

JOURNAL INTERNATIONAL

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

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

Volume (VI) - Numéro 3 – Septembre 2021

Eau-Agriculture-Climat'2021



Changement Climatique, Eau et Agriculture Vers des Systèmes Résilients

Rédacteur en Chef : Pr Nouredine Gaaloul

Publié par:

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

INTERNATIONAL JOURNAL

Water Sciences and Environment Technologies

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

Volume (VI) - Issue 3 – September 2021

Water-Agriculture-Climate'2021



Climate Change, Water and Agriculture
Towards Resilient Systems

Editor-in-Chief: Pr Nouredine Gaaloul

Published by:

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

"وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ"

سورة الأنبياء آية 30

Et fait de l'eau toute chose vivante

(Al-Anbiya 30)



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

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

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

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

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

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

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



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

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

International Journal of Water Science and Environment Technologies

We are pleased to inform you that the Vol 6, No 4 of International Journal of Water Science and Environment Technologies is available at <https://jistee.org/volume-vi-2021/>. Open access Journal are freely accessible via the internet for immediate worldwide. This Journal is an Open Access International Journal and will accept research and review manuscripts ranging from, Basic research on Water, Climate, Environment, Hydrology; hydrogeology and management of water resources; Agricultural hydraulics (Irrigation, Drainage, etc.), Modeling of Water Resources (Hydraulics, Hydrology, Hydrogeology), Physico-chemical quality of Surface and groundwater; Hydrobiology, microbiology, toxicology and ecotoxicology; the structure and function of aquatic ecosystems; Water quality, wastewater treatment and drinking water; Municipal and industrial wastewater treatment; Management of water resources (quantitative, socio-economic and legal aspects) ,...

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

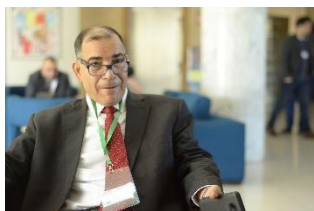
to our online direct submission area, located here:

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

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

Nouredine Gaaloul	Prof. Université de Carthage – IRESA- INRGREF (Tunisie)
Hamadi Habaieb	Prof. Université de Carthage – IRESA- IN-AT (Tunisie)
Zouhaier Nasr	Prof. Université de Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisie)
Mohamed Hachicha	Prof. Université de Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisie)
Zouhaier Hlaoui	Prof. Université de Tunis - Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis (Tunisie)
Adel Kharroubi	Prof. Université de Gabès – ISSTEG (Tunisie)
Rachid Boukchicha	M.Conf. Université de Gabès – ISSTEG (Tunisie)
Nouredine Hamdi	Prof. Université de Gabès – ISSTEG (Tunisie)
Taoufik Hermassi	M.Conf. Université de Carthage – IRESA- INRGREF (Tunisie)
Mohamed Habib Sellami	M.Conf. Université de Jendouba – IRESA- ESIM (Tunisie)
Hechmi Belaid	M. Assistant. Université de Jendouba -IRESA- ESIM (Tunisie)
Rim Katlane	M.Conf. Université de la Manouba - Faculté des Lettres, des Arts et des Humanités (Tunisie)
Ibrahim Amadou Traoré	Expert Hydrogéologue
Mohamed Meddi	Prof. ENSH, (Algérie)
Azzedine Hani	Prof. Univ. Annaba (Algérie)
Larbi Djabri	Prof. Univ. Annaba (Algérie)
Salah Eddine Ali Rahmani	Prof. Univ. des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (Algérie)
Saadane Djorfi	Prof. Université de Annaba (Algérie)
Mohammed Achite	Prof. Université de Chlef (Algérie)
Abdelhalim Yahiaoui	Prof. Université de Bechar (Algérie)
Mohamed Bessenasse	Prof. Université de Saad Dahlab- Blida (Algérie)
Benabadi Noury	Prof. Université de Tlemcen (Algérie)
Abdessamad Merzouk	Prof. Université de Tlemcen (Algérie)
Abdelhalim Yahiaoui	M.Conf. Univ. Bechar (Algérie)
Gnengazé Sadia	M.Conf. Université de Biskra (Algérie)
Beloulou Laroussi	M.Conf. Université Badji Mokhtar, Annaba (Algérie)
Gnendouze Abdelhamid	M.Conf. Université de Blida1 (Algérie)
Khonaldia Wacila	M.Conf. Université de Souk-Ahras (Algérie)
Belkacem Bekkenassa	M.Conf. Université Mustapha Stambouli de Mascara (Algérie)
Ali Essablaoui	Prof. Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
El Onali Abdelhadi	Prof. Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
Abdellah El Hmaidi	Prof. Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
Imad Manssouri	Prof. Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
Abdelmajid Moumen	Prof. Université Nadour (Maroc)
Mhamed Anyay	Prof. Université de Fès (Maroc)
Abdelaziz Abdallaoui	Prof. Université Moulay Ismail (Maroc)
Amadou Thierno Gaye	Prof. Université Cheikh Anta Diop, Dakar, (Sénégal)
Sousou Sambou	Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Sénégal)
Diop Ngom Fatou	Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Sénégal)
Soro Nagnin	Prof. UFR STRM (Côte d'Ivoire)
Gnamba Franck Maxime	Prof. UFR STRM (Côte d'Ivoire)
Soro Nagnin	Prof. UFR STRM (Côte d'Ivoire)
Cissb Ngonzo Lawesi	Prof. Univ. Dem. Rep. (Congo)
Koussoubou A. Leonard	Prof. FLLAC/ UAC (Congo)
Koumassi Dégla Hervé	Prof. LACEEDE/UAC (Bénin)
Hamma Yaconba	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. Université de Isfahan (Iran)
Amadou Gaye	Prof. CR4D (Ethiopia)
Richard Anyah	Prof. CR4D (Ethiopia)
Benjamin Lamptey	Prof. CR4D (Ethiopia)
Aqeel Al-Adili	Prof. Univ. Technology (Iraq)
Moumtaz Razack	Prof. Université de Poitiers (France)
Lucila Candella	Prof. Univ. Catalonia (Spain)
Fotis K. Pliakas	Prof. Univ. Thrace (Greece)
Andreas Kallioras	Prof. Univ. Athens (Greece)
Christoph Schüth	Prof. Tech.Univ. Darmstadt (Germany)
Jean-François Deléage	Prof. Univ. de Liège (Belgique)

Préface



L'eau occupe une place centrale dans l'adaptation de

l'agriculture au changement climatique. La production agricole est fortement tributaire des fluctuations régionales et temporelles de variables climatiques telles que les précipitations et la température.

Les répercussions du changement climatique sur l'agriculture se produisent au niveau des besoins en eau des cultures, de la disponibilité et la qualité de l'eau, ainsi que d'autres facteurs affectés à la fois par les évolutions progressives à long terme et par les événements extrêmes, à différentes échelles, du local au continental en passant par le régional. De plus, le climat non seulement change mais devient non stationnaire, ce qui signifie que les prévisions ne peuvent plus se baser uniquement sur les observations passées.

Les interactions entre le changement climatique, l'eau et l'agriculture sont nombreuses, complexes et liées aux conditions régionales. Le changement climatique peut avoir des répercussions sur les ressources en eau en agissant sur plusieurs variables : modifications de la quantité et de la répartition des précipitations ; incidences sur la qualité de la ressource en cas de modification du ruissellement, du débit des cours d'eau, de la rétention et, partant, de la charge en éléments nutritifs ; et survenue d'événements extrêmes, inondations et sécheresses, notamment. Ces modifications du cycle de l'eau peuvent à leur tour profondément modifier la production agricole dans pratiquement toutes les régions du monde et avoir des répercussions déstabilisantes pour les marchés agricoles, la sécurité alimentaire et les utilisations non agricoles de l'eau. Il est donc extrêmement souhaitable d'examiner la gestion et la politique de l'eau agricole dans le contexte du changement climatique. De même, une analyse solide des stratégies d'atténuation du changement climatique et d'adaptation au changement climatique dans le secteur agricole devrait mettre davantage l'accent sur le cycle de l'eau.

Une analyse bien fondée des politiques devrait s'appuyer sur l'état des connaissances des principaux liens existant entre changement climatique, eau et agriculture, et identifier les lacunes dans les connaissances et les incertitudes.

L'impact du changement climatique sur la qualité de l'eau est aussi complexe et extrêmement incertain. Des inondations plus fréquentes et plus graves pourraient mobiliser les charges en sédiments et les contaminants associés et exacerber les répercussions sur les systèmes hydrologiques, tandis que des sécheresses plus graves pourraient réduire la dilution des polluants, et de ce fait augmenter le problème de toxicité. La relation entre la qualité de l'eau et les conditions météorologiques et le climat est cependant très complexe et il est difficile de faire de projections à son sujet quel que soit le scénario de changement climatique.

Le changement climatique pourrait faire augmenter la fréquence et la gravité d'événements extrêmes tels que les inondations et les sécheresses, et exercer des répercussions négatives importantes sur la production agricole.

La gestion de l'eau agricole fait intervenir des questions de biens publics, d'externalités et de gestion des risques, c'est pourquoi l'adaptation privée au changement climatique ne peut remplacer l'adaptation collective.

Nouredine Gaaloul
Professeur de l'Enseignement Supérieur Agricole (INRGREF)
Fondateur et Rédacteur en Chef de la Revue
Journal International Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement
(www.jistee.org)
Président L'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et
l'Environnement en Tunisie (ASTEE Tunisie)

Preface



W

ater is a central issue of adaptation to climate

change in agriculture. Agricultural production depends critically on how climate variables such as precipitation and temperatures vary across regions and over time. The effects of climate change on agriculture occur through crop water requirements, availability and quality of water, and other factors, which are affected by both long-term gradual change and extreme of events, and across a range of scales from local to regional to continental. Moreover, climate is not only changing but is becoming non stationary, meaning that expectations can no longer be based only on past observations.

Interactions between climate change, water and agriculture are numerous, complex and region specific. Climate change can affect water resources through several dimensions: changes in the amount and patterns of precipitation; impact on water quality through changes in runoff, river flows, retention and thus loading of nutrients; and through extreme events such as floods and droughts. These changes in the water cycle can in turn deeply affect agricultural markets, food security and non agricultural water uses. There is thus a strong case for considering agricultural water management and policy in the context of climate change. In the same way, a sound analysis of mitigation and adaptation strategies in the agricultural sector to climate change should place more emphasis on the water cycle.

A sound policy analysis should build on the state of knowledge of the main linkages between climate change, water and agriculture, and to identify the knowledge gaps and uncertainties.

The impact of climate change on water quality is also complex and highly uncertain. Increased incidences and severity of flooding could mobilise sediment loads and associated contaminants and exacerbate impact on water systems, while more severe droughts may reduce pollutant dilution, there by increasing toxicity problems; However, the relationship of water quality to weather and climate is very complex and it is difficult to make projections about it under all climate change scenarios.

The frequency and severity of extreme events such as floods and droughts may increase as a result of climate change and have substantial negative impacts on agricultural production.

Because agricultural water management involves public goods, externalities and risk management issues, private adaptation to climate change is not equal to collective adaptation.

Nouredine Gaaloul

Professor of higher education and full Researcher in the National Institute of Research in Rural Engineering of Water and Forestry (University of Carthage, INRGREF-Tunis).
President of Scientific and Technical Association for Water and the Environment in Tunisia (ASTEETunisie)

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



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

06 Volumes, 18 Numéros, (310 Articles) (mise à jour Septembre 2021)

06 Volumes, 18 Issues, (310 Papers) (Up date September 2021)

International Journal Water Sciences And Environment Technologies (IJWSET)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

VOLUME (III) : 3 Numéros (103 Articles) / 3 Issues (103 Papers)

Eau-Environnement-Climat'2018 (E'C-2018) / Water-Environnement-Climate'2018

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Copyright © 2021 – Jistee Tous droits réservés





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



Sommaire

Activités socioéconomiques informelles dans la commune de Dangbo au Bénin (Afrique de l'Ouest)	9
Philomène Chodaton (<i>Université d'Abomey-Calavi - Bénin</i>), Coffi Adrien Dossou-yovo., Elhadji Mohamoud, Chekou Kore.	
Évaluation saisonnière de la pollution par les éléments traces métalliques de l'oued Boujemaâ (Annaba, extrémité nord-orientale algérienne)	23
Soumeïa Khaled-khodja (<i>Université de Jijel - Algérie</i>), Semia Cherif	
Transfert d'eau et développement urbain dans le bassin aval du fleuve Sénégal	29
Saliou Kamara (<i>Université d'Avignon- France</i>), Philippe Martin, Adrien Coly	
Les enjeux socioéconomiques et écologiques de la production du charbon de bois dans la périphérie de la ville de boma en RDC	42
Mbuangi Lusuadi Maurice , Ntoto M'vubu Roger, Kisombe Makaya, Khonde Bibonga Carine	
Analysis of the climatic variability of the Dradère-Souïère water table in Morocco	56
Thami Rahmouni , (<i>University of Ibn Tofail - Morocco</i>), Btissam El Amrani, Khadija El Kharrim, Driss Belghyti	
Water, Climate Change and Food Security of the Middle East and North Africa (MENA) regions	64
Gaaloul Noureddine (<i>University of Carthage – INRGREF - Tunisia</i>), Saïd Eslamian, Rim Katlane	



Activités socioéconomiques informelles dans la commune de Dangbo au Bénin (Afrique de l'Ouest)

Philomène Chodaton¹, Coffi Adrien Dossou-Yovo², Elhadji Mohamoud, Chekou Kore³

¹ Doctorante, Ecole Doctorale Pluridisciplinaire "Espaces, Cultures et Développement" EDP/FASHS/UAC ² Laboratoire Pierre

² Maître de Conférences Département de Géographie et d'Aménagement du Territoire, FASHS, Université d'Abomey-Calavi Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales (LEDUR) Département des Sciences de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire à l'Institut de Géographie, d'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (IGATE)

³ Maître-Assistant Département de Géographie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Ecole Normale Supérieure de Niamey, Niger bomey-Calavi, République du Bénin

RÉSUMÉ

L'environnement économique de la commune de Dangbo est caractérisé par la prédominance du secteur informel. Le présent travail a pour but d'analyser l'impact des activités économiques informelles sur le développement local de cette commune.

La démarche méthodologique adoptée s'articule autour de la collecte des données, du traitement des données, de l'analyse et de l'interprétation des résultats. Les données utilisées sont essentiellement les données démographiques collectées à l'INS/AE et les données socio-anthropologiques issues des enquêtes de terrain. La collecte des données socio-anthropologiques est faite en se servant de la Méthode Active de Recherche Participative (MARP). Le traitement des données et l'analyse des résultats sont faits grâce à la méthode de la statistique descriptive (somme, moyenne, etc.). Le modèle PEIR a servi de base à l'analyse des impacts socioéconomiques des activités informelles.

Les résultats obtenus montrent que les activités informelles les plus pratiquées dans la commune de Dangbo sont l'agriculture exercée à hauteur de 75 % ; le commerce 9,85 % ; l'artisanat 7,03 % ; le transport 4,43 % et l'industrie alimentaire 1,24 %. Ces activités ne sont ni déclarées ni réglementées par des normes administratives, législatives, comptables et fiscales de l'Etat. Bien que ces activités constituent un moyen de lutte contre le chômage pour les populations de la commune, elles échappent au contrôle des instances dirigeantes communales et par ricochet, leur contribution dans la constitution des ressources de la commune de Dangbo dont le budget reste très faible (1,43 % en moyenne), ce qui ne favorise pas les dépenses d'investissement pour le développement local. Face à cette situation, il a été suggéré de réorganiser les acteurs du secteur informel par catégorie socioprofessionnelle, de mettre en place le registre foncier urbain pour l'arrondissement central et le plan cadastral pour tous les chefs lieux d'arrondissement.

Mots clés : Bénin, Commune de Dangbo, activités informelles, socioéconomique

Informal socio-economic activities in the commune of Dangbo in Benin (West Africa)

Abstract

The economic environment of Dangbo commune is characterized by the predominance of the informal sector. The purpose of this work is to analyze the impact of informal economic activities on the local development of this municipality. The methodological approach adopted revolves around data collection, data processing, analysis and interpretation of results. The data used are mainly demographic data collected at INS/AE and socio-anthropological data from field surveys. The collection of socio-anthropological data is done using the Active Participatory Research Method (MARP). Data processing and results analysis are done using the descriptive statistics method (sum, average, etc.). The PEIR model served as a basis for analyzing the socioeconomic impacts of informal activities. The results obtained show that the informal activities most practiced in the commune of Dangbo are agriculture, up to 75%; trade 9.85%; craftsmanship 7.03%; transport 4.43% and the food industry 1.24%. These activities are neither declared nor regulated by administrative, legislative, accounting and fiscal standards of the State. Although these activities constitute a means of combating unemployment for the populations of the municipality, they escape the control of the municipal governing bodies and by extension, their contribution in the constitution of the resources of the municipality of Dangbo whose budget remains very fiscal is low (1.43% on average), which does not encourage investment spending for local development. Faced with this situation, it was suggested to reorganize the actors of the informal sector by socio-professional category, to set up the urban land register for the central district and the cadastral plan for all the administrative centers of the district.

Keywords: Benin, Municipality of Dangbo, informal activities, socioeconomic

¹ Corresponding author: pchodaton@gmail.com

INTRODUCTION

Dans les pays en développement, les activités économiques informelles constituent un mode de vie, voire de survie de la majeure partie de la population pour laquelle elles permettent la satisfaction des besoins fondamentaux. En effet, le secteur informel contribue à plus de 50 % du PIB et occupe près de 80 % de la population active de ces pays (Lautier, 2004). Ce secteur, antérieurement considéré a priori comme un « accident » transitoire du processus de construction d'une économie moderne dans les pays en voie de développement, a révélé par la suite une dynamique d'expansion et de renforcement de son rayon d'action qui fournit des raisons objectives de penser qu'il continuera durablement à occuper une part importante de la population active (Lautier, 2004).

Cette tendance se vérifie particulièrement en Afrique, où le secteur informel absorbe 61 % de la main-d'œuvre urbaine, et où on estime qu'il est probablement à l'origine de plus de 93 % des nouveaux emplois créés au cours des années 1990 (Charmes, 1998 ; Maldonado et al., 2001). D'après Igué (2008), cette forte proportion des personnes vivant de l'informel est due au fait que l'allègement du domaine d'intervention public imposé par les différents programmes d'ajustement structurel a eu pour conséquence, la dégradation de la situation de l'emploi en Afrique.

Au Bénin, un des pays les plus pauvres au monde, le revenu annuel moyen par habitant est 298 000 FCFA et plus de 30 % de la population se trouvent en-dessous du seuil de pauvreté (INSAE, 2002). Dans ce contexte, le secteur informel est devenu la seule ressource des populations pauvres. Ce secteur occupe environ 95 % de la population béninoise dont majoritairement les femmes (INSAE, 2003). Il contribue de façon croissante à la production et à la satisfaction de la demande et joue un rôle de régulation économique et sociale de l'emploi.

Néanmoins, dans le contexte actuel où le budget de l'Etat béninois est essentiellement fiscal (Gounou, 2004), les activités informelles constituent un manque à gagner non négligeable pour le pays et contribuent à la déstabilisation durable de son économie (Igué, 2008). Mieux, la loi 97-029 du 15 janvier 1999 portant organisation des communes en République du Bénin, confère en ses articles 82 et suivants, des compétences propres à la commune et précise les secteurs de son intervention de concert avec l'Etat et les autres collectivités (Misat, 2000). Ces textes de loi sur la décentralisation confèrent aux communes l'autonomie dans la gestion du pouvoir et des politiques de développement communautaire. Mais depuis 2003 que ces textes sont rentrés définitivement en vigueur, plusieurs communes peinent à sortir la tête de l'eau à cause de la prépondérance des activités informelles qui ne permettent pas de regrouper des ressources nécessaires au financement des projets du plan de développement communal et faute de politiques efficaces de mobilisation de ressources.

L'objectif de cet article est d'analyser les activités socio-économiques informelles dans la commune de Dangbo.

La figure 1 illustre la situation géographique du milieu de recherche. Il est situé entre 2° 25' et 2° 35' de latitude nord et 6° 30' et 6° 35' de longitude est.

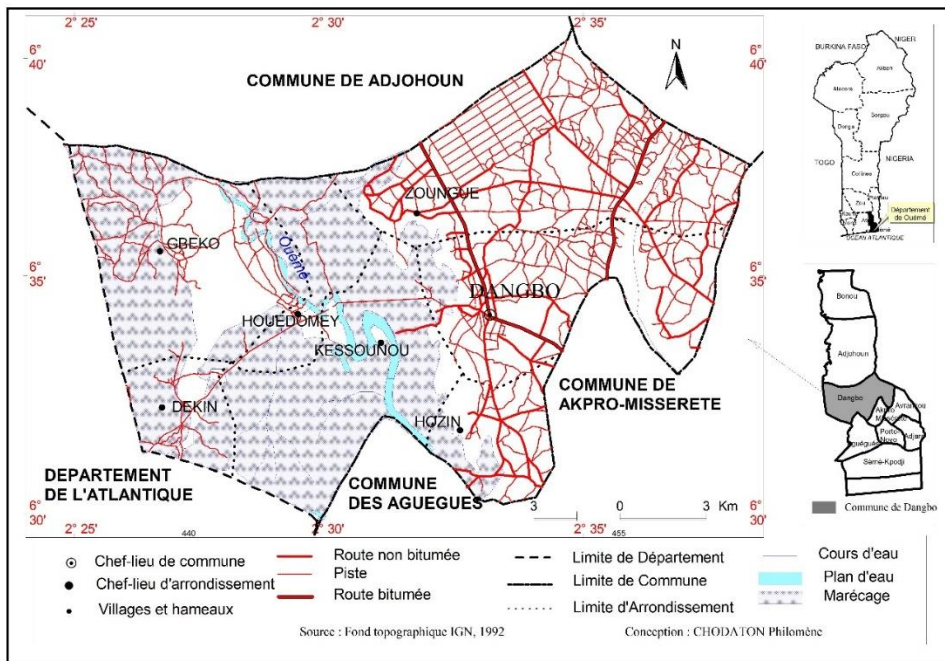


Figure 1 : Situation géographique du milieu de recherche

1-Données et méthodes

Les données utilisées dans cette étude sont de plusieurs ordres. Il s'agit essentiellement des : données démographiques de 1992 à 2013 collectées à l'INSAE et qui ont permis de caractériser l'évolution de la population afin d'en établir le lien avec l'évolution des activités économiques informelles ; données planimétriques issues de la base de données de l'IGN (1992) et ESRI (1992) et qui ont servi de fond aux figures planimétriques réalisées dans le cadre de cette recherche ; données socio-anthropologiques collectées auprès des populations interviewées qui ont permis de faire le point des activités économiques informelles présentes dans le secteur de recherche et d'étudier leurs impacts sur le développement local. L'enquête de terrain a été faite sur la base d'un échantillonnage dûment déterminé, des outils et des techniques de collecte appropriés.

Le choix des villages qui constituent l'échantillon a été fait suivant les critères tels que l'effectif de la population, la grande diversité des activités économiques et la prépondérance des activités économiques informelles. Ainsi, sur les soixante villages que compte la Commune de Dangbo, douze villages ont fait l'objet de l'enquête, soit 20 %.

Les personnes interviewées ont été choisies suivant les critères suivants :

- être âgé de 25 ans au moins, la population active est celle se situant dans la tranche d'âge 10 à 60 ans (INSAE, 2016). Mais dans le milieu qui fait l'objet de notre étude, la plupart des personnes dont l'âge est compris entre 10 ans et 24 ans ne disposent pas encore d'un statut professionnel. Ils sont encore soit à l'école, soit en apprentissage ou aident leurs parents dans leurs activités. De même, les personnes âgées (au-delà de 60 ans) ne cessent les activités que lorsqu'elles se sentent abandonnées par leur force physique.

- résider ou mener ses activités économiques dans la commune de Dangbo.

Compte tenu des critères de sélection, l'échantillonnage a pris en compte tous les sept arrondissements de la commune. La technique d'échantillonnage stratifié a été utilisée. Cette technique a permis de prendre en compte toutes les catégories socioprofessionnelles. L'échantillonnage des personnes interviewées a été fait suivant la formule $M = T \times F$ avec M qui est égale à l'effectif total des personnes à interroger, T égal au taux d'échantillonnage (2 %) et F l'effectif total des ménages en 2013 (17532 ménages d'après les données de l'INSAE, 2013). Avec ce procédé, une taille d'échantillonnage de 350 interviewés a été déterminée. Face à l'absence d'une base statistique fiable des actifs par secteur d'activité, la distribution de cet échantillon par activité est faite de manière arbitraire. Les catégories socioprofessionnelles concernées sont les agriculteurs, les pêcheurs, les éleveurs, les conducteurs de taxi moto ou de barque ou pirogue (selon le moyen de transport adopté dans le milieu), les commerçants et les artisans. Ces activités sont, en effet, les activités les plus pratiquées dans le secteur d'étude. Le tableau I présente la synthèse de l'échantillonnage.

Tableau I : Répartition des personnes interrogées par activité

Arrondissements	Nombre d'agriculteurs, pêcheurs, éleveurs enquêtés	Nombre de commerçants enquêtés	Nombre d'artisans enquêtés	Conducteurs de taxi moto ou de barque/pirogue et autres secteurs d'activités	Nombre d'autorités locales et des agents de la mairie enquêtés	TOTAL
Dangbo	14	12	10	8	4	46
Hozin	19	16	13	10	1	59
Gbéko	17	15	12	9	0	54
Zoungué	15	13	10	8	1	47
Dèkin	10	9	7	6	0	32
Iouédomey	20	16	15	11	1	63
Kessounou	15	13	11	8	1	49
TOTAL	110	94	78	60	8	350

Source : Enquêtes de terrain, avril 2020

Au total, 350 personnes ont été interrogées dans le cadre de cette recherche.

Les outils utilisés pour la collecte des données sont :

- un GPS (Global Position System) pour la prise de coordonnées géographiques des différents points de regroupement ou d'exécution d'activités informelles en vue de la réalisation de la carte de flux des activités informelles dans la commune ;
- un appareil photo numérique a permis de prendre des vues à des fins illustratives ;
- un bloc-notes pour noter les informations importantes mais absentes dans les réponses que fournissent les interviewés ;
- des questionnaires d'enquêtes soumis aux acteurs de l'informel et personnes ressources ;
- un guide d'entretien utilisé au cours des échanges avec le personnel de la mairie et des responsables d'ONG à divers niveaux. Par ailleurs, la collecte des données a été faite grâce à la mise en œuvre de plusieurs techniques. Il s'agit notamment :
- de la méthode des itinéraires, qui a permis d'identifier les principaux acteurs impliqués dans l'agriculture dans la commune ;

- des observations directes qui ont été effectuées en fonction de l'objectif visé, et qui relèvent des différentes activités menées dans le secteur d'étude ;
 - des entretiens individuels qui ont permis de recueillir les informations auprès des populations cibles.
- Les données collectées ont été traitées et analysées. Le traitement issu de ces données ont permis d'avoir des résultats.

2-Résultats et discussion

2-1-Evolution de la population

La Commune de Dangbo connaît une expansion démographique moyenne due à l'immigration et au croît naturel avec un taux d'accroissement qui passe de 1,04% entre 1992 et 2002 à 3,37 % entre 2012 et 2013 (INSAE, 2014) ; ce qui témoigne du fait que, de plus en plus, la commune subit l'influence du débordement spatial de la ville de Porto-Novo. La figure 2 présente l'évolution de la population de Dangbo entre 1992 et 2013.

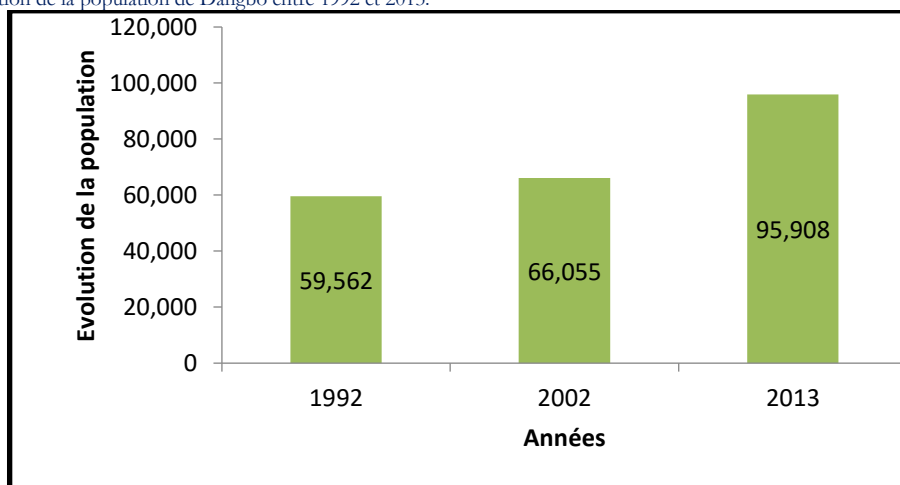


Figure 2 : Evolution de la population de Dangbo de 1992 à 2013

La figure 2 permet de constater que de 59562 habitants en 1992, la population de la Commune de Dangbo a atteint 95 908 habitants en 2013 soit un accroissement de 61,02 %. Les femmes représentent environ 52 % de la population totale.

Les principaux groupes sociaux originels désignés sous le vocable " Akota " qui couvrent la Commune de Dangbo sont : les Dekanmenu, les Agahegɔnnu, les Lokoevinu, les Anahovinu, les Yevinu, les Odjehovinu, les Ayolinu, les Huezunmenu, les Toffinu, les Adjahivinu, les Ayinɔn-Agagnɔn et les Vevinu. Ces différents groupes socioculturels pratiquent diverses activités économiques telles que l'agriculture, l'élevage, la pêche, le commerce, l'artisanat et la petite industrie pour animer l'économie locale.

2-2-Niveau d'instruction de la population de la commune de Dangbo

L'analphabétisme et le faible niveau d'instruction constituent des handicaps au développement des activités dans le secteur d'étude. Le tableau II présente la structure de la population en matière d'alphabétisation et du niveau d'instruction.

Tableau II : Alphabétisme et niveau d'instruction à Dangbo

Rubrique	Statut	Effectif	Pourcentage
Alphabétisme	Alphabétisé	140	40 %
	Non alphabétisé	210	60 %
Niveau d'instruction	Aucun	119	34 %
	Primaire	144	41 %
	Secondaire	77	22 %
	Supérieur	10	3 %

Source : Enquête de terrain, avril 2020

De l'examen du tableau xxx, il ressort que 60 % des populations interviewées ne savent ni lire, ni écrire une langue. Dans le même temps, 34 % n'ont aucun niveau d'instruction, 41 % n'ont pas franchi le niveau primaire et 22 % sont restés au niveau secondaire. Cette situation n'est pas de nature à favoriser la formalisation des activités qui exige un minimum de connaissance dans la comptabilité et la gestion.

2-2-Inventaire des activités économiques informelles

Dans la Commune de Dangbo, l'économie est basée, par ordre d'importance, sur l'agriculture, le commerce et la petite industrie (tableau III).

Tableau III : Différentes activités menées par secteur

Secteurs	Activités
Secteur primaire	L'Agriculture : le maïs, le manioc, la patate, le niébé, le riz, l'arachide les cultures maraichères (le piment, la tomate, le gombo et les légumes-feuilles), le taro et la canne à sucre
	La Pêche : Tilapia (Wè) ; Clarias (Tounvi) ; Parachana (Hotoun) ; Lates (Zokin) ; Cithrorionus Latus (Agbadja) ; Synodontis Migrata (Glo) ; Métérotés (Xwa) ; Chrynéthys (Tehinkin Danwhé) ; Cymnarcus (Avitoé, Kpada)
	L'Elevage : les ovins, les caprins, les porcins, les bovins et autres volailles
Secteur secondaire	L'Industrie des métaux : soudure, tôlerie, forge
	L'Industrie alimentaire : transformation de manioc, de fruit de palme, de noix de palmiste, d'arachide
	L'Industrie artisanale : l'artisanat d'art (poterie, vannerie, menuiserie, ferblanterie, fonderie, forge, cordonnerie) et l'artisanat de service (dépannage radio TV, soudure, mécanique, vulcanisation). D'autres activités artisanales sont aussi présentes telles que la coiffure, la vannerie, la taillerie, la menuiserie, la forge, la tresse, etc.
Secteur tertiaire	Le Commerce des produits pétroliers de contrebande
	Le Commerce de produits vivriers , des produits de pêches, d'élevage et des produits issus de la transformation
	L'Informatique et Communication (centres de saisie et photocopie, cyber-cafés, cabines téléphoniques etc.)
	Le Secteur financier : la tontine, le prêt sur gage, les cambistes et les SDF.
	Le Secteur des transports (engins à deux et quatre roues)
	Le tourisme
	Les agents immobiliers de proximité (communément appelés « démarcheurs »)
	Le travail domestique rémunéré (communément appelés « bonnes »)

Source : Enquête de terrain, avril 2020

L'analyse du tableau III, a permis de retenir que les activités économiques informelles exercées dans la commune de Dangbo, sont réparties en trois secteurs à savoir : les secteurs primaire, secondaire et tertiaire. Le secteur primaire embrasse les productions végétales, animales, halieutiques et artisanales. Le secteur secondaire concerne la petite industrie agro-alimentaire et l'artisanat. Le secteur tertiaire prend en compte les activités de petit commerce (commercialisation des produits vivriers, agricoles et halieutiques et le commerce des produits manufacturés, alimentaires, pharmaceutiques et vestimentaires), le transport et les services de l'informatique et de la communication.

2-2-1-Secteur primaire

Le secteur primaire est le plus prépondérant dans l'environnement économique de la Commune de Dangbo. Il regroupe les activités telles que l'agriculture, l'élevage, la pêche et l'exploitation forestière (fabrication de charbon de bois notamment).

- Agriculture

Les activités du secteur primaire sont les plus exercées, avec l'agriculture qui occupe environ 75 % de la population active et contribue pour 85 % des ressources des paysans de la Commune (selon les données du RGPH 3). Le secteur agricole occupe donc une place capitale dans l'économie de la Commune de Dangbo. La figure 3 montre la production en tonnes des cultures réalisées dans la Commune de Dangbo.

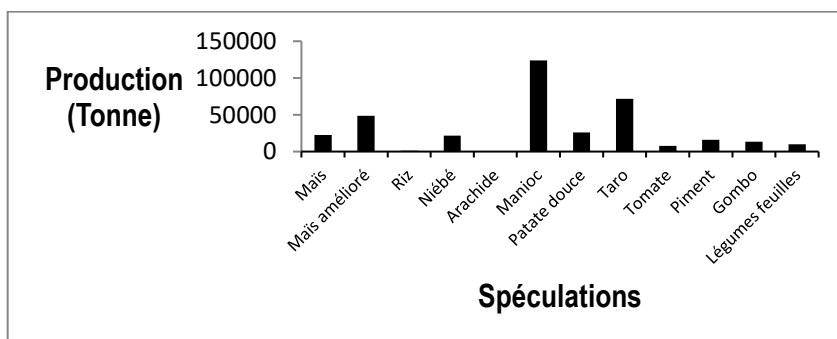


Figure 3 : Productions agricoles annuelles

Source : SDAC Dangbo, 2013

La figure 3 est la représentation des niveaux de productions annuelles en tonnes des cultures qui font objet de spéculation dans la Commune de Dangbo. Elle montre que les spéculations les plus importantes dans le secteur d'étude sont :

- les céréales : le maïs et le niébé dont la production annuelle est supérieure à 20 000 tonnes ;
- les racines et tubercules : le manioc et la patate douce dont la production annuelle est d'environ respectivement 20 000 et 120 000 tonnes ;
- cultures maraichères à savoir de la tomate, du piment, du gombo et légumes feuilles dont la production par an avoisine 10 000 et 20 000 tonnes.

Mais cette activité est plus pratiquée par les hommes. La figure 4 présente la répartition par sexe des paysans.

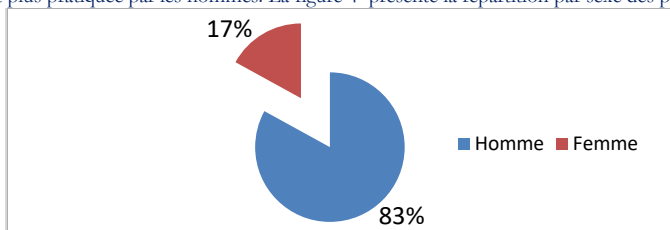


Figure 4 : Répartition des producteurs par sexe

La figure 4 montre que 83 % des producteurs agricoles sont des hommes et 17 % sont des femmes. Cette disparité s'explique par le fait que les femmes n'ont pas souvent accès à la terre. Dans la tradition locale, les femmes ne disposent pas de droit à l'héritage des terres qui constitue le principal mode d'accès à la terre dans le milieu de recherche. Elles jouent, pour 70%, le rôle d'aide à leurs maris en s'occupant des opérations de semis, de la récolte et du transport des produits agricoles.

Malgré le fait que l'agriculture soit l'activité la plus exercée de la population de Dangbo, il est à remarquer que le niveau global de production n'est pas à la hauteur de l'effort fourni. Ceci s'explique par le fait que l'agriculture reste dominée par de petits exploitants utilisant des moyens de production rudimentaires notamment la houe, le coupe-coupe et la hache. Le niveau de mécanisation de l'agriculture est quasi nul. Ceci a pour conséquence une faible production qui s'explique, par ailleurs, par les inondations, la faible organisation des producteurs, la mise en place tardive des engrais, la faible maîtrise de l'eau, l'inexistence de crédits adaptés aux besoins des producteurs, l'insuffisance d'encadrement technique, les difficultés d'accès aux localités, l'insécurité foncière, la prolifération de micro-organismes résistants aux traitements, l'émission des terres cultivables pour raison d'héritage et les changements climatiques.

La formalisation du secteur agricole à Dangbo, susciterait des soutiens techniques et financiers en vue de son amélioration.

- Pêche

Quant à la pêche, elle est la deuxième activité de la commune. Elle constitue une véritable source de revenus des populations. En effet, cette activité occupe 32 % de la population interviewée, soit en activité principale ou en activité secondaire. Elle est favorisée de près de 30 km de cours d'eau (fleuve Ouémé et ses bras). En dehors de la pêche dans ces cours d'eau, des trous à poissons sont creusés dans les plaines inondables. Il existe aussi des tranchées qui sont pratiquées dans la plaine à partir du lit principal du fleuve Ouémé.

La photo 1 présente quelques outillages utilisés pour la pêche dans le secteur de recherche.



Photo 1 : Pirogue transportant des produits de pêche

Prise de vue : Chodaton, avril 2020

L'observation de la photo 1 révèle que dans la Commune de Dangbo, la pêche est faite au moyen des pirogues, les filets et des pièges à poisson comme les nasses. Il est à signaler l'archaïsme des techniques de pêche utilisées dans le secteur de recherche. Les produits de pêche sont des poissons tels que le Tilapia (*Wô*), le Clarias (*Tounvô*) et le Parachana (*Hotoun*).

L'activité de pêche proprement-dite est exercée par les hommes qui vendent les produits de capture aux femmes qui, après les avoir traités ou non (mareyage), les revendent. Etant donné qu'elle est la deuxième activité économique dans la vallée, elle fournit à la population locale et extérieure (Porto-Novo, plateau de l'Ouémé ; Gbadagry, etc.) des protéines animales (poissons, crustacés, reptiles, batraciens) et nourrit donc une importante partie de la population de Dangbo bien qu'elle soit exercée dans l'informel.

Il faut noter cependant, qu'elle est confrontée actuellement à des difficultés énormes au point où sa rentabilité n'est plus évidente. En effet, le non-respect de la réglementation en matière de pêche, la mauvaise gestion et l'appauvrissement des cours et plans d'eau, le comblement du fleuve, l'utilisation des engins de pêche prohibés (*Dôgbo, Wan, Médokpoconou*), la pollution par le trafic sur l'eau des produits pétroliers et l'insuffisance de l'encadrement technique contribuent à l'amenuisement des ressources halieutiques.

Cette activité contribuerait considérablement au développement de la commune si et seulement si, elle participe à l'épanouissement de la population, si elle était formelle. Elle mérite donc d'être réorganisée pour apporter une plus-value à l'économie locale.

- Elevage

L'élevage constitue une activité secondaire menée par les hommes et les femmes. Cette activité est présente dans tous les ménages du milieu d'étude. La Commune de Dangbo possède d'importantes potentialités en matière d'élevage, mais qui est à dominance domestique et concerne les ovins, les caprins, les porcins, les bovins et autres volailles. On distingue :

- L'élevage extensif non transhumant : il est pratiqué pendant la décrue où les animaux sont livrés à eux-mêmes pour le pâturage et l'eau ;
- L'élevage extensif sédentaire : qui se remarque pendant la période d'inondation à travers le système de parage des animaux comme l'illustre la photo 2.



Photo 2 : Elevage de bovins en enclos à Kessounou

Prise de vue : Chodaton, avril 2020

La photo 2 montre des bovins dans un enclos pendant la période de crue. L'élevage de bovins est pratiqué surtout par les hommes, et tous les autres types d'élevage sont pratiqués par les hommes et les femmes. Cependant, l'essor de ce sous-secteur reste limité par le faible niveau d'organisation des éleveurs, l'insuffisance d'encadrement technique, l'insuffisance de pâturage, le vol d'animaux, la prévalence des maladies d'origine animale et les conflits entre éleveurs et agriculteurs. Néanmoins, les ressources issues de cette activité viennent combler quelques besoins des pratiquants, même si sa contribution au développement de la commune est faible, du fait de son caractère informel.

2-2-2-Secteur secondaire

Le secteur secondaire dans la Commune de Dangbo est composé de l'industrie alimentaire et de l'industrie artisanale.

- Industrie alimentaire

Ce sous-secteur occupe 36 % des populations interviewées et regroupe quelques unités de transformation de produits agricoles, à savoir les boulangeries, les petites huileries, les petites meuneries et les égreneuses. A ces unités s'ajoutent les activités de transformation exécutées surtout par les femmes dans le secteur de la recherche. Ces activités sont réalisées en groupement ou individuellement par les femmes notamment : la transformation du manioc (en gari, tapioca et autres dérivés) pratiquée par 11 % des femmes interviewées ; la transformation des fruits de palme en huile rouge et de noix de palme en huile palmiste occupant 8 % des femmes interviewées ; la transformation de l'arachide en huile et beignets exercée par 5 % des femmes interviewées et la transformation du haricot en beignets (*ata*).

La photo 3 illustre l'activité de transformation de manioc en gari et ses dérivés.



Photo 3 : Femme faisant la transformation de manioc en gari

Prise de vue : Chodaton, avril 2020

L'observation de la photo 3 présente l'une des femmes du milieu de recherche qui épluche du manioc. Ceci témoigne la rudesse de cette activité qui se fait de façon artisanale sur presque toute la chaîne de transformation. Les machines interviennent seulement au moulage. La transformation du gari nécessite donc de l'énergie humaine et du temps.

Ces activités de transformation sont artisanales à cause de l'insuffisance de formations des promoteurs, de matériels modernes de transformation et de stockage. Les plus grands problèmes rencontrés dans ce domaine sont liés à l'accès au financement et à l'organisation des filières de transformation agro-alimentaire.

- Autres métiers de l'artisanat

L'artisanat constitue un autre sous-secteur d'activité dans la commune. En dehors de la poterie pratiquée à Késsounou et à Agoundji et de la scierie de Dangbo-Centre, il est à citer entre autres la coiffure, la vannerie, la couture, la menuiserie, la forge et le tissage (figure 5).

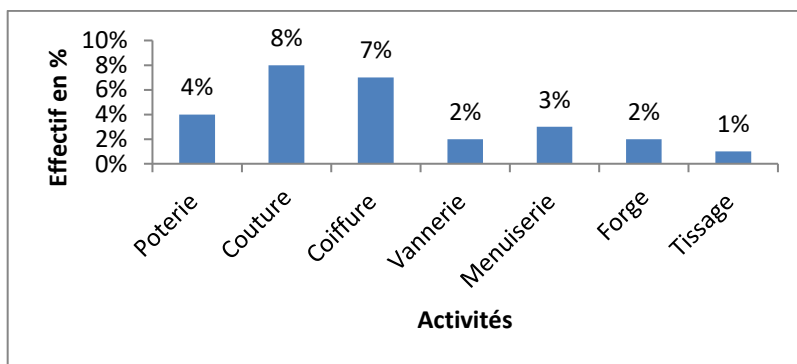


Figure 5 : Répartition des acteurs de l'artisanat

Source : Enquêtes de terrain, avril, 2020

La figure 5 présente la répartition des acteurs de l'artisanat dans le secteur de recherche. Il est à retenir que 8 % des interviewées pratiquent la couture, 7 % la coiffure, 4 % la poterie, 3 % la menuiserie, 2 % la vannerie et la forge, et 1 % le tissage. La forte présence de la couture et de la coiffure s'expliquent par le fait que ces activités constituent le derniers recours pour les déscolarisés. La présence de la poterie quant à elle, est favorisée par l'existence de la matière première (argile notamment) dans la commune. Il faut noter que l'artisanat est pratiqué aussi bien par les hommes que par les femmes (figure 6).

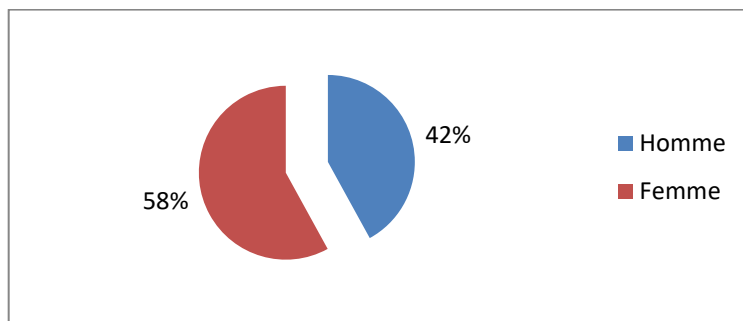


Figure 6 : Répartition par sexe des acteurs de l'artisanat

L'analyse de la figure 6 montre que les femmes représentent 58 % des acteurs de l'artisanat et les hommes font 42 %. La forte proportion des femmes dans ce secteur est due au fait que certaines activités de l'artisanat (notamment la transformation des produits agricoles, la couture, la coiffure, etc.) sont plus exercées par les femmes.

Il est à distinguer l'artisanat d'art (la poterie, la vannerie, la menuiserie, la ferblanterie, les fondeurs, les forgerons, les cordonniers) et l'artisanat de service (les dépanneurs, les soudeurs, les mécaniciens, les tailleurs, les vulcanisateurs, etc.). Tous ces types d'artisanats sont à petite échelle. La photo 4 illustre l'une des activités de l'artisanat d'art.



Photo 4 : Produits de vannerie exposés à la vente au marché central de Dangbo

Prise de vue : Chodaton, avril 2020

La photo 4 montre les produits de la vannerie exposés à la vente au marché central de Dangbo. Comme toutes les autres activités artisanales, la vannerie se pratique à une petite échelle dans la commune. Ceci est dû au faible niveau d'électrification, à la faible qualification des artisans et aux difficultés d'accès au financement. Il est à noter une mauvaise organisation des artisans accompagnée de la transformation archaïque de ces matières premières. Aussi, ce secteur manque-t-il cruellement de modernité et les artisans ont besoin d'un renforcement de capacité technique et matérielle.

2-2-3-Secteur tertiaire

Dans le panier du secteur tertiaire relevant de l'informel à Dangbo, l'on peut retrouver : l'informatique et la communication ; le sous-secteur financier (tontiniers) ; les agents immobiliers de proximité (les courtiers ou démarcheurs) ; le travail domestique rémunéré. Aussi, sont retrouvés dans ce panier, le commerce des produits pétroliers de contrebande ; le commerce des produits issus des activités des secteurs primaire et secondaire ; et les activités de transport. Ce sous-secteur occupe 67 % des interviewés répartis comme l'indique la figure 7.

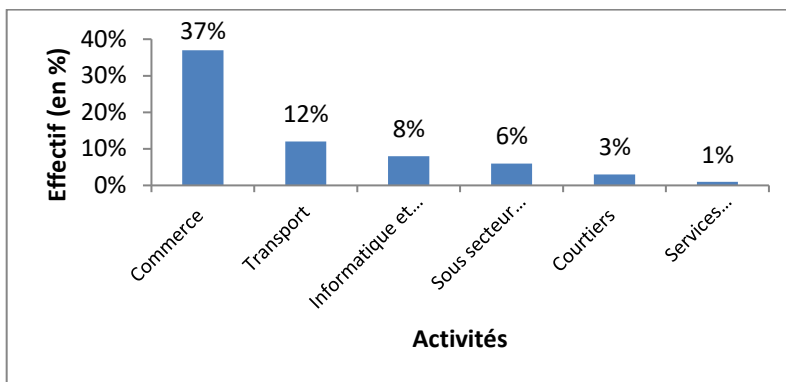


Figure 7 : Répartition des acteurs du secteur tertiaire

Source : Enquêtes de terrain, avril 2020

De l'observation de la figure 7, il faut retenir que 37 % des populations interviewées pratiquent le commerce, 12 % le transport, 8 % exercent dans le domaine de l'informatique et de la communication, 6 % opèrent dans le sous-secteur financier en tant que tontinier, 3 % exercent le métier de courtiers ou démarcheurs et 1% pratique les services domestiques rémunérés. Il est possible de s'interroger sur la commercialisation des produits du milieu de recherche.

-Commerce

Le commerce communal et intercommunal est complexe car il met en jeu plusieurs partenaires sociaux sur un très vaste espace. La proximité des villes de Porto-Novo et de Cotonou et du Nigéria est un facteur favorable au développement du commerce dans la commune de Dangbo. Le potentiel du commerce est lié à l'abondance des produits vivriers commercialisables d'une part et l'existence des six marchés locaux d'autre part. Le commerce prend surtout en compte les produits vivriers, de pêches, d'élevage et les produits issus de transformation. Les produits vivriers, de pêche, maraîchères (légumes, gombo, tomates, piments, etc.) et ceux issus des transformations sont consommés aussi bien localement que dans les grandes villes du Bénin (Porto-Novo, Cotonou) et au-delà des frontières béninoises (Nigeria, Gabon, Côte d'Ivoire, Togo) où ils sont exportés par les réseaux informels. Le petit commerce relatif aux produits de première nécessité importés (riz, lait, farine du blé, savon, cigarette, etc.) se pratique à une échelle non négligeable. Il est important de signaler qu'il existe deux types de commerçants dans la commune : les commerçants locaux et les commerçants étrangers.

• Commerçants locaux

Dans cette catégorie d'acteurs, on relève les grossistes (13 %), les semi-grossistes (21 %) et les détaillants (66 %).

Parlant des grossistes, ce sont des personnes qui vont acheter dans d'autres communes pour desservir les acheteurs et les vendeurs locaux des produits de toute nature. La taille de ces produits varie selon la nature du produit considéré.

Cette catégorie d'acteurs assure la transaction à grande échelle, c'est-à-dire la manipulation de gros capitaux. Ils sont donc considérés comme des « acteurs poumons », garants de la pérennité dans le temps et dans l'espace de l'activité commerciale de la commune.

Les demi-grossistes qui dépendent directement de la catégorie précédente, englobent vendeurs et acheteurs de produits de toute nature dont la quantité est relativement basse par rapport aux produits échangés par les grossistes. Ils constituent un trait d'union entre les grossistes et les détaillants. Ils passent beaucoup plus de temps sur les lieux que les grossistes et leur chiffre d'affaire est d'un montant relativement inférieur à celui des grossistes. Ils ont souvent des clients fidèles à qui parfois ils offrent des conditions d'achat.

La dernière catégorie des acteurs commerciaux est constituée des détaillants ; ce sont des acheteurs et des vendeurs à moyens très limités. Ils sont soit fixes, soit ambulants ou les deux. Ils proposent des produits de toutes natures en détail et à la portée des bourses des populations. Ils résident pour la plupart dans les localités de leurs entrepôts car leurs produits sont directement destinés à la consommation.

Au total, ces acteurs locaux, animateurs de la vie commerciale contribuent d'une manière ou d'une autre par leurs activités à l'amélioration de leurs propres conditions de vie et contribuent de ce fait au rayonnement non seulement des localités de leurs entrepôts mais aussi de toute la commune. La planche 1 illustre les activités de commerce dans l'informel.



Vente de charbon en gros à Dangbo

Vente de sacs de patates douces
des semi-grossistes au marché de
Dangbo

Des revendeuses d'oranges à l'entrée
de l'embarcadère de Gogbo

Planche 1 : grossistes, semi-grossistes et détaillants à divers lieux dans la commune de Dangbo

Prise de vue : Chodaton, avril 2020

La planche 1 présente les commerçants locaux à divers lieux dans la commune de Dangbo. La photo *a* illustre une voiture bâchée qui s'approvisionne auprès d'une grossiste de charbon installée au marché central de Dangbo. La photo *b* montre des semi-grossistes de patates douces à leur lieu de vente au marché central de Dangbo. Quant à la photo *c*, elle fait cas de quelques détaillants d'orange installés à l'entrée de l'embarcadère de Gogbo.

Les acheteurs étrangers viennent des localités telles que Porto-Novo, Sèmè-Podji, voire Cotonou, et effectuent des mouvements journaliers en fonction du ou des marché(s) qui s'anime (ent).

• Commerçants étrangers

Ici, on rencontre des grossistes, semi grossistes et détaillants venus du Nigéria ou du Niger. Ils sont pour la plupart Yoruba dans la transaction des produits agricoles et de poterie, Ibo dans le commerce des pièces de rechange et électroniques, ou Germa dans le commerce des produits électriques vestimentaires et ludiques.

Dans cette catégorie on dénombre plus de vendeurs et d'acheteurs grossistes. La figure 8 illustre l'importance des commerçants par catégorie et par nationalité.

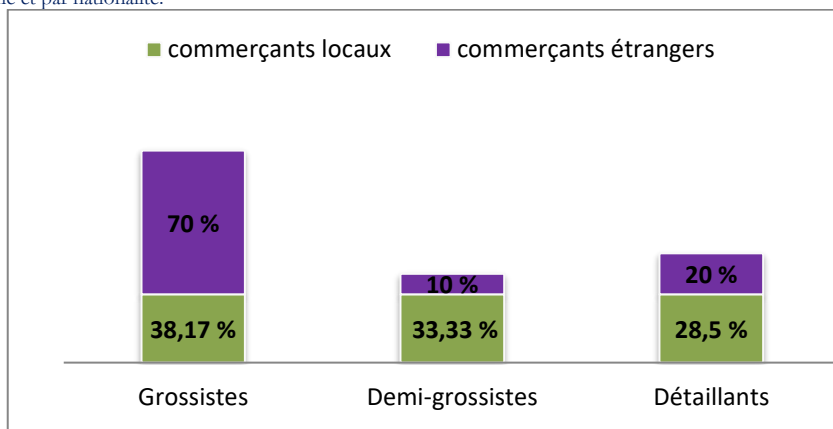


Figure 8 : Fréquence des commerçants suivant leur catégorie et par nationalité

Source : Enquête de terrain, avril 2020

De l'analyse de la figure 8, il ressort que, sur les commerçants locaux enquêtés, 38,17 % sont des grossistes, 33,33 % des semi-grossistes et 28,5 % des détaillants. Les commerçants étrangers qui opèrent dans cette commune sont : 70 % grossistes, 10 % semi-grossiste et 20 % détaillants. Ainsi, on peut dire que la base économique de la Commune de Dangbo repose sur des devises étrangères qui peuvent être des communes voisines ou venant des contrées du Nigéria. Les produits agricoles et les poteries sont les plus convoyés vers le Nigéria. La photo 5 montre des tas de poteries qui sont déjà achetés et qui attendent d'être convoyés.



Photo 5 : Entrepôts de poteries au marché de Malomè

Prise de vue : Chodaton, avril 2020

La photo 5 montre un entrepôt de marchandises. Ces tas sont déjà achetés par les nigériens et n'attendent que leur chargement. Selon les acteurs, ce site est fréquenté par des marchands béninois et nigériens. Les marchands béninois sont ceux qui achètent les fagots de bois qui sont revendus à Porto-Novo par des grossistes. Les Nigériens sont ceux avec qui les potières font de meilleure affaire.

- **Produits des échanges communaux**

Le commerce implique l'échange de produits et de marchandises qui n'ont pas les mêmes valeurs marchandes selon qu'on soit dans l'une ou l'autre commune. Ainsi, les produits échangés entre la commune de Dangbo et celles environnantes sont très nombreux et divers. On en rencontre qui soient d'origines agro-alimentaires, manufacturés, des produits cosmétiques, des matériels électroniques et électroménagers, etc. (tableau IV).

Tableau IV : Balance des produits entrant et sortant de la Commune de Dangbo

Types de produits	Composantes
Produits qui entrent dans la commune de Dangbo	
<i>Produits alimentaires</i>	Farine de blé, Lait en poudre, Lait concentré, Tomates concentrées, Thé, Boissons fortes (St James, Rhum, Gin, Martini...), du riz
<i>Produits pétroliers</i>	Essence, Pétrole lampant, Gasoil
<i>Produits cosmétiques</i>	Crèmes et laits de beauté, Tubes de dépigmentation, Parfums, Savons, Détergents
<i>Matériels électroniques</i>	Téléviseurs, Magnétophones, Lecteurs CD, DVD, VCD, Téléphones portables, Autres gadgets électroniques
<i>Matériels roulants et pièces de rechange</i>	Motos (Bajaj, Haojue, Dream), Bicyclettes, Pièces détachées,...
<i>Ustensiles de maison</i>	Ustensiles de cuisine, Verroteries de maison, Matériels de décoration d'intérieur
<i>Matières plastiques</i>	Chaises, Tables, Chaussures, Divers récipients en plastique
<i>Produits chimiques</i>	Insecticides, Herbicides, Produits phytosanitaires
<i>Autres types de produits</i>	Tissus (wax, basins, lessi), Moquettes, tapis de prière, tapis de décoration, Produits artisanaux en cuir, Produits pharmaceutiques (médicaments), Cigarettes (Concorde, Bond, Fine...), allumettes
Produits qui sortent de Dangbo	
<i>Produits alimentaires</i>	piments, manioc frais, riz (paddy ou décortiqué) palmier à huile, tomates, Patate douce, légumes, taro, etc
<i>Matériaux de construction</i>	sable fluvial, de charpente
<i>Produits vestimentaires</i>	pagne local tissé

Source : Enquête de terrain, mars 2016

De l'analyse du tableau IV, on déduit une inégalité commerciale dans les échanges. On peut donc dire que les communes n'offrent pas les mêmes types de marchandises et ne disposent pas des mêmes potentialités. En effet, Dangbo offre plus de produits agricoles, notamment les produits vivriers et d'élevage. Les produits vivriers offerts sont en grande partie des légumes, des tomates, du gombo, et du piment qui sont des produits périssables (planche 2).



Paniers de gombo et de piment au marché de Dangbo

Paniers de piment au marché de Dangbo

Point de vente des produits artisanaux (paniers, nattes en bambou)

Planche 2 : Produits locaux de Dangbo

Prise de vues : Chodaton, avril 2020

L'examen de la planche 2 révèle l'importance des produits agricoles qui sortent de la commune de Dangbo. Ces produits qui proviennent des localités productrices de la commune, sont vendus sur les marchés locaux aux acheteurs venus de Porto-Novo, de Cotonou et même du Nigeria.

En revanche, la commune reçoit des produits manufacturés, des produits pétroliers, des matières cosmétiques, des matériels électroniques et électroménagers. Ces différents produits manufacturés viennent soit directement du Nigeria ou du Togo (produits pétroliers, matériels électroniques et électroménagers) ou des autres communes en l'occurrence Cotonou et Porto-Novo. La planche 3 présente quelques boutiques de vente des produits importés dans la commune de Dangbo.



Atelier de coiffure et de vente de produit cosmétique



Boutique de vente des pièces détachées provenant du Nigeria



Boutique de vente d'appareils électroménagers

Planche 3 : Boutiques de ventes de matières cosmétiques, des matériels électroniques et électroménagers

Prise de vues : Chodaton, avril 2020

Sur la planche 3, on note de la gauche vers la droite les boutiques de vente des produits cosmétiques, des pièces de rechange pour des motos et des appareils électroménagers. La planche 4 illustre la vente de l'essence kpayo (essence de contrebande) dans la Commune de Dangbo.



Planche 4 : Points de vente d'essence kpayo (de contrebande)

Prise de vues : Chodaton, avril 2020

L'examen de la planche 4 révèle l'exposition en vrac de l'essence au bord des artères de la commune. Le trafic de certains produits entrant à Dangbo est interdit par la législation en vigueur en la matière. C'est le cas de l'essence frelatée dit « kpayo » qui est légiférée par le décret n° 83-298 du 24 août 1983 portant prohibition de la vente illicite des carburants, des médicaments, des stupéfiants, etc. La commercialisation de ces produits concurrence dangereusement les sociétés agréées par l'Etat et constitue une source de menace sanitaire pour les populations. Le trafic de ces produits constitue de fait une contrebande traquée quotidiennement par les agents de la douane. Le peu de sérieux de l'Etat dans l'organisation de ce secteur, les meilleurs prix offerts par ce système de vente par rapport aux prix dans les sociétés agréées de distribution, la disponibilité du produit dans toutes les agglomérations et la grande opportunité d'emploi offerte par ce secteur encouragent l'exacerbation exagérée de cette activité informelle.

CONCLUSION

Au terme de cette recherche, il est à retenir que les activités du secteur informel sont exercées par une grande partie de la population composée essentiellement de femmes et d'enfants. Ainsi, ces acteurs du secteur informel se consacrent à l'agriculture, qui est d'ailleurs exercée par 75 % de la population active. Aussi, la transformation des produits agricoles, l'artisanat et la conduite de taxi moto nourrissent une frange importante de ces acteurs. Quant aux autres activités, elles sont exercées par une minorité de la population qui s'adonne au petit commerce.

Les populations sont les premières bénéficiaires des fruits de toutes ces activités informelles en ce sens qu'elles les rendent indépendantes et autonomes. L'agriculture en est la preuve, car elle contribue à 85 % aux ressources des paysans de la commune. Ces activités du secteur informel constituent une occupation lucrative permettant d'enrayer l'oisiveté, la disette et surtout de contribuer efficacement à la lutte contre la pauvreté grandissante qui affecte les populations surtout rurales. Les activités informelles contribuent à l'épanouissement de la population qui les exerce, car les revenus issus de ces activités leur permettent de satisfaire au moins leurs besoins vitaux.

Références

- [1] CHARMES J. (1988) : Débat actuel sur le secteur informel. In Revue tiers Monde : les débats actuels sur le développement. Tome XXVIII, n°112 ; Paris, pp 855-875
- [2] GOUNOU A. (2004) : Cours de finance publiques, Abomey-calavi : Faculté des Droits et des Sciences Juridiques.
- [3] I.N.S.A.E. (2002) : Le secteur informel dans l'agglomération de Cotonou Premier résultats de la phase II, 44 p.
- [4] I.N.S.A.E. (2003) : Le secteur informel dans l'agglomération de Cotonou ; phase II : performance, insertion perspectives, 61p.
- [5] IGUE O. J. (2008) : Le secteur informel au Bénin, Etat des lieux pour sa meilleure structuration, 51 p.
- [6] LAUTIER (2004) : L'économie informelle dans le tiers monde, Paris : Ed. La Découverte, Collection Repère, 121 p.
- [7] MALDONADO C. et GAUFREYAU B. (2001) : « Bénin », In L'économie informelle en Afrique francophone : structure, dynamiques et politiques, Genève : BIT, pp. 101-146
- [8] MARCHAND G. (2005) : Economie informelle au Sénégal : logique de fonctionnement de quelques entreprises informelles à Saint-Louis, 130 p.
- [9] MISAT / Bénin, 2000, *Recueil des lois sur la décentralisation*, Cotonou : 161.

Évaluation saisonnière de la pollution par les éléments traces métalliques de l'oued Boujemaâ (Annaba, extrémité nord-orientale algérienne)

Soumeya Khaled-khodja¹, Semia Cherif²

¹Laboratoire de Génie Géologique, Equipe : Eau-Environnement, Université de Jijel

²Laboratoire de Recherche des Matériaux et de l'Environnement pour le Développement Durable LR18ES10, ISSBAT, Université de Tunis El Mana

Résumé

Une multitude de substances chimiques sont rejetées dans les écosystèmes aquatiques par les activités anthropiques. Ces rejets telluriques riches en polluants organiques et minéraux peuvent être préjudiciables pour l'environnement. L'oued Bouhamra reçoit d'innombrables rejets anthropiques dont les éléments traces métalliques (ETM). Il constitue ainsi la principale source de pollution des eaux littorales du Golfe d'Annaba. En vue de préserver les ressources hydriques et balnéaires, un suivi saisonnier de l'eau et des sédiments de l'oued a été réalisé. Treize (13) ETM ont été dosés par spectrométrie de plasma à couplage inductif (ICP-OES) et fluorescence atomique. Les résultats montrent une importante contamination métallique de l'eau et du sédiment. Selon les normes françaises, en vigueur, l'eau est souillée respectivement par le Pb, le Zn, le Cu, le Cd et le Cr dont les concentrations fluctuent de 0 µg/L à 4920 µg/L. L'eau est de très mauvaise qualité. Quand au sédiment, il est contaminé principalement par le Cd, l'As, le Cr, le Zn et le Pb, leurs concentrations varient de 0,44 mg/kg et 61056.52 mg/kg, ce qui lui attribue une aptitude passable à la biologie. Enfin, l'analyse statistique en composantes principales (ACP), nous a permis d'identifier les origines industrielle, agricole et domestique de cette pollution.

Mots clés : éléments traces métalliques, rejets urbains en mer, eau superficielle, sédiments, Golfe d'Annaba-Algérie...

Seasonal assessment of pollution by metallic trace elements in the Boujemaâ wadi (Annaba, north-eastern of Algeria) (Annaba, Algeria)

Abstract:

A multitude of chemical substances are released into aquatic ecosystems by human activities. These land-based discharges, rich in organic and inorganic pollutants, can be detrimental to the environment. The Bouhamra wadi receives countless anthropogenic discharges including metallic trace elements (MTE). Seasonal monitoring of the water and sediments of the wadi was carried out. Thirteen (13) MTEs were analyzed by inductively coupled plasma spectrometry (ICP-OES) and atomic fluorescence. According to French standards, the water is contaminated by Pb, Zn, Cu, Cd and Cr respectively, with concentrations fluctuating from 0 µg/L to 4920 µg/L, which attributes it a very poor quality. The sediment is contaminated mainly with Cd, As, Cr, Zn and Pb, with concentrations ranging from 0.44 mg/kg to 61056.52 mg/kg, which attribute it a fair aptitude for biology. The statistical principal component analysis (PCA) has enabled us to identify the industrial, agricultural and domestic origins of this pollution.

Key Words: Metallic trace elements, Urban discharges in sea, Surface water, Sediments, Gulf of Annaba-Algeria.

¹ Corresponding author: khaledkhodjasoumeya@univ-jijel.dz

INTRODUCTION

Située au sud-ouest de la Méditerranée, l'Algérie constitue l'un des « points chauds », recensés par le Plan d'action pour la Méditerranée (Pam/ MEDPOL), associés à de grandes agglomérations, des sites industrielles ou des embouchures de fleuves [1]. Ville côtière située à l'Est du littoral algérien, Annaba s'étend sur 85 km de côte. C'est une baie ouverte à vocation industrielle, urbaine et touristique [1, 2]. De ce fait, elle subit une importante pression anthropique à l'origine de sérieux problèmes environnementaux dont les rejets d'eaux usées domestiques, industrielles et agricoles [3, 4, 5]. Faute de station d'épuration, ces rejets sont déversés dans les oueds sans prétraitement [6, 7]. Oued Boujemaâ constitue l'une des sources majeures d'apports des eaux usées au Golfe d'Annaba. Il véhicule les eaux usées de plus de 100 000 habitants, en plus de rejets liquides du complexe, de fabrication des engrais et des produits phytosanitaires, Fertil [6]. Sachant que, ces flux telluriques sont potentiellement accompagnés de composés chimiques minéraux à caractère biocide, des analyses des éléments traces métalliques (ETM) dans l'eau et le sédiment de l'oued ont été effectuées. Ces composés chimiques, de par leur utilisation massive, leur toxicité relativement élevée, leur caractère rémanent, et leur faculté de bioaccumulation dans les chaînes trophiques, sont au centre des préoccupations internationales relatives à la contamination de l'environnement [8, 9, 10, 11]. En sus, leur devenir et leur incidence sur l'écosystème aquatique en Algérie, et même à l'échelle internationale, ne sont pas bien connus actuellement, d'où le danger.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Long de 15 km, l'oued collecte les eaux usées de la plaine ouest de la ville. Avant de déboucher dans le littoral, il reçoit les effluents de trois stations de relevage, de nombreux raccordements d'eaux usées et des effluents mineurs du complexe Fertil, en plus des rejets de l'abattoir, distant de quelques mètres de celui-ci.

Un échantillonnage saisonnier a été réalisé durant l'année 2009-2010. Les échantillons d'eau et de sédiment ont été prélevés au niveau de l'interface (à environ 100 m de l'embouchure) où confluent tous les rejets. L'eau a été prélevée dans des flacons en polyéthylène et filtrée à travers une membrane filtrante de 0,45 µm de diamètre, préalablement lavée à l'acide nitrique à 1% et abondamment rincée à l'eau distillée. Le filtrat ainsi obtenu est immédiatement acidifié à l'acide nitrique concentré, à un pH < 2. Les sédiments superficiels (0-5 cm) sont prélevés par une écope en plastique et stockés dans des flacons en polyéthylène. Tous les échantillons ont été transportés, à l'obscurité dans une enceinte réfrigérée (4°C). Au laboratoire, les échantillons de sol sont congelés à -20°C jusqu'à analyse [12, 13].

Les ETM recherchés ont été analysés par ICP (spectrométrie de plasma à couplage inductif) de type ICP-OES, Vista-Pro, Varian, USA. L'arsenic a été dosé par fluorescence atomique, en utilisant un Excalibur 100 SS, PS Analytical Millenium System, UK. Les références prises pour l'évaluation de la qualité de l'eau (brute) et du sédiment sont : le système français d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-Eau) préconisé par les agences françaises de l'eau (2003) pour les eaux brutes (version 2) [14]. La circulaire du 7 mai 2007 DCE/23 définissant les « normes de qualité environnementales provisoires (NQE_p) » pour les eaux superficielles françaises [15]. Pour l'analyse statistique des résultats nous avons utilisé l'Analyse en Composantes Principales (ACP). Elle permet de décrire et de condenser le maximum d'information contenue dans un tableau de données quantitatives complexes. Elle fournit ainsi une représentation graphique se prêtant plus aisément à l'interprétation. Le logiciel utilisé est FactoMine R [16].

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les ETM trouvés dans l'eau : Les résultats obtenus montrent que l'eau de l'oued renferme un grand nombre de micropolluants minéraux dont les concentrations sont relativement élevées (Tableau 1).

Tableau 1 - Les ETM trouvés dans l'eau de l'oued Boujemaâ

ETM	Concentrations en µg/L				SEQ- Eau (2003)	NQE _p (2009)
	octobre 2009	février 2010	mai 2010	août 2010		
Aluminium (Al)	252,00	150,00	3016,00	316,00	200	200
Arsenic (As)	13,20	10,40	14,80	12,60	10	4,2
Baryum (Ba)	46,00	34,00	74,20	44,80	700	58
Cadmium (Cd)	0,00	0,00	0,24	0,56	0,04	5
Chrome total (Cr)	0,00	0,26	11,34	1,26	1,8	3,4
Cuivre (Cu)	4,00	10,20	17,54	4,76	1	1,4
Fer total (Fe)	820,00	220,00	4920,00	616,00	-	200
Manganèse (Mn)	234,00	13,80	191,40	120,00	-	50
Nickel (Ni)	3,00	1,00	8,32	1,52	6,2	2,1
Plomb (Pb)	0,00	0,00	30,20	5,12	5,2	0,4
Sélénium (Se)	4,00	0,00	0,00	0,00	10	1
Etain (Sn)	0,00	0,00	0,00	0,00	10	1,5
Zinc (Zn)	76,00	75,00	99,80	60,60	4,3	7,8

Chiffre en gras : dépasse la norme ; □ : pas de norme [15].

Les ETM sont retrouvés dans l'eau durant les quatre campagnes d'échantillonnage. Les concentrations varient de 0 µg/L à 4920 µg/L (Tableau 1). L'eau présente une très mauvaise aptitude à la vie biologique. Une pollution métallique importante y est mise en relief. D'après le SEQ-Eau, nous constatons qu'elle est prioritairement contaminée par : le Zn > Cu > Al > Cd > As > Pb > Cr > Ni. D'après les NQEp, l'eau est principalement polluée par : Fe > Zn > Cu > As > Al > Mn > Pb > Ni > Se > Cr > Ba.

Les ETM trouvés dans le sédiment

Les ETM sont présents dans le sédiment de l'oued durant toutes les campagnes. Leurs teneurs fluctuent entre 0,44 mg/kg et 61056,52 mg/kg (Tableau 2).

Tableau 2. Les ETM trouvés dans le sédiment de l'oued Boujemaâ

ETM	Concentrations en mg/kg				SEQ-Eau (2003)
	octobre 2009	février 2010	mai 2010	août 2010	
Aluminium (Al)	52238,36*	34324,49*	12619,76*	61056,52*	-
Arsenic (As)	11,36	19,53	23,87	19,65	9,8
Cadmium (Cd)	0,44	0,50	0,56	2,59	1
Chrome total (Cr)	44,22	43,32	22,01	104,40	43
Cuivre (Cu)	26,00	25,44	5,76	35,97	31
Fer total (Fe)	24094,00*	26997,49*	15710,92*	33717,93*	-
Manganèse (Mn)	254,87*	403,68*	310,45*	360,91*	-
Nickel (Ni)	20,16	18,21	11,11	26,72	22
Plomb (Pb)	38,71	28,65	16,62	45,20	35
Zinc (Zn)	90,08	84,51	45,47	185,96	120

Selon le tableau 2, nous constatons que l'Al, le Fe et le Mn présentent des concentrations relativement élevées, cependant, nous ne pouvons rien dire sur la qualité de l'eau vis-à-vis de ces éléments, faute de normes. Cependant, les concentrations des 7 autres ETM montrent une contamination métallique relativement importante. Le sédiment est dégradé principalement par l'As > le Cr > le Pb > le Cd > le Zn > le Cu > le Ni. Il présente une qualité passable pour l'aptitude à la biologie [14].

Analyse en composantes Principales (ACP)

L'analyse en composante principale des données analytiques de l'eau et du sédiment nous a permis d'établir la typologie de la contamination de l'oued Boujemaâ.

Analyse du graphe de l'ACP de l'eau

Sur le plan factoriel F1X F2 de l'ACP, apparaît un gradient, révélateur d'un effet GUTTMAN [17], signifiant qu'un des axes de l'analyse, en l'occurrence l'axe 1 (Dim 1), résume l'essentiel de l'information contenue dans le plan factoriel (Fig. 1). Les taux d'inertie sont en effet de : 69,42 % pour F1, 18,43 % pour F2 et 12,15 % pour F3. Seulement les axes 1 et 2 sont pris en considération pour l'interprétation des résultats.

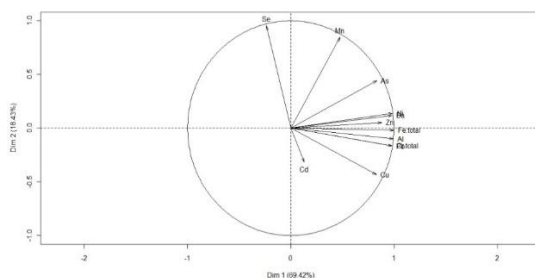


Fig. 1 - Cercle de corrélation des variables avec les axes 1 X 2 de l'ACP

Les ETM qui contribuent le plus à la construction de l'axe 1 (F1) sont, par ordre décroissant d'importance : le Fe > l'Al > le Ni > le Cr > le Ba > le Pb > le Zn > l'As > le Cu (Fig. 1). Ces éléments chimiques évoluent dans le même sens positif, par rapport à l'axe 1, ce qui peut refléter leur origine commune. En effet, tous ces ETM sont issus principalement des activités industrielles (industrie chimique, métallurgie, galvanoplastie, sidérurgie, trafic routier, etc.) [18, 19, 20, 21, 22]. L'axe 1 met donc en relief les effluents industriels qui sont à l'origine de la contamination de l'eau de l'oued Boujemaâ.

Le Se et le Mn contribuent le plus, à la formation de l'axe 2 (F2) et évoluent dans le même sens positif (Fig. 1). Ce qui reflète la source commune de ces éléments, qui proviennent essentiellement des activités agricoles. Effectivement, le Se entre dans la fabrication de nombreux produits phytosanitaires. Le Mn est un oligo-élément, très important, pour de nombreuses plantes (légumes, agrumes...), il fait donc partie de la composition des fertilisants et il est utilisé, en plus, pour l'alimentation des animaux [24]. L'axe 2 semble donc, mettre en évidence les effluents agricoles.

Sur la carte factorielle du plan F₁X F₂ de l'ACP (Fig. 2), nous observons l'association, par rapport à l'axe 1, des effluents industriels à la période printanière (3). Ce qui peut traduire des rejets relativement élevés suite à une activité industrielle importante, durant cette saison. Cependant, les effluents agricoles sont associés à la période automnale (1), selon l'axe 2. Ce qui reflète les différentes pratiques culturales qui se font en cette période (labour des champs, ensemencement, épandage d'engrais et de produits phytosanitaires...) et sont probablement à l'origine de ces rejets.

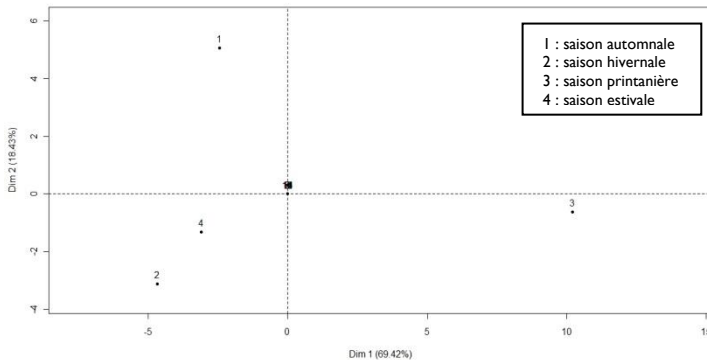


Fig. 2 - Carte factorielle des saisons (axes 1 X 2 de l'ACP)

Analyse du graphe de l'ACP du sédiment

L'ACP des données analytiques du sédiment, nous a permis d'établir la typologie de la contamination du sédiment de l'oued. Plus de 90 % de l'information est contenue dans les deux premiers axes de l'analyse. Les taux d'inertie sont en effet de : 73,52 % pour F₁, 19,72 % pour F₂. C'est pourquoi, Seul, le plan factoriel (F₁ X F₂) de l'ACP est pris en compte pour décrire les corrélations des variables et des individus avec les axes (Fig. 3).

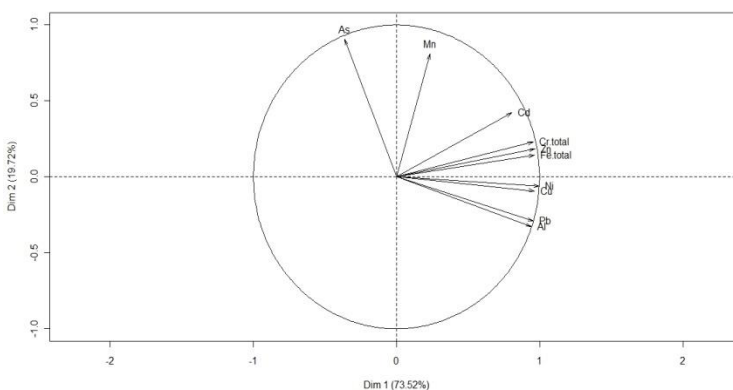


Fig. 3 - Cercle de corrélation des variables avec les axes 1 X 2 de l'ACP

Les éléments traces métalliques les plus corrélés à l'axe 1, qui contribuent de manière significative à sa formation sont respectivement : le Ni > le Zn > le Cu > le Fe > le Pb > le Cr > l'Al > le Cd (Fig. 3). Ces derniers évoluent dans le même sens positif, ce qui peut traduire leur origine commune. En effet, la plupart de ces polluants proviennent des activités

industrielles dont la galvanoplastie, l'industrie chimique, la métallurgie, la sidérurgie, le trafic routier, *etc.* l'axe 1 semble donc, mettre en relief les effluents industriels à l'origine de la contamination métallique du sédiment.

Les ETM qui contribuent le plus à l'édification de l'axe 2 sont respectivement l'As et le Mn (Fig. 3). Ces derniers évoluent dans le même sens positif, ce qui peut refléter leur origine commune. Ces éléments chimiques sont très employés en agriculture : l'As est utilisé pour la fabrication des produits phytosanitaires et des engrais phosphatés. Quand au Mn, il est utilisé pour l'alimentation du bétail et comme engrais dans la culture des légumes et des agrumes [23]. L'axe 2 semble donc, mettre en relief les effluents agricoles.

À cette typologie de variables (ETM) correspond une typologie de relevés (saisons). L'analyse de la carte factorielle (Fig. 4) montre que les effluents industriels sont associés à la saison (4) et s'opposent à la saison (3) par rapport à l'axe 1.

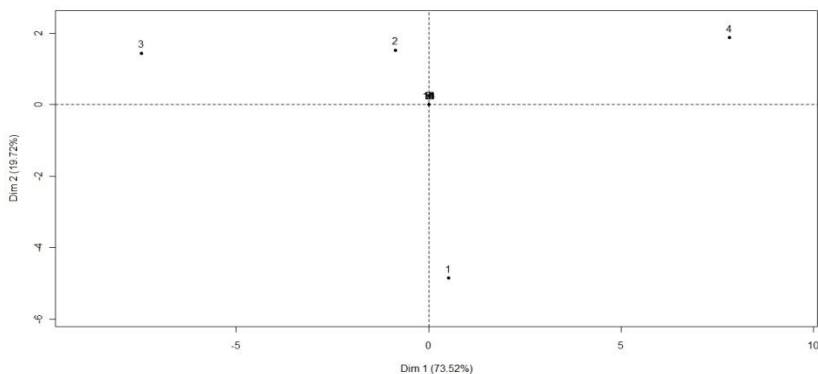


Fig. 4 - Carte factorielle des saisons (axes 1 X 2 de l'ACP)

Cette disjonction entre les saisons peut être expliquée comme suit : lors de la période estivale (période d'étiage), les teneurs en ETM sont plus élevées suite aux températures élevées et à l'absence de précipitations. Cependant la saison printanière se traduit par un apport d'eau à l'origine de la mise en solution des éléments chimiques d'où des concentrations moindres.

L'association de l'As et le Mn à la saison hivernale (2) et leur opposition à la saison automnale (1) par rapport à l'axe 2 (fig. 4) met bien en évidence le lessivage des terres agricoles, durant la période des hautes eaux, favorisant l'infiltration des produits chimiques dans le sol. Cependant, la saison automnale (1) ne contribue pas réellement à l'enrichissement du sédiment en ces éléments suite à un faible apport en précipitations [24].

CONCLUSION

En Algérie, les cours d'eau constituent les premiers récepteurs des divers rejets anthropiques qui sont déversés sans prétraitements. Oued Boujemaâ représente une des principales sources, qui contribuent de manière importante à la pollution des eaux du Golfe d'Annaba. Les résultats de l'analyse de l'eau et du sédiment révèlent des concentrations relativement élevées en ETM qui dépassent, pour certains, les limites préconisées par le SEQ-Eau et les NQEp. L'eau est de mauvaise qualité et le sédiment présente une aptitude passable à la biologie. Enfin, l'ACP nous a permis de montrer les origines industrielles et agricoles des ETM.

Références

- [1] N. Ouali, F. Derradji, Y. Bouhedja, C. Kasdarli, Pollution du sédiment superficiel par neufs métaux traces : cas de la baie d'Annaba (Algérie - Méditerranée Sud-Occidentale), Physical and Chemical News, Vol. 42, (2008), 139-143.
- [2] K. Sifi, S. Chouahda, N. Soltani, Biosurveillance de l'environnement par la mesure de biomarqueur chez *Donax trunculus* (L., 1758) dans le golfe d'Annaba, Algérie, Mésogée, Vol. 63 (2007), 11-18.
- [3] Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Plan national d'actions pour l'environnement et le développement durable (PNAE-DD). Ed. MATE., 2002, pp. 1-118.
- [4] Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement. Ed. ONEDD., 2003, pp. 1- 463.
- [5] Office National d'Assainissement, Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement. Ed. MATE., 2000, pp. 1-118.

- [6] H. Khammar, M. Ounissi, I. Saker, O.M. Ziouch, A. Haridi, Caractères chimiques des effluents urbains introduits au littoral d'Annaba (Nord Est Algérie) : Actes du séminaire national sur l'eau et l'environnement, Chlef, Algérie, (2009) 127-135.
- [7] K. Kherraz, Protection des eaux du bassin de la Seybouse contre la pollution : Atelier sur la protection des eaux du bassin de la Seybouse contre la pollution, Annaba, Algérie, (2008) 1-27.
- [8] D. Levet, A. Lehen, S. Jacques, J. Mouchelin, A. Berly, Guide pratique des substances toxiques dans les eaux douces et littorales du bassin Seine-Normandie, Ed. Aquascope, 2008, pp. 1-31.
- [9] E. Tessier, Diagnostic de la contamination sédimentaire par les métaux/métalloïdes dans la rade de Toulon et mécanismes contrôlant leur mobilité, Thèse de Doctorat en Chimie de l'Environnement, Université du Sud Toulon Var, France. 2012.
- [10] N. Pourang, A. S. Noori, Heavy metals contamination in soil, surface water and ground water of an agricultural area adjacent to Tehran oil refinery, Iran, International Journal Environmental Research, Vol. 8 (4) (2014) 871-886.
- [11] J-F. Guillaud, L-A. Romana, La mer et les rejets urbains, Ed. Ifremer, 1990, pp. 1- 237.
- [12] Agence de l'eau Loire-Bretagne, Le prélèvement d'échantillons en rivière, Techniques d'échantillonnage en vue d'analyses physico-chimiques, Ed. Guide Technique, 2006, pp. 1- 134.
- [13] [13] Schiavone S. & Coquery M., 2011. Guide d'échantillonnage et de prétraitement des sédiments en milieu continental pour les analyses physico-chimiques de la DCE. Ed. Cemagref. 24p.
- [14] Agences françaises de l'Eau, Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-Eau), Grilles d'évaluation, version 2, Ed. Agence de l'eau, 2003, pp. 1- 40.
- [15] J. Rodier, B. Legube, N. Merlet, L'analyse de l'eau, Ed. Dunod, 2009, pp. 1-1526.
- [16] F. Husson, S. Lê, J. Pagès, Analyse de données avec R. Pratique de la statistique, Ed. Presse Universitaire de Rennes, 2009, pp. 1-224.
- [17] C. Dervin, Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances, Ed. STAT-ITCF, 1988, pp. 1-52.
- [18] D. Gaujoux, La pollution des milieux aquatiques, Ed. Technique & Documentation, 1995, pp. 1-200.
- [19] F. Ramade, Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau, Ed. Science, 1998, pp. 1-786.
- [20] P. Savary, Guide des analyses de la qualité de l'eau, Ed. Dossier d'Expert/Techni.Cités, 2003, pp. 1- 283.
- [21] P. Bird, S.D.W. Comber, M.J. Gardner, J.E. Ravenscroft, Zinc inputs to coastal waters from sacrificial anodes, Science total Environment, Vol. 181 (1996) 257-264.
- [22] K. Rouibah, R. Mezaouda, A.H. Meniai, B. Touil, S. Ghedrouche, M. Hamze, Évaluation de la contamination des eaux portuaires de la région de jijel par les métaux lourds : Proceeding WATMED 5, Lille, France, (2010) 13-26.
- [23] Société de fertilisants d'Algérie Fertial SPA, Utilisation des engrais, grandes cultures, arboriculture, cultures maraîchères et industrielles, Ed. Fertial, 2010, pp. 1-100.
- [24] F. Le Goff, V. Bonnomet, Devenir et comportement des métaux dans l'eau : biodisponibilité et modèles BLM, Ed. INERIS, 2004, pp. 1-87.

Transfert d'eau et développement urbain dans le bassin aval du fleuve Sénégal

Salion Kamara¹, Philippe Martin¹, Adrien Coly²

¹ Université d'Avignon

² Université Gaston Berger de Saint-Louis

Résumé

L'accroissement rapide de la population des zones urbaines du Sénégal et de la Mauritanie génère des tensions liées à l'accès à une eau potable. Il est donc devenu urgent de sécuriser l'approvisionnement en eau potable des différents centres urbains de ces États souvent confrontés à une situation de sécheresse endémique et de stress hydrique.

Les prélèvements importants des agglomérations comme Dakar ou Nouakchott ont poussé le Sénégal et la Mauritanie à initier des politiques centrées sur le transfert interbassin de l'eau. La maîtrise progressive du fleuve Sénégal permet, depuis 1986, de garantir un accès durable en eau potable des centres urbains situés dans la vallée et hors de son bassin. Les résultats montrent que ces transferts interbassins contribuent, à partir d'une ressource certes transfrontalière, mais maîtrisée (fleuve Sénégal), à la sécurité en eau des centres urbains alors que les ressources en eau souterraine se dégradent tant quantitativement que qualitativement. Par ailleurs, ces transferts ont amélioré l'accès à l'eau potable de la ville de Nouakchott, au contraire de la ville de Dakar. Pour cette dernière, d'importants investissements sont encore consentis (KMS3) pour sécuriser l'accès à l'eau potable des populations.

Par ailleurs, les projets de transferts d'eau interbassin ont généré des tensions et des controverses entre la Mauritanie et le Sénégal. Cette situation a permis à l'OMVS de mettre en place des outils de régulation des allocations de l'eau entre les États tout en plaçant l'AEPS comme usager stratégique.

Mots clés : Alimentation en Eau Potable, Pénurie d'eau, Sécurité en Eau, Urbanisation, Gestion de l'eau

Water transfer and urban development in the Senegal river basin

Abstract:

The rapid population growth in the urban areas of Senegal and Mauritania is generating tensions related to access to drinking water. It has therefore become urgent to secure the supply of drinking water to the various urban centres of these countries, which are often faced with endemic drought and water stress.

The large withdrawals of water from urban areas such as Dakar and Nouakchott have led Senegal and Mauritania to initiate policies focused on inter-basin water transfers. The progressive control of the Senegal River has made it possible, since 1986, to guarantee sustainable access to drinking water for urban centres located in the valley and outside its basin.

The results show that these inter-basin transfers contribute, from a resource that is certainly transboundary but under control (Senegal River), to the water security of urban centres, while groundwater resources are deteriorating both quantitatively and qualitatively. Moreover, these transfers have improved access to drinking water in Nouakchott, unlike Dakar. For the latter, major investments are still being made (KMS3) to secure access to drinking water for the population.

Furthermore, inter-basin water transfer projects have generated tensions and controversies between Mauritania and Senegal. This situation has enabled the Organisation for the Development of the Senegal River (OMVS) to set up tools to regulate water allocations between the States while placing the water supply as a strategic user.

Key Words: Drinking Water Supply, Water Scarcity, Water Security, Urbanisation, Water Resource Management

¹ Corresponding author, aliou.kamara@alumni.univ-avignon.fr

INTRODUCTION

Depuis la Seconde Guerre mondiale et les Indépendances, la zone sahélienne a connu une forte croissance de sa population. C'est en particulier le cas pour le sahel atlantique à l'ouest du méridien passant par Kiffa et Kayes, c'est-à-dire au Sénégal au sud et en Mauritanie au nord. Ainsi, la population de la Mauritanie est passée d'environ 1 900 000 d'habitants (1988) à 4 070 000 d'habitants (2010), dont 52,8 % vivant en zone urbaine (ONS, RGPH, 2013). Au Sénégal, la population est passée d'environ 5 000 000 d'habitants (1976) à 16 000 000 d'habitants en 2020 (47 % d'urbains vs 57 % de ruraux ; Source : ANSD, 2020).

Les besoins en eau se sont donc accrus d'autant, nonobstant les modifications de niveau de vie qui ont exacerbé les tensions. Classiquement, les unités urbaines étaient alimentées par des ressources locales, souterraines (nappes : Nouakchott, Dakar, Thiès...) ou superficielles (fleuve : Saint-Louis du Sénégal, Matam...). Ces dernières ressources souterraines (voire superficielles : rivières) tendent à ne plus suffire.

D'une certaine façon, toutes proportions gardées, nous avons une situation assez comparable à celle connue par la France du Sud-est, après la Seconde Guerre mondiale et avant le développement d'infrastructures hydrauliques par la Société du Canal de Provence à l'est du Rhône et par la Compagnie nationale du Bas Rhône Languedoc à l'ouest où se réalisent, encore aujourd'hui, des travaux hydrauliques importants au droit et à l'ouest de Montpellier (projet Aqua Domitia).

Comme en France avec le Rhône, dans le sahel atlantique, la seule ressource importante potentielle d'eau douce est constituée par un fleuve : le Sénégal qui coule, pour la partie qui nous intéresse, globalement d'est en ouest (la partie sud issue des Guinées à un cours sud-nord, mais les problèmes d'eau y sont très différents ; la pluviosité est importante dans la zone guinéenne : environ 1 200 mm/an) et matérialise la frontière entre le Sénégal au sud et la Mauritanie au nord (Fig.1). Par rapport à la situation de la France du Sud-est le dispositif naturel est donc seulement pivoté d'un quart de tour dans le sens des aiguilles d'une montre, le littoral atlantique étant nord-sud alors que celui de la Méditerranée est globalement est-ouest.

Il existe par contre une différence assez nette dans l'importance de l'infrastructure urbaine, car l'on va trouver dans cette partie de l'Afrique les deux capitales du Sénégal (Dakar) et de la Mauritanie (Nouakchott) sur le littoral, à une bonne distance (280 km) du fleuve Sénégal, deux villes qui sont aujourd'hui plus que millionnaires. Par contre, se développe aussi dans ce sahel atlantique, peut-être plus au Sénégal qu'en Mauritanie, des productions agricoles vivrières (oignon, riz...) et relevant de ce qui est classiquement, localement, désigné par le terme agribusiness (Compagnie Sucrière Sénégalaise, Grands Domaines du Sénégal, Société de Cultures Légumières, Compagnie Agricole de Saint Louis, Société de Conserves Alimentaires du Sénégal, etc...). Il s'agit en particulier de productions (cane à sucre, tomate, riz, etc.) tournées vers l'exportation et/ou le marché local et les industries de transformation alimentaires nationales, lesquelles sont évidemment dépendantes de l'eau disponible. Ainsi les agribusiness du delta consomment environ 275 millions de mètres cube d'eau par année sur 22 000 ha (Sall et al., 2019).

La question de la ressource en eau tant pour l'AEP du réseau urbain que pour différentes activités est donc primordiale. Ainsi, depuis 2014, le Sénégal a intégré la sécurisation et la diversification de l'offre dans sa politique d'hydraulique urbaine à la suite de problèmes techniques au niveau de KMS 1 et 2 qui ont privé d'eau Dakar pendant 21 jours. De ce fait, d'importants investissements ont été faits (KMS3, usine de dessalement de l'eau de mer à Dakar, etc.) pour garantir un accès pérenne à l'eau potable aux populations urbaines. Ces questions sont des problèmes de portée générale comme le montrent quelques exemples développés ci-dessous.

Les transferts d'eau recomposent les relations entre les agglomérations (transfert intrabassin) et les États limitrophes (bassin transfrontalier, transferts interbasins) en fonction des puissances en présence et de la localisation des ressources (Lesotho — Afrique du Sud, États-Unis — Canada, etc.) ; le niveau de stress hydrique dans certaines villes renforçant les tensions locales, entre les utilisations de l'eau, voire entre les États partageant la ressource (Canada/États-Unis, Mexique/États-Unis, etc.).

Des études sur les transferts d'eau dans des régions semi-arides ou méditerranéennes ont été menées par exemple sur :

- le Rhône qui dessert en eau potable (transfert intrabassin) l'est du Languedoc, principalement les grandes agglomérations de son littoral (Bravard, 2015 ; Ruf, 2012).
- L'Afrique du Sud (déficiente) qui a développé un ambitieux projet de transfert transfrontalier d'eau depuis le Lesotho (excédentaire) à travers trois grandes réalisations pour dériver les eaux du fleuve Orange et de ses affluents (le Vaal) depuis les hautes terres des montagnes du Maloti — Drakensberg (Blanchon, 2006) vers les agglomérations déficitaires (Rousselot, 2015 ; Blanchon, 2006, 2008, 2019 ; Blanchon et Maupin, 2009, Blanchon et Turton, 2005) ;
- les États-Unis pour résorber un déficit en eau de l'Ouest aride des États-Unis (San Francisco, Los Angeles, Las Vegas, Californie du Sud, etc.) marqué par un développement rapide de l'agriculture irriguée, une explosion démographique, une sécheresse endémique et accentuée entre 1998 et 2019 (Lasserre, 2005 ; Vandal, 2018) voire 2021, l'assèchement progressif des eaux de surface (Colorado, Sacramento) et souterraines à cause de leur surexploitation (Lasserre, 2003, 2017 ; Kierans, 2005, 2009), d'une forte évaporation réduisant le niveau des eaux de surface (sécheresse hydrologique), du faible niveau de recharge des nappes phréatiques et le développement des

activités de loisirs (golf, tourisme nautique, parc aquatique, *etc.*) et générant des tensions sur le partage de la ressource opposant l'agriculture intensive et les municipalités d'une part, aux États d'autre part (Lasserre, 2011).

Certains de ces transferts sont intra étatiques (comme en France), d'autres sont interétatiques avec deux niveaux qu'il faut différencier selon les cas. Celui des États et celui des fédérations ou confédérations en fonction de leurs compétences respectives.

Des projets de transferts massifs sont souvent envisagés par les États-Unis à partir des Grands Lacs afin de résoudre le stress hydrique (Lasserre, 2005). Cet ensemble de lacs du bassin versant de l'Atlantique est partagé entre les États-Unis et le Canada (Lac-Supérieur, Lac Huron, Lac Ontario, Lac Érié) à l'exception du lac Michigan qui se trouve entièrement aux États-Unis.

Le Canada possède 9 % des ressources d'eau douce renouvelable et 20 % des réserves mondiales d'eau douce (Lasserre, 2011). Son abondance en eau contraste avec sa rareté dans l'Ouest américain ce qui entraîne les USA à convoiter de plus en plus les eaux du voisin canadien.

Les perspectives des sécheresses annoncées par les modèles climatiques et la baisse des écoulements au niveau des cinq lacs du bassin versant de l'Atlantique (Kierans, 2005) incitent à davantage de prudence de la part du Canada pour les exportations massives d'eau. L'évolution des rapports entre les États-Unis et le Mexique renforce par ailleurs cette prudence. En effet, la sécheresse et les transferts massifs d'eau pour alimenter les États traversés par le fleuve Colorado (en amont : Colorado, Utah, Wyoming, Nouveau-Mexique, et en aval Californie, Arizona et Nevada) ont entraîné un déficit au Mexique où le fleuve ne se jette presque plus dans l'Océan pacifique par l'intermédiaire de son estuaire et de son delta. Cette situation prive le Mexique d'une importante source d'eau pour des activités agricoles ou de pêche, tout en favorisant la dégradation de certains écosystèmes tributaires de ces eaux. En même temps, cet état de fait devrait conduire les États-Unis à accroître la pression sur le Canada, pour la vente d'eau, alors que le renouvellement des eaux des Grands Lacs est très faible. En effet, seul 1 % des eaux se renouvellent annuellement à partir des précipitations et des rivières tributaires (Kierans, 2005).

Cette situation fait se lever le spectre d'une « guerre de l'eau » entre le Canada et les États-Unis (Vandal, 2018). En effet, cette politique de transfert d'eau rencontre l'hostilité des populations et des politiques au Canada (Lasserre, 2017), car une exportation de l'eau vers les États-Unis remettrait en cause la souveraineté du Canada sur ses eaux, poussant ce dernier à mettre en place une réglementation de plus en plus restrictive sur les transferts interbassins (Lasserre, 2011). Ces quelques remarques et exemples permettent de mieux aborder le cas du sahel atlantique qui met en jeu des relations étatiques complexes et mobilisant une histoire ancienne.

Très peu d'études ont été réalisées sur les politiques de transfert d'eau sur le fleuve Sénégal, exception faite de Descroix et Esteves (2005) qui ont analysé les incompréhensions géopolitiques issues des projets visant à exploiter les eaux du fleuve par le Sénégal (Lasserre et Rékaciewicz, 2005). Or, les transferts d'eau induisent de nouvelles logiques spatiales et multiscalaire, des politiques urbaines et de coopération internationale sur le partage de la ressource. Cet article se propose donc de resituer cette problématique au regard des derniers aménagements, des évolutions les plus récentes, tant au Sénégal qu'en Mauritanie, et en fonction des infrastructures hydrauliques conçues et réalisées ces dernières années au sein d'un bassin partagé. Qu'est-ce qui explique la transition pour l'AEP des espaces urbains des eaux souterraines vers celui des eaux de surfaces du fleuve Sénégal, alors même que l'eau est un bien transfrontalier ? Existe-t-il des conflits ou des controverses autour de ces projets de transferts d'eau ? Quels sont les enjeux des transferts d'eau en termes de gestion d'une ressource transfrontière et de politiques hydrauliques ?

Ainsi, dans un premier temps, il sera présenté la méthodologie de travail adoptée dans cet article. Dans un second temps, il s'agira de situer les transferts d'eau sur le fleuve Sénégal dans le cadre général des politiques publiques d'hydraulique urbaine du Sénégal et de la Mauritanie, du développement urbain dans ces pays et de la planification des ressources en eau transfrontalières à l'échelle de l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS). En dernier lieu, il sera présenté les hiérarchies spatiales de la consommation d'eau à partir du modèle de Pareto et les enjeux en termes de gestion des eaux.

DONNEES

L'approche méthodologique est basée, d'une part, sur une synthèse bibliographique qui a permis de faire un état de la recherche sur les transferts d'eau au Sénégal et dans le monde. D'autre part, des données sur les stations de pompage et de traitement des eaux ont été utilisées. Elles sont issues de compilations de diverses sources :

- Recherche bibliographique ;
- Société de Gestion et d'Exploitation de Diama (SOGED)/OMVS (Rapports de réunion de la Commission permanente des eaux) et organismes nationaux (Société Nationale d'Eau — Mauritanie — SNDE —, Société Nationale Des Eaux du Sénégal — SONES — : rapports mensuels, trimestriels et annuels) ;
- Les données sur la population sont issues des organismes nationaux : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD, Sénégal) et Office National des Statistiques (ONS, Mauritanie).

Les données de consommation d'eau potable sont issues des bilans de gestion de l'eau établis trimestriellement par l'OMVS et des données de consommations annuelles établies par la SONES et SNDE.

GEOGRAPHIE ET POTENTIEL DES RESSOURCES EN EAU SUR LE FLEUVE SENEGAL

Une ressource en eau progressivement maîtrisée

Le fleuve Sénégal, depuis Bakel jusqu'à son embouchure à Saint-Louis (Fig. 1), traverse un paysage sahélien où la pluviosité est assez faible (env. 300 mm/an). Il peut donc être pensé comme un isolat hydrologique de ce climato-système sec. Autour de cet isolat, bien des populations dépendent, directement ou indirectement, de ces ressources en eau (Kamara, 2013).

Ce fleuve, partagé entre plusieurs États (Guinée, Mali, Mauritanie, Sénégal,), assure une alimentation pérenne en eau douce d'un espace où la présence d'eaux douces a toujours constitué une opportunité de développement. Ainsi, depuis l'AOF (Afrique-Occidentale Française) jusqu'à la mise en place de l'OMVS, les projets de développement s'y sont multipliés (Crousse et al., 1991).

Historiquement, la vallée du fleuve Sénégal a été la cible prioritaire de tentatives de développement qui se sont soldées, la plupart du temps, par des échecs (Dansero et al., 2009), car la mise en valeur ne pouvait se faire que dans le cadre d'une domestication complète de l'eau.

Celle-ci a été acquise seulement à partir de 1986 (barrage antisel de Diama), puis de 1988 avec le barrage-réservoir de Manantali (Fig. 1). Ces deux grands ouvrages hydrauliques ont permis une régulation annuelle de l'eau douce, en modifiant le rythme naturel de la crue et de la décrue qui animait historiquement l'hydrosystème et les activités socio-économiques.

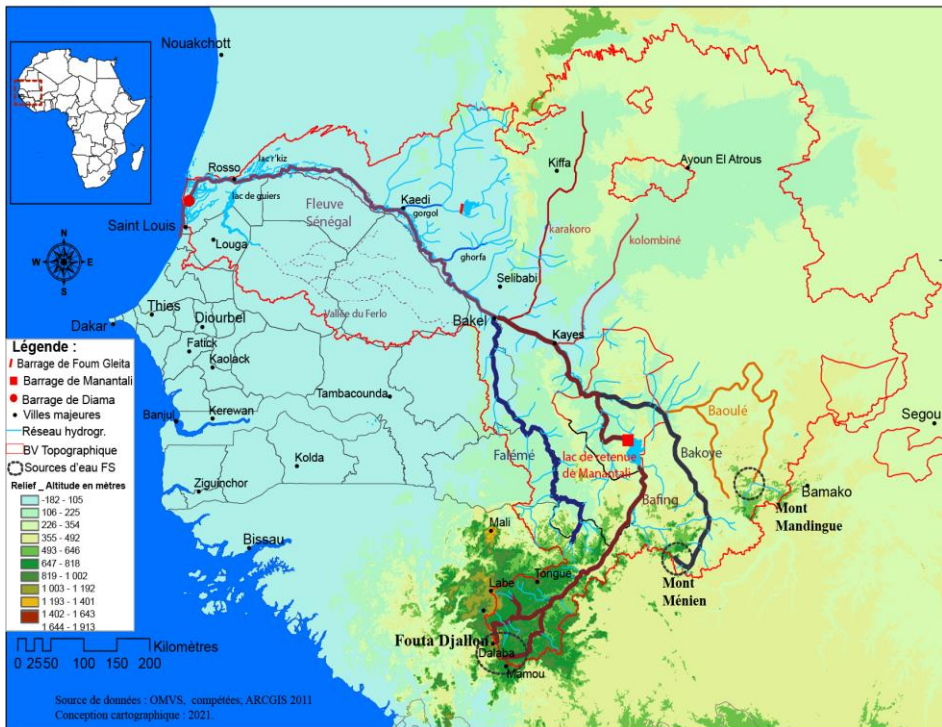


Fig. 1 — Localisation de la vallée du fleuve Sénégal

Aussi, de par ses potentialités nouvelles, la vallée est-elle devenue un espace convoité, autant par les États, que par les collectivités territoriales locales. En effet, la retenue d'eau de Manantali (Fig. 1) garantit une disponibilité permanente de l'eau pour l'agriculture irriguée, l'agribusiness, l'environnement (parcs de Dioudj et de Diawling et le remplissage des lacs et réservoirs – lac de Guiers, lac R'Kiz, dépression de l'*Afount Essabelt*) et l'AEP des centres urbains (Saint-Louis, Dakar, Nouakchott...) tout en permettant une production hydro-électrique pour les États membres de l'OMVS.

Cela étant, il faut distinguer géographiquement entre les espaces proximaux de la vallée et la vallée elle-même fonctionnant comme un corridor (Kamara et al., 2015), et des territoires plus lointains, comme ceux des capitales (Fig. 1). Les logiques territoriales mises en œuvre ne peuvent donc pas être les mêmes.

Accès à l'eau

L'accès à l'eau potable des centres urbains du Sénégal et de la Mauritanie se pose avec acuité dans un contexte d'urbanisation croissante et de pénuries structurelles d'eau observées dans les centres urbains de Dakar et de Nouakchott. Ce déficit peut être d'autant plus prégnant que certains centres urbains se situent en zone désertique (Nouakchott : 150 mm de pluies par an). Dakar, Thiès et Touba étant de ce point de vue un peu plus favorisées, car plus arrosées (500 mm environ par an). La récurrence des épisodes de sécheresse a, en outre, contribué à un départ massif des populations rurales pour les villes ce qui a entraîné une urbanisation peu maîtrisée ainsi qu'une forte pression sur les infrastructures d'eau potable existantes. Les besoins en eau des villes sont donc en constante augmentation alors que les sources d'eau souterraine plus ou moins locales se tarissent. Ainsi, ces sources d'eau souterraine sont impactées par ces déficits pluviométriques, l'intrusion du biseau salé engendrée localement par les pompages (Lacroix et Séméga, 2004) et les prélèvements urbains et agricoles entraînant des conflits entre les activités et des arbitrages de l'État au profit des villes. Un écart important apparaît ainsi entre l'offre d'eau et les besoins à satisfaire. Toute question climatique mise à part (changement climatique...), cette situation constitue un exemple archétypal de sécheresse conçue comme une inadéquation entre l'offre et la demande en eau (Martin et al., 2020).

Dans un tel cas de figure, dont cette zone sahélienne atlantique est exemplaire, les solutions peuvent être de limiter volontairement (économie d'eau...) ou non (interdiction, coupure, prix...) la consommation d'eau (gestion de la demande), ce qui freine fortement l'économie locale, et/ou réaliser des travaux hydrauliques afin de produire les infrastructures indispensables à compenser l'écart entre la géographie des ressources en eau et celle des besoins (gestion de l'offre). Cette question est un vieux problème qui apparaît avec l'agriculture irriguée et l'urbanisation probablement en Égypte et en Mésopotamie et qu'il faut aujourd'hui traiter, au Sénégal et en Mauritanie, avec des moyens et des conceptions modernes.

Cela étant, un tel problème spatial a toujours conduit, quand les conditions étatiques le permettent (Empire romain...), à une forme keynésienne de croissance économique (grands travaux...) dont le relais doit être pris par, au moins, une production agricole plus importante, plus intensive et plus diversifiée (afin d'amortir les coûts) et, actuellement, par d'autres potentialités économiques (tourisme...).

De nos jours, une telle logique se traduit d'abord par l'exploration de nouvelles ressources en eau plus ou moins locales, aussi pérennes que possible, mais souvent très coûteuses en termes d'investissement (potabilisation d'eaux de surface ou de subsurface, dessalement d'eaux de mer...) afin, principalement, d'améliorer l'accès à l'eau et à une eau potable dans les grands centres urbains. Au-delà de ces solutions, il faut envisager des aménagements majeurs assurant des transferts massifs d'eau entre bassins (Lasserre, 2005), entre aires géographiques. Le Sénégal et la Mauritanie ont ainsi opté pour de grands projets (*Afjout Essabeli*, KMS : 1, 2 et 3...) qui ont tous la caractéristique d'être développés à partir du fleuve Sénégal. Ces projets doivent être conçus en fonction de la structuration en T de la région : littoral N-S et vallée E-W et déployés pour alimenter des points particuliers des territoires lointains (capitales...) qui relèvent d'autres logiques territoriales. La solution, pour le Sénégal, réside en partie dans le transfert, de la façon la plus intelligente possible (*cf.* l'usage du lac de Guiers), d'un point A où l'eau est en excès par rapport à la demande et aux besoins locaux, à un point B où ce sont les besoins qui sont en excès par rapport à une offre trop locale. Il en est presque de même pour la Mauritanie, mais c'est la nature qui fait en partie le travail !

Ainsi la position de Nouakchott, comme ancien poste militaire français entre le Maroc et le Sénégal, s'explique-t-elle, en partie, par l'existence d'eau douce liée à une nappe souterraine (de Trarza) développée dans des formations aquifères récentes (quaternaire...) du bassin sénégal-mauritanien qui est alimentée, sur sa bordure sud, par des pertes sur le fleuve Sénégal (Mohamed, 2012; Mohamed et al., 2013; Friedel et al., 2015). Un des points essentiels est donc d'analyser les volumes d'eau que fournit le fleuve Sénégal dans son cours inférieur. Prélèvements qui alimentent y compris le lac de Guiers, et qui se réalisent au bénéfice, en particulier, des capitales.

STRUCTURE DE LA CONSOMMATION EN EAU POTABLE : POIDS DE L'URBANISATION ET DE L'AEP

Une urbanisation importante

Le réseau urbain du bassin versant du fleuve Sénégal est constitué majoritairement par des villes moyennes (de moins de 50 000 habitants) que dominent Saint-Louis, Richard Toll (delta du Sénégal) et Kayes (haut bassin). À une échelle plus petite, Dakar, Nouakchott, Thiès et Touba couronnent la hiérarchie urbaine régionale (population entre 500 000 et 3 500 000 h). On notera toutefois une forte dissymétrie entre, au sud, l'axe Dakar — Touba qui constitue un pôle urbain majeur et la ville de Nouakchott qui est un exemple de macrocéphalie exacerbée. La figure 2 montre une urbanisation littorale et fluviale (de part et d'autre du fleuve Sénégal). Les zones sèches au sud du fleuve Sénégal et à l'est de l'axe Kerewan-Rosso (vallées fossiles du Ferlo) sont dépourvues de centres urbains et ont des effectifs de population faibles. De même du côté mauritanien le chapelet de petites villes situées à quelques dizaines de kilomètres du fleuve est extrêmement modeste (Aleg, Kiffa...).

Cette situation révèle le pouvoir polarisateur du littoral et des fleuves dans la répartition des villes (plus de 60 % des villes sénégalaises se trouvant dans un rayon de 50 km à vol d'oiseau du littoral et des fleuves intérieurs), du peuplement rural et de la macrocéphalie dakaroise mise en évidence par les travaux de Thiam (2008).

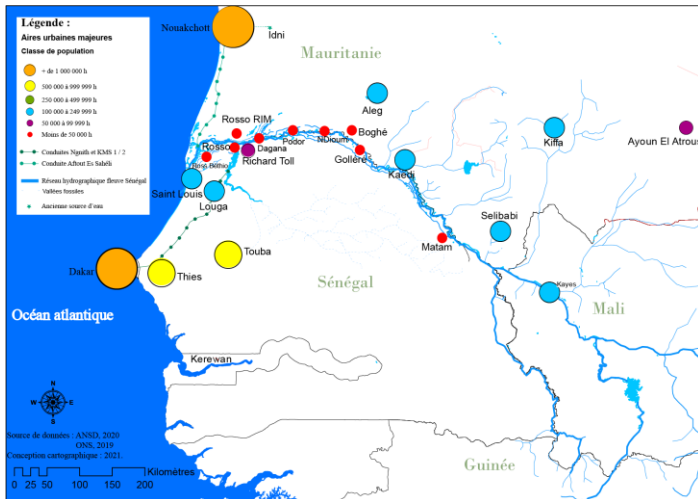


Fig. 2 — Les aires urbaines et les enjeux liés à l'eau potable dans le bassin versant du fleuve Sénégal

Les villes du bassin versant du fleuve Sénégal sont d'anciennes escales (Dagana, Podor, Richard Toll, Matam) et d'anciens postes commerciaux qui se sont développés à partir du commerce transsaharien et transatlantique. Elles ont aussi profité des relations avec Saint-Louis qui était la capitale de l'AOF (Afrique-Occidentale Française) jusqu'en 1957. Les établissements commerciaux français (maisons de commerce qui ont pris le relais des comptoirs commerciaux) étaient, principalement, basés à Saint-Louis.

La ville de Richard Toll est fortement marquée par la présence de la Compagnie Sucrière Sénégalaise (CSS) qui emploie près de 5 000 personnes, ce qui a contribué à une migration locale et nationale ; Saint-Louis jouant de sa dimension de ville historique.

Un fleuve convoité pour l'AEP des centres urbains

La filière AEP ne représente qu'environ 2 % (source : OMVS) des prélèvements effectués dans le fleuve Sénégal et ses affluents/défluent et est donc, en volume, mineure par rapport aux autres usages (agriculture, environnement, navigation...). Les zones rurales sont relativement exclues de l'approvisionnement en eau potable *via* les eaux de surface exception faite du Sénégal (une trentaine d'unités de potabilisation et de traitement) et du Mali (une vingtaine). Au Sénégal, le recours aux ressources en eau du fleuve Sénégal pour les espaces ruraux s'explique par la nature des eaux souterraines très salines, notamment dans la partie aval du fleuve Sénégal (Diaw et al., 2015).

Par ailleurs, la majorité des villes moyennes de la vallée du Sénégal puisent leur eau dans la nappe du Maastrichtien et assez rarement dans le fleuve, car cela nécessiterait des traitements de potabilisation différents, complexes et coûteux. Il s'agit des villes (Fig. 2) de Kayes, Kita (Mali) Dakar..., Saint-Louis, Dagana/Rosso, Podor (Sénégal), Rosso, Keur Macène et Nouakchott (Mauritanie). Les transferts d'eau ne concernent que quatre villes (Tab. I).

Les prélèvements en eau potable sont dominés par ceux de Dakar, Nouakchott et Saint-Louis. Par ailleurs, une AEP de la ville de Touba, à l'est de Dakar, a été envisagée aussi à partir du fleuve Sénégal. Si la réalisation de ce projet n'est plus à l'ordre du jour, elle apparaît toutefois comme un cas d'école pour l'alimentation en eau potable de grands centres urbains (Thiès, Diourbel et Dakar) qui constituent les pôles actuels de développement du Sénégal.

Au cœur de la sécheresse des années 1970, en 1971, l'État du Sénégal construit, sur les rives du lac de Guiers, à Ngnith, une usine de captage et de traitement des eaux à des fins d'AEP de l'agglomération dakaroise, en complément des ressources d'eaux souterraines locales.

Pour renforcer la contribution du lac de Guiers, le Sénégal a initié le projet du Canal du Cayor (en réalité il s'agit de conduites). Il s'est traduit par la mise en place progressive des usines de production et de traitement d'eau potable de Keur Momar Sarr (KMS 1 — 2004, KMS 2 — 2008 et KMS 3 — 2021) situées au sud du lac de Guiers (Tab. I et Fig. 3).

Tableau I — Centres urbains bénéficiant d'un système de transfert d'eau

Centres urbains	Type de transfert d'eau	Distance	Source d'eau	Année	Projet d'extension
Dakar	Interbassin	≈ 240 km	Lac de Guiers	1970	KMS 3 (opérationnel en 2021)
Nouakchott	Interbassin	≈ 216 km	Fleuve Sénégal	2010	
Saint-Louis	Intrabassin	≈ 6 km	Bief aval des défluent du Gorom-Lampsar-Djeuss.	1886 L'eau était puisée dans le Kassack (défluent de la basse vallée) par le biais d'une usine à vapeur et transportée à Saint-Louis, sur 18 km. Un barrage était construit à Makhana pour stopper la remontée de la langue salée dans le delta. La réserve de Dakar-Bango est constituée en 1940 (barrages de Dakar-Bango et de Ndiawdounne entre 1937 et 1939). Source : Brigaud, 1961.	Fin de travaux en 2023 – Station de traitement (12 000 m ³ /j), – Château d'eau (3 200 m ³ /j) – Conduite de distribution de 11,8 km
Rosso Sénégal	Intrabassin	≈ 15 km	Fleuve Sénégal	1973	Depuis 2018, une nouvelle station de pompage des eaux traitées a été installée. Les volumes d'eau transférés sont passés de 432 m ³ /j à 720 m ³ /j.

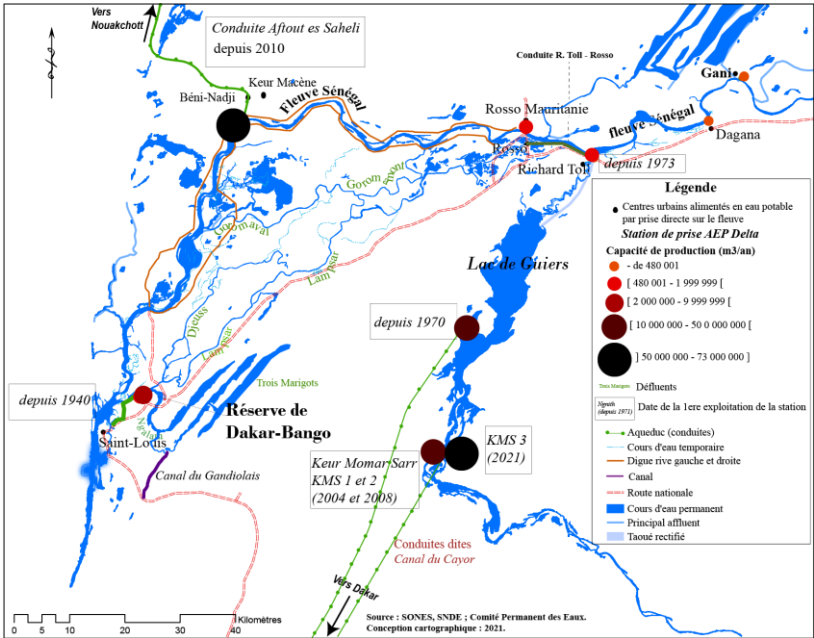


Fig. 3 — Transferts de l'eau pour l'AEP des centres urbains

Ainsi, près de 50 % de l'eau consommée par Dakar est-elle prélevée dans le lac de Guiers depuis 2008 (Fig. 4). Cette solution exploite une dépression topographique qui permet un écoulement vers le sud de l'eau sur environ 216 km, ce qui rapproche d'autant cette ressource de la capitale. *A contrario* le lac subit une forte évaporation. Fort logiquement les stations de prélèvement pour Dakar ont été placées dans la seconde moitié sud du lac.

Les différentes stations de traitement d'eau potable de Dakar (Ngnith, KMS 1, 2 et 3) réalisent, *in situ*, le filtrage, le prétraitement et le traitement de l'eau potable.

Un réseau de conduites permet de transférer l'eau par pompage de la station de traitement au réservoir de Thiès (capacité de stockage de 25 000 m³) *via* deux conduites parallèles et autonomes. Elles collectent, en cours de route, les apports des différents forages implantés dans les régions de Louga et de Thiès.

À partir des réservoirs de Thiès, les deux conduites acheminent l'eau vers les usines de stockage et de distribution de l'eau potable situées à Dakar.

L'usine de production et de traitement KMS 3 fera passer, à terme, la contribution du lac de Guiers dans l'AEP de Dakar, à près de 60 % (Fig. 4). La transition des eaux souterraines vers les eaux de surface à travers les politiques de transfert d'eau permet de résorber une demande ciblée en fonction des filières (eau potable). Le Sénégal et la Mauritanie ont adopté le transfert de l'eau comme réponse technique à la rareté de l'eau dans certains bassins géographiques déficitaires (Dakar, Nouakchott), à sa difficile mobilisation du fait de la recharge pluviométrique insuffisante des nappes phréatiques (Dasyva et Cosandey, 2005), à sa qualité parfois déficiente dans certaines zones et à la concurrence entre espaces urbains et ruraux.

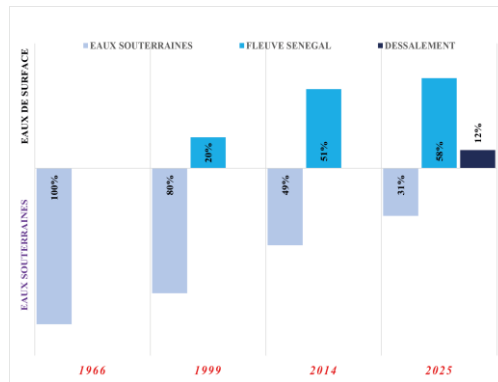


Fig. 4 — Évolution des sources d'eau alimentant la région de Dakar de 1966 à 2025 (Sources de données diverses dont Descroix et Esteves (2005), H2O ENGINEERING (2016), SONES (2020) et Office des lacs et cours d'eau (2020).

Le Sénégal a consacré cette politique à travers la loi n°2017 étendant l'espace de gestion de l'OLAG à l'ensemble des cours d'eau et lacs. Elle souligne, dans l'exposé des motifs « une nouvelle vision de la mobilisation sur toute l'étendue du territoire national des eaux de surface basée sur le transfert des zones excédentaires vers les zones déficitaires ou de moindres qualités ». Trois facteurs ont justifié ce choix politique : l'existence d'importantes sources d'eau renouvelables (fleuve Sénégal), la sécurisation de l'offre pour les espaces urbains face à l'augmentation de la demande et la lutte contre la pauvreté.

Cette option politique traduit un enjeu lié à la position stratégique des villes concernées (Dakar, Nouakchott). Aux dynamiques verticales (croissance de la population urbaine) viennent s'ajouter des dynamiques horizontales (étalement urbain, occupation non maîtrisée de l'espace) et sociales (accès à l'eau potable).

Par ailleurs, le Canal du Gandiolois (Fig. 3) permet un transfert d'eau à grande échelle du Ngalam vers les anciennes vallées asséchées de Rao *Peulh* pour entretenir des activités agricoles et d'élevage dans cet espace rural.

La population de la ville de Nouakchott a connu une croissance exceptionnelle entre 1961 et 2003 (Fig. 5), correspondant à un taux de croissance interdecennaire de 9,5 % entre 1977 et 1988, puis de 2,5 % entre 1988 et 2000 (ONS, 2015). Entre 2003 et 2017, la population a presque doublé ; le taux de croissance interdecennaire étant de 4,4 % sur la période 2000 – 2013 (ONS, 2015).

Globalement, on peut voir sur la figure 6 que la croissance de la population a été logarithmique (courbe noire) et surtout que depuis 2011 celle-ci est faible et linéaire (Droite aux points oranges).

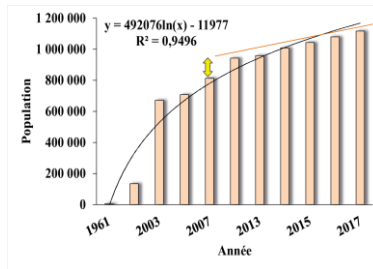


Fig. 5 — Évolution de la population de Nouakchott (source : ONS, 2019)

Entre 1958 et 2010, la nappe du Trarza, située à 60 km de Nouakchott, a été la principale source d'alimentation en eau potable de la capitale mauritanienne (Fig. 2). La capacité de production des forages du champ captant d'Idni n'a cessé de croître pour répondre à une demande de plus en plus importante de la capitale mauritanienne (Fig. 6).

L'alimentation de cette nappe semble se faire, en partie, par des pertes situées dans la vallée du Sénégal entre Rosso et Gani, et grâce à certains lacs. Le toit de cette nappe étant incliné vers le nord, l'eau transite donc du lit du Sénégal au champ captant d'Idni qui est au droit, à l'est, de Nouakchott.

La construction du barrage de Diama semble avoir eu un double effet bénéfique pour cette nappe. D'une part, l'eau salée ne peut plus entrer dans le delta. D'autre part, la côte de l'eau douce, en toutes saisons, se trouve plus haute, accroissant d'autant la pente piézométrique, et cela grâce aux apports stockés à Manantali. Toutefois, sous la ville de Nouakchott, on trouve des entrées d'eaux marines (biseau salé) qui semblent s'étendre jusqu'aux abords de la nappe de Trarza, près du camp captant, lequel ne doit donc pas être la cause d'un abaissement trop fort des niveaux piézométriques, ce qui faciliterait vers l'est l'extension du biseau et augmenterait la charge en sel des eaux douces. Ainsi, bien que croissants lors des dernières années, les prélèvements effectués ne semblent pas dépasser un débit de l'ordre de 400 l/s.

Toutefois, cette nappe, découverte il y a plus de 60 ans, qui était jusqu'à il y a peu la seule source d'eau potable de Nouakchott, ne peut pas tout. Elle a des caractéristiques hydrodynamiques et hydrochimiques propres qui doivent être analysées en fonctions des relations existantes, ou pouvant exister, avec le fleuve d'un côté et l'Atlantique de l'autre. Cette ressource doit donc pouvoir être suppléée pour faire face à une demande qui a triplé entre 1977 et 2003, puis doublé entre 2003 et 2011 et qui s'est stabilisée depuis 2011 en accord avec un relatif ralentissement de la croissance de la population urbaine dans le bassin de Nouakchott. Là encore la croissance de la consommation a été logarithmique avec une croissance linéaire faible depuis 2011 (Fig. 6).

On notera toutefois qu'entre 2007 et 2011 la population évolue peu en nombre (Flèche jaune de la Fig. 5), mais par contre connaît une évolution assez nette de sa consommation d'eau (Flèche jaune de la Fig. 6). La consommation par habitant aurait baissé de 1961 à 2000 environ, pour augmenter ensuite assez fortement et retrouver ainsi un niveau voisin de celui du milieu des années 70. Cela est le résultat de l'augmentation de la capacité de production par pompage sur la nappe d'Idni de 40 000 m³ en 2003 (Ministère de l'Hydraulique, 2003) à 60 000 m³ en 2007 (Bénédictine et al., 2007). Depuis, on observerait une stabilisation de la consommation par tête correspondant au démarrage de l'exploitation des conduites de l'*Aftout Essabéli* depuis octobre 2010.

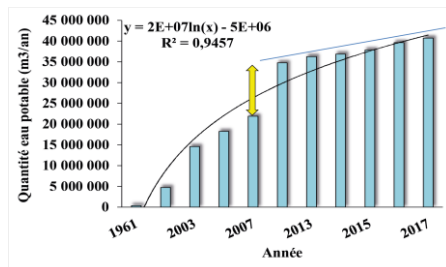


Fig. 6 — Évolution de la demande en eau potable de la ville de Nouakchott (source : SNDE, 2019)

Différentes difficultés ont conduit à des pénuries d'eau à Nouakchott (Fig. 7) et à une forte augmentation des inégalités d'accès à l'eau potable ; 80 % des ménages se ravitaillent hors du réseau de la SNDE (Nouaceur, 2010). Sur cette population, 69 % ont recours aux charretiers/âniers privés ; les autres s'approvisionnant par citernes privées ou en achetant l'eau potable aux bornes-fontaines (Bénédictine et al., 2007). Il convenait donc, d'une certaine façon, d'accroître l'alimentation déjà fournie par le fleuve. L'alimentation « artificielle » en eau potable de Nouakchott, depuis le fleuve Sénégal, a démarré en fin 2010.

Le système d'alimentation est structuré en quatre niveaux :

- une station de pompage sur le fleuve Sénégal,
- des ouvrages de prétraitement (oxydation au chlore, ajustement du pH, coagulation, floculation et décantation) installés à Béni-Nadji (6 km du fleuve),
- des ouvrages de traitement du PK 17 (floculation, filtration rapide par sable) distant de 170 km de la station de prétraitement,
- deux châteaux d'eau situés à environ 20 km des ouvrages de traitement de l'eau potable.

Le prétraitement est réalisé à 6 kilomètres du fleuve, sur le site de Béni-Nadji, à travers deux conduites en parallèle de diamètre 1 100 mm chacune mises en pression par la station de pompage d'exhaure de l'*Afjout* de $2,1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. (Tfeila et al., 2015). Une unité autonome de potabilisation permet d'assurer à la population proche de Keur Macène (environ 8 000 h.) d'une alimentation en eau potable.

Un réseau de conduite en fonte ductile permet de transférer l'eau prétraitée par pompage vers la deuxième usine (PK17). Cette deuxième usine assure une production d'eau potable à la ville de Nouakchott. Cette eau est stockée dans un ensemble de châteaux d'eau et réservoirs situés dans les sites de Ksar, Sebkh et Toujounine (Communes de la Wilaya de Nouakchott). Ce transfert d'eau s'est traduit par une amélioration, depuis octobre 2010, de la consommation d'eau par habitant (Fig. 7). Selon les projections faites dans le cadre du SDAGE (2010), la ville de Nouakchott devrait prélever, à l'horizon 2025, 62 millions de mètres cubes d'eau par an au niveau du fleuve Sénégal.

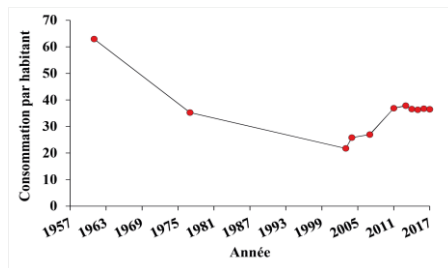


Fig. 7 — Évolution de la consommation en eau potable par habitant de Nouakchott

La baisse de niveau ou la fossilisation des nappes phréatiques au niveau de Dakar (zone climatique soudanienne) ou de Nouakchott (zone climatique désertique) est donc compensée par les prélèvements sur le fleuve Sénégal. Ce dernier est donc stratégique pour la satisfaction pérenne des centres urbains du Sénégal et de la Mauritanie.

DES IMPLICATIONS EN TERMES DE GESTION DE L'EAU

Une gestion du lac de Guiers sous contrainte de l'AEP

Le lac de Guiers est une dépression naturelle située dans le delta du fleuve Sénégal. Plus importante réserve d'eau douce du Sénégal, il alimente la ville de Dakar en eau potable. Il polarise d'autres activités, notamment l'agriculture irriguée caractérisée par la prépondérance de l'agribusiness (CSS, SENHUILE, TOLL JOM, West Africa Farm, SENEGINDIA, etc.) Le développement de l'agribusiness, dans cette partie, rentre dans le cadre de la politique globale de développement de l'agriculture autour du lac, avec notamment le Projet de Développement Inclusif et Durable de l'Agribusiness au Sénégal (PDIDAS) ou encore le programme Développement économique local et transition agroécologique (DELTA). Les programmes agricoles seront de plus en plus orientés vers cette zone pour désengorger le delta du Sénégal, avec une spécialisation dans la riziculture pour le delta et dans l'agribusiness pour le lac.

L'AEP de Dakar (2 % des prélèvements – Fig. 8) définit les politiques de gestion de l'eau, de l'environnement et de l'agriculture à l'échelle du lac en termes d'amélioration des conditions de remplissage de la dépression et de gouvernance. Ainsi, l'installation de l'usine de Ngnith en 1970 a entraîné la rectification du canal de la Taoué en 1974 pour renforcer et accélérer le remplissage du lac (Fig. 3) et la construction du 2^e pont-barrage de Richard Toll en 1980. La mise en service des barrages de Diamo (1986) et de Manantali (1988) permet une disponibilité permanente de l'eau douce dans le lac (92 % des flux d'eau entrants). Ainsi, depuis 1992, l'eau est disponible à Richard Toll en permanence et à un niveau élevé, proche de celui du fleuve, permettant un niveau élevé du lac permanent (Bader, 2014).

La disponibilité en eau n'est donc pas une question majeure du fait d'une gestion à venir certaine (390 millions de m^3 à la cote 1 m IGN ; gestion du lac entre les côtes 2,40 et 2,81 m IGN). À l'inverse, le rythme d'aménagement du pourtour du lac interroge davantage sur le devenir de cette activité (rejets des eaux de drainage) que sur les prélèvements, sous contrainte de l'AEP, qui constitue l'usager stratégique, car consacré comme le premier usage de l'eau.

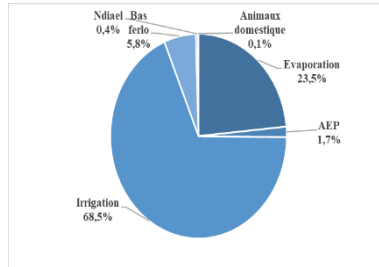


Fig. 8 — Bilan des prélèvements sur le lac de Guiers en 2015 (d'après Diop, 2017)

Sur le plan institutionnel, l'OLAG a été créé, en 2010, dans la perspective d'une gestion globale, quantitative et qualitative, du lac de Guiers. Les missions de l'OLAG sont, entre autres :

- d'assurer une bonne hydraulique, permanente, entre le lac et le fleuve Sénégal ;
- d'assurer une bonne disponibilité quantitative et qualitative de l'eau et ;
- d'entretenir les ouvrages hydrauliques régulant l'eau du lac et des défluent du delta du Sénégal.

En 2017, l'OLAG est transformé en Office des Lacs et cours d'eau dans le but de mettre en œuvre les politiques de transferts d'eau des régions excédentaires vers les régions déficitaires.

Les modalités de la gestion de l'eau et leurs implications sur le développement hydroagricole dans la zone du lac de Guiers se fondent sur les enjeux agricoles qui sont assez impliquant pour les autres usages, notamment sur la qualité de l'eau et son maintien qui peuvent faire peser des risques pour les consommateurs lointains (Dakar). L'exemple majeur est la CSS et son agro-industrie de 12 000 ha qui est située sur la Taoué, l'adducteur qui relie le fleuve Sénégal et le lac de Guiers. L'étendue de la contamination des eaux de surface par les eaux de drainage issues de l'irrigation et contaminées par les pesticides et les engrais est encore mal documentée (Diaw et al., 2015), bien que, paradoxalement les prélèvements agricoles soient favorables à la qualité de l'eau potable. En effet, les volumes importants pompés permettent une circulation de l'eau, le renouvellement des eaux et un transfert nord-sud appréciable pour les usines de production d'eau potable de Keur Momar Sarr situées au sud du lac. Cette situation est renforcée par les lâchers dans le bas Ferlo (sud du lac) et dans le Ndiel (nord-ouest du lac).

La régulation par la coopération transfrontière

Le poids des centres urbains dans la consommation en eau potable se manifeste fortement dans les chaînes d'utilisation de l'eau et dans les décisions gouvernementales (gouvernance des ressources en eau à l'échelle macro). Cela suppose des choix politiques de la part des États et des arbitrages au sein de l'OMVS dans la répartition de la ressource entre les États et les filières d'utilisation ; répartition qui peut parfois générer des conflits.

Le fleuve Sénégal, y compris ses affluents, défluent et lacs (de Guiers côté sénégalais, R'kiz côté mauritanien), est une ressource transfrontière (statut de fleuve international). Il est géré par un organisme supranational (OMVS) ; les ouvrages hydrauliques étant déclarés communs (Diam, Manantali) et gérés par des sous-structures de l'OMVS (SODED, SOGEM) et les modalités d'utilisation et de partage de l'eau douce, entre les États puis entre les différents usages, discutées et programmées au sein de la Commission Permanente des Eaux (instrument et institution de résolution des conflits).

Entre 1990 et 2000, les projets de transferts d'eau du Sénégal sur le fleuve (Canal du Cayor pour l'AEP de Dakar, revitalisation des vallées fossiles du bas Ferlo pour l'agriculture – Fig. 2) ont fait naître des tensions hydrodiplomatiques entre le Sénégal et la Mauritanie. Ces controverses sont moins liées aux volumes d'eau pompés par les deux États qui utilisaient une toute petite fraction des volumes que l'OMVS leur a attribués à la suite de l'aménagement hydraulique de la vallée (20 % pour le Sénégal, moins de 5 % pour la Mauritanie), mais davantage aux susceptibilités géopolitiques durant cette période à la suite des graves émeutes qui se sont produites à Dakar et à Nouakchott en 1989 (Descroix et Esteves, 2005 ; Lasserre et Rékaciewicz, 2005). Ainsi, le projet du Canal du Cayor a été autorisé en 2002 par la Commission Permanente des Eaux de l'OMVS (16^e session). Il a généré des tensions entre 1998 et 1999 aboutissant à la rupture des relations diplomatiques entre les deux pays.

Le cadre de dialogue de l'OMVS (CPE, puis Charte des eaux) a permis de résoudre cette tension. Dans ce contexte, le Sénégal a abandonné le projet de revitalisation des vallées fossiles du Ferlo en 2000 qui sera relancé vers la fin des années 2010 dans le cadre d'un nouveau projet dénommé Projet de renforcement de la résilience des écosystèmes du Ferlo (PREFERLO) alors que le projet du Canal du Cayor a abouti avec les réalisations de KMS 1, 2 et 3. Les modalités de gestion de l'eau seront définies par la Charte des eaux du fleuve (depuis 2002) qui détermine les clés de répartition de l'eau entre les différentes filières d'utilisation. La signature de la charte des eaux constitue une avancée fondamentale pour assurer un meilleur partage de l'eau et apaiser les revendications nationales. Elle précise que la répartition de l'eau se fera désormais entre les usagers et non entre les États. Par ailleurs, la Charte n'accorde, juridiquement, une priorité pour un usage (en l'occurrence l'AEP et les usages domestiques) qu'en cas de pénurie d'eau sur le fleuve.

CONCLUSION

Le Sénégal et la Mauritanie connaissent une croissance de leur population et une urbanisation conduisant à une augmentation de la demande en AEP alors que les sources d'eau traditionnelles (nappes phréatiques) s'assèchent. Cela a entraîné le développement de politique de transfert d'eau depuis le fleuve Sénégal pour sécuriser l'accès à l'eau des grandes capitales nationales (Dakar, Nouakchott) ou régionales (Saint-Louis). Ces politiques sont consécutives de la maîtrise de l'eau du fleuve Sénégal dans le cadre des grands barrages de l'OMVS.

Il en découle que ces politiques de transferts impactent la gestion de l'eau du fleuve Sénégal :

- d'une part en mettant en premier la filière AEP comme usager stratégique ; de ce fait, les exigences de productivité agro-industrielles intègrent la qualité de la ressource pour l'AEP des centres urbains ; dans le cas du lac de Guiers, son fonctionnement hydrosystémique garantit la qualité de l'eau pour l'AEP de Dakar ;
- et d'autre part en mettant en place des outils de régulation des allocations de l'eau au sein de l'OMVS. Ainsi, la Charte des eaux privilégie-t-elle une allocation de l'eau en fonction des usages et non des pays (coopération transfrontalière) pour éviter les tensions dans l'utilisation de l'eau consécutives au projet de transfert d'eau du Sénégal vers Dakar à la fin des années 2000.

Références

- [1] Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, (2020). *Notes de synthèse n° 6. Chiffres clés sur la population du Sénégal*. 14 p.
- [2] Bader J. C., (2014). *Monographie hydrologique du fleuve Sénégal. De l'origine des mesures jusqu'en 2011*. IRD Editions, 834 p.
- [3] Bénédicte Ch., Nicolas P., Samba D. O., Diarra T., (2007). *La distribution d'eau potable dans la ville de Nouakchott, Mauritanie. Analyse des points de vente d'eau*. GRETE, Rapport thématique sur la situation de l'eau potable à Nouakchott, 26 p.
- [4] Blanchon D. (2019). *Géopolitique de l'eau. Entre conflits et coopération*. Le Cavalier bleu éditions, Paris, 165 p.
- [5] Blanchon D., (2006). La politique de l'eau en Afrique du Sud : le difficile équilibre entre développement durable et valorisation optimale de la ressource. *Développement durable et territoires*, Dossier 6, DOI : <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.1735>
- [6] Blanchon D., (2008). Le complexe hydropolitique sud-africain : connexions, déconnexions, reconnexions ? *Flux*, volume 1, n 71, pp. 61-72.
- [7] Blanchon D., (2015). Le Lesotho Highland Water Project, ou le retour de la grande hydraulique en Afrique australe. *Bulletin de l'association de géographes français*, volume 2, n 92, pp. 167-183.
- [8] Blanchon D., Maupin A., (2009). Géopolitique de l'eau en Afrique australe. *Sécurité globale*, Volume 3, n 9, pp. 79-96.
- [9] Blanchon D., Turton A., (2005). Les transferts massifs d'eau en Afrique du Sud. In Lasserre F. (dir.). *Les transferts massifs d'eau : outils de développement ou instruments de pouvoir ?* Presses universitaires du Québec, pp. 245–283.
- [10] Bravard J. P., (2005). Barcelone et le projet de transfert de l'eau du Rhône. In Lasserre F. (dir.). *Les transferts massifs d'eau : outils de développement ou instruments de pouvoir ?* Presses universitaires du Québec, pp. 125–140.
- [11] Brigaud F., (1961). *Études sénégalaises n°9. Connaissance du Sénégal. Fascicule 2 : hydrographie*. Centre I.F.A.N., Saint-Louis, 108 p.
- [12] Crousse B., Mathieu P., Seck S. M. (dir.), (1991). *La vallée du fleuve Sénégal. Évaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements*. Karthala, Paris, 380 p.
- [13] Dansero E., Luzzati E., Seck S.M. (dir.), (2009). *Organisations paysannes et développement local : leçons à partir du cas du delta du fleuve Sénégal*. L'Harmattan, Paris, 335 p.
- [14] Dasylyva S., Cosandey C., (2005). L'exploitation de la Nappe des Sables Quaternaires pour l'alimentation en eau potable de Dakar : une offre compromise par l'insuffisance de la recharge pluviométrique. *Geocarrefour*, volume 80, n°4, DOI : <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.1385>.
- [15] Descroix L., Esteves M., (2005). Dakar. Une capitale dépendant d'approvisionnements lointains. In Lasserre F. (dir.). *Les transferts massifs d'eau : outils de développement ou instruments de pouvoir ?* Presses universitaires du Québec : 101–105.
- [16] Diaw M., Mall I., Sané S., Madioune E. H. D., Faye S., 2015. Assessing of the Suitability for Irrigation Water and Their Repercussions on Land Degradation Process in Delta and Lower Senegal River Valley. *American Journal of Water Resources*, volume 3, n°2, pp. 32–43.
- [17] Diop P., (2017). *Vers une stratégie de gestion participative multi-usages de la ressource en eau dans le delta du fleuve Sénégal : processus de décision et outils de régulation autour du lac de Guiers*. Thèse de doctorat, Université Paris Saclay, Université Cheikh Anta Diop (Dakar).
- [18] Fonds Africain de Développement, (2011). *Rapport d'achèvement du projet d'approvisionnement en eau potable de la ville de Nouakchott « Aftout Essabéi »*. OWAS, 36 p.
- [19] Friedel M. J., Finn C. A., Horton J., (2015). *Second Projet de Renforcement Institutionnel du Secteur Minier de la République Islamique de Mauritanie (PRISM-II), Hydrogeologic Map of the Islamic Republic of Mauritania, Synthesis of Hydrologic Data, and Chemical Hydrologic Map of the Islamic Republic of Mauritania: Phase V, Deliverables 56, 57, and Added Value, Open-File Report 2013 – 1280 Chapter C*, U.S. Department of the Interior et U.S. Geological Survey éditeurs, 30 p.

- [20] H2O Engineering, (2016). *Étude d'impact environnemental approfondie. Tome 1 : Construction d'une troisième station de traitement d'eau potable à Keur Momar Sarr et ses renforcements en aval*. Direction de l'Environnement et des Établissements Classés de Dakar (DEEC), 296 p.
- [21] Kamara S., (2013). *Développements hydrauliques et gestion d'un hydrosystème sabélien convoité largement anthropisé. Le delta du fleuve Sénégal*. Thèse de Doctorat en cotutelle, Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse France, UMR CNRS 7 300 Espace/Université Gaston Berger de Saint-Louis Sénégal, Laboratoire Leïdi.
- [22] Kamara S., Martin P., Coly A., (2015). La moyenne vallée du Sénégal, entre corridor et isolat. Regard sur les nouvelles dynamiques économiques et spatiales depuis la mise en place des grands aménagements hydrauliques de Manantali et Diam. I. J.Rivers, ZABR éditeur, Lyon, 3 p.
- [23] Kierans T., (2005). La gestion commune des eaux entre Canada et États-Unis au XXI^e siècle. Le projet de Canal Grand. In Lasserre, F (dir.). *Les transferts massifs d'eau : outils de développement ou instruments de pouvoir ?* Presses universitaires du Québec : 39–53.
- [24] Lacroix M., Séméga B., (2004). Genèse et évolution d'une nappe endoréique côtière : l'aquifère du continental terminal du Trarza (Mauritanie). *Actes du Colloque International « Terre et Eau »*, Annaba, 21, 22 et 23 novembre 2004, pp. 210 – 213.
- [25] Lasserre F. et Rékaciewicz P., (2005). Des projets pharaoniques autant que destructeurs. *Le monde diplomatique*, mars 2005, pp. 18-19.
- [26] Lasserre F., (2003). L'eau dans l'ouest aride des États-Unis. Valeur d'usage, mythes politiques et représentations territoriales d'une société hydraulique. In Lasserre, F., Lechaume, A. (dir.). *Le territoire pensé. Géographie des représentations territoriales*. Presses universitaires du Québec, pp. 195–211.
- [27] Lasserre F., (2011). L'Amérique a soif. Les États-Unis obligeront-ils Ottawa à céder l'eau du Canada ? In Lasserre, F., Descroix, L. (dir.). *Eaux et territoires. Tensions, coopérations et géopolitique de l'eau*. Presses universitaires du Québec : 373 – 411.
- [28] Lasserre F., (dir.), (2005). *Les transferts massifs d'eau : Outils de développement ou instruments de pouvoir ?* Presses Universitaire du Québec, 610 p.
- [29] Martin P., DI Costanzo H., Canovas I., (2020). Aridité et sécheresse : heuristique d'une modélisation parétienne et bayésienne de la tension sur la ressource en eau dans le sud-est de la France. *Journal International Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement*, volume 5, n 2, pp. 28-48.
- [30] Ministère de l'hydraulique, (2006). *Déclaration de politique sectorielle du secteur de l'hydraulique en 2006 (version du 8 avril)*. 10 p.
- [31] Mohamed A. S., (2012). *Approches géochimique et hydrodynamique de la recharge de la nappe du Trarza, Sud-Ouest de la Mauritanie*. Thèse de doctorat, Université de Paris Sud.
- [32] Mohamed A. S., Marlin C., Leduc C., Jiddou M., (2013). Modalités de recharge d'un aquifère en zone semi-aride : cas de la nappe du Trarza (Sud-Ouest Mauritanie). *Hydrological Sciences Journal*, volume 59, n 5, pp. 1046-1062.
- [33] Nouaceur Z., (2010). Essor économique et crise environnementale d'une capitale sahélienne : Nouakchott. *Sécheresse*, volume 21, n°1, pp. 63-70.
- [34] Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal, (2010). *SD-AGE du fleuve Sénégal. Phase 2 : schémas sectoriels*. Société Canal du Provence, 255 p.
- [35] Recensement Général de la Population et de l'Habitat, (2013). *Projections démographiques*. Office National de la Statistique (ONS), 105 p.
- [36] Rousselot Y., (2015). Upstream Flows of Water: from the Lesotho Highlands to Metropolitan South Africa. *Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine*, volume 3, n 103, DOI : <https://doi.org/10.4000/rga.3023>.
- [37] Ruf T., (2012). Le projet Aqua Domitia et les contradictions territoriales : intérêt et limites. *Pour*, volume 1, n 213, DOI : <https://doi.org/10.3917/pour.213.0065>.
- [38] Ruf T., (2015). Transférer l'eau du Rhône dans le Languedoc : regard critique sur les incidences du projet Aqua Domitia et les contradictions territoriales. *Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement [Online]*, n° 25-26, DOI : <https://doi.org/10.4000/tem.2778>.
- [39] Sall M. T., Chopart J. L., Diop P., S M., Fall A., Kane A., Tychon B., Wellens J., (2019). L'agrobusiness : un rôle moteur en gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) et en nexus eau-énergie-alimentation ? Cas de la Compagnie Sucrière Sénégalaise. *Geo-Eco-Trop.*, volume 43, numéro spécial 3, pp. 445-452.
- [40] Tfeila M., Zahidi K., Ould Sid'Ahmed M., Kankou O., Souabi S., Aboulhassan M. A., (2015). Évaluation de la qualité des eaux potables produites par la station de traitement : cas de la Mauritanie. *Scientific Study & Research : Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, volume 16, n°3, pp. 197–214.
- [41] Thiam O., (2008). *L'axe Dakar-Touba (Sénégal) : analyse spatiale d'un corridor spatial émergent*. Thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse, UMR CNRS 6012 ESPACE.
- [42] Vandal G., (2018). Une guerre de l'eau anticipée entre le Canada et les États-Unis. *La Tribune numérique*, URL : <https://www.latribune.ca/opinions/une-guerre-de-leau-anticipee-entre-le-canada-et-les-etats-unis-c602001d8200469f2322db52f79bfb4c>

Les enjeux socioéconomiques et écologiques de la production du charbon de bois dans la périphérie de la ville de boma en RDC

Mbuangi Lusudi Maurice¹, Ntoto M'vubu Roger², Kisombe Makaya³ and Khonde Bibonga Carine⁴

¹. Chef de travaux, Université Joseph Kasa Vubu, Boma/RDC – Doctorant, Université de Kisangani, RDC

².Professeur, Faculté d'agronomie, Université de Kinshasa/RDC

³.Assistant, Université Joseph Kasa Vubu, Boma/RDC

⁴.Ingénieure forestière/Secteur de Boma Bungu - Territoire de Muanda

Résumé :

Pour répondre aux besoins urbains en matière énergétique, il existe, dans les périphéries des grandes villes de la République Démocratique du Congo en général et de Boma en particulier, une intense activité de production du charbon de bois. Cette activité, exercée en grande partie de manière informelle, occupe les hommes pendant toute l'année, et leur procure des revenus face puisque la demande en charbon de bois est permanente. Pour y répondre, la forêt de cette périphérie, et même la réserve de biosphère de Luki qui s'y retrouve, est fortement sollicitée en dépit de son statut juridique.

Seulement, malgré ses avantages, tant au niveau des producteurs que celui des consommateurs, la carbonisation du bois reste une menace pour la gestion durable de la forêt. Les enquêtes et les entretiens menés dans les villages, auprès des carbonisateurs du bois et des responsables de la gestion forestière, ont fourni des informations claires pour le confirmer. Ainsi, il faudra immédiatement trouver des solutions pour une gestion durable de la forêt au sein de cette périphérie grâce à la pratique de l'arboriculture, la formation des carbonisateurs et leur adhésion à des organisations pour une valorisation de leur production sans oublier la pratique d'une bonne gouvernance forestière qui conduira à l'application et au respect de la loi.

Mots clés : Enjeux, gestion durable, déforestation, dégradation

Socioeconomics and ecologicals issues of charcoal production in Boma's outskirts (DR Congo)

Abstract:

In Boma's outskirts, charcoal production is an important activity for the rural population. It is so because the charcoal's demand is permanent and this activity, carried informally, provides monetaries incomes to producers. If this activity is economically profitable, it's ecologically harmful and does not lead to sustainable forest management. Surveys and interviews conducted with producers and other stakeholders in forest management provided clears information about advantages, but also pitfalls of charcoal's production, without forgetting his menaces on the Luki biosphere reserve.

So, solutions must be found for the forest's preservation. This study proposed the practice of agroforestry, the training of producers, their membership in organizations for participatory forest management and the application of good governance that will lead to the law's respect.

Key words: Issues, wood's carbonization, sustainable management, forest exploitation, deforestation, degradation

¹ Corresponding author: mbnls4@gmail.com

INTRODUCTION

Les ressources naturelles de manière générale et la forêt en particulier, constituent des atouts majeurs pour l'amélioration des conditions de vie des populations. Leur exploitation fournit des facteurs de production importants à l'économie tant locale, nationale qu'internationale. Les forêts, à travers leur fonction économique, sociale et culturelle, fournissent des produits et services essentiels à la communauté. En effet, elles réduisent l'insécurité alimentaire et la pauvreté, rendent la production agricole plus viable et améliorent l'environnement dans lequel vivent de nombreux ruraux. Schreckenberget al. (2006) l'ont confirmé en écrivant que les forêts répondent aux besoins humains les plus essentiels de la vie et participent aussi bien tant à la diversification des revenus des ruraux qu'à l'épanouissement des groupes marginalisés dans les communautés. De ce fait, au regard de la situation socioéconomique des pays pauvres en général et celle de la République Démocratique du Congo (RDC) en particulier, caractérisée par des revenus insuffisants, voire inexistants, la rareté de l'emploi et l'insécurité alimentaire, la population a développé, de manière informelle, des activités lucratives diversifiées comme l'exploitation des produits forestiers ligneux et non ligneux. Puis, le charbon de bois occupe une place importante puisqu'il apparaît comme la source d'énergie la plus accessible au plus grand nombre par rapport aux énergies alternatives comme le gaz ou le pétrole lampant (Konandji, 2013).

En effet, en République démocratique du Congo, malgré les potentialités hydroélectriques estimées à environ 100 000 MW, soit 13 % du potentiel hydroélectrique mondial (RDC, 2014), la production du bois énergie a été estimée en 2009, à 54,7 millions de tonnes (soit 75,4 millions de m³) ; ce qui représente 94 % du total de sa production de bois rond (Schure et al. 2012). Cette consommation est sans doute en hausse dans toutes les villes du pays à cause de la croissance démographique, du manque d'énergies alternatives, du taux de chômage élevé et à la faible implantation de la législation congolaise, mais également des préférences des consommateurs urbains pour le charbon de bois par les avantages qu'il offre. En effet, en RDC, le taux de croissance démographique était estimé à 3,3 % en 2019, tandis que le taux de chômage à 84 % (ANAPI, 2020). Face à la demande croissante du charbon de bois et de sa production, l'actualité fait état des grandes menaces sur la gestion des ressources naturelles en général et de la forêt en particulier, ainsi que les populations qui en sont tributaires. Subséquemment, il est probable qu'un certain nombre de bénéfices futurs potentiellement importants soient gaspillés, alors que certaines populations, surtout celles rurales, dépendent significativement de la forêt, soit par l'agriculture itinérante, soit par la récolte de ses produits. A ce sujet, il a été indiqué que dans les milieux ruraux de la RDC, plus de 61,30 % de la population active est agricole et que dans les 55 pays en développement, 3 pauvres sur 4 vivent à la campagne et la plupart d'entre eux dépendent directement ou indirectement de l'agriculture pour leur survie (FAO, 2004). De ce qui précède, il ressort que les écosystèmes forestiers sont grandement sollicités pour répondre aux besoins des ménages en énergie-bois. Et, il faudra reconnaître que la fourniture de bois de feu et de charbon de bois est associée à des problèmes écologiques tels que la déforestation, contribuant au cercle vicieux d'érosion des sols et de changement climatique (Brown, Cabarle et al., 1997 ; White, Cannel et al., 1999). Les problèmes associés comprennent aussi les coûts sociaux élevés, en particulier les problèmes de santé respiratoire (Bruce, Perez –Padilla et al., 2002, Nash & Luttrell, 2006) qui peuvent être mal utilisés par les pauvres chroniques.

Revue de la littérature

Le dictionnaire encyclopédique Larousse (1979) définit un enjeu comme étant « une somme d'argent ou objet que l'on risque dans une partie de jeu et qui revient au gagnant », ou aussi comme étant « ce qu'on peut gagner ou perdre dans une entreprise ». Ainsi, un enjeu est à comprendre comme quelque chose que l'on risque dans une compétition, une activité économique ou une situation vis-à-vis d'un aléa. C'est donc aussi ce que l'on peut gagner ou perdre dans ce qui est fait ou entrepris. Et dans la pratique, l'enjeu représente les gains et les pertes probables et très souvent, il est généralisé aux facteurs impliquant des gains et des risques.

Au niveau de l'exploitation forestière, activité de mise en valeur des produits forestiers, plusieurs recherches ont été menées et certaines ont ressorti ses enjeux tant au point de vue économique, social qu'écologique ou environnemental.

Maya Leroy et Al. (2013), dans leur étude sur la gestion durable des forêts tropicales ont révélé que « la forêt, notamment tropicale, se trouve au cœur des questions de développement durable, aussi bien pour ses enjeux écologiques (conservation de la biodiversité végétale et animale, régulation des ressources en eau, stockage du carbone, etc.), sociales (amélioration des conditions de vie des populations qui en dépendent, valorisation des connaissances traditionnelles, maintien de l'existence de ces écosystèmes pour les générations futures, etc.) qu'économiques (production et exploitation des ressources ligneuses, source de revenus pour les populations locales, etc.) ».

Philippe Hugon (2005), dans une étude sur les enjeux posés par le développement durable, a reconnu que les enjeux environnementaux tels que la pollution, l'effet de serre et l'émission de dioxyde de carbone, les changements de climat, les cyclones, la rareté de l'eau, la désertification dans de nombreuses régions du monde ou les inondations et les pluies torrentielles dans d'autres régions ont pris une acuité croissante. Selon lui, ce sont les pays pauvres qui y sont les plus exposés du fait de leur faible résilience. Ayant abordé les enjeux et défis liés à la gestion des ressources forestières en RDC, Nyange (2015) a, pour sa part, pensé qu'une bonne gestion des ressources naturelles de la RDC constituerait une source inépuisable de bienfaits, non seulement pour les populations congolaises mais aussi pour celles de la planète toute entière. Par exemple, valoriser la protection des ressources naturelles par l'écotourisme en faisant participer les communautés locales serait profitable pour ces dernières. Il s'agit par exemple des emplois créés, des revenus distribués et des recettes fiscales collectées. Pour Nasi et Frost (2009), l'exploitation forestière industrielle sous les tropiques n'assure pas le maintien de la composition forestière. La perte de la biodiversité, la déforestation et la dégradation des forêts sont ses enjeux écologiques. Aussi, pour répondre à toutes les inquiétudes suscitées particulièrement par la carbonisation du bois, plusieurs études sont menées tant au niveau national qu'international. Des résultats obtenus se dégagent l'importance des solutions immédiates. A ce sujet, Madalgie (2001) a fait remarquer qu'en Afrique centrale, comme sur la côte Est de Madagascar, ce sont les forêts tropicales qui fournissent l'essentiel

du matériel ligneux et, un prélèvement massif sur le couvert végétal, pour assurer les besoins énergétiques, accroît le processus de désertification et la dégradation de la biodiversité car, plus de 2,5 millions d'hectares (25.000 km²) sont défrichés chaque année sur le continent.

Une étude de la filière bois - énergie a été menée au Sud Kivu (RDC), principalement dans la ville de Bukavu (Serre Duhem et Ntoto M'vubu, 2012). Celle-ci a fait constater que les ménages de Bukavu consommaient au moins 5.200 sacs de charbon de bois par jour (260.000 kgs ou 260 tonnes puisque le poids moyen d'un sac était estimé à 50 kgs) pour une population d'au moins 700.000 habitants (PNUD, 2009). Une autre étude effectuée dans le cadre du Projet MAKALA (Schure et al., 2011) s'est intéressée aux villes de Kinshasa et Kisangani. Il y était ressorti que le charbon de bois est une ressource importante utilisée dans les ménages de ces deux villes avec respectivement 75 % pour Kinshasa et 72 % pour Kisangani. Aussi, les besoins annuels en charbon de bois ont été évalués à 490.000 tonnes pour Kinshasa (avec une population d'au moins 5,8 millions d'habitants) et 16.000 tonnes pour Kisangani qui comptait au moins 1,1 millions d'habitants (Nations Unies, 2010).

Pour leur part, Kapa et Mboma (2009) avait annoncé que les besoins dendroénergétiques entamaient annuellement près de 200 000 hectares de forêts naturelles. Ils ont révélé que les régions les plus touchées étaient Kinshasa, le Katanga et les deux Kasai, à cause de la prédominance des centres urbains, qui, par ricochet, entraîne une grande concentration de la population. Selon eux, la même tendance s'observait dans les provinces du Kongo central, de Bandundu et du Kivu. Au Kongo central, selon le rapport de la Banque Mondiale (2009), le secteur forestier souffre encore d'une exploitation passée excessive et la production forestière a sensiblement baissé depuis les années 80 en raison de la surexploitation des réserves forestières. Les statistiques disponibles à ce sujet placent cette province comme celle où la forêt a été la plus exploitée de toutes les provinces, avec un taux de déboisement annuel de 0,6%, soit trois fois supérieure à la moyenne nationale de 0,2%. Pareillement, le bois y représente plus de 90 % de la consommation énergétique des ménages, soit comme bois de chauffe, soit comme charbon.

De ce fait, il faudra reconnaître que l'exploitation forestière en général et la carbonisation du bois en particulier qui, économiquement, est bénéfique pour la communauté qui l'exerce, peut également être source d'un dysfonctionnement au sein de cette même communauté ou conduire à des effets nocifs surtout au niveau des écosystèmes. Elle peut entraîner des conflits sociaux et réduire la possibilité de production si elle ne respecte pas les normes requises. C'est pourquoi, dans le souci d'une gestion durable de la forêt, le sommet de Rio de Janeiro a été une occasion de prendre conscience sur les enjeux liés à la perte de la biodiversité et sur la responsabilité qui incombe à tous de gérer les ressources naturelles durablement. Donc, l'accent y a été plus mis sur les aspects écologiques et sur celles économiques. Dix ans après, le sommet de Johannesburg fera réapparaître les aspects sociaux au centre des problématiques environnementales en attirant l'attention sur la lutte contre la pauvreté, puisque « *les enjeux de conservation pure de la biodiversité sont étroitement corrélés aux différentes dimensions du développement durable et à l'amélioration des conditions de vie des populations* ».

De ce qui précède, la présente recherche voudra répondre aux questions ci-après :

- Quels sont les déterminants de la carbonisation du bois dans la périphérie de Boma ?
- Dans l'exploitation de la forêt par la carbonisation du bois, qu'est-ce que la population de la périphérie de Boma gagne et quels sont les effets négatifs de cette activité ?
- Quelles sont les stratégies à mettre en place pour que les effets positifs de cette activité contribuent effectivement au développement économique de la région et ses effets négatifs soient réduits ?

Si ces questions sont posées, c'est pour arriver à pour déterminer ce qui conduit à la carbonisation du bois dans la périphérie de Boma, évaluer son apport dans l'amélioration de la vie des populations rurales, déterminer les dégâts causés par cette activité (Il s'agit en d'autres termes d'identifier les gains apportés et les pertes que fait courir la carbonisation par la prise en compte ou non de certains facteurs socioéconomiques et environnementaux) et proposer quelques stratégies adéquates pour que la production du charbon de bois soit moins destructrice de la forêt.

Milieu d'étude

Cette étude est menée dans la périphérie de Boma, une des villes de la province du Kongo Central, en RDC. Cette périphérie, pour sa part, appartient au secteur de Boma Bumbu dans le territoire de Muanda. En effet, le secteur de Boma Bumbu a été créée sous le N°194/SEC.AC de Juin 1937 et complété par le n° 416/2040 AIMO du 15 juillet 1942 (Shaje Tshilula, 1993). Il s'étend d'Est à l'Ouest et du Nord au Sud sur 2.042 km² que couvraient 70.297 habitants jusqu'au 31 décembre 2020 (ZS de Boma Bumbu, 2021) avec une densité de 64 habitants au km² sur ses 15 groupements, 147 villages et 3 agglomérations (Sindi-km8, Lovo-Matene-km 22 et Mangala-km 39). Ce Secteur est borné à l'Est par le Secteur de Bundi/Territoire de Seke Banza ; à l'Ouest, il est limité par le secteur d'Assolongo ; au Nord, il y a le Secteur de Patu, Territoire de Lukula et au sud, le fleuve Congo le sépare de la République d'Angola.

Au point de vue de la végétation, Boma Bumbu possède, dans sa partie Ouest, des formations herbeuses et une forêt dense humide semi décidue en passant par des formations édaphiques sur les sols hydromorphes. Malheureusement, ces forêts sont vulnérables et, à la suite de l'exploitation, certaines zones ont laissé la place à des savanes (avec des espèces appartenant aux *Andropogoneae* comme le *Panicum*, le *Pennisetum*, l'*Andropogon*, le *Seteria*, l'*Hyparrhenia*, le *Sorghum* et l'*Imperata*) et une altération de la flore locale (présence du *Chromolaena odorata* communément appelé « Zaïre » ou elles survivent sous forme d'îlots et, le long des cours d'eau, de forêts – galeries. Dans la partie Est de ce secteur se retrouve la réserve de biosphère de Luki, avec une superficie de 32.714 ha (soit 330 Km²), une forêt soumise à des restrictions pour son exploitation (Code forestier Congolais, Art. 10 et 12). Économiquement, Boma Bumbu est entièrement rurale. Ainsi, sa population vit essentiellement de l'agriculture, du jardinage, de l'élevage du petit bétail et de l'exploitation forestière artisanale sans oublier la pêche le long du fleuve, la chasse,

le petit commerce et l'artisanat. Mais, sur la route de Muanda se retrouve la Société de Grands Elevages (GEI) avec un grand cheptel de bœuf utilisant, en grande partie, une main-d'œuvre en provenance de Boma.

MÉTHODOLOGIE

Source des données : Pour mener cette étude, les données sont issues d'une enquête organisée auprès des producteurs du charbon de bois (charbonniers) dans douze villages de la périphérie de la ville de Boma avec une intense activité de carbonisation du bois. Il y a également des villages qui ont été choisis en fonction de leur proximité de la réserve de biosphère de Luki. Au sein de ces villages, l'échantillon a été constitué accidentellement (ou par convenance) par le fait que ces carbonisateurs en font partie du fait de leur présence au village au moment de l'enquête. Ils ont également accepté de répondre aux préoccupations de l'enquêteur en lui fournissant les informations utiles et y résident. Cette enquête s'est déroulée de janvier à mars 2021. Leur groupement d'origine, leur village et leur localisation par rapport à Boma sont repris dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1. Des villages enquêtés, leur localisation, la distance par rapport à Boma et le nombre de carbonisateurs enquêtés

N°	Groupement	Village	Distance de Boma	Localisation par rapport à Boma	Nbre de carbonisateurs
1.	Kisadi Matuvi	Mangala	30 km	Nord/Route vers Tshela	5
2.	Lemba Nkanzu (Mayanda)	Kiwele Wele 1	15 km	Vallée de Mayanda	20
		Kiwele Wele 2 Lovo	16 km		
			12 km		
3.	Lolo Vevelo	Km 28, Lovo-Manterne	28 km	Nord/Route vers Tshela	10
			22 Km		
		Kifulu	30 km		
4.	Lunga Vasa	Kinkudu	40 km	Est/Route vers Matadi	15
4.	Lunga Vasa	Lunga Vasa	28 km	Est/Route vers Matadi	10
5.	Manzali	Khanzi	45 km	Ouest/Route vers Muanda	20
6.	Tumba	Tumba Kituti	45 km	Est/Route vers Matadi	10
Total					90

Source : Nos enquêtes, Mars 2021

Ce tableau renseigne que 90 carbonisateurs ont été enquêtés dans six groupements et onze villages de la périphérie de Boma. Le questionnaire a porté sur leurs caractéristiques sociodémographiques, l'organisation de l'activité, l'exploitation du charbon de bois dans différents villages, la commercialisation ainsi que les taxes et redevances payés. Les stratégies envisagées pour que la carbonisation du bois s'inscrive dans une gestion forestière durable n'ont pas été oubliées. Ainsi, les variables pertinentes choisies du point de vue socioéconomique sont le respect du droit, l'implication dans la gestion durable de la forêt, la pauvreté des populations, l'assurance d'un emploi rémunéré et l'ascension sociale. Du côté écologique, la perturbation de l'écosystème, la pollution de l'air et la disparition de la forêt sont les variables concernées. Et, le tableau 2 ci-dessous donne les indicateurs relatifs à chaque variable.

Pour mener cette étude, les approches quantitatives et qualitatives ont été utilisées. L'approche quantitative s'est caractérisée par l'emploi d'une enquête, l'analyse statistique dans la collecte et la production des données et des résultats, tandis que celle qualitative, appuyée par l'observation, a aidé à comprendre la complexité de l'activité de la carbonisation du bois, ainsi que des relations qui en découlent.

Pour obtenir la production moyenne du charbon de bois par stère de bois et les superficies nécessaires pour la construction de la meule (four à charbon), 8 carbonisateurs ont été suivis, d'octobre à décembre 2020, de l'abattage des arbres jusqu'à la production du charbon de bois. Ce qui a permis de se rendre compte du mode d'abattage des arbres, de mesurer les superficies de forêt détruites et d'estimer le nombre de stère de bois nécessaires pour acquérir une quantité déterminée de charbon de bois. Ces observations ont eu lieu au cours des mois de septembre, octobre et novembre 2020. L'étude aurait voulu élargir cet échantillon, mais cela s'est avéré difficile, compte tenu du temps et de la volonté des producteurs à accepter de laisser le chercheur suivre l'évolution de leurs activités.

RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Selon les enquêtes effectuées (Tableau n°2), tous les carbonisateurs sont du sexe masculin (100 %), ce qui signifie que cette tâche est exclusivement masculine. Concernant l'âge, les carbonisateurs sont plus adultes (68,9 %), que jeunes ou vieux. Ils sont en majorité mariés (81,1 %) et donc doivent assurer la survie de leurs ménages. Parmi eux, certains sont des ayants droits ou des autochtones (36,7%), allochtones (36,7%) ou locataires de terre (26,7%). Quant à leur niveau d'instruction, ceux du niveau primaire sont plus nombreux (56,7 %) même si certains sont sans instruction (3,3%) ou du niveau secondaire (40,6 %). En plus, 88,9 % des enquêtés exercent un autre métier en dehors de la carbonisation du bois (tous sont agriculteurs, même si

l'agriculture est combinée au commerce ou à une autre activité) et 13,3 % seulement sont membres d'une association. Il s'agit plus des comités locaux de développement mis en place par des projets qui ont été réalisés dans le milieu.

Tableau 3. Caractéristiques sociodémographiques des carbonisateurs

Variables	Modalités	Effectif	%
Sexe	Masculin	90	100
	Féminin	0	0
Age	Jeunes (moins de 26 ans)	13	14,4
	Adultes (entre 26 et 65 ans)	62	68,9
	Vieux (plus de 65 ans)	15	16,7
Situation matrimoniale	Célibataire	12	13,3
	Marié	73	81,1
	Divorcé	2	2,2
	Veuf	3	3,3
Statut au niveau du village	Ayant droit	33	36,7
	Allochtone	33	36,7
	Locataire	24	26,7
Niveau d'instruction	Sans instruction	3	3,3
	Primaire	51	56,7
	Secondaire	36	40
Autre activité de survie	Oui	80	88,9
	Non	10	11,1
Appartenance à une association	Oui	12	13,3
	Non	78	86,7

Source : Enquêtes, Janvier, Février, Mars 2021

En dehors de ces caractéristiques, les enquêtes se sont intéressées au nombre d'années passées dans la profession de carbonisation du bois. Ce qui est repris dans le graphique ci-dessous.

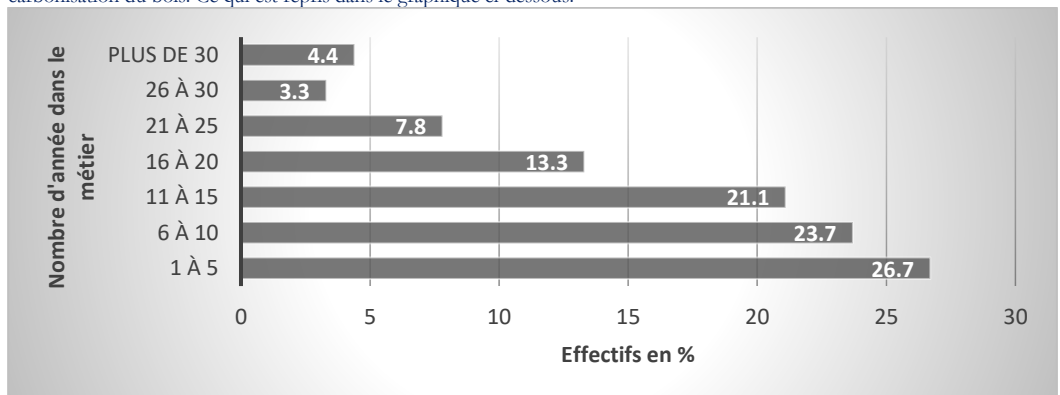


Figure 1. Nombre d'années dans l'exercice de la carbonisation du bois (Source : Nos enquêtes, 2021)

Au regard des résultats trouvés, il est remarqué que la carbonisation du bois est une profession dans laquelle il y a des gens qui l'exercent depuis plusieurs années et des nouveaux entrants. Seulement, le nombre de carbonisateurs diminue avec le nombre d'année. Ce qui peut être justifié par le fait que ce travail exige beaucoup d'efforts physiques, ainsi attire-t-il plus les jeunes que les vieux.

Organisation et exploitation du charbon de bois

Les enquêtes ont décelé que 72 % de producteurs rencontrés ont appris à carboniser le bois (Fig.2), les uns par les membres de leurs familles (26,1%), les autres par ceux qu'ils accompagnent lors de la carbonisation du bois (67,7%) ou par les deux catégories de personnes (6,2%). Il a aussi été remarqué que cet apprentissage est presque gratuit selon les affirmations de 92,3 % des enquêtés (Fig. 3). Ce qui signifie que l'entrée dans ce métier est facilitée par la bonne volonté des anciens à initier les nouveaux.

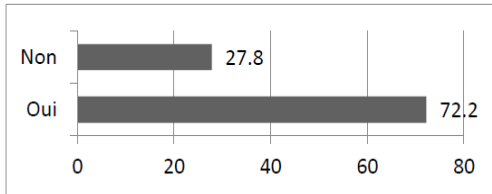


Figure 2. Apprentissage ou non de la carbonisation du bois (Source : Nos enquêtes, 2021)

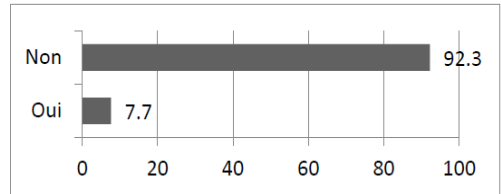


Figure 3. Paiement ou non pour l'apprentissage

La carbonisation du bois dans la périphérie de Boma a lieu à tout moment selon 48,9 % d'enquêtés (Fig. 4) pendant que pour d'autres, elle est périodique (soit pendant la saison sèche seulement ou la saison pluvieuse, soit encore seulement pendant le débardage des champs). Cette activité se déroule soit sur leurs propres terres, c'est-à-dire des terres achetées ou familiales (51,1%) ou non (48,9 %) (Fig. 5). Pour les locataires, la forêt exploitée est soit une propriété de l'Etat : la réserve de biosphère de Luki (27,3 %), soit ils sont locataires (63,6%). Une proportion de 9,1% n'est attachée à aucune terre et achète les arbres à carboniser (Fig. 6). Il faut mentionner que la carbonisation du bois, dans la périphérie de Boma, est effectuée à l'endroit où les arbres sont abattus. Ce qui lui donne le caractère d'itinérant.

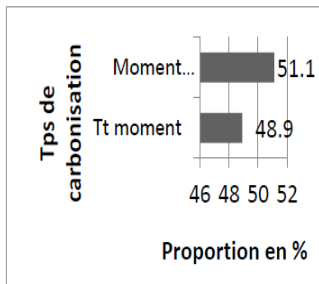


Fig. 4 : Période de carbonisation

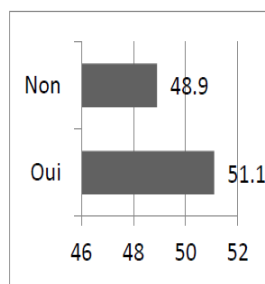


Fig. 5 : Propriétaire de terre

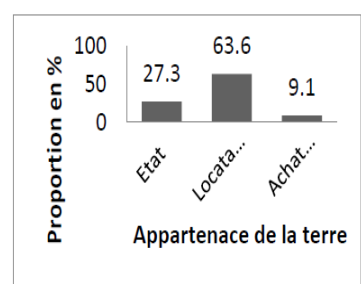


Fig. 6. Appartenance de la terre ou non (Source : Nos enquêtes, 2021)

A partir de cette activité, les producteurs du charbon de bois enquêtés ont reconnu avoir acquis des biens importants (Fig. 7) : meubles, parcelles, animaux à élever, motos, instruments de travail, habits, téléphones, radio et vélo. D'autres affectent les ressources gagnées à la scolarisation des enfants, à la construction des maisons et aux soins de santé. De ces biens, les meubles ont été les plus cités (tables, chaises, lits, fauteuils), suivi de la construction des maisons (achat des tôles, paiement de la main-d'œuvre, achat du ciment et peinture). Certains carbonisateurs (surtout ceux de Mayanda qui sont très proches de Boma) ont reconnu avoir même acheté des terrains (pour la construction des maisons) à Boma. En effet, l'acquisition de ces biens et la satisfaction des besoins énumérés constituent des retombées positives de la carbonisation du bois.

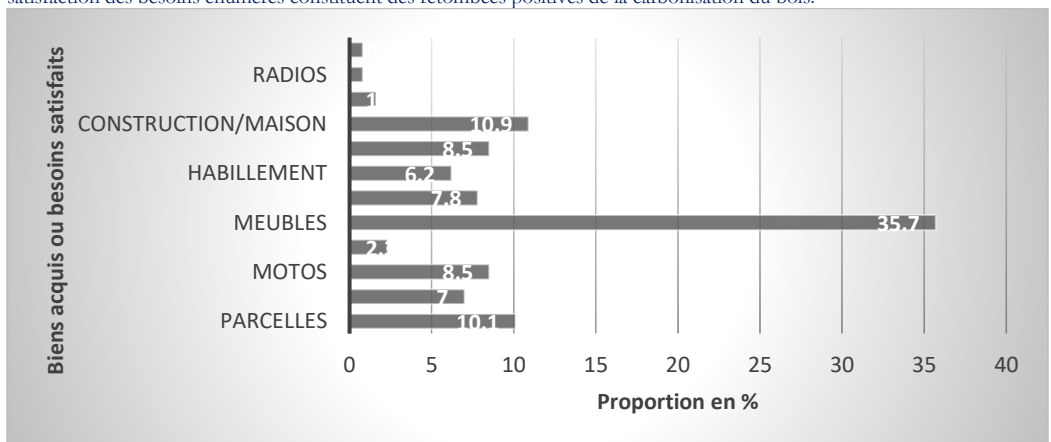


Fig. 7 : Biens importants acquis à partir de la carbonisation du bois (Source : Nos enquêtes, 2021)

Bien que la production du charbon de bois aide les carbonisateurs à l'acquisition des biens importants, 91,1% d'entre eux ont déclaré que la vie dans la périphérie de Boma était possible sans la carbonisation du bois (Fig.8). Seulement, face à la demande permanente de leur production sur le marché de Boma, la carbonisation du bois, bien qu'elle soit pénible, leur offre la possibilité de gagner assez vite d'argent, et de s'acheter des biens de valeurs, contrairement aux activités agricoles qui offrent une production, parfois aléatoire, après une longue période d'attente. Aussi, 87 % de carbonisateurs du bois ont reconnu que leur activité est un appui important à l'agriculture par le paiement de la main-d'œuvre, l'achat des terrains et des semences. (Fig.9). Dans l'exercice de leur travail, le nombre de fours construits annuellement par les carbonisateurs est fonction de la capacité de chacun et de la disponibilité des arbres (Figure 10). La plus grande proportion est celle qui monte quatre fours par année (22,5%), suivi de ceux qui en ont deux (19,1%). Le nombre moyen de fours monté par chaque producteur est de 4,39 fours, avec un écart type de 1,998 et une variance de 3,991. Ce qui signifie que leur production annuelle presque identique, puisque l'écart type ne s'écarte pas trop de la moyenne.

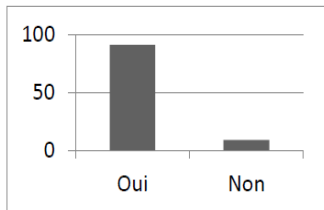


Fig. 8 : Possibilité de survie ou non sans la carbonisation

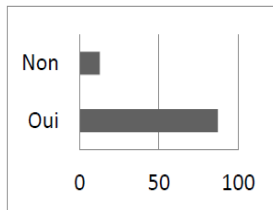


Fig.9 : Carbonisation du bois : appui ou non à l'agriculture

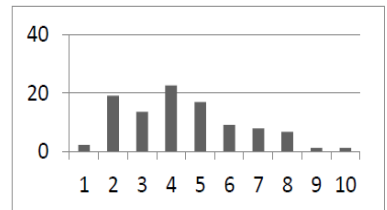


Fig. 10 : Nbre de fours/année (Source : Nos enquêtes, 2021)

S'agissant du nombre de personnes utilisées dans la production, les calculs statistiques ont trouvé une moyenne de 6,76 personnes soit 7 avec un écart-type de 3,044 et une variance de 9,264. En fait les données récoltées sont telles que le nombre de personnes utilisé varie entre 1 et 15, avec une proportion plus grande pour ceux qui utilisent au moins six personnes (14,8 %). Ce qui signifie que la carbonisation du bois mobilise une main-d'œuvre importante. Elle est donc source d'emplois au niveau de la périphérie de Boma. Ces emplois sont également permanents et permettent de gagner des revenus à tout instant. Puisque la production du charbon de bois se poursuit inlassablement, l'étude s'est intéressée à la disponibilité actuelle de la ressource et de sa pérennisation. Les enquêtés (94 %) ont reconnu qu'actuellement, ils trouvent encore des arbres à exploiter (Fig. 11) et 93,3 % d'entre-eux ont déclaré que la disponibilité de cette ressource n'est plus la même qu'avant (Fig. 12) à cause de la pression exercée sur la forêt et du manque de reboisement. C'est ainsi que pour 41 % des carbonisateurs, il n'y a plus de choix dans les arbres à couper (Fig. 13). Toutes les essences sont sollicitées.

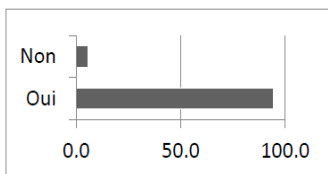


Fig. 11 : Disponibilité actuelle des arbres

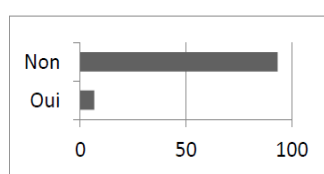


Fig. 12 : Disponibilité ou pas des arbres comme avant

(Source : Nos enquêtes, 2021)

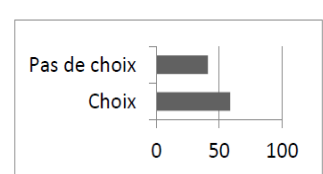


Fig. 13. Choix ou non des arbres à couper

Face aux inquiétudes soulevées par la disponibilité de la ressource ligneuse pour la carbonisation et le manque de choix, l'enquête s'est aussi penchée sur la pratique de la sylviculture pour pérenniser sa disponibilité et les distances parcourues actuellement pour avoir des arbres à carboniser. A cet effet, seulement 46 % de producteurs ont reconnu avoir déjà planté au moins un arbre dans la forêt (Fig. 14). Il s'agit plus des propriétaires des terres qui plantent des arbres fruitiers (Avocatsiers et safoutiers), puisque pour les essences forestières, les populations pensent qu'elles doivent continuer à pousser d'elles-mêmes (régénération naturelle). S'agissant des distances à parcourir pour l'exploitation du charbon de bois (Fig. 15), l'enquête a fait savoir que celles-ci sont même supérieures à 15 kilomètres, même si le plus grand nombre a encore à parcourir jusqu'à 5 km. Et s'il faut tenir compte de ces distances parcourues selon le milieu, c'est à Tumba Kituti, une enclave de la réserve de Luki et Khanzi que les lieux de carbonisation sont les plus éloignés.

L'exploitation du charbon de bois exige des prélèvements des produits ligneux et le défrichement des espaces pour la construction des fours. Ainsi, comme annoncé dans la méthodologie, 8 producteurs ont été suivis, de l'abattage jusqu'à la carbonisation du bois pour déterminer le volume du bois prélevé, la superficie défrichée et le nombre de sacs produits. Les données récoltées sont présentées ci - dessous

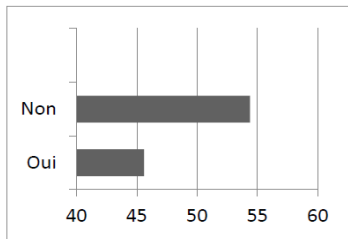


Fig. 14 : Pratique ou non de la sylviculture

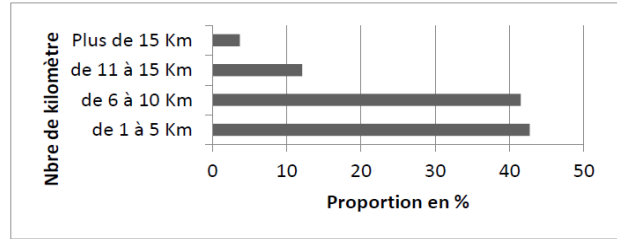


Fig. 15 : Distances parcourues par les carbonisateurs

Tableau 2 : Données des prélèvements chez 8 carbonisateurs du bois et calcul de la production moyenne

N° Four	Volume/Stères	Superficie Défrichée/m ²	Nbre de sacs produits	Nbre de sacs/Stère
Four 1	24,84	88,58	46	1,87
Four 2	22,87	156,17	40	1,74
Four 3	40,56	147,50	60	1,46
Four 4	30,38	129,72	51	1,68
Four 5	30,69	107,50	53	1,72
Four 6	16,19	108,78	27	1,67
Four 7	21,47	134,40	34	1,58
Four 8	20,83	81,34	31	1,49
Total	207,83	953,99	342	13,21
Moyenne	26	119,29	43	1,65
Ecart type	7,63	27,06	11,68	0,135
Variance	58,26	732,26	135,929	0,018

Source : Données de prélèvement, Oct-Nov-Déc, 2020

De ce tableau, il ressort que le volume moyen des fours suivis est de 26 m³ avec un écart-type de 7,63. La superficie totale défrichée pour construire ces fours est de 953,99 m² soit une moyenne de 119,29 m² par four et un écart-type de 27,06. Voilà pourquoi, à cause de la carbonisation du bois, il y a, dans la forêt de la périphérie de Boma, plusieurs mètres cubes de bois sacrifiés et défriches non plantées ou non utilisés. Ce qui constitue une perte énorme et un indicateur d'une gestion non durable de la ressource forestière. Et, selon le tableau ci-dessus, ces fours suivis ont produit, en moyenne 43 sacs avec un écart-type de 11,68, tandis que le nombre de sacs par stère de bois est de 1,65 en moyenne avec un écart-type de 0,135. Ici, il faudra comprendre que pour le nombre de sacs produits, il y a une grande dispersion par rapport à la moyenne (en fait, tous les sacs sont des différentes dimensions et le même poids), alors que pour la production par stère de bois est proche de la moyenne puisque les techniques utilisées sont les mêmes dans toute la zone.

Les coûts d'exploitation, vente du charbon de bois et taxes y relatives

L'exploitation du charbon de bois exige des coûts. Ils sont relatifs à l'acquisition des arbres pour la carbonisation, de leur abattage, de la construction du four et du transport du charbon, du lieu de production au lieu d'entreposage pour la vente. Pour les ayants droits, cette production a lieu sur leurs propres terres, mais pour les allochtones et les locataires, des frais sont payés pour accéder à la ressource. Selon l'enquête, 34 % de carbonisateurs du bois payent des redevances aux propriétaires des forêts qu'ils exploitent (Fig. 16). Elles varient entre 10.000 FC et 50.000 FC par année, selon la superficie exploitée. Pour l'exploitation du charbon de bois, la loi exige la détention d'un permis de coupe, malheureusement, aucun enquêté n'a reconnu l'avoir payé. Ce qui signifie que leurs activités se déroulent sans le contrôle de l'Etat. Le prix du montage d'un four varie entre 40.000 FC et 125.000 FC. Et, selon les enquêtes, le prix payé pour le transport varie entre 1000 FC et 1500 FC. Ce portage est plus exercé par les femmes et constitue pour elles, une opportunité de gagner assez vite d'argent. Là où la route est bonne, le charbon de bois est transporté par moto ou véhicule.

Bien qu'aucun enquêté n'ait pu déterminer le revenu annuel obtenu à partir de la carbonisation du bois, 91,1 % d'entre eux ont pensé qu'ils réalisent des bénéfices dans l'exercice de leur activité (Fig. 17).

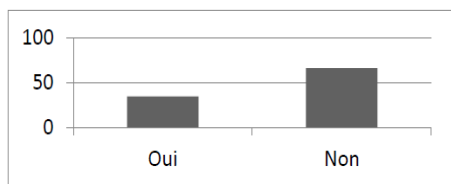


Fig 16 : Paiement ou non d'une redevance

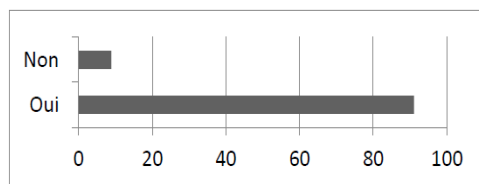


Fig 17 : réalisation ou non d'un bénéfice

Source : Nos enquêtes, 2021

Après la production, le charbon de bois est vendu. Mais son prix est fonction du lieu de sa production, de la qualité du bois utilisé et de la saison. En fait, le charbon de bois coûte plus cher en saison de pluie, à cause de la difficulté de mener l'activité durant cette saison, sans oublier le mauvais état des routes et pistes rurales. Ainsi, son prix varie entre 3.500 FC et 8.000 FC en saison sèche tandis qu'il va de 5.000 FC jusqu'à 10.000 FC. Pour vendre leur production, 53 % des carbonisateurs ont reconnu avoir des clients réguliers (fig. 18), c'est-à-dire des acheteurs bien connus en provenance de Boma. Ceux qui n'ont pas de clients réguliers vendent leurs produits à tout celui qui en exprime le besoin. Certains vont jusqu'à Boma, vendre eux-mêmes leur production, surtout ceux de la vallée de Mayanda (Groupement Lemba Nkazu) qui sont les plus proches de la ville. Pour vendre le charbon de bois, 75,3 % de producteurs enquêtés ont déclaré que les acheteurs ne passent pas de commandes (Fig. 19), ils en achètent quand ils en ont besoin. C'est ainsi que 83 % d'entre-eux ont reconnu qu'ils ont rarement de difficultés pour écouler leur produit sur le marché (Fig. 20). Seulement, ceux-ci se sont plaints du fait que le prix du charbon de bois n'évolue pas dans le même sens que ceux des produits de base dont ils ont besoin pour leur survie.

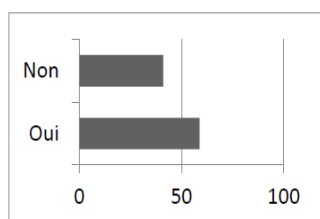


Fig. 18 : Vente à des clients réguliers ou non

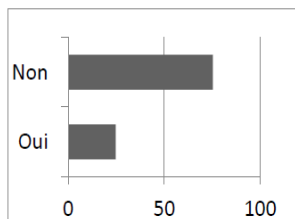


Fig. 19 : Passation ou non des commandes

(Sources : Nos enquêtes, 2021)

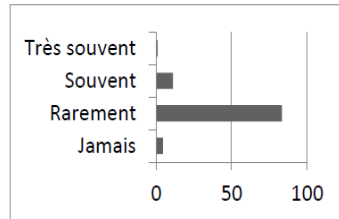


Fig. 20. Difficulté dans la vente du charbon de bois

DISCUSSION GÉNÉRALE

Les déterminants de la production du charbon de bois dans la périphérie de Boma

Si la carbonisation du bois est présente dans la périphérie de Boma, c'est à cause de la précarité ou de la vulnérabilité de la vie dans les milieux ruraux (CASTEL, 1991). En effet, une étude menée par Lucie Chartier (2015), affirmait que le taux de pauvreté des agriculteurs reste très supérieur à la moyenne de la population, et s'accroît ces dernières années passant de 13 % en 2006 à 24 % en 2010. Selon ce chercheur, la fragilisation professionnelle des agriculteurs est tangible avec le manque de revenu tiré du travail agricole. Pour augmenter ou au moins sécuriser leurs revenus, et réduire les risques de variation, les ménages agricoles mettent en place diverses stratégies, dont la diversification de leurs sources de revenu. Aussi, puisque chez les paysans, il est observé que plus le revenu agricole est faible, plus la pluriactivité est fréquente, donc il peut être confirmé qu'elle est ainsi bien qu'elle est une nécessité économique (INSEE, 2006).

Peemans (2008) a abondé dans le même sens en écrivant que pour remédier à cette précarité, provoquée par le caractère saisonnier de l'activité agricole, les faibles rendements et des revenus réduits, les agriculteurs ont massivement recours à la pluriactivité ou à la stratégie paysanne de diversification. Ils sont obligés d'utiliser leur temps libre à d'autres activités, qui ne sont pas incompatibles, mais complémentaires. Ce qui constitue la caractéristique principale de l'économie populaire ou d'une économie de débrouillardise, puisque le paysan est à la fois coupeur de noix de palme, et vendeur de braises ou à la fois agriculteur, ramasseur des champignons et chasseur de gibier (Ngalamulume Tshieube, 2013).

Aussi, l'une des contributions apportées aux économies locales par l'exploitation forestière est l'emploi qu'elles offrent à des très nombreux ruraux. Ces activités procurent souvent un emploi saisonnier dans les périodes où les autres possibilités de travail rémunéré sont rares, surtout pour les ruraux les plus pauvres. Les femmes de la périphérie de Boma ont une opportunité d'acquiescer des revenus monétaires par le transport du charbon. Ces revenus sont plus rassurants que ceux de l'agriculture. Voilà pourquoi, comme l'a pensé Ekoty (2010), il est reconnu que la valorisation des ressources par leur aménagement et leur exploitation est devenue une condition de plus en plus incontournable et permet de créer des emplois.

La production du charbon de bois dans la périphérie de Boma est également déterminée par la présence permanente de la clientèle, la proximité de la ville et donc des coûts de transport réduits. A cet effet, les producteurs ont reconnu qu'ils n'éprouvent pas de difficultés dans la vente de leur production. En fait, économiquement, la polarisation des activités est prise en compte car comme l'a démontré Harold Hotelling, la localisation idéale d'une activité est celle qui minimise la moyenne des distances entre le producteur et chaque consommateur.

La production du charbon de bois et l'amélioration de la vie des populations rurales

Dans un milieu rural comme la périphérie de Boma, l'agriculture constitue la principale activité de survie de la population (99 % des enquêtés l'exercent). En effet, il a été reconnu que sur 1,4 milliard de personnes en situation d'extrême pauvreté au niveau mondial, 1 milliard vivent en milieu rural et tirent leurs moyens de subsistance de l'agriculture et d'activités connexes (FIDA, 2011). Ce qui signifie que les ruraux pauvres dépendent directement et indirectement des ressources naturelles pour assurer leur subsistance, plus précisément de divers actifs naturels essentiels reposant sur des biens et services liés aux écosystèmes et à la biodiversité, qui leur procurent des aliments, du combustible et des fibres.

Seulement, cette agriculture exige des capitaux monétaires pour l'achat des semences, l'achat du matériel de travail (houes, machettes, haches...), la main-d'œuvre (défrichage et sarclage) sans oublier la survie des agriculteurs en attendant la récolte. Ainsi, la carbonisation du bois, grâce aux avantages qu'elle offre comme la possibilité de production pendant toute l'année, la présence permanente de la demande et le fait que le charbon de bois soit un produit non périssable, constitue une opportunité majeure. De ce fait, les carbonisateurs ont reconnu que leur activité soutient l'agriculture par l'achat des semences, des instruments de travail et le paiement de la main-d'œuvre agricole. En effet, cet appui est très important puisque les agriculteurs du Sud, n'ayant pas facilement accès à des services financiers adaptés à leurs besoins, ils ont généralement de grandes difficultés à acquérir les intrants nécessaires à la production agricole (Audrey Brulé – Françoise ET AL., 2016).

En dehors de son apport dans l'activité agricole, les carbonisateurs ont reconnu avoir acquis des terres soit à Boma ou dans leurs villages respectifs, construit des maisons et acheté des meubles, d'autres ont acquis des motocyclettes pour le transport des personnes et des marchandises ou acheté des animaux pour l'élevage. Loin de se limiter à ces avantages, les charbonniers affectent leurs revenus dans la scolarisation des enfants et le paiement des soins de santé. Aussi, il faudra souligner que la carbonisation du bois mobilise une main-d'œuvre importante.

La production du charbon de bois et la gestion durable de la forêt

Les résultats de l'enquête ont fait remarquer la production du charbon de bois dans la périphérie de Boma est destructrice de la forêt. C'est ce qui a été reconnu par Debroux (2007) en écrivant que tandis que dans les zones rurales, l'agriculture itinérante reste la cause dominante de la déforestation vu le sous-développement de l'exploitation du bois et le mauvais état des routes ; dans les zones périurbaines, la collecte de bois de chauffage et la production du charbon de bois sont les facteurs déterminants dans la dégradation et la disparition de la forêt. En fait, pour construire un four, il faut défricher en moyenne 119,29 m², superficie qui reste inutilisée au lieu de servir aux activités agricoles. Une centaine de fours par année exigera une superficie d'au moins 11929 m², sans oublier la destruction et le traumatisme des plantes pendant l'abattage qui est incontrôlé et la chaleur qui se dégage des meules pendant la carbonisation. En plus, la production moyenne est de 1,65 sac par stère de bois (soit environ 67 Kg avec des sacs dont la moyenne est de 40,5 kg¹). Ce résultat est inférieur à la production qui peut atteindre 85 Kg par stère de Bois (Briec Hardy et Joseph E. Dufey, 2012).

La production du charbon de bois dans la périphérie de Boma est également illégale et fait ressortir un manque criant de bonne gouvernance. Et pourtant, selon le code forestier congolais, elle ne doit être exercée que par les détenteurs des permis de coupe. Ces permis sont délivrés par l'administrateur du territoire du ressort de la forêt et est d'une durée d'un an, allant du 1^{er} au 31 décembre. Ce même code reconnaît que tout déboisement doit être compensé par un reboisement, en qualité et en superficie, au couvert forestier initial réalisé par l'auteur du déboisement ou à ses frais (Code Forestier Congolais, art. 52). Ce qui n'est pas appliqué selon les enquêtes, puisque plusieurs carbonisateurs sont soit locataires des forêts, soit acheteurs du bois.

Des réponses récoltées auprès des carbonisateurs du bois au sujet du paiement des taxes et du reboisement prouve à suffisance que dans la périphérie de Boma, il y a une grande défaillance dans la gestion de sa forêt. En effet, aucun charbonnier n'a reconnu être assujéti au paiement d'une taxe d'abattage, ni à celle de l'exploitation forestière par la carbonisation tel que prévu par le code forestier congolais (Art. 102). Les responsables chargés de la gestion de cette forêt (chefs de brigade forestière et chef de secteur) ont reconnu leur incapacité à jouer leur rôle, soit par manque de moyen matériel surtout pour leur mobilité, du personnel pour la surveillance permanente de l'exploitation forestière, soit par crainte des réactions des carbonisateurs.

Aussi, pour la périphérie de Boma et de manière précise pour la réserve de biosphère de Luki, Toirambe (2001) avait certifié qu'à cause de la dépendance des populations riveraines, sa zone de tampon destinée à la recherche expérimentale et à la mise au point des méthodes de gestion pouvant garantir la durabilité des ressources naturelles et la protection de l'aire centrale, est victime d'une pression anthropique qui la voue à la dégradation.

¹ Moyenne obtenue lors des enquêtes effectuées dans le cadre de l'étude sur les enjeux socioéconomiques et écologiques de la consommation du charbon de bois dans la ville de Boma.

Les stratégies adéquates pour une production du charbon de bois moins destructrice de la forêt.

Eu égard à la situation de la carbonisation dans la périphérie de Boma, de son incidence positive sur la vie des paysans, mais également de ses impacts négatifs dans la gestion durable de la forêt de la périphérie de Boma, plusieurs stratégies sont envisagées pour rendre la carbonisation durable et l'amener à une plus grande contribution dans le développement économique. Il s'agit de la pratique de l'arboriculture, de la formation des carbonisateurs, leur adhésion à des organisations pour une valorisation de leur production sans oublier la pratique d'une bonne gouvernance forestière.

L'arboriculture est envisagée, puisque la forêt s'éloigne de plus en plus du village. Ce qui oblige les carbonisateurs à parcourir des longues distances pour trouver des arbres à exploiter (jusqu'à 15 km pour certains producteurs. Planter des arbres garantissant la disponibilité de la ressource et assure la pratique future de la carbonisation. Ils pourront être abattus, transformés et vendus en cas de besoin urgent de liquidité, puisque, selon la FAO (1993), la réduction du risque est une considération importante pour les paysans les plus pauvres. Cette arboriculture peut être associée à l'agriculture (agroforesterie) avec l'utilisation des essences locales ou non à croissance rapide. Cette pratique constitue une utilisation rationnelle des ressources pour les agriculteurs. Les arbres d'une exploitation agricole contribuent à la sécurité alimentaire des paysans, à entretenir la productivité des terres et la protection des sols et des cultures et à diversifier les produits et les revenus. En somme, comme l'a pensé Tim Motis (2007), les systèmes agroforestiers réduisent les risques et accroissent la viabilité de l'agriculture tant à petite qu'à grande échelle. Ils sont des éléments fondamentaux du système agricole lui-même, lequel contient des nombreux autres sous-systèmes qui, pris ensemble, définissent un mode de vie. Dans la périphérie de Boma, pour que l'arboriculture ne contribue pas à la restriction des terres agricoles, les savanes peuvent être mises en contribution.

Etant donné que les carbonisateurs n'ont pas reconnu avoir été formés dans la pratique de leur activité et que de manière générale, les paysans des pays pauvres souffrent de cette carence, des formations sont à initier dans la périphérie de Boma. Ceux-ci peuvent faire partie des programmes gouvernementaux ou l'œuvre des organisations qui œuvrent dans la zone. En effet, la formation est une des dimensions de la responsabilité sociale. Elle aide à repenser le rapport entre l'homme et la nature, à prendre conscience des menaces qui pèsent sur lui, à découvrir que la nature n'est pas un objet, à renforcer la connaissance de la législation que la communauté locale ignore faute de sa vulgarisation, à prendre part aux réflexions, prélude du dialogue ou aux échanges avant d'aboutir aux décisions. Autrement, la formation permet d'améliorer l'information sur les problèmes d'environnement et sur les moyens à mobiliser pour les atténuer, ainsi que la nécessité de renforcer l'engagement individuel et collectif, privé et public, afin de modifier des pratiques (Muis, 2008).

La formation à faire bénéficier aux producteurs devra leur faire découvrir que la forêt est un écosystème, c'est-à-dire une unité fonctionnelle formant un tout, composé de biotope hétérogène et de biocénose hétérogène ayant des relations et interrelations entre les éléments. Le retrait d'un de ces éléments, c'est-à-dire l'arbre, entraîne une rupture d'équilibre. Ceci se manifeste notamment par la disparition des niches écologiques, la modification du climat, la modification des précipitations, l'érosion du sol, la réduction de l'infiltration qui provoque l'augmentation du ruissellement qui, à son tour, peut entraîner des inondations. Ainsi, en fournissant aux communautés rurales les méthodes, la formation et l'accompagnement nécessaires, l'exploitation du bois –énergie peut s'effectuer dans un cadre durable, préservant, voire enrichissant, le capital ligneux. Le suivi écologique réalisé au Niger a fait la preuve que le bois énergie produit dans un tel cadre est bien une ressource renouvelable (Ichau et al., 2005). En plus, les carbonisateurs du bois doivent être formés non seulement pour le montage des meules, afin de maximiser leur production, mais aussi à la comptabilité élémentaire et à l'agroforesterie. Pour la réussite de cette formation, ou pour qu'elle devienne un élément de transformation économique et sociale dans le milieu, les instruments à utiliser peuvent être la planification écologique (programme d'action, projets, diagnostics territoriaux permanents et études d'impacts), des programmes volontaires ou obligatoires d'informations et de sensibilisation aux dangers de la surexploitation de la forêt et aux bienfaits d'une exploitation à faible impact, sans oublier l'évaluation environnementale.

S'agissant de l'organisation, il a été constaté que les carbonisateurs de la périphérie de Boma ne sont pas membres des organisations. Ce qui est une entrave pour leur épanouissement, alors qu'il existe, dans leurs milieux de vie, des organisations comme les comités locaux de développement (CLD) évoqués par les enquêtés. Et pourtant, comme reconnu par Hocine (2010), le fait associatif est devenu incontournable, puisque « être membre d'une association ou d'une organisation, c'est jouir de surcroît d'existence sociale et de représentation d'agir à l'échelle de la collectivité. Il faudra également admettre à la suite d'Olson (1978) que l'organisation est une réponse au problème de l'action collective et elle est une machine à maximiser les forces humaines et la raison d'être d'une organisation est de permettre à des gens ordinaires de faire des choses extraordinaires. De son côté, Koenrad (1991) a révélé que c'est en s'organisant volontairement qu'une population pauvre développe des capacités, qu'elle accède aux services des agences avec lesquelles elle décidera de travailler parce qu'elles pourront lui apporter des ressources productrices complémentaires. En définitive, l'organisation facilite la démarche de la mise en œuvre d'une gestion participative et constitue un élément de succès.

La pratique d'une bonne gouvernance forestière pour sa part souffre d'une défaillance énorme dans la périphérie de Boma, puisque l'exploitation forestière échappe au contrôle de l'Etat. Ces éléments de réponse permettent d'affirmer comme Bonkougou (2013) qu'avec l'accompagnement de divers partenaires au développement, la RDC a déjà réalisé quelques progrès en matière de promotion de la bonne gouvernance, mais le secteur forestier du pays souffre encore de nombreuses insuffisances dont, notamment, l'absence d'une réglementation et d'un cadre institutionnel et juridique. Les faiblesses reconnues à cette gouvernance sont, entre autres, une corruption généralisée, un manque de transparence et de prise de responsabilité, une non-application des lois, des capacités humaines, techniques et financières limitées de l'Etat, un cadre juridique incomplet, y compris le manque de clarté sur le régime foncier, une pression croissante sur les terres, des problèmes de communication dus à un manque d'infrastructures.

CONCLUSION

La périphérie de Boma, dans certains de ses axes, offre des conditions favorables à l'exploitation forestière par la carbonisation du bois, sans ignorer qu'elle est une question interconnectée avec la gestion de l'environnement. En fait, il est clair que dans un contexte de pauvreté, les considérations économiques et les moyens de subsistances l'emportent sur les pratiques environnementales et que le gain économique à court terme entraîne la dégradation de l'environnement.

En effet, la carbonisation du bois contribue à l'amélioration des conditions de vie des producteurs, en leur pourvoyant des revenus monétaires pour subvenir aux besoins vitaux et à un besoin en énergie des ménages de Boma, puisqu'elle y répond à un besoin essentiel au niveau de sa consommation. Ce qui d'ailleurs, lui garantit une clientèle permanente.

Seulement, dans l'exercice de la carbonisation du bois, cette permanence de la demande et tous les avantages offerts, incitent les producteurs à l'accroissement de leur production. Ce qui entraîne une pression énorme sur la ressource ligneuse, qui s'éloigne de plus en plus du village, tout en détruisant également les écosystèmes forestiers. Ces effets négatifs constituent, en fait, un enjeu énorme de la conservation de la biodiversité, puisque toutes les essences forestières sont sollicitées et même de la durabilité de cette activité. D'ailleurs, elle a déjà des conséquences négatives sur la réserve de Luki, puisque même sa zone centre est touchée par l'exploitation illégale du bois.

Tout ce qui a été constaté en matière de menaces à la gestion durable de la forêt périphérique de Boma, ainsi qu'à la réserve de Luki a conduit à proposer quelques stratégies pour que cette activité de survie des populations rurales demeure. Il s'agit de la pratique agroforestière, la formation paysanne et l'adhésion aux organisations paysannes. Si l'agroforesterie est envisagée, c'est parce que la durabilité de la ressource forestière ne peut se réaliser que si au capital naturel, un capital construit est ajouté (soit Gestion forestière durable = Capital naturel + Capital construit).

Ainsi, ces mesures préconisées et tant bien d'autres peuvent réduire tant soit peu la pression sur la ressource forestière, puisque si sa dégradation se poursuit, elle réduira intensément la possibilité de production des écosystèmes et poussera à une surexploitation des différentes ressources naturelles, ce qui fragilisera encore davantage le milieu. Dès lors, il faut noter qu'il y a un intérêt implicite à ce que ces espaces se maintiennent, ne serait-ce que pour la satisfaction durable de leurs besoins fondamentaux d'existence.

Références

1. ANAPI (2020). *Situation économique et sociale de la RDC, de 1960 jusqu'en 2019*
2. Audrey Brulé-Françoise, Benoît Faivre-Dupaigre, Bernard Fouquet, Marie-José Neveu Tafforeau, Caroline Rozières et Claude Torre (2016). *Le crédit agricole, un outil clé du développement agricole*, dans Techniques Financières et Développement 2016/3-4 (n° 124), pages 35-52
3. Banque Mondiale (2009). *La Banque mondiale et le secteur forestier en République démocratique du Congo : Feuille de vigne ?* in https://www.globalswitness.org/documents/13594/lettre_ouverte_banque_mondiale_forest_rdc_dec_2009_fr.pdf
4. Bonkoungou G. Edouard (2013). *Analyse du cadre de la gouvernance forestière en République Démocratique du Congo dans le contexte de la REDD+ : Diagnostic de base et propositions d'intervention*, 183 p.
5. Brieux Hardy et Joseph E. Dufey (2012). *Estimation des besoins en charbon de bois et en superficie forestière pour la sidérurgie wallonne préindustrielle (1750 – 1830)*, Histoire et territoires, Rev.For, Fr, LXIV – 4 – 2012
6. Bruce Perez –Padilla (2002) in Schure, J., Ingram, V., Awono, A., Binzangi, K. 2009. *From tree to tea to CO2 in the Democratic Republic of Congo: a framework for analyzing the market chain of fuelwood around Kinshasa and Kisangani*
7. Chartier Lucie (2015). *Les agriculteurs : des précaires invisibles*, cairn.info/revue-pour- 2015/1 N° 225 | pages 49 à 59/2015
8. Debroux, L., Hart, T., Kaimowitz, D., Karsenty, A. & Topa, G. (2007). *Forests in post-conflict Democratic Republic of Congo: analysis of a priority agenda*. CIFOR/World Bank/CIRAD, Bogor.
9. EKOTY Gerly (2010). *Analyse des impacts environnementaux et socioéconomiques, dans l'utilisation du bois, en comparaison au gaz butane comme source de chauffage dans les quartiers périphériques de Ouagadougou*. 2iE, 74 p.
10. FAO, 2004. *Résumé des statistiques mondiales sur l'alimentation et l'agriculture*, Rome, 102 p
11. FIDA (2011). *Les petits exploitants agricoles, clés de la sécurité alimentaire*, Rapport annuel 2011, 174 p.
12. Hocine M. (2010). *Rôle des établissements de jeunesse dans la socialisation en Algérie. Bilan et perspectives*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Université Mentouri Constantine, 180 p.
13. Ichau A., Martine A., Alassane B., Christophe La page, Ali M. (2005). *Utilisation de la modélisation multi-agents pour la recherche sur les politiques : le cas de la politique du bois de feu au Niger*, in Conférence sur la modélisation multi-agents pour la gestion environnementale, Bourg Saint Maurice, France, 21 – 25 mars 2005
14. Insee Première (2006). *Revenu des foyers d'agriculteurs. La pluri-activité se développe*, n° 1068, février 2006.
15. Jean-Philippe Peemans, 2008, *Modernisation capitaliste et destruction de la paysannerie : quelle alternative pour le xxème siècle*, Communication à la Rencontre réseau Defensa Humanidad et Forum mondial des alternatives, Caracas, 13 octobre 2008
16. Kapa B.F. et Mboma A.G. (2009). *Impacts des activités humaines sur la richesse spécifique de la RDC*, Monographie, Kinshasa
17. Koenraad V. (1991). *L'auto-développement : un défi imposé aux ONG*. L'Harmattan, Collection UCI.
18. Konandji H. (2013). *Les combustibles domestiques dans les pays de la CEDEAO, situation actuelle et tendances à l'horizon 2030*, WACCA, Atelier Ouagadougou 23-25 avril 2013, 18 p.
19. Leroy M., Derroire G., Vendé J. et Leménager T. (2013). *La gestion durable des forêts tropicales. De l'analyse critique du concept à l'évaluation environnementales des dispositifs de gestion*, AFD, 225 p.

20. Madalgue M. M. (2001) *Politique énergétique intégrée en RDC*, Article publié dans le bulletin de l'Académie Nationale des Sciences du Développement, volume 2
21. Marquesini M. and Edwards G. (2001). *Madeira ilegal e predatória na região de santarém – um estudo de caso*. Greenpeace Campanha Amazônia, 6 p.
22. Muis Anne-Solange (2008). *Application locale des politiques de développement durable sur le territoire français, vers une cohérence territoriale*, Thèse de doctorat en géographie, Université de Cergy-Pontoise, 486 p.
23. Nash et Luttrell (2006) in Schure, J., Ingram, V., Awono, A., Binzangi, K. 2009. *From tree to tea to CO2 in the Democratic Republic of Congo: a framework for analyzing the market chain of fuelwood around Kinshasa and Kisangani*.
24. Ngalamulume Tshiebue (2013) *RDCongo : les paysans et la lutte contre la pauvreté*, Revue nouvelle, 04 avril 2013
25. Olson M. (1978). *Les logiques de l'action collective*, PUF, Paris, 205 p.
26. Philippe Hugon (2005). *Environnement et développement économique : les enjeux posés par le développement durable*, dans Cairn.info/Revue international et stratégique 2005/4 (N°60) pp 113 à 126
27. PNUD (2009). *Province de Kinshasa: Pauvrete et conditions de vie des menages*. Programme des Nations Unies pour le Développement. Unité de Lutte Contre la Pauvreté. Kinshasa: 19 p.
28. République Démocratique du Congo (2002). *Loi n° 011/2002 du 29 août 2002 portant Code forestier en république démocratique du Congo*, 102 p.
29. République démocratique du Congo, Ministère du Plan et Suivi de la Mise en oeuvre de la Révolution de la Modernité (MPSMRM), Ministère de la Santé Publique (MSP) et ICF International, 2014. *Enquête Démographique et de Santé en République Démocratique du Congo 2013-2014*. Rockville, Maryland, USA : MPSMRM, MSP et ICF International. 696 p.
30. Robert Castel (1991). *De l'indigence à l'exclusion, la désaffiliation* », in Jacques Donzelot (dir.), *Face à l'exclusion, le modèle français*, Esprit.
31. Schreckenber Elaine, Marshall, Kethrin Newton, Adrian C. (2006). *Commercialization of non –timber forest products : factors influencing success : lessons learned from Mexico and Bolivia and policy implications for decision-makers*, UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, 138 p.
32. Schure J., Marie J.M, De Wasseige C., Drigo, R., Salbitano F., Dirou S., et Nkoua M. (2012). *Contribution du bois énergie à la satisfaction des besoins énergétiques des populations d'Afrique Centrale : Perspectives pour une gestion durable des ressources disponibles*
33. Serre Duheim Claudine et Alphonse Roger NTOTO M'VUBU (2012). *Analyse de la filière Bois Energie dans la province du Sud Kivu*, Rapport provisoire, MECNT et GFA, 92 p.
34. Shaje Tshiluila (1993). *Les mémoriaux prestigieux au Royaume Kongo, dans Civilisations*, Revue internationale d'anthropologie et de sciences humaines, 41/1993, p. 189-208
35. Tim Motis, 2007, *Principes d'agroforesterie*, Echo, p. 2 – 6
36. Toirambe B. (2001). *Valorisation des produits forestiers non ligneux (PFNL) dans la réserve de Luizi (Bas – Congo)*, ERAIFT, 163 p.
37. Uhl C., Verissimo A., Mattos M. et al., 1991. *Social economic and ecological consequences of logging in an Amazon frontier: the case of Tailandia*. Forest Ecology and Management 46(3-4), 243-273

INTERNATIONAL JOURNAL

Water Sciences and Environment Technologies

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

Volume (VI) – Issue 3 – September 2021

Water-Agriculture-Climate'2021



**Climate Change, Water, Agriculture
Towards Resilient Systems**

Editor-in-Chief: Pr Nouredine Gaaloul

Published by:

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

Analysis of the climatic variability of the Dradère-Souière water table in Morocco

Thami Rahmouni¹, Btissam El Amrani, Khadija El Kharrim, Driss Belghyti Jean-François Delière¹

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

Abstract

The present study concerns the Dradère-Souière water table and consists of characterizing the climatic variability at the level of the aforementioned basin and looking for the links between this hydrological variability and climatic fluctuations, based on climatological data that have been studied using a methodological approach based on the Nicholson Index, the Pettitt Test.
The analysis of the evolution of the rainfall indices shows that there is a wet and dry period, and a break in 1995.

Key Words: climate variability, hydrology, Dradère-Souière aquifer

Analyse de la variabilité climatique de la nappe phréatique Dradère-Souière au Maroc

Résumé

La présente étude concerne la nappe phréatique Dradère-Souière et consiste à caractériser la variabilité climatique à l'échelle dudit bassin et à rechercher les liens entre cette variabilité hydrologique et les fluctuations climatiques, à partir de données climatologiques qui ont été étudiées selon une approche méthodologique basée sur l'indice Nicholson, le test de Pettitt.
L'analyse de l'évolution des indices pluviométriques montre qu'il y a une période humide et sèche, et une pause en 1995.

Mots Cles : variabilité climatique, hydrologie, aquifère Dradère-Souière

¹ Corresponding author tohamirahmouni@hotmail.com

INTRODUCTION

In recent studies, including the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007), long-term climate change refers to changing climate parameters over time and space (local, regional and global) and whose impact may include sea level rise, desertification [7], depletion of biodiversity and freshwater resources [6], and exacerbation of extreme hydrological events such as floods and droughts [1]. Climate also varies due to astronomical factors (solar radiation, atmosphere) [3], geographical factors (topography, ocean) [2] and weather.

The watersheds integrate the heterogeneities of many parameters, including hydrological, sedimentary and climatic. In addition, they are affected by human activities. They can therefore be considered as indicators representing both climate change and human activities, in a context of global change. Many studies of the overall functioning of the Earth system have used water transfers from large watersheds as an “archive” of climate and environmental change on a global scale. For example, using historical flow records, Labat et al. (2004) and Labat (2006, 2008, 2010) [5] conclude an increase in global runoff in relation to global warming.

Hydrological variability in Africa has been studied by many authors since the onset of the recent drought in the 1970s. Many studies have focused on the Sahelian areas [11]. Some authors have compared Sahelian rainfall with rainfall in other parts of Africa, particularly in West Africa, but also in Central Africa [8]. and others used standardized hydrological time series anomalies in North Africa [9]. Morocco is currently experiencing the longest dry period in its modern history, characterized by a decrease in precipitation and a clear upward trend in temperatures [4]. During the period 1961-2004 the frequency and severity of droughts increased considerably.

In climatology, as in many areas of research, time series analysis is a fundamental question [10]. Different methodological approaches exist to detect potential changes in historical hydrological and climatic records (for example statistical trend analyses). These methods have already been used in several studies at the level of Morocco. The main objective of this work is to better understand the climate variability of the Dradère-Souïère watershed.

PRESENTATION OF THE STUDY AREA

The coastal basin of the Dradère-Souïère lies between X= 410 to 450 and Y= 460 to 495 in coordinates Lambert Nord-Maroc [12]. This basin open to the sea is separated from the Sebou basin to the south by the hills of Lalla-Zohra (altitude less than 100 m) and to the south east by the hills of Lalla-Mimouna (Draa-Bou-Hafate: 230m); it is separated from the Loukkos basin to the north east by the hills of EL-Ferjane (197m), Lalla-Rhano (158m) and Kourricha (143m). In the extreme North West, no true natural separation isolates it from R'mel de Larache [12] (Figure 1). The climate is very temperate thanks to the oceanic influences. The stations closest to this basin give an average annual rainfall around 650 to 700 mm and the average annual temperature at 18°C, varying between 5°C to 10°C in January and 25°C to 47°C in August. Geologically speaking, the Dradère-Souïère basin is in the preifain area. The pre-glacial rock waters constitute the general substratum of this region; they outcrop wide the edges and appear locally in the basin itself in the form of saliferous soils, in particular in the centre of the El-Mellah basin and in the east of Lalla-Rhano. To the south east of Lalla Mimouna a large outcrop of marl-limestone is also attributed to the pre-ifaine sheets.

A thick series of marls of the Miocene Supérieure (Tortonien) called «series of blue marls», after the installation of the pre-ifaine sheets, covers the pre-ifaine formations on almost the entire surface of the basin. This series is several hundred metres thick, as shown by the oil holes in the buttonhole of Lalla-Zohra. This large thickness of marl makes it possible to consider this formation as an impermeable floor. These marls largely outcrop to the S (Lalla-Zohra) and to the east of El-Mellah-Haut Bouhira [12].

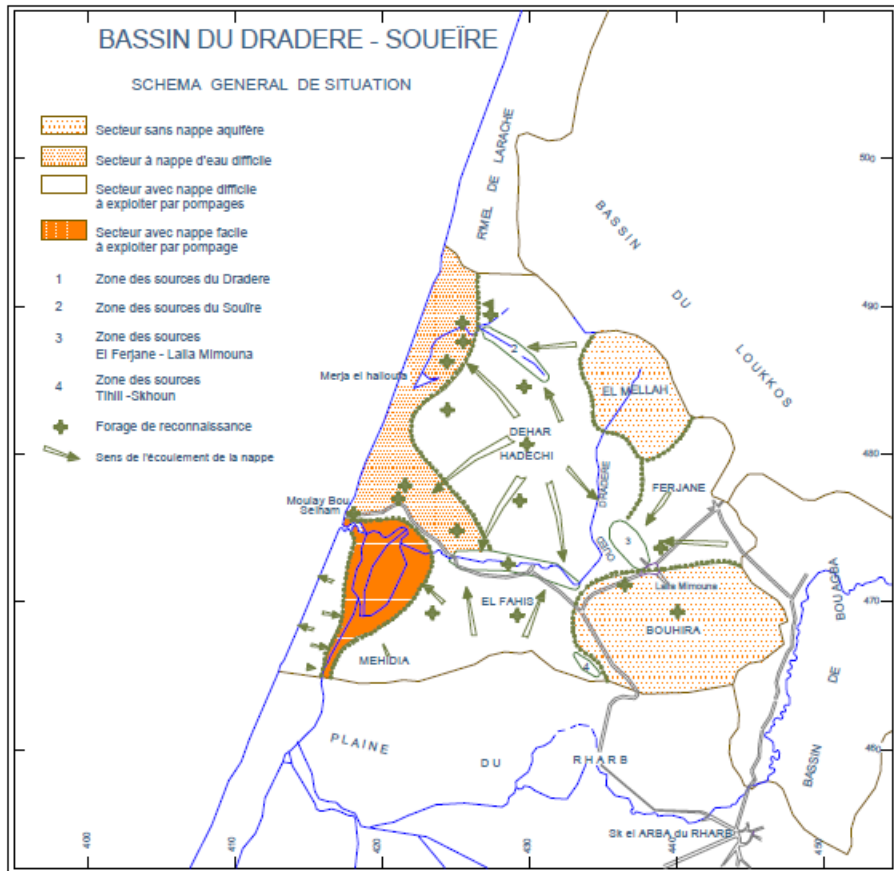


Figure 1 : Carte de situation de la nappe Dradère-Souïère

EQUIPMENT AND METHODS:

Our approach in this study is based on the use of climate data. These data were obtained primarily from Global Weather Data for SWAT. In this statistical study, we use two software programs for the treatment of climatological data: Khronostat and XLSTAT. In addition, the use of Excel.

METHODS OF ANALYSIS OF THE CLIMATIC VARIABILITY: THE PLUVIOMETRIC INDICATION OF NICHOLSON :

It is an index that makes it possible to measure the deviation from an average an average established over a long period by referring to the data of stations. « The annual pluviometric index is defined by Nicholson (Nicholson and al, on 1988 ; Servat, on 1994). It is obtained by calculation by means of the equation (1) :

$$I_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (1)$$

With :

I_i : Pluviometric Index ;

X_i : Rainy height of the year i in (mm) ;

$\bar{X}$: Rainy height averages over the period of study in (mm) ;

σ : Standard deviation of the rainy height over the period of study.

The interannual average of a series corresponds to the nil index (0) according to the method of Nicholson. A normal period is a period during which an identical fluctuation is observed on both sides of the abscissa axis. In this case,

the annual average is approximately equal to the average of the total rainfall. During the humid period, the annual average is greater than the average of the total rainfall. Finally, the dry period corresponds to a period or the annual average is lower than the average total rainfall.

STATISTICAL TEST OF DETECTION OF BREAK : THE TEST OF PETTITT (1979) :

the test of Pettitt was used because of its performance and its robustness (Lubès-Niel and al., on 1998). A break is defined as a change in the law of probability of the unpredictable variables the successive realizations of which define the chronological studied series (Servat and al., on 1998). This test has been used in several studies of hydroclimatic changes, particularly in West Africa (Servat and al., on 1998; Lubès-Niel and al., on 1998; Paturel and al., on 1998; Goula and al., on 2006; Kouassi and al., on 2008; on 2010; 2012a; Kouakou and al., on 2012). It consists of cutting the main series of N elements in two under series all the time t between 1 and N-1. The main series presents a break at the moment t if both sub-series have different distributions. The variable of Pettitt $U_{t,N}$ is defined by the equation (2) [13] :

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij} \quad (2)$$

$$D_{ij} = \text{Sgn}(X_i - X_j)$$

$$\text{Sgn}(X)=1 \quad \text{si} \quad X>0$$

$$\text{Sgn}(X)=0 \quad \text{si} \quad X=0$$

$$\text{Sgn}(X)=-1 \quad \text{si} \quad X<0$$

The approximate probability of exceeding of a value K is defined and allows to appreciate the importance of the break (equation (3)) :

$$\text{Prob}(K_N > K) \approx 2 \exp \left(-\frac{6K^2}{N^3 + N^2} \right) \quad (3)$$

The absence of a break in the series of size N constitutes the null hypothesis. If the null hypothesis is rejected, an estimate of the break date is given by the moment t defining the maximum in absolute value of the variable $U_{t,N}$.

The test of pettitt was applied from the program Khronostat 1.01.

CALCULATION OF PLUVIOMETRIC DEFICIT :

For the hydroclimatic variables the chronological series of which presents a break, it is interesting to calculate the average variations before and after the break to have the existence or not of pluviometric deficit. For this, applying the following formula [14]:

$$D = \left(\frac{X_j}{X_i} \right) - 1$$

Where X_j represents the average over the period after the break and X_i averages it over the period before the break.

INDICATED BY ARIDITIES :

The influence of the climatic factors is major on the vegetation. Indeed, the climate supplies conditions essential to the evolution of vegetables as the light, the water, the carbon dioxide ...

The indications are quantitative indicators of the degree of the water scarcity and a given place, most are simple hydro-thermal relationships based on the average heights of the precipitation and the temperature. The best known are those of De Martonne (1926), Emberger (1931), Thornthwaite (1948), Dubief (1950), Capot-Rey (1951), Bagnouls and Gaussen (1952) and Birot (1953) [15].

INDEX OF MARTONNE :

The aridity index of " De Martonne, 1926 ", noted I, makes it possible to determine the degree of aridity of a region (Table 1). To calculate it, we use the following formula :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

With :

P : Annual total precipitation ;

T : Annual average temperature.

Table 1 : degree of aridity of regions according to the value of "I"
(de martonne, 1926).

I < 5	Hyperdry regions
5 < I < 10	Arid regions
10 < I < 20	Semi-arid regions
20 < I < 30	Semi-wet regions
I > 30	Wet regions

INDEX OF ARIDITY OF BAGNOULS AND GAUSSEN :

The Ombrothermal diagram was developed by the botanists Gausсен and Bagnouls (1953), to highlight the periods of droughts defined by a curve of the precipitation is situated below the curve of the temperatures. An Ombrothermal diagram is a particular type of climatic diagram representing the monthly variations over one year of the temperatures and the precipitation according to gradations standardized : A gradation of the precipitation scale corresponds to two gradations of the temperatures scale : $P = 2 \cdot T$

INDEX BIOCLIMATIC OF EMBERGER :

The name Emberger (1931), remains attached to the study of the natural distribution of the plant groupings, in contact with the climatic elements, in the geographical areas being of the " Mediterranean climate " characterized by the existence of thermal seasons and of precipitation concentrated in the cold season [16]. The approach of Emberger leaves a conviction, it is the uniqueness enters the climate defined by its parameters and the nature of the natural vegetation. Speaking various Mediterranean climate, Sauvage (1963) notes that in each of these climates corresponds a set of plant groupings which have the same general aptitudes. This set is the level of vegetation : its definition is only climatic but its expression is in the vegetation ; it is the " biological replica of the climate " (Emberger, on 1939). Wherever from the name of bioclimatic floor we give him most of the time. The name adopted for the floors is the same that of the corresponding climates. We thus distinguish the following bioclimatic floors: Saharan, dry, semi-arid, Subhumide, and of High mountain [16]. This double definition of the bioclimatic complex, through the data of the vegetation and the climate, allows to associate with the qualitative gradation of the aridity drawn by a certain botanical experiment, a quantitative obtained gradation by combining diverse climatic parameters [16]. In this purpose, Emberger creates in 1930 the pluviothermique quotient, which is a function of precipitation and of the air temperature. In this quotient, the contribution in water intervenes in the numerator by the total P in (mm) of the average of the annual precipitation. For the temperatures, Emberger takes into account the fact that the plant life takes place between two thermal extremes, that we can in first approximation assimilate to the average of the minimums of the coldest month m and in the average of the maximums of the month the hottest M. These two thermal variables allow to introduce into a climatic formula, on one hand an average temperature $((m+M)/2)$ (neighbor generally of the real annual average temperature), and on the other hand the extreme thermal amplitude averages $(M - m)$. L. Emberger notes that this amplitude expresses the continental character and that it varies most of the time as the evaporation. These two values intervene by their product in the denominator of the quotient, but no interpretation is given to this operation. Such a formulation not allowing to discriminate between the positive and negative values of m, the quotient is modified by Emberger in 1955. The average temperature is then expressed in degrees Kelvin and the pluviothermique quotient takes its current shape [16] :

$$Q_2 = \frac{2000 * P}{(M + m + 546.4) * (M - m)}$$

Or :

P : The annual pluviometry in mm ;

M : The maximum temperature of the hottest month °C ;

m : The minimum temperature of the coldest month °C.

RESULT ANALYSIS OF THE CLIMATIC AND BIOCLIMATIC VARIABILITY ANALYSIS OF THE NICHOLSON INDEX:

The variation of pluviometric index is represented for the station of the tablecloth Dradère-Souière. The figure (2) illustrates this variability in the station of Moulay Bousselhem. The analysis of pluviometric index shows a dry period and a wet period. The characteristics of these periods are recorded in the figure (2) and the Table (2).

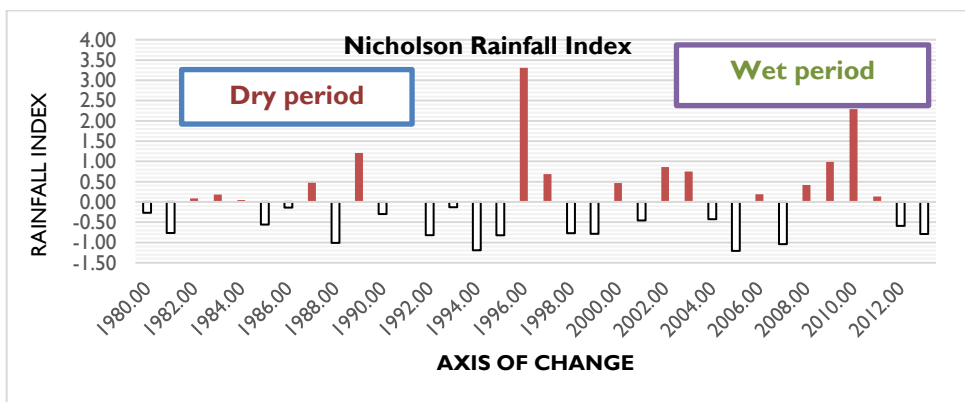


Figure 2: Annual rainfall trend at the Dradère-Souière aquifer station.

Table 2: characteristics of wet and dry periods.
Dradère-Souïère Basin Station.

Dry period	1980 - 1995
Average (mm)	591,92
Standard deviation	141,10
Wet period	1996 - 2013
Average (mm)	701,08
Standard deviation	271,97

PETTITT RUPTURE TEST

The application of the Pettitt test detected in 1995 a break. The break detected corresponds to rainfall decreases in the Moulay Bousselham region from 1980 to 1995 (figure 3).

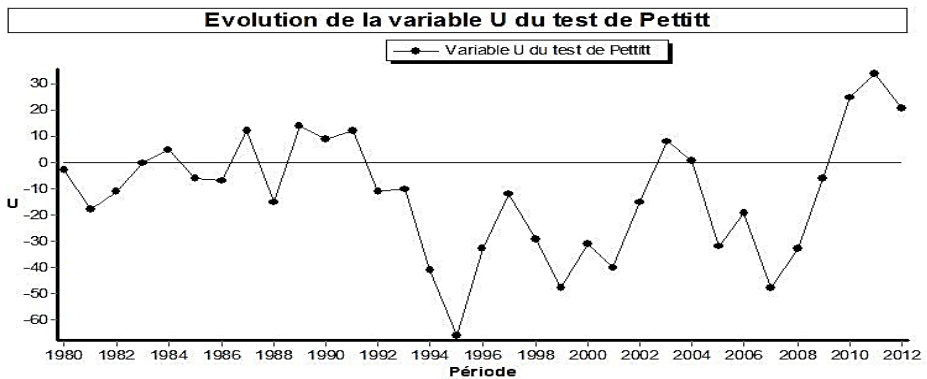


Figure 3 : curve of the pluviometric series stemming from the test of pettitt (1980-2013).

INCIDENCE OF RAINFALL OVER ANNUAL RAINFALL AVAILABLE :

The analysis in Table 3 reveals that the rainfall deficit recorded in the study station is of the order of 18%.

Table 3 : Rainfall deficit recorded in the study station

stations	Deficit (%) Date break	Average before break	Average after break	Deficit (%)
Moulay Bousselham	1995	591,92	701,08	18.44

BIOCLIMATIC INDICES

CALCULATION OF THE ARIDITY INDEX OF DE MARTONNE

The aridity index of the region of study is equal in : 19,5. According to this value, the studied region is a semi-arid region.

INTERPRETATION OF THE OMBROTHERMIC DIAGRAM :

Table 4 : average climate data of basin dradère-souïère (during 1980-2013).

	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
P (mm)	19,80	59,05	117,01	118,73	88,44	72,22	63,16	60,46	35,39	10,13	2,65	2,67
T(°C)	28,51	25,32	21,08	17,84	16,77	17,55	20,09	21,20	23,56	26,83	29,69	29,93

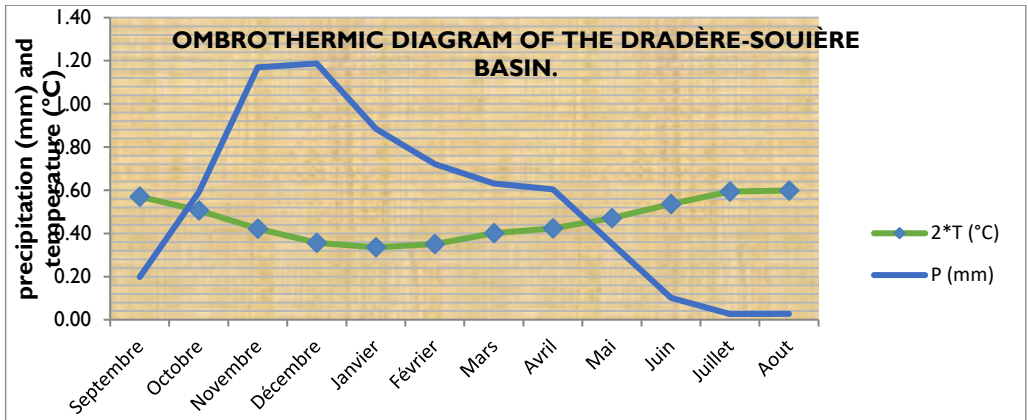


Figure 4: Ombrothermic diagram of the study area during the period (1980 - 2013).

The climatic diagram (figure 4) of the region of study, shows that the dry period precipitation twice lower the temperature of the month) extends from June in September, and the wet period extends from October to May.

INTERPRETATION OF THE PLUVIOTHERMIC QUOTIENT :

The influence combined by the sea and by the ocean, the presence of the mountains of atlas and Rif and the desert of Sahara in the South create a diverse range of climates in Morocco [15]. For our region of study, the calculation of the quotient pluviothermique which is equal to **110.76** and the value of minimal temperature of the coldest month ($m = 9.9^{\circ}\text{C}$), Show that coat Dradère-Souière belongs to the bioclimatic floor " subhumide " in variant "hot" winter (figure 5).

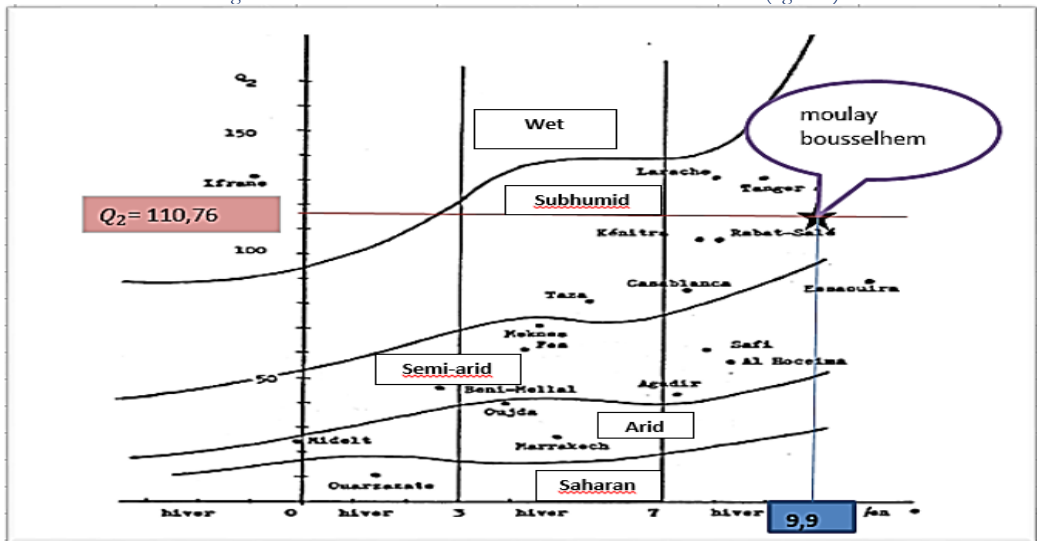


Figure 5: climagramme pluviothermique, resorts of the tablecloth dradère-souière, period 1980-2013.

DISCUSSION

In this work, the analysis of the results of the climatic indications, shows that the tablecloth Dradère-Souière knows a climatic variability which notices on the following levels : At the monthly and seasonal level, the region of study is characterized on one hand by a dry period which spreads out over four months, from July till September of every year, and on the other hand by a rather important pluviometry. What explains that the climate of the pond of study is semi-aride. In this party the calculation of the pluviometric Quotient of Emberger, show that the zone of study belongs to the bioclimatic floor " subhumide " in variant " hot winter ". This quotient as the index of aridity, its denominator would express the potential evapotranspiration ETP. The value of this denominator is very significant, what explains that the maximal water consumption been imperative by the climatic demand is important. In the temporal scale, the annual analysis of the precipitation of the station of the tablecloth of study for period 1980 - 2013 shows a temporal irregularity which is characterized by a strong variability. So, the annual precipitation can vary from one year to the next. During the period 1980 until 1994, we have low annual heights of pluviometry contrary in the period from 1995 till 2013 which where the pluviometry reaches very significant values. The interannual variation of the pluviometry determined by the pluviometric index coincides with the statistical tests. Indeed, the pluviometric break in the zone of study is characterized by a reduction in the pluviometry preceding year 1995. Beyond the period of 1995 is characterized by a certain pluviometric resumption and the successions of dry years are replaced by wet years. The climatic variability shows itself by an a little brought up air temperature, what has for consequence an affection of the hydrological cycle.

CONCLUSION

The results of this study have made it possible to characterize the main manifestations of climate variability (1980-2013) of the Dradère-Souière water table. The study shows that prolonged rainfall deficit conditions were evident before 1995, from 1980 to 1995. After 1995, there is a rebound in precipitation. Climate variability is manifested by an increase in air temperatures. The pluviometric deficit in the station of study is of the order of 18%, it is important. This pluviometric reduction has entraine a reduction of the blade of water infiltrated that is a reduction of the refeeding of tablecloths.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- [1] Boukrim S. (2011). Étude d'impact des changements climatiques sur les ressources hydriques du bassin versant de l'Ouergha (Rif-Maroc). J. Eau Environ., 19, 42-55.
- [2] Bigot, S., Brou, T. Y., Oszward, J., & Diedhiou, A. (2005). Facteurs de la variabilité pluviométrique en Côte d'Ivoire et relations avec certaines modifications environnementales. Science et changements planétaires/Sécheresse, 16(1), 5-13.
- [3] Christoph, M., Fink, A. H., & Knippertz, P. (2004, May). Tropical-extratropical interactions causing precipitation in Northwest and West Africa: Part I: Synoptic evolution and climatological relevance. In 26th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology.
- [4] Driouech, F., Mahé, G., Déqué, M., Dieulin, C., El Heirech, T., Milano, M. E., ... & Rouche, N. (2010). Evaluation d'impacts potentiels de changements climatiques sur l'hydrologie du bassin versant de la Moulouya au Maroc. Global Change: Facing Risks and Threats to Water Resources, 561-567.
- [5] Labat, D., Goddérès, Y., Probst, J. L., & Guyot, J. L. (2004). Evidence for global runoff increase related to climate warming. Advances in Water Resources, 27(6), 631-642.
- [6] Middelkoop, H., Daamen, K., Gellens, D., Grabs, W., Kwadijk, J. C., Lang, H., ... & Wilke, K. (2001). Impact of climate change on hydrological regimes and water resources management in the Rhine basin. Climatic change, 49(1-2), 105-128.
- [7] Seguin, B. (2010). Coup de chaud sur l'agriculture. Delachaux et Niestlé.
- [8] Sircoulon, J. (1976). Les données hydropluviométriques de la sécheresse récente en Afrique intertropicale: comparaison avec les sécheresses " 1913 " et " 1940 ". Cahiers ORSTOM. Série Hydrologie, 13(2), 75-174.
- [9] Taïbi, S., Meddi, M., Souag, D., & Mahé, G. (2013). Évolution et régionalisation des précipitations au nord de l'Algérie (1936–2009). Climate and land surface changes in hydrology, IAHS Publ, 359, 191-197.
- [10] Van Storch, H., & Zwiers, F. W. (1999). Statistical analysis in climate research Cambridge University Press. Cambridge, UK, 234-241.
- [11] Winstanley, D. (1973). Rainfall patterns and general atmospheric circulation. Nature, 245, 190- 194.
- [12] Combe, M., Ressources en eau du Marne. Tome 2, Plaines et bassins du Maroc Atlantique, 93-145. Notes et Mém., Serv. Géol., Maroc, 1975.
- [13] GNABOA, R., K. TRAORÉ, and P. HOUENOU, Analyse de phénomènes hydrologiques dans un bassin versant urbanisé: cas de la ville de Yamoussoukro (centre de la Côte d'Ivoire). Larhyss Journal, 2014(17): p. 135-154.
- [14] DE LASME, O. and O. ONETIE, Variabilité climatique et son impact sur les ressources en eaux souterraines: cas des stations de Bocanda et de Dimbokro au centre-est de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). LARHYSS Journal ISSN 1112-3680, 2015(21): p. 87-110.
- [15] Mokhtari, N., et al., Spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages de végétation du Maroc. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 2013. 2(1): p. 50-66.
- [16] Calvet, C., Interprétation hydrique de la notion d'étage de végétation selon L. Emberger : application au Maroc (Meteoritic water and Emberger's vegetation levels in Morocco). Bull. Assoc. Géogr. Franc., Paris,, 1979.
- [17] Habaieb, H. and C. Masmoudi-Charfi, Calcul des besoins en eau des principales cultures exploitées au nord de la Tunisie: estimation de l'évapotranspiration de référence par différentes formules empiriques (cas des régions de Tunis, Béja et Bizerte). Science et changements planétaires/Sécheresse, 2003. 14(4): p. 257-265.

Water, Climate Change and Food Security of the Middle East and North Africa (MENA) regions

Gaaloul Nouredine¹, Saïed Eslamian², Rim Katlane³

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;

Abstract

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

This study analyses all these actors' responses to continuing the supply of water during conflicts, focusing on factors of resilience building that particularly concern local service providers.

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

Eau, changement climatique et sécurité alimentaire des régions Moyen-Orient et Afrique du Nord (MENA)

Résumé

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

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

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

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

FOOD SECURITY SITUATION

Households are food secure when they have year-round access to the amount and variety of safe foods their members need to lead active and healthy lives. Changes in food security, then, are driven mainly by events or conditions that affect families' ability to access safe food. Chief among these are incomes, the working of food markets to ensure food availability, and state public services to ensure food safety. The largest disrupter of these three factors in the region is conflict, which divides the region into two distinct subregions from the point of view of food security – conflict and non-conflict countries. The Prevalence of Undernourishment (PoU) estimates the share of the population of a country facing absolute food deprivation. It is defined as the probability that a randomly selected individual from the reference population is found to consume less than his or her calorie requirement for an active and healthy life. (FAO, 2017c). Table 4.1 shows the prevalence of undernourishment in conflict and non-conflict countries in the MENA region. As a rule of thumb, countries with a PoU of less than 5% are considered to be relatively food secure. As highlighted in Table 4.1, the non-conflict countries of the region are, in fact, relatively food secure. According to the PoU, in 2014-2016, the conflict countries of the MENA region were less food secure than the average level for least developed countries (LDCs). Whereas 28.2% of the population of the MENA conflict countries faced absolute food deprivation, only 24.4% of the population of the LDCs faced such insecurity (FAO, 2017c). Though the high level of food insecurity in the conflict countries accords with expectations, care should be taken in interpreting these data for the prevalence of undernourishment. The PoU is a good indicator of hunger during periods when the income or consumption distribution is relatively constant, but it is not a good indicator of hunger when sharp changes in the distribution of food occur. The PoU likely underestimates the actual prevalence of undernourishment during times of conflict, because the inequality in food consumption parameters used to calculate it are derived from national household survey data, which are usually not available or accurate during times of conflict (FAO, 2017c). Setting aside these caveats for the moment, the level of measured PoU in the conflict countries has been over three times the level in the rest of the MENA countries since 1999-2001, and has been rising gradually vis-à-vis the other countries in the region since 2003 (Table 1). This pattern in the evolution of the PoU in the conflict countries is consistent with it being partially driven by conflict, but it is also clear that they had relatively high levels of food insecurity even before conflict arose.

Table 1. Prevalence of undernourishment in conflict and non-conflict regions in MENA, 1999-2001 to 2014-16

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

Note: Undernourishment data exist for only three of the five conflict countries, and the aggregate is constructed from these data. Source: FAO (2017c). The Middle East has experienced many environmental concerns lately. Water resources are becoming increasingly scarce, especially for the millions there who already lack access to sanitary water. Some of these countries, including Yemen, the United Arab Emirates, Saudi Arabia, and Iraq, are facing unique problems that require global, immediate attention. Beside their neighboring location, one shared factor of all these countries is their lack of water resources and poor water management. The Middle East has some of the largest oil reserves in the world, which produces most of the area's wealth. Even so, the region's climate and environment make living harsh. The Middle East requires water resources and suitable land for agriculture. Much of the land that is available for producing food is destroyed by increasing desertification. Desertification is a sweeping environmental problem, with vast effects in countries such as Syria, Jordan, Iraq, and Iran. Universal causes for a spread of arid environment are unsustainable agriculture practices and overgrazing. Agriculture uses 85 percent of water in this region. It is common to misuse land by heavy irrigation in the Middle East. In the area droughts are more frequent, and contribute to the changing landscape. The overuse of water in agriculture is affecting the countries' already undersized water resources. Jordan, located in the Syrian Desert, and Yemen, on the southern tip of the Arabian Peninsula, both endure severe water scarcity in the Middle East. For example, Jordan's average freshwater withdrawal is less than 10 % of Portugal's average, despite being the same size. The cost of water in Jordan increased 30 % in ten years, due to a quick shortage of groundwater. Yemen has one of the highest worldwide rates of malnutrition; over 30 % of its population does not meet their food needs. In recent years, Yemen has not been able to produce enough food to sustain its populations. Water scarcity has damaged the standard of living for inhabitants of the Middle East. Desalination plants are an overuse of water resources in the Middle East. Seventy % of desalination plants in the world are located in this area, found mostly in Saudi Arabia, the United Arab Emirates, Kuwait, and Bahrain. While the plants produce water needed for the arid region, they can manufacture problems for health and the environment. The seawater used most in desalination plants has high amounts of boron and bromide, and the process can also remove essential minerals like calcium. Also, the concentrated salt is often dumped back into oceans where the increased salinity affects the ocean's environment. The plants harm local wildlife and add pollutants to the region's climate. In addition, desalination is the most energy-costing water resource. The Pacific Institute explains that the high use of energy results in raised energy prices and higher prices on water produced, hurting the consumer.

The water produced can be beneficial towards substituting any lack of freshwater, but these areas have tendencies towards overuse of their natural resources. Concerns with the large amount of desalination plants in the Middle East focus on the improper dependency they will cause, instead of encouraging alternate forms of water and energy and conserving freshwater. The Middle East has numerous struggles with its current water resources, and the region needs more than one solution to generate an optimistic environmental position for the future.

CONFLICT AND FOOD SECURITY IN THE MENA REGION

At the end of 2017, over 30 million people in this region were in need of assistance to satisfy their basic food needs. Among those, the food security situation was most critical in countries with lingering or escalating conflicts: Yemen, Syrian Arab Republic, Iraq and Sudan. In Yemen, according to the latest assessment carried out in March 2017, about 17 million people, corresponding to 60% of the total population, required food assistance. In the Syrian Arab Republic, some 6.5 million are estimated to be food insecure, and an additional 4 million at risk of food insecurity as they are using asset depletion strategies to meet their consumption needs. In Iraq and Sudan, about 3 million are food insecure. Smaller figures are reported for Libya and Mauritania, about 0.4 million each. Residents in conflict zones often have to resort to food coping strategies to cover the severe food shortages they are facing. Households tend to reduce the number of meals and restrict the consumption of adults to prioritise children. If the crisis lingers, households deplete their assets and are no longer able to draw on stocks or other reserves. They resort to child labour, which often includes the withdrawal of children from school to carry out agricultural activities in order to cope. Economic activity, including agricultural production, suffers in a conflict environment and further impairs livelihoods. While agricultural production is often one of the most resilient activities in an economy, those continuing to farm are often confronted with high production costs, lack of inputs and damaged or destroyed infrastructure. Agricultural activities, particularly those related to irrigated crops, suffer when fuel prices are high, with consequent increases in the share of rain fed crops, which in turn bear lower yields. Fertilisers are often subject to international sanctions. Farmers tend to plant seeds saved from the previous harvests, further constraining yields. Many rural households tend to rely on casual labour opportunities as their main source of income. In many conflict-affected areas, hired agricultural labour tends to be replaced by family labour in order to cope with the increased costs of production. While agricultural production improves household and local food availability, limited infrastructure including cold chain and transportation links often prevents deliveries to urban markets. Consequently, prices of local products tend to be low in producing regions, and high in the urban markets, despite availability.

The impact of lower agricultural production on world agricultural markets may be small, but has been dramatic in the affected countries. Before the conflict, Syria – one of the larger producers – produced on average about 4 Mt of wheat, but reached only 1.8 Mt in 2017. In Yemen, total domestic cereal production covers less than 20% of the total utilisation (food, feed and other uses). The country is largely dependent on imports from the international markets to satisfy its domestic consumption requirement for wheat, the main staple. The share of domestic wheat production in total food utilisation in the last ten years is between 5% to 10%, depending on the domestic harvest. While conflict did not substantially increase the country's dependence on imports, conflict-related decrease in production deteriorated livelihoods of farmers and pushed many to food insecurity. The unpredictability of conflict threatens food security and local livelihoods but also livelihoods in the host countries. In addition to the millions who have fled countries due to the conflict, many are on the move internally, many multiple times. Internally displaced people and their host communities are often the most vulnerