l'INRS-Eau en collaboration avec le service hydraulique de Hydro-Québec. Il permet d'ajuster un nombre important de distributions statistiques à une série de données qui vérifient les hypothèses d'indépendance, d'homogénéité et de stationnarité. Un Système d'Aide à la

Décision (SAD) a été développée pour permettre de choisir la classe de distributions la plus adéquate pour estimer le quantile de période de retour élevée.

- **Lois statistiques utilisées**

Afin de déterminer la loi la plus adaptée aux séries de pluviométries journalières maximales du bassin versant de Lebna, on a testé huit lois qui sont : loi exponentielle, loi GEV, loi de Gumbel, loi Weibull, loi normale, loi log normale a deux paramètres et loi de Pearson type III (tableau 2).

Tableau 2- Lois statistiques sélectionnées pour l'ajustement des pluies journalières maximales

Loi	Fonction de densité de probabilité	Paramètres
GEV	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - \frac{k}{\alpha}(x-u) \right]^{\frac{1}{k}-1} \exp \left(- \left[1 - \frac{k}{\alpha}(x-u) \right]^{\frac{1}{k}} \right)$	α, u, k
Gumbel	$f(x, \alpha, u) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp \left(-\frac{x-u}{\alpha} \right) \right]$	$\alpha, u,$
Log normale	$f(x, \alpha, u) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{[\ln x - u]^2}{2\sigma^2} \right]$	σ, u
Pearson type III	$f(X) = \frac{\alpha^\lambda}{\Gamma(\lambda)} e^{-\alpha(x-m)} (X-m)^{\lambda-1}$	α, λ, m
Weibull	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{x}{\alpha} \right)^{c-1} \exp \left[-\left(\frac{x}{\alpha} \right)^c \right]$	α, c
Normale	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$	σ, μ
Exponentielle	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[-\frac{x-m}{\alpha} \right]$	α, m

- **Validité des modèles**

Le choix d'une loi de probabilité pour représenter une variable donnée dépend de plusieurs facteurs. De nombreuses techniques existent pour comparer les différentes méthodes d'analyse des lois de probabilité et pour choisir le meilleur. Dans cette étude, la sélection est faite sur la base de deux critères statistiques: le critère d'information d'Akaike (AIC) proposé par [1] et le critère d'information bayésien (BIC) proposé par [9]. Les meilleurs ajustements correspondent aux plus faibles valeurs de ces critères.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Caractérisation de la pluviométrie journalière maximale annuelle

Les données utilisées dans le cadre de cette étude sont les précipitations journalières observées à 11 stations pluviométriques pendant la période 1980 à 2019. La moyenne de nombres de jours pluvieux varie de 51 à 88 jours pluvieux (Figure 2) : la valeur la plus élevée est enregistrée à la station de Barrage Chiba (88 jours pluvieux) alors que la plus faible est dans la station Hir Lebna rojat avec 51 jours pluvieux.

Les pluies journalières minimales dans le bassin de Lebna varient de 21 à 34 mm, alors que les pluies journalières maximales s'échelonnent de 85 à 247 mm sur l'ensemble des pluviomètres étudiés. Les valeurs journalières les plus élevées sont de 247mm, 218mm, 194mm, 180mm et 166mm et qui sont respectivement enregistrées à Takelsaribereau, Oued Labidbge, Hir lebna rojat, Bge Sidi Bouali Cap Bon et Usine de gazolinage, soit la partie Est du bassin. La majorité de ces valeurs sont ceux de l'automne 2018/2019. Ces sont les pluies torrentielles qui ont causés des dégâts énormes dans la région du Cap-Bon.

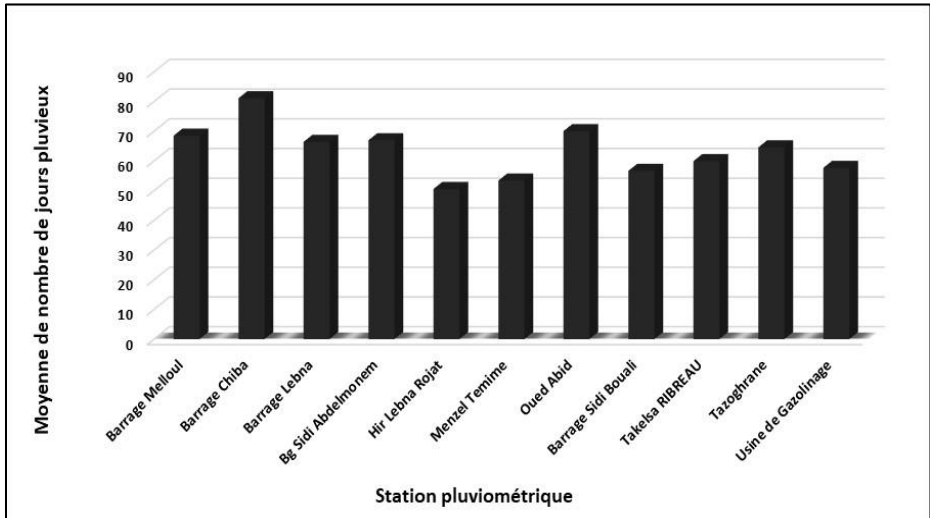


Figure-2 La moyenne des nombres des jours pluvieux

D'après le tableau de statistique descriptive des précipitations maximales journalières (Tableau 3), on a remarqué une irrégularité marquée par un coefficient de variation qui varie de 0.38 à 0.58. La variabilité est bien marqué dans la partie Ouest du bassin verant. La pluie journalière moyenne varie de 60.7mm (Barrage Lebna) à 82.1mm (Barrage Sidi Bou ali). La faible valeur est à la station Bg Sidi abdelmonem alors que la forte valeur est enregistrée à Takelsa Ribereau. Généralement, les valeurs les plus elevées correspondent aux stations Oued Labid bge, Sidi Bouali Cap Bon et Takelsa Ribereau.

Tableau 3- Statistiques descriptives des précipitations maximales journalières

Station	Min	Max	Moyenne	Ecart-type	Médiane	Coef de variation
Barrage Melloul	23	150	60.8	29	56	0.477
Barrage Chiba	24	132	65	30.5	57.5	0.468
Barrage Lebna	19	127	60.7	27.7	54	0.457
Bge Sidi Abdelmonem aval	24	118	59	22.4	52	0.380
Hir Lebna rojat	28	194	63	36	54	0.571
Mzel Temime ctv	20	144	62.6	26.3	58	0.419
Oued Labid bge	26	218	72.3	40.1	59	0.555
Sidi Bouali Cap Bon	34	180	82.1	40.5	69.5	0.494
Takelsa ribereau	27	247	69.2	40.7	62	0.589
Tazoghane	24	127	58.5	24.3	55.5	0.415
Usine de Gazolinage	22	166	62.8	31.4	55	0.500

Ajustement statistique

Les résultats de l'ajustement des lois choisies et cités avant, obtenu à l'aide d'HYFRAN-Plus, dans un intervalle de confiance de 95%, pour les onze stations étudiées, ont montré que six capteurs (Barrage Melloul, Barrage Chiba, Barrage Lebna, BGE Sidi Abdelmonem, Tazoghane et Usine de gazolinage) ont présenté une adéquation à la loi log normale (soit 54,5% des stations étudiées). Quatre stations (Takelsa Ribereau, Sidi Bouali Cap bon, Oued Labid BGE et Hir lebna rojat) ont montré une adéquation à la loi exponentielle (soit 36,3%). Les résultats ont montré une dominance de la loi log normale suivie par la loi exponentielle. En effet, la loi de Gumbel paraît aussi comme une loi qui s'ajuste à ces séries puisqu'il est, dans la plupart des cas, classé dans le deuxième ordre. On illustre par la suite quelques graphiques des ajustements statistiques (Figure 3), chaque station suivant le

modèle adéquat. La sélection de la loi la plus adéquate est effectuée en utilisant le test de khi 2 et les deux critères AIC et BIC .

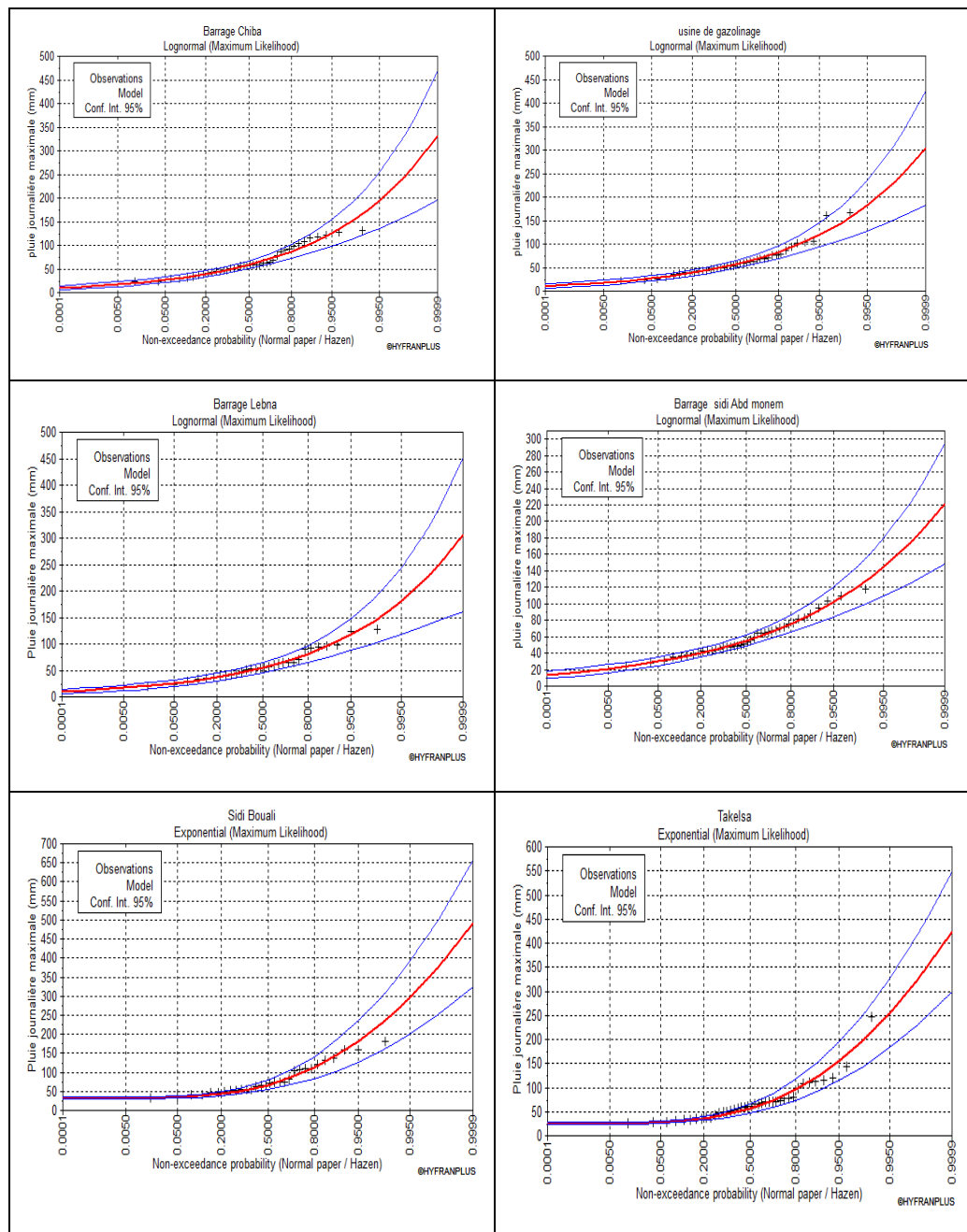


Figure 3- Exemple des ajustements de la loi log normale et exponentielle pour les pluies journalières maximales

La loi de Gumbel était toujours parmi les trois meilleurs modèles ajustés à ces séries. Pour les capteurs étudiés, il était classé en premier ordre seulement pour la station de Mzel Temime ctv. Comme il a été décrit dans la littérature, la loi log normale et Gumbel sont parmi les meilleures lois pour les valeurs journalières extrêmes

Estimation des quantiles extrêmes

L'ajustement des séries de données journalière maximale aux tests statistiques a permis d'obtenir les quantiles $X(T)$ estimés pour différentes périodes de retour (5, 10, 20, 50 et 100 ans) pour les différentes stations étudiées. Les quantiles de diverses périodes de retour ont été calculées à l'aide des lois les mieux ajustées (la loi log-normale et la loi exponentielle et la loi Gumbel) sont représentés dans le tableau 4. On a dressé les cartes des quantiles $X(T)$ pour les différentes périodes de retour étudiées. On se limite à présenter la répartition des quantiles pour les périodes de retour $T=50$ et $T=100$ (figure 4). L'analyse des valeurs extrêmes a permis de caractériser la distribution spatiale de ces extrêmes. Les résultats montrent que les pluies journalières rares ($T=50$) varient dans le bassin versant de Lebna de 119mm à 227mm. Cependant, ils varient de 136 mm à 255mm pour une période de retour de 100ans (Figure 4) .

Tableau 4- Quantiles de diverses périodes de retour issus de l'estimation des pluies journalières maximales

Station	Loi retenue	Quantiles (mm) de diverses périodes de retour (ans)				
		T5	T10	T20	T50	T100
Barrage Melloul	Log-normale	80.9	99.1	117	142	161
Barrage Chiba	Log-normale	86.7	107	126	153	174
Barrage Lebna	Log-normale	81	99.3	117	142	161
Bge Sidi Abdelmonem aval	Log-normale	75.5	89	102	119	131
Hir Lebna rojat	Exponentielle	84.8	110	134	167	192
Mzel Temime ctv	Gumbel	81.5	96.9	112	131	145
Oued Labidbge	Exponentielle	101	134	167	211	243
Sidi Bouali Cap Bon	Exponentielle	112	147	181	227	261
Takelsa ribereau	Exponentielle	95.5	125	155	195	225
Tazoghane	Log-normale	75.9	90.7	105	124	138
Usine de Gazolinage	Log-normale	82.8	101	119	143	162

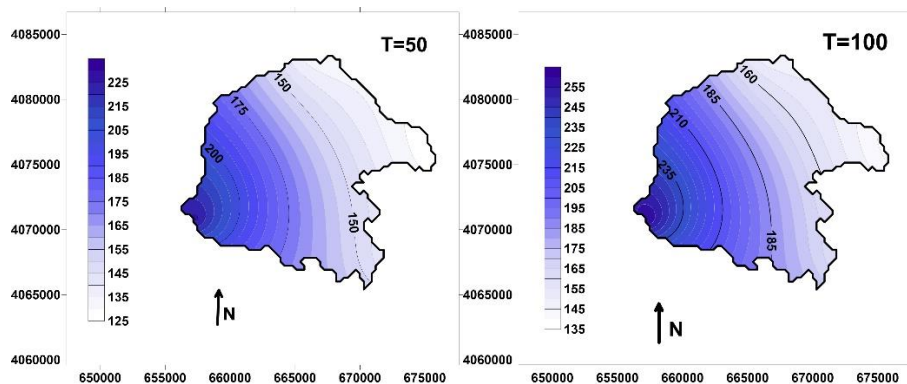


Figure 4- Répartition spatiale des quantiles (période de retour de 50 et 100ans)

Pour toutes les périodes de retour, les stations Oued Labid bge, Sidi Bouali Cap Bon et Takelsa Ribereau présentent les valeurs extrêmes les plus fortes, alors que les deux stations Bge Sidi Abdelmonem aval et Tazoghane présentent les valeurs les plus faibles. On constate que les stations Oued Labid bge, Sidi Bouali Cap Bon et Takelsa Ribereau sont les plus susceptibles aux événements extrêmes et les Stations Bge Abdelmonem aval et Tazoghane sont les moins susceptibles. La répartition spatiale de différents quantiles calculés pour $T=50$ et 100 ans est dans la figure 4. Les courbes d'iso-valeurs ont été faites avec le logiciel Surfer. Pour $T=50$ ans, les valeurs journalières varient de 76mm à 112mm et les faibles valeurs sont dans la partie Est du bassin. En ce qui

concerne les autres périodes de retour $T=10, 20, 50$ et 100 ans, la répartition spatiale des courbes d'iso-valeurs se conserve. Un gradient Ouest/ Est a été mis en évidence dans le bassin. Les valeurs maximales estimées pour $T=10, 20, 50$ et 100 ans sont respectivement de l'ordre de $148, 180, 230$ et 260 mm.

CONCLUSION

Cette étude a pour objet la caractérisation des séries des pluies journalières maximales et la compréhension du comportement probabiliste de ces précipitations extrêmes. Il s'agit de trouver un modèle fréquentiel qui représente la variable étudiée. Une évaluation des quantiles et une caractérisation de leur répartition spatiale a été faite. La moyenne de nombres des jours pluvieux dans le bassin de Lebna varie de 51 à 81 jours. Les valeurs journalières les plus élevées sont 247 mm, 218 mm, 194 mm, 180 mm et 166 mm et qui sont respectivement enregistrées aux stations de Takelsa Ribereau, Oued Labid bge, Hir lebna rojat, Sidi Bouali Cap Bon et Usine de gazolinage. La majorité de ces valeurs sont ceux de l'automne 2018/2019. Ces sont les pluies torrentielles qui ont causés des dégâts énormes dans la région du Cap-Bon. Les résultats de l'analyse fréquentielle montrent que les lois les plus adaptées aux valeurs journalières maximales sont la loi log normal, la loi exponentielle et la loi Gumbel. Les quantiles des pluies journalières rares ($T=50$) varient dans le bassin versant de Lebna de 119 mm à 227 mm. Cependant, ils varient de 131 mm à 261 mm pour une période de retour de 100 ans.

Références

1. Akaike, H. 1974. New look at statistical-model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19, 716-723.
2. Ben Khelifa, W., Chargui, S. 2021. Drought impact on rainfall and water storage in Tunisian semi-arid context. IJWSET Vol (VI), Issue. 1, 95-104.
3. Chargui, S., Zarrou, R., El mouaddeb, R., Ben Khelifa, W., 2022. Recent trends and variability of extreme rainfall indices over Lebna basin and neighborhood in the last 40 years. Arabian Journal of Geosciences 15 (203). <http://doi.org/10.1007/s12517-021-09334-y>
4. GIEC 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis, the Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report on 6 August 2021
5. Habibi, B., Meddi, M., Boucefiane, A. Analyse fréquentielle des pluies journalières maxiales Cas du bassin Chott-Chergui. Revue Nature & Technologie, C- Sciences de l'Environnement, 8, 41–48, 2012.
6. Kouassi, A. M., Nassa, R. A., Yao, K. B., Kouame, K. F., Biemi, J. 2018. Modélisation statistique des pluies maximales annuelles dans le district d'Abidjan (sud de la Côte d'Ivoire). Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 31(2), 147–160. <https://doi.org/10.7202/1051697ar>
7. Koumassi, D.H., Tchibozo, A.E., Vissin, E., Houssou, C. 2014. Analyse fréquentielle des événements hydro-pluviométriques extrêmes dans le bassin de la sota au Bénin. Afrique Science 10(2), 137-148.
8. Mekki, I., Bailly, J., Jacob, F., Chebbi, H., Ajmi, T., Blanca, Y., Biarnès, A. 2018. Impact of farmland fragmentation on rainfed crop allocation in Mediterranean landscapes: A case study of the Lebna watershed in Cap Bon, Tunisia. Land use policy, 75, 772-783.
9. Schwarz, G. 1978. Estimating the dimension of a model. Annals of Statistics, 6, 461-464.
10. Scott, M., Lindsey, R. 2017. State of the climate: Global drought. <https://www.climate.gov/news-features/featured-images/2017-state-climate-global-drought>
11. Zitouna Chebbi, R., Feurer, D., Raclot, D., Molenat, J., Mekki, I., Mechlia, N., Jacob, F. 2014. OMERE Observatoire Méditerranéen de l'Environnement Rural et de l'Eau Bassin versant de Kamech: Impact des actions anthropiques sur les transferts de masse dans les hydrosystèmes méditerranéens ruraux. In Annales de l'INRGREF. 19, 216-230.

Déterminants socio-économiques de la performance des ouvrages hydrauliques dans le département du Plateau (République du Bénin)

Gaston Sèssinou Lagoye¹, Adrien Dossou-Yovo², Koudjega K. Hervé³

¹ Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou Bénin

² Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université de Abomey-Calavi-Bénin

³ Laboratoire Pierre PAGNEY : Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Résumé

L'accès à l'eau potable a toujours été un souci permanent pour les sociétés humaines. La présente étude vise à contribuer à une meilleure connaissance des facteurs socio-économiques de performance des infrastructures hydrauliques du département du Plateau.

La méthodologie est axée sur la recherche documentaire et les entretiens avec les responsables locaux et les ménages concernés.

Les résultats obtenus ont montré que respectivement 70,44 % et 16,04 % des ouvrages sont en bon et en très bon état, ce qui est un bon indicateur pour la pérennité de ceux-ci. En revanche, 11,43 % des ouvrages réalisés ne sont pas exploités. L'analyse de la gouvernance de ces ouvrages hydrauliques a révélé une faible implication des populations.

Mots clés : Département du Plateau, déterminants socio-économiques, performance, ouvrages hydrauliques

Frequency analysis of annual maximum daily rainfall in Lebna basin, Cap bon, Tunisia

Abstract:

Access to drinking water has always been a permanent concern for human societies. This study aims at contributing to a better knowledge of the socio-economic factors of performance of the hydraulic infrastructures of the Plateau department.

The methodology is based on documentary research and interviews with local officials and the households concerned.

The results obtained showed that respectively 70.44 % and 16.04 % of the structures are in good and very good condition, which is a good indicator for their sustainability. On the other hand, 11.43 % of infrastructures are not exploited. The analysis of the governance of these hydraulic works revealed a poor involvement of the populations.

Key Words : Plateau Province, socio-economic determinants, performance, hydraulic structures.

¹ Corresponding author: philippe_chabi@yahoo.fr

INTRODUCTION

Dans le monde, en particulier dans les pays en voie de développement, l'accès à l'eau pose d'énormes difficultés (A. Adekambi, 2012, p 67). Selon A.N. Yelouassi (2011), l'eau constitue un bien considéré à l'instar de l'air, comme essentiel à la vie de tout être humain. Pour le PNUD (2007), l'eau est une source de vie et un moyen de subsistance, et joue un rôle vital dans la santé et le bien-être des ménages. Les avantages de la consommation d'une eau potable sont multiples ; et pour cela, les pouvoirs publics doivent tout mettre en œuvre pour assurer aux populations l'accès pérenne à une eau salubre (E. Vissin, 2007, p. 65). Pour atteindre cet objectif, l'une des issues serait de concevoir des mécanismes économiques permettant une allocation qui garantisse le bien-être général optimal et surtout la conservation de la ressource. C'est dans cette optique que beaucoup d'organismes internationaux militent avec les états afin d'assurer aux populations une eau de bonne qualité (T. Azonhè, 2010, p. 143). Au Bénin de nombreux efforts sont consentis par le gouvernement afin d'assurer aux habitants une eau potable quel que soit les modes d'approvisionnement (L. Odoulami, 2009, p. 165). Dès lors, le problème de la gestion des ressources en eau par les autorités locales se pose avec acuité et occupe désormais une partie importante des débats de la GIRE (C. Baron et al, 2008, p. 20). Le département du Plateau est confronté depuis des années à un sérieux problème d'approvisionnement en eau surtout en saison sèche du fait de la nature du substratum géologique. A cela s'ajoute une population qui évolue en nombre géométrique et l'implantation des points d'eau ou des ouvrages hydrauliques qui progresse de façon arithmétique (B.Hounmenou, 2006, p 51). La stratégie de l'alimentation en eau potable en milieu rural adoptée par le gouvernement du Bénin en 1992 et mise en œuvre par les Projets d'Assistance au Développement du secteur de l'alimentation en Eau potable et de l'Assainissement en milieu Rural (PADEAR) a permis de mobiliser environ soixante-cinq milliards de francs CFA et de réaliser 6000 installations hydrauliques : forages équipés de pompes à motricité humaine, puits cimentés à grand diamètre, adduction d'eau villageoises (AEV). Ainsi, les mécanismes mis en place par cette stratégie ont permis de passer de 430 points d'eau par an avant 1990 à environ 550 points d'eau de 1990 à 2001 (MMEE, 2011). Aussi en tenant compte de la répartition géographique des populations et pour faciliter l'accès pérenne à l'eau potable ; la norme d'équipement est passée de un (01) point d'eau pour 500 habitants à un (01) point d'eau pour 250 habitants (DG Eau, 2005). Malgré cette approche, la gestion des ouvrages n'est pas efficiente dans la plupart des Communes du département du Plateau.

Présentation du Milieu d'étude : Le département du Plateau est situé au sud-est du Bénin, entre 6° 20' et 7° 40' de latitude nord et entre 2° 20' et 2° 46' de longitude est. D'une superficie de 3 264 km², il compte cinq (5) communes (Kétou, Pobè, Adja-Ouère, Sakété et Ifangni), deux cent dix-huit (218) villages regroupés en vingt (29) arrondissements. Il est limité au nord par le Département des Collines, à l'est par la République Fédérale du Nigéria, à l'ouest par le département du Zou et au sud par le département de l'Ouémé (figure 1).

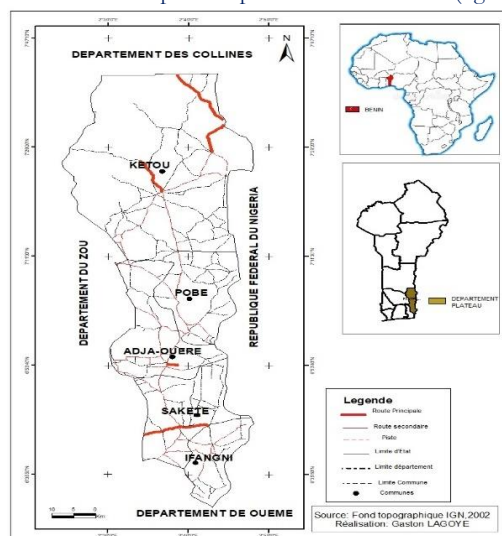


Figure 1 : Localisation géographique du secteur d'étude

Ce territoire présente des particularités géologiques, pédologiques, hydrographiques et climatiques qui conditionnent la disponibilité des ressources en eau de surface et souterraines dans le département. Le département du Plateau est caractérisé par un climat de type soudano-guinéen à deux saisons de pluies avec une hauteur annuelle comprise entre 800 mm et 1 200 mm dans sa partie Ouest et entre 1 000 mm et 1 400 mm dans sa partie Est.

DONNEES ET METHODES

Les travaux de terrain ont permis de collecter des données au niveau des ménages utilisant les eaux domestiques et auprès des ménages agricoles pour l'usage d'eau dans l'agriculture. En plus de ces cibles, les personnes ressources provenant des services étatiques tels-que le Service Hydraulique des Eaux des collines, les autorités locales et les ONG.

Données collectées

Deux types de données ont été rassemblés et analysées. Il s'agit des données démographiques issues du recensement général de la population et de l'habitation de 2013 disponibles à l'INSAE et des données hydrométriques de la Direction de l'Eau.

Techniques d'échantillonnage et unité d'observation

Dans le cadre de cette recherche, le chef de ménage a été considéré comme l'unité d'enquête. L'échantillon a été déterminé par la méthode du choix raisonné. La détermination de la taille de l'échantillon a été faite suivant la formule de D. Schwartz (1995) qui se présente comme suit : $\beta = Z\alpha^2 \times pq / i^2$ avec : β = taille de l'échantillon (β a été déterminé pour chacune des communes) ; $Z\alpha = 1,96$: écart réduit correspondant à un risque α de 5 % ; i = précision désirée égale à 5 % selon la technique de l'INSAE ; $q = 1 - p$; p = la proportion des ménages dans le secteur de recherche ; département du Plateau (nombre de ménages dans les localités visitées : 49456 ; ménages total du département du Plateau : 110 532). Ainsi, $p = n/N = 49456 / 110 532 = 0,44$ soit 44 %, avec $n = 49456$; $N = 110 532$. $I^2 = \text{taux d'erreur aléatoire} = 5 \% = 0,05$.

$X = (1,96)^2 \times 0,44 (1 - 0,44) / 0,05^2 = 378,62$ soit 379 ménages.

Au total 15 arrondissements et 45 villages ont été parcourus. Ainsi, 379 chefs de ménages ont été enquêtés. De plus, 15 personnes ressources composées d'élus locaux ont été enquêtées. Cet échantillon a permis de recueillir les informations socio-anthropologiques. Les différentes données ont été collectées grâce à l'utilisation des outils et techniques appropriés.

Outils et techniques de collecte de données.

Pour les besoins de l'enquête, des questionnaires et guides d'entretien ont été élaborés selon les différentes catégories d'utilisateurs de la ressource « eau » (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs, autorités administratives, responsables des services techniques).

La collecte des données a été faite en deux phases. La première phase a été consacrée à la recherche documentaire. Elle a consisté à consulter les ouvrages dans les centres de documentation de l'Université d'Abomey-Calavi, des institutions spécialisées (DG Eau, IRD, PNE, CENATEL, SNV) et autres organismes susceptibles de fournir des informations relatives au thème de recherche. Elle a permis d'identifier les ouvrages scientifiques, les articles et revues, les cartes (de base et thématiques), nécessaires à l'analyse de la dynamique pluviométrique et à l'évaluation des impacts des activités humaines sur les ressources en eau dans le bassin.

La deuxième phase est la phase du terrain proprement dite. A cette étape, les questionnaires et les guides d'entretien ont été administrés aux groupes cibles. De même, des investigations socio-anthropologiques à travers des observations directes ont été faites. La technique de triangulation a été utilisée afin de s'assurer de la véracité des données collectées. Par ailleurs, pour l'analyse des conflits liés à la gestion de l'eau, des focus groups de 30 à 45 minutes regroupant 15 à 20 personnes par villages ont été organisés.

Traitement de données

Le logiciel Minitab version 17 a été utilisé pour le traitement des données collectées. La saisie des données a été faite avec le logiciel Word 2010. Le logiciel ArcGis 10.5 a été utilisé pour la réalisation des cartes. Pour mieux analyser la perception des enquêtés de la gouvernance de l'eau, une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été effectuée avec le logiciel MINITAB 17.0. Cette technique d'analyse multi-variée a permis de faire une lecture croisée de la perception des acteurs sur la gouvernance de l'eau selon la catégorie socioprofessionnelle et socioculturelle.

RESULTATS

Etat des lieux des ressources en eau dans le département du Plateau

La gouvernance de l'eau pose des enjeux qui s'incarnent à la fois sur les territoires, quelle qu'en soit l'échelle et les caractéristiques. En effet il existe plusieurs types d'approvisionnement en eau dans le département du Plateau.

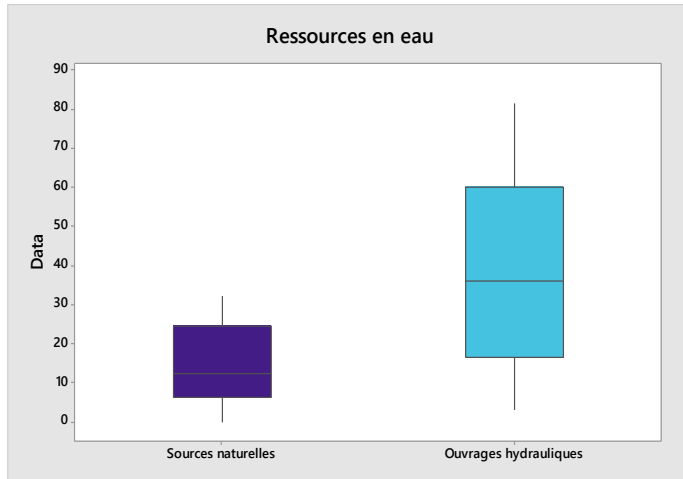


Figure 1 : Mode d'approvisionnement de l'eau dans le département du Plateau

Il ressort de la figure 1 que l'approvisionnement en eau des populations du département selon deux sources notamment les sources naturelles que sont les eaux atmosphériques et les eaux de surfaces et les ouvrages hydrauliques.

Inventaire des infrastructures hydrauliques dans le département du Plateau

Les observations faites sur le terrain ont permis de constater que le département du Plateau dispose de plusieurs types d'infrastructures hydrauliques. L'approvisionnement en eau potable est assuré par des forages équipés de Pompes à Motricité Humaine (FPM), des Adductions D'Eau Villageoises (AEV/BF) et des Postes D'Eau Autonome publics (PEA publics) dans toutes les Commune du département. Il est dénombré également dans le département une kyrielle de Puits Modernes (PM) et de Postes d'Eau Autonomes privés (PEA Privés) qui ne délivrent pas forcément de l'eau potable. Ces ouvrages sont réalisés par l'Etat avec l'aide de la Direction Hydraulique du PADEAR, le PADSEA II et le PPEA (planche 1).



Planche 1 : Dispositif d'adduction d'eau villageoise à Agada-houinme (commune de Sakete)

Prise de vues : Lagoyé, Juillet 2019

types de puits : les puits modernes et les puits traditionnels. La planche 1 présente la répartition spatiale des deux types de puits.

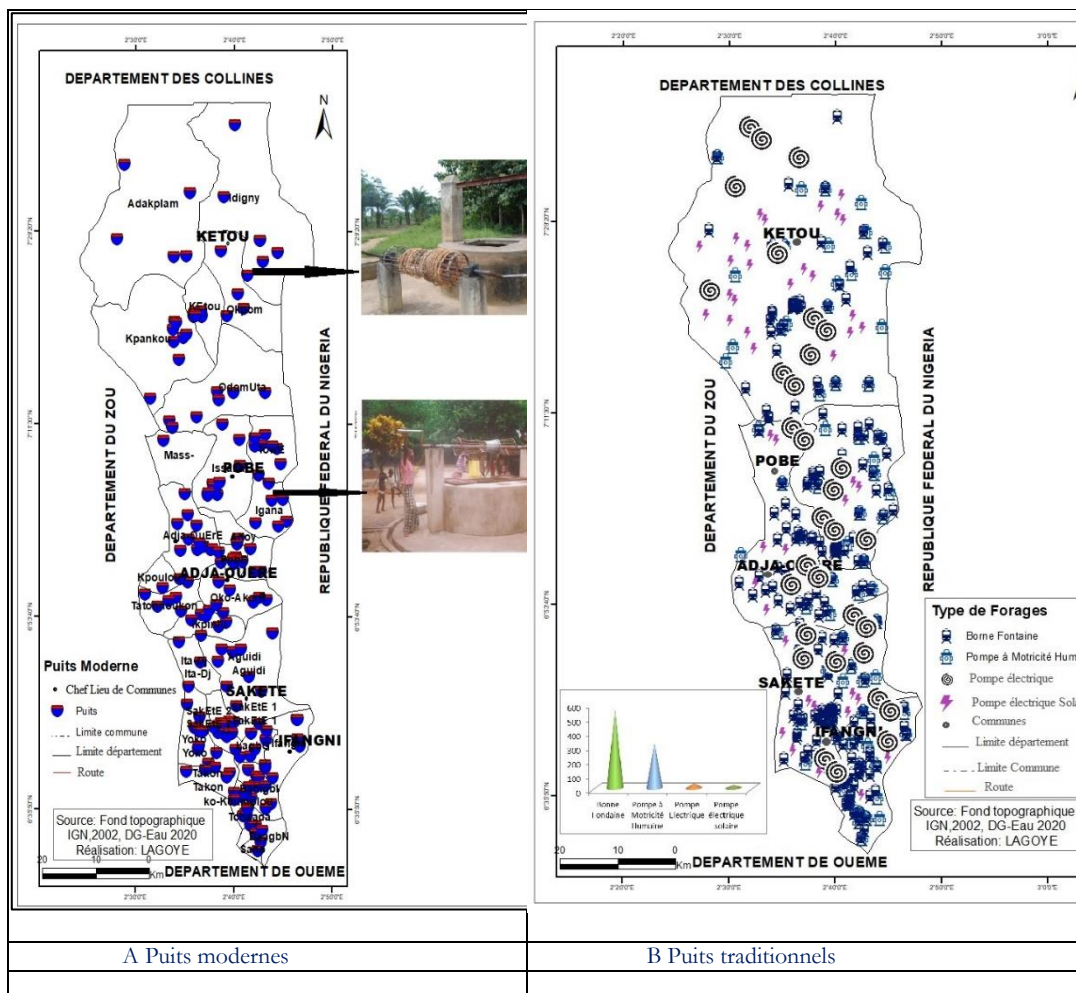


Figure 3 : Répartition spatiale des puits dans le département du Plateau

Puits Modernes

Les puits modernes sont généralement appelés des puits à grand diamètre cuvelés jusqu'au fond, équipés d'une poulie mécanique pour faciliter le puisage (R. Ducommun, 2010, p. 87). Le pourtour est aussi cimenté pour éviter l'infiltration des eaux de ruissellements. Selon les investigations sociodémographiques 57,83 % des ménages du département s'approvisionnent à partir des puits modernes. La figure 5.3 présente la répartition spatiale puits moderne dans le secteur de recherche. L'analyse de cette dernière permet de constater que les populations de cette localité utilisent les puits modernes pour s'approvisionner en eau. Les puits modernes constituent aussi, les infrastructures d'approvisionnement en eau des populations. La réalisation de ces puits à grands diamètre dans le département contribue énormément à la fourniture d'eau pour les femmes principale actrice. Il faut noter que ces types de forages malgré le dispositif de poulie demande encore beaucoup d'énergie pour le puisage. L'analyse de la figure montre aussi que la plupart des ouvrages se trouve au sud dans le département notamment dans la commune de Pobè, Adja-Ouèrè et Pobè.

En plus des puits modernes, les populations de utilisent également des puits traditionnels.

Puits traditionnels

Les puits traditionnels sont des puits à petit diamètre non cuvelés et sans système de poulie, muni juste d'un sceau et d'une corde pour le puisage. Ils sont généralement pour la plupart peu profond et très mal entretenus. Ces puits sont construits entièrement réalisés à la main par des puisatiers locaux, disposant d'un matériel très restreint. Ils tarissent généralement pendant la saison sèche. Ces puits demandent beaucoup d'efforts de la part des populations mais ne donnent pas l'eau en quantité suffisante (F. Kpohonsito, 2007, p. 98). Soixante-dix (70 %) des ménages de la commune de Pobè s'approvisionnent à partir des puits traditionnels. La photo 5.1 présente un puits traditionnel non couvert à Banigbé dans la commune de Pobè.



Photo 1 : Puits traditionnel couvert à Banigbé

Prise de vue : Lagoye, Mai 2020

Cette photo permet de constater que les puits traditionnels ne sont ni cuvelés, ni protégés et sont ainsi exposés aux facteurs de contamination de l'eau. Elle présente également l'environnement du point d'eau qui propice à l'intrusion des déchets. Ainsi, l'eau qu'il contient est sans doute impropre à la consommation puisque ces puits sont laissés à l'air libre.

Forages

Les forages sont des ouvrages de captage des eaux souterraines. Ils diffèrent des puits par leurs dimensions. De petits diamètres, ils exploitent toute la hauteur de la nappe aquifère si bien que les débits sont bons et peu sensible aux fluctuations de niveau. La figure 4 montre les types forage réalisés dans le département du Plateau.

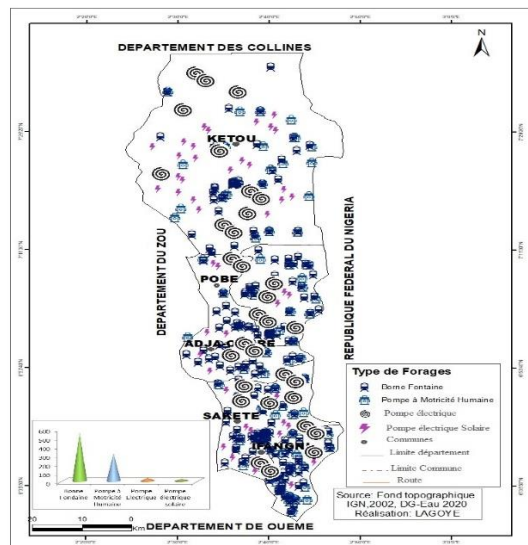


Figure 4 : Nombre de forage réalisé dans le milieu de l'étude

La figure 4 présente le nombre de forage réalisé dans le milieu de l'étude. Elle montre le niveau de répartition des ouvrages hydrauliques notamment les forages. Ils sont constitués d'une rigole qui canalise le surplus d'eau dans un bassin pour éviter la stagnation des eaux. Une dalle en béton qui facilite l'entretien de l'entourage du forage grâce à sa surface lisse facile à nettoyer. Ils peuvent être équipés d'une pompe à motricité humaine ou d'une pompe motorisée. L'utilisation de la pompe à motricité humaine empêche l'usage de multiples puisettes susceptibles de contaminer l'eau. En plus, cela protège le forage contre l'introduction de divers objets indésirables qui seraient entraînés par le vent, jetés volontairement ou accidentellement dans le forage.

Etat des lieux des ouvrages hydrauliques dans le département du Plateau

Ce sont les ouvrages d'alimentation en eau permettant d'accéder à la nappe phréatique par puisage direct de l'eau sans avoir recours à une pompe. Dans le but de satisfaire leurs besoins en eau la population elle-même a adopté une méthode de captage des eaux souterraines. La figure 5 montre l'état de ces ouvrages.

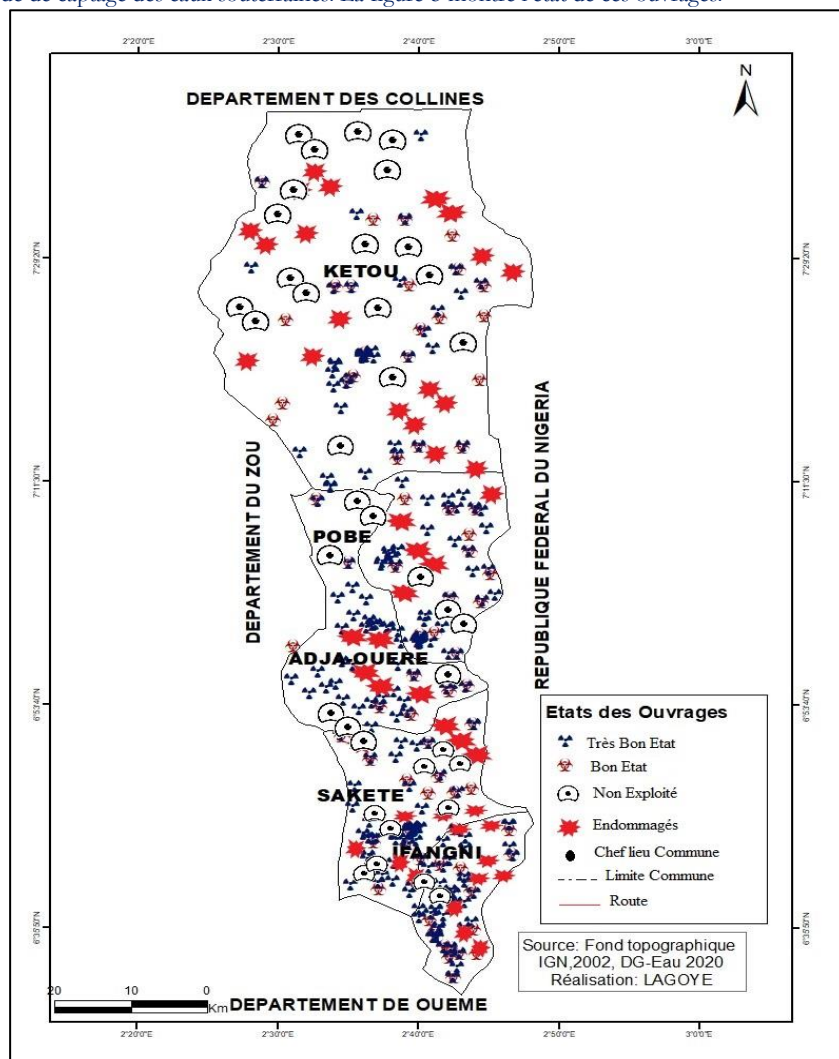


Figure 5: Etat des ouvrages hydrauliques dans le département du Plateau

De l'observation de la figure 5 que 70, 44 % et 16,04 % des ouvrages sont respectivement en bon et en très bon état, ce qui est un bon indicateur pour la pérennité de ceux-ci. Par ailleurs, on note que certains ouvrages sont réalisés mais non exploités (11,43 %). Les ouvrages hydrauliques endommagés et non équipés dans le bassin sont de faibles proportions avec respectivement 1,78 et 0,31 %. La figure 6 montre l'état en fonction des types d'ouvrage

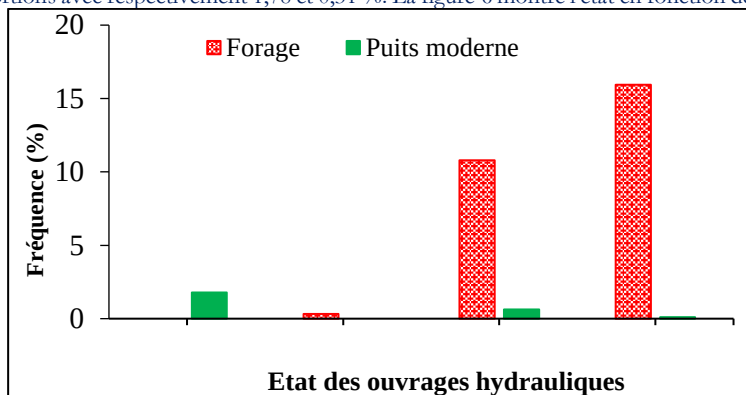


Figure 6 : Etat en fonction des types d'ouvrage

La figure 6 montre que les forages sont les ouvrages qui en bon et très bon état à l'inverse des puits moderne sont endommagés. Par ailleurs, quelques forages sont construits mais pas équipés. La gestion de ces ressources en eau dans le bassin est basée sur deux modes et implique la participation de plusieurs acteurs.

Modes de gestion des ressources en eau

Dans le secteur d'étude on distingue plusieurs modes de gestion des ressources en eau.

Acteurs en charge de la gestion des ressources en eau

La gestion des infrastructures hydrauliques implique plusieurs acteurs. La performance des politiques d'accès à l'eau est fortement tributaire des interrelations qui se mettent en place entre ces différents acteurs. La figure 7 indique la part relative de chaque acteur selon la source d'approvisionnement en eau.

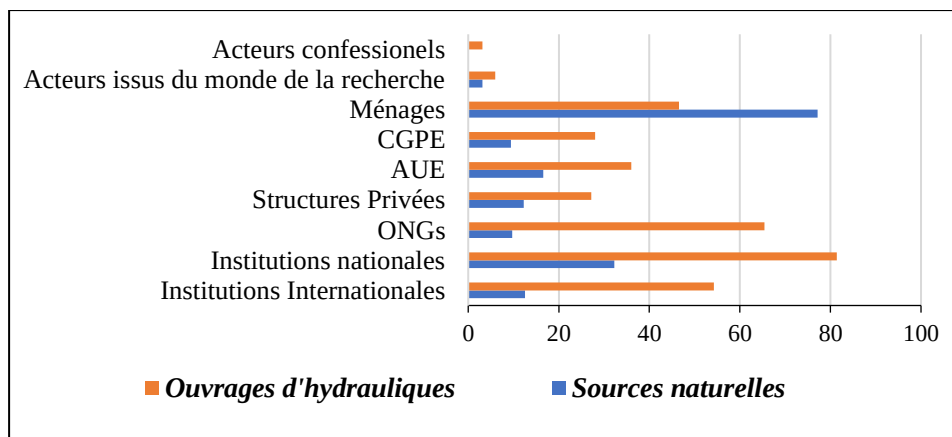


Figure 7 : Acteurs impliqués dans la gestion des ressources en eau

Comme le présente la figure 7, le cadre institutionnel comprend plusieurs acteurs. Le tout premier est la commune en tant que maître d'ouvrage qui exerce un droit de propriété sur les ouvrages de captage. En cette qualité, la mairie cède par la signature d'une convention la propriété et l'exploitation des équipements d'exhaure et ouvrages de distribution à une Association des Usagers d'Eau (AUE) dans le cas des ouvrages complexes tels que l'Adduction d'Eau Villageoise (AEV) et le Poste d'Eau Autonome (PEA) ou à un Comité de Gestion du Point d'Eau (CGPE),

lorsqu'il s'agit des ouvrages simples (FPMH et PM) ; ces deux organes de gestion étant créés par les communautés elles-mêmes ;

Vient ensuite, le Comité de Gestion du Point d'Eau (CGPE) composé généralement de cinq membres dont un président, un secrétaire, un trésorier, un responsable du point d'eau et une femme responsable de l'hygiène et la propreté du point d'eau est désigné par la communauté pour gérer le point d'eau dont elle dispose. Ce point d'eau est soit un puits moderne, soit un forage équipé de pompe à motricité humaine.

Quant à l'Association des Usagers d'Eau (AUE), elle regroupe l'ensemble des villageois usagers de l'eau et résidant sur le territoire couvert et qui acceptent d'en devenir membres. Elle a pour mission de mobiliser la participation de la communauté à l'investissement initial ; d'assurer le service public de distribution d'eau potable ; de représenter les usagers pour l'ensemble des décisions relatives au service d'eau potable de leur localité ; de confier l'exploitation à un exploitant et de passer un contrat de maintenance avec une entreprise agréée par la Direction de l'Hydraulique ; de gérer les équipements pour assurer elle-même à travers la vente de l'eau potable au volume, la pérennité et le renouvellement des équipements. L'AUE reçoit suivant les modalités fixées par la convention de cession et d'exploitation, l'usufruit de l'ouvrage de captage et la propriété des équipements d'exhaure et les ouvrages de distribution.

Au cours de l'Assemblée Générale (AG) constitutive à laquelle sont représentés tous les villages impliqués dans la distribution de l'eau potable, l'AUE élit un comité directeur qui comprend 5 membres au moins dont un président, un secrétaire, un trésorier, une représentante des femmes et un représentant de l'association de développement. Elle choisit le mode d'exploitation et de mandate le comité directeur pour la mise en œuvre de cette décision ; le Comité Directeur de l'AUE confie l'exploitation des équipements d'exhaure et des ouvrages de distribution à un exploitant qui peut être un salarié si le mode gestion est direct ou par affermage dans le cas d'une exploitation déléguée ; l'exploitant, quel que soit le mode d'exploitation choisi, l'AUE assure la gestion technique et financière des équipements, conformément au cahier des charges et dans le respect du budget prévisionnel.

Usages et usagers des ressources en eau dans le département du Plateau

Les usages des ressources en eau sont variés et sont généralement guidés par leurs origines. Dans le passé, des sacrifices rituels sont organisés périodiquement pour conjurer les esprits de l'eau par endroit. Les populations y ont également recours dans l'accueil d'un étranger en guise de signes de paix et de bienvenue. Aussi, l'eau des cours et plans d'eau est-elle perçue comme un « habitat » privilégié des génies ou des divinités auxquels des sacrifices périodiques sont faits (Vissin, 2007; Alomasso, 2017).

Les eaux de pluie sont recueillies dans des récipients (fûts et seaux) et utilisées à des fins domestiques (lessive, bain, nettoyage du sol) et souvent pour l'abreuvement des bêtes. Les eaux de surface sont utilisées pour des activités domestiques comprenant la lessive, le bain et le nettoyage du sol. Elles sont par ailleurs fortement sollicitées dans le cadre de l'agriculture et du maraîchage et dans certains cas pour laver des véhicules.

Les eaux souterraines issues des puits, sources et forages couvrent les mêmes usages que les eaux de surface. Elles sont également fortement sollicitées par les populations pour d'autres usages (cuisson des aliments, eau de boisson). Les activités industrielles utilisatrices de l'eau dans le département du Plateau sont surtout celles de la transformation artisanale des produits agricoles. Pour les usages domestiques de l'eau, le niveau d'approvisionnement en eau potable est faible (taux de desserte entre 50 et 60 %), de même que le niveau d'évacuation d'eau usée (moins de 30 %) (DG Eau, 2010).

Globalement, les ressources en eau dans le département du Plateau sont utilisées de manière différenciée pour la boisson, les usages domestiques, les usages professionnels, les activités agricoles, piscicoles et de pêche. La figure 8 présente les principaux acteurs et usagers.

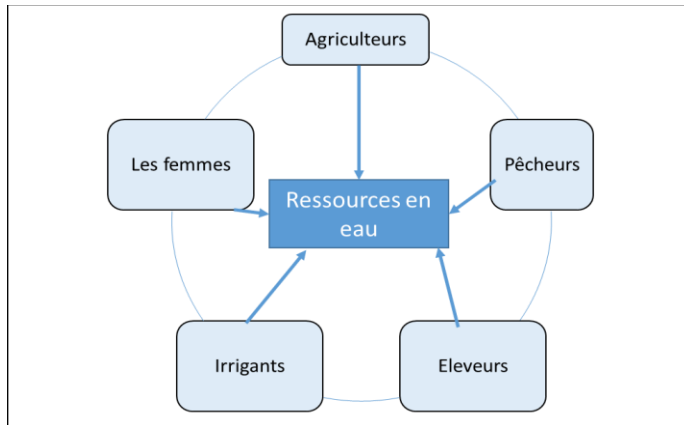


Figure 8 : Principaux acteurs et usagers de la ressource en eau dans le département du Plateau

Source : travaux de terrain, 2019

La figure 8 montre les principaux acteurs et usagers de la ressource en eau dans le bassin. Elle relève de cette ressource en eau est indispensable à tous les différents acteurs notamment les agriculteurs, les éleveurs, les pêcheurs, les irrigants et les femmes sont les principaux acteurs. Chacun de ces acteurs est à la conquête permanente de la ressource. Ainsi, la gestion de l'eau doit-elle prendre en compte les effets de chaque utilisation sur les autres.

Commercialisation de l'eau

L'accès à l'eau potable est généralement payant. Dans l'ensemble, le système de tarification de l'eau est rarement efficace, car les redevances des usagers ne couvrent qu'une partie du coût d'exploitation et d'entretien et non les dépenses d'équipement. Pour des raisons d'ordre politique ou moral, il est souvent difficile de mettre en place une tarification réaliste. En absence de mécanismes efficaces de tarification, l'on a tendance à gaspiller l'eau du fait du mauvais entretien des robinets et des canalisations, de l'existence de branchements illicites et de méthodes d'irrigation inefficaces. Pour 15 % des ménages enquêtés, situés dans les villages d'Ayédé, Oklou-Ijesso, de Godogossoun, etc. qui affirment que, l'accès à l'eau n'est pas payant, mais 52 % des ménages reconnaissent qu'ils, participent annuellement à la gestion des infrastructures d'approvisionnement à hauteur de 5000 F par ménage. Ce qui ne garantit pas une gestion efficace des infrastructures d'approvisionnement en eau gage d'une disponibilité de la ressource, dans ce contexte de vulnérabilité environnementale. Mais, en dehors de certains villages de la commune, l'accès à l'eau est payant. Dans toutes les localités du bassin, les communautés paient l'eau, mais le mode de paiement varie d'une commune et d'une localité à une autre. La figure 9 présente les modes de paiement de l'eau dans le département du Plateau.

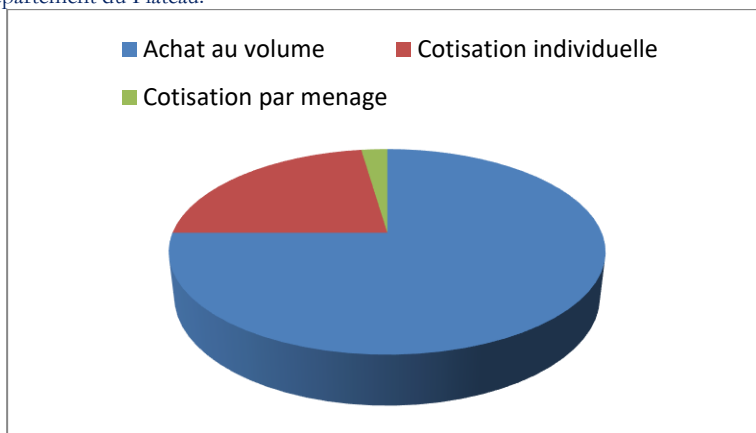


Figure 9 : Modes de paiement de l'eau dans le département du Plateau

On distingue comme modes de paiement, l'achat au volume, la cotisation individuelle et la cotisation par ménage. Les modes de paiement les plus répandus sont l'achat au volume (75 %), la cotisation par ménage (23 %) et la cotisation individuelle (2 %).

La quantité d'eau journalière consommée par ménage est en moyenne de 210 litres soit 17,5 litres par personnes et celle-ci varie selon le mode de paiement. La quantité d'eau utilisée est plus importante dans les localités où le mode de paiement est la cotisation. Pour le paiement au volume, le prix de l'eau varie en fonction du type d'ouvrage hydraulique et en fonction de la période (saison sèche et saison pluvieuse). L'eau étant une denrée, elle est commercialisée comme tous les autres produits de consommation. L'eau des puits modernes privés, des bornes-fontaines installées par la SONEB, des forages équipés de pompes à motricité humaine (FPM) et des adductions d'eau villageoise (AEV) est généralement vendue. La figure 10 présente les prix moyens de vente de l'eau dans le département du Plateau.

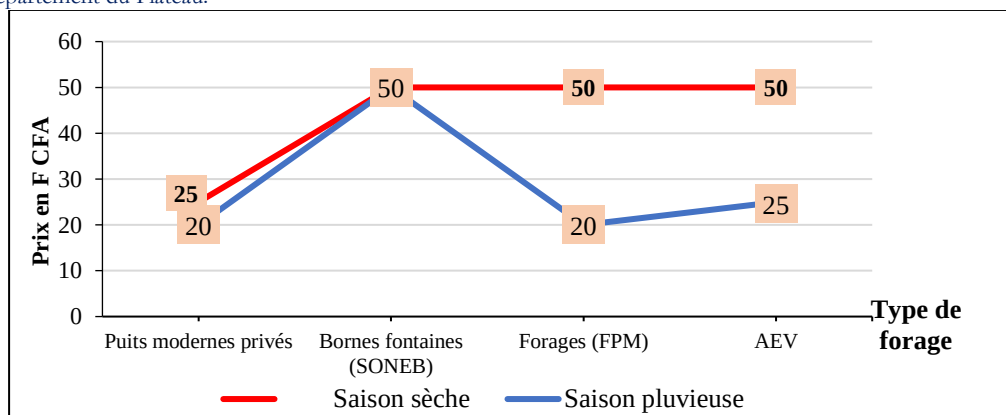


Figure 10 : Variation saisonnière du prix d'achat de l'eau dans le département du Plateau

La figure 10 montre que le prix de cession de l'eau varie sensiblement selon la saison. En effet, à l'exception de la SONEB qui garde un prix constant quel que soit la saison, le prix de l'eau provenant des autres sources aménagées (puits, forages et AEV) connaissent une hausse pouvant atteindre 100 % pendant la saison sèche.

En dehors des stratégies inspirées des us et coutumes et la tarification de l'eau, les mesures de gestion endogènes des ressources en eau de consommation ne sont pas efficaces pour faire face à la variabilité pluviométrique car elles ne visent pas à sensibiliser les ménages sur l'urgence à ne pas gaspiller les ressources en eau disponibles. Dans un contexte de faire-faire aux effets pervers de la variabilité pluviométrique, les mesures développées devraient être orientées vers la quantification de la ressource en eau pour chaque activité à mener dans le ménage. Le coût mensuel de l'eau est 3 100 F CFA. Lorsque le mode de paiement est la cotisation, le coût mensuel de l'eau varie de 500 à 2 000 F CFA. Ce mode de paiement est avantageux pour les usagers. La photo 2 montre l'approvisionnement en eau d'un puits moderne dans la commune de Adja-Ouèrè.



Photo 2 : Usage d'un puits moderne à Adja-Ouèrè, **Prise de vue :** Lagoyé, juin 2019

Sur cette image on peut clairement se rendre compte de l'importance de la question de l'eau pour ces ménages de Adja-Ouèrè de même que le rôle de la femme dans l'approvisionnement eau potable. L'eau est de plus en plus insuffisante du fait de la croissance de la demande liée à la démographie, aux aléas climatiques et à l'amélioration de l'économie. Il appartient donc aux acteurs locaux et aux gestionnaires de la ressource de relever le défi de l'équilibre entre disponibilité et besoin de la ressource, en concertation avec toutes les parties prenantes.

Le rôle central des femmes comme fournisseuses et utilisatrices de l'eau et gardiennes du cadre de vie a été rarement reflété dans les dispositions institutionnelles pour la mise en valeur et la gestion des ressources en eau. On reconnaît largement que les femmes jouent un rôle majeur dans la collecte et la sauvegarde de l'eau pour les utilisateurs domestiques et dans de nombreux cas, utilisation agricole, mais qu'elles ont un rôle beaucoup moins influent que les hommes dans la gestion, l'analyse de problème et les processus de prise de décisions relatifs aux ressources en eau. Ceci rend compte du troisième principe de la GIRE qui stipule que « les femmes jouent un rôle central dans l'approvisionnement, la gestion et la préservation de l'eau »

DISCUSSION

Les points saillants de cette discussion sont entre autres d'une part, les responsabilités des acteurs contractants dont le chef de village, le chef de l'arrondissement et le délégataire ou parfois même la commune en raison de la structure ayant réalisé l'infrastructure. Ce mode de gestion est actuellement en cours d'exécution dans l'ensemble de la Commune mais n'est pas appréciée par les délégataires d'une part et par la population d'autre part.

Ce qui concorde bien avec les résultats des travaux de D. Agossou (2008) à Glazoué et Savalou, A. Agbidinokoun (1999) dans la Commune d'Agbangnizoun, C. Babadjidé (2008) dans la commune de Savè. D'après ces auteurs, dans plusieurs localités du Bénin où les infrastructures hydrauliques manquent ou sont insuffisantes, les populations continuent d'utiliser les sources d'eau traditionnelles.

Les eaux superficielles et souterraines ne sont pas totalement en adéquation avec le besoin réel des populations. L'installation ou la réalisation d'ouvrages hydrauliques n'a pas suffi à régler les problèmes d'accès à une eau potable dans les milieux ruraux (R. Coffi et al., 2011). Les résultats issus d'une enquête réalisée par M. Dieng-ndao, (2017) confirment cela en voyant à des millions les villageois démunis d'eau potable. La gouvernance des ressources en eau constitue un enjeu politique, économique et social majeur que les gouvernements et les institutions identifient comme prioritaire sur l'agenda politique du XXI^e siècle (M. Bied-Charreton et al., 2004). Ces résultats confirment ceux de D. Brooks, et al., (1997), qui montre que les premières étapes de la gestion de l'eau sont généralement axées sur l'amélioration de l'approvisionnement qui consiste à développer des technologies et des infrastructures pour répondre à l'accroissement de la demande. La conception de l'amélioration de l'approvisionnement a souvent considéré la demande simplement du point de vue des besoins à satisfaire. Il est évident que la demande, qui est fonction des besoins, comportements et valeurs humaines et de la manière dont les sociétés fonctionnent et s'organisent, représente un enjeu beaucoup plus complexe que l'approvisionnement. De nombreux auteurs pensent qu'il est important d'agir rapidement sur la gestion actuelle des ressources en eau afin de l'améliorer. C. Menard (2001) précise que l'avenir d'un pays réside dans sa capacité à gérer ses ressources en eau et pense à ce propos que la "gestion partagée" constitue la voie royale pour bien gérer les ressources en eau en Afrique. L'appréciation faite par les usagers sur la qualité de l'eau varie d'une Commune à l'autre.

Pour l'ensemble des Communes, les usagers ne doutent pas de la potabilité de l'eau des forages. 68,8 % des usagers sont satisfaits de la qualité de l'eau. L'utilisation des sources alternatives s'expliquent selon certains ménages par le coût élevé de l'eau. Quant à la gestion de l'eau, l'appréciation faite varie selon le mode de paiement. Les localités dans lesquelles le mode de paiement est la cotisation, 65 % des usagers sont satisfaits de la gestion de l'eau, par contre dans les localités où l'eau se paie au volume, seulement 53,3 % des ménages sont satisfaits.

CONCLUSION

Dans le département du Plateau, les ouvrages hydrauliques sont inégalement répartis. Il est observé deux grands modes de gestion de ces ressources en eau notamment la gestion traditionnelle et celle moderne impliquant plusieurs acteurs. La gestion actuelle des ressources en eau du département n'est pas structurée. Ce qui peut constituer un danger de survie pour les différents usages qui sont faits de la ressource. Il urge donc qu'un comité de département soit mis en place. Cela pourra favoriser l'établissement d'un cadre technique et pratique de mise en œuvre de l'aspect technique de la GIRE. A cet effet, la gestion efficace et durable des eaux dans le département nécessiterait une nouvelle approche permettant l'amélioration de la situation hydrique, des pratiques agricoles et

des différents modes d'usages des riverains. Cette approche doit prendre en compte les intérêts de tous les acteurs et les besoins des départements en partage ce bassin.

Références

- [1] Adam Sikirou., Boko Michel., (1993). Le Bénin. Paris, Edicef 2ème édition, 93 p.
- [2] Adomou Alfred., (2008). Décentralisation et gouvernance de l'eau en milieu rural au Bénin : cas de la Commune de Toffo, Département de l'Atlantique, Diplôme d'Etude Supérieure Spécialisée, IUB, Bénin, 80 p.
- [3] Adekambi Alban. C., (2012) : Gestion endogène des ressources en eau et conflits d'usage dans la commune de Kétou. Mémoire de maîtrise en géographie, UAC, Abomey-Calavi, Bénin, 94p
- [4] Agbidinokoun. Arnaud, (2013) : Gestion Intégrée des Ressources en eau (GIRE) dans l'arrondissement de ZOUNGOUDO : Commune d'Agbangnizoun, mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UAC. 105 p.
- [5] Agossou Désiré (2008) : Perceptions, savoirs locaux et stratégies d'adaptation des producteurs des Communes de Glazoué et de Savalou, au Centre du Bénin, aux changements climatiques. Thèse d'ingénieur agronome, FSA-UAC. 132 pages.
- [6] Alomasso Alfoncé., (2010). Gestion communautaire des ressources en eau et conflits d'usage dans le bassin du Niger moyen : cas de la commune de Malanville au Bénin, Mémoire de Master. Centre Régional Agrhymet/Niger ; 85p
- [7] Azonhe Thierry Hervé, 2010. « Analyse des déterminants environnementaux de la morbidité paludique et diarrhéique chez les populations du secteur agricole dans la dépression des Tchi au sud du Bénin». Thèses Doct. ès Sci., FLASH/UAC. 238 p.
- [8] Baron Carine et Bonnasieux Alain, (2008) : Accessibilité aux ressources en eau et participation des acteurs locaux : quelles réponses faces aux enjeux de durabilité cas des Associations d'Usagers de l'Eau au Sud-ouest du Burkina-Faso. Journées du développement du GRES, Burkina-Faso, 23p.
- [9] Babadjidé Charles Lambert, 2008, *Gestion endogène de l'eau et état de santé des populations de la commune de Savè : cas de l'arrondissement de Bessé*, Mémoire de DEA, EDP, FLASH, 111p.
- [10] Bied-Charreton Marloui., Makkaoui Roady., Petit O., Requier-Desjardins Micheal. (2006). La gouvernance des ressources en eau dans les pays en développement : enjeux nationaux et globaux. CAIRN Info, Mondes en Développement n° 135, pp. 39-62. DOI 10.3917/med.135.0039.
- [11] Brooks DB., Rached Edline., et Saade Meakjh. (1997). Management of water demand in Africa and the Middle East. Current Practices and Future Needs. IDRC, 162 p
- [12] Brugidou M, Cœur D, Martin M-A, Jobert A, Loupsans D, Viollet P-L. (2020). Conclusions du séminaire « Comment les tensions sur l'eau conduisent-elles à en repenser la gouvernance ? ». *La Houille Blanche* : 89–92
- [13] Coffi Richard H., Kalkhoff S. K., Capel Paul D., Gregorie Christopher 2011. Fate and transport of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters of agricultural basin. Pesticides Management Science, 67, doi: 10.1002/PS.2212.
- [14] Daoudi A, Lejars C, Benouniche N. (2017). La gouvernance de l'eau souterraine dans le Sahara algérien : enjeux, cadre légal et pratiques locales. *Cab. Agric.* 26: 35004
- [15] GWP, (2000). La gestion intégrée des ressources en eau, comité technique consultatif. TAC Background, paper n° 4, 78 p.
- [16] Dohou Claude, (2011) : la gestion des ouvrages hydrauliques de la commune de Ouessè dans le contexte de la décentralisation : problèmes et perspectives, mémoire de maîtrise en géographie, 78p
- [17] Hounmenou B.G. (2006) : Gouvernance de l'eau potable et dynamique locales en zone rurale au Bénin. DESS, UAC, 63p
- [18] Loko Juliette. (2014) : Problématique d'approvisionnement en eau des populations de Sakété et dynamique des infrastructures hydrauliques, Mémoire de Maîtrise, DGAT/FLASH/UAC, 92p
- [19] Menard C. 2001. Enjeux d'eau : la dimension institutionnelle, Tiers-Monde, vol. 42, n° 166, pp. 259-274.
- [20] PNUD., (2007) : Rapport annuel, 49p.
- [21] Odoulami Léocardie, 2009. « La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin) » Thèses Doct. ès Sci., FLASH/UAC. 230 p
- [22] Vissin Expédit. Wilfrid., (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 de l'Université de Bourgogne, Dijon, France, 280 p.
- [23] Yelouassi .Nadia .Agripine.(2011) : Eau potable et gestion des équipements hydrauliques de la commune d'Athiémé (Sud-Bénin). Mémoire de maîtrise, UAC, Bénin, 77p.



REPUBLIC OF TUNISIA



International Conference-Training (ESC'2022)

From 7 to 12 November 2022 Hammamet (Tunisia)



Water resources, Health and Climate Change



Ewater **H**health **C**Climate '2022

Water-Health-Climate'2022

«Ce qui compte c'est demain»

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



Abd. Rim

2022



Colloque-Formation International Eau-Santé-Climat'2022

Ressources en Eau, Santé et Changement Climatique

07 au 12 Novembre 2022, Hammamet (Tunisie)

www.jistee.org

Eau-Santé-Climat'2022

Pour plus d'informations veuillez contacter

Pr. Noureddine GAALOUIL

E-mail: eauclimat@iresa.agrinet.tn

eauclimat@yahoo.com

"Ce qui compte c'est demain"



Prof. Nouredine Gaaloul

This book reviews the latest information on the assessment of surface and groundwater resources, climate change and Covid-19 vaccines in the MENA regions (Middle East and North Africa): from History to Covid-19 vaccines (April 2021). It summarized the country profile of the Middle East and North Africa of key information that gives an overview of the water resources and water use at the national level. This book is an important contribution about countries from a region of crucial importance for water management. Physical, natural, socio-economic, and political constraints make this region a sort of "laboratory" for water management around the world. This book is aimed at students, academics, researchers, engineers and managers who wish to develop an in-depth understanding of various topics relevant to sustainably managing water resources. It discusses a wide variety of topics, including water, Climate Change and Covid-19. It is assumed that the reader has a basic knowledge of water resources. The book is a resource for researchers and engineers working on water resources in MENA regions. It serves as an access point to the scientific literature.



Nouredine Gaaloul

Water Resources and Climate Change from History to Covid-19 Vaccines

in the MENA regions (Middle East and North Africa)



Nouredine Gaaloul is Professor of Higher Education and Full Research at the National Research Institute for Rural Engineering, Water and Forestry. He is Founder and Chief Editor International Journal Water Science and Environment Technologies. He is Member of the Scientific Advisory Committee Member of the Climate Research for Development (UNECA).

FOR AUTHOR USE ONLY

Nouredine Gaaloul



<https://www.morebooks.de/store/fr/book/water-resources-and-climate-change-from-history-to-covid-19-vaccines/isbn/978-620-4-71658-9>

https://www.morebooks.shop/bookprice_offer_2d8af3cb6075abfd6b89d0bf8095f8c1e5beaa11?locale=gb%C2%A4cy=EUR

www.jistee.org

jistee@iresa.agrinet.tn

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

©2022 by the authors | Open Access Journal | ISSN Online: 1737-9350, ISSN Print: 1737-6688

V(vii), Issue 2 – June 2022 - jistee.org/volume-vii-2022/



International Journal Water Sciences and Environment Technologies (IJWSET)

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

ISSN Online: 1737-9350 ISSN Print: 1737-6688 Open Access
07 Volumes, 21 Numéros, (335 Articles)
07 Volumes, 21 Issues, (335 Papers)

jistee@yahoo.com

Volume (VII) : 4 Numéros (.. Articles) / 4 Issues (..Papers)

Eau-Santé-Climat'2022 / Water-- Health -Climate'2022

Numéro 1 – Mars 2022 (7 Articles) Changement Climatique : Quels effets sur notre santé ? / *Climate change : What effects on our health ?*

Numéro 2 – Juin 2022 (10 Articles) Impacts du Changement Climatique sur l'Eau, les Ecosystèmes et la Santé Humaine / *Impacts of Climate Change on Water, Ecosystems and Human Health*

Volume (VI) : 4 Numéros (31 Articles) / 4 Issues (31Papers)

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 (6 Articles) Changement Climatique, Eau et Agriculture Vers des Systèmes Résilients / *Climate Change, Water and Agriculture Towards Resilient Systems*

Numéro 4 – Décembre 2021(8 Articles) Changement Climatique, Eau et Agriculture : Quelles Stratégies ? / *Climate Change, Water and Agriculture : What Strategies ?*

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-Énergie-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 – Décembre2014 (11 Articles) Changements Climatiques en Région Méditerranéenne / *Climate Change in the Mediterranean Region*

Copyright © 2022 – Jistee Tous droits réservés



Appel à contributions : Prochain numéro la revue Scientifique : JISTEE – Septembre 2022
Call for contributions: Next issue of the Scientific review: JISTEE – September 2022

✓ Open-access (OA) Journal

✓ Double-anonymous Peer Reviewing

✓ Fast Publication: 20-30 Days

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

Appel à contributions : Prochain numéro la revue Scientifique : JISTEE – Septembre 2022

Nous coordonnons la rédaction, du numéro mois de Mars 2022 “Eau- Santé – Climat”, (ESC-2022), qui vous est ensuite offert gratuitement en format pdf.

Le thème retenu pour 2022 est “Eau- Santé – 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 Mai 2022 afin de pouvoir être révisées par le Comité Scientifique International et que la mise en forme du numéro ait lieu en Août 2022 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 2022

International Journal of Water Science and Environment Technologies

We are pleased to inform you that the Vol 7, No 3 of International Journal of Water Science and Environment Technologies is available at <https://jistee.org/volume-vi-2022/>

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/>

International Journal Water Sciences and Environment Technologies (IJWSET)



Volume (vii) - Issue 3 - [September 2022]

e-ISSN: 1737-9350

p-ISSN: 1737-6688

| Open Access Journal |

√ Double-anonymous Peer Reviewing

√ Fast Publication: 20-30 Days

WWW.jistee.org



Invitation for Research Article – September 2022

Dear Researcher

We are happy to inform you that the International Journal Water Sciences and Environment Technologies of Current Advanced Research print and online journal, e-ISSN: 1737-9350 p-ISSN: 1737-6688, | Open Access Journal | is launching its next issue (September 2022). We would like to invite you to contribute your Research Article for publication in IJWSET.

We publish

- Original papers,
- Theory-based Empirical Papers,
- Review Papers,
- Case Reports,
- Conference Reports/Papers,
- Technology Reports,

Description :

- **Area of concentration:** 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)
- **Frequency of publishing:** quaternar.: March; June, September and December
- **Mode of publishing:** Print and online
- **Language of publication:** English and French

We invite you to submit your manuscript(s) to jistee@iresa.agrinet.tn (and CC jistee@yahoo.com) , for publication. Our objective is to inform authors of the decision on their manuscript(s) within 24h of submission. Following acceptance, a paper will be published in the Current issue.

With regards

Editorial Office

International Journal Water Sciences and Environment Technologies (IJWSET)

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

©2022 by the authors | Open Access Journal | ISSN Online: 1737-9350, ISSN Print: 1737-6688

V(vii), Issue 2 – June 2022 - jistee.org/volume-vii-2022/

JOURNAL INTERNATIONAL

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

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

Volume (vii) - Numéro 2 – Juin 2022

E_{au} - **S**_{anté} - **C**_{limat}'2022



**Impacts du Changement Climatique sur l'Eau,
les Ecosystèmes et la Santé Humaine**

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 (vii) - Issue 2 – June 2022

W_{ater}-**H**_{ealth}-**C**_{limate}'2022



Impacts of Climate Change on Water, Ecosystems and Human Health

Editor-in-Chief: Pr Nouredine Gaaloul

Published by:

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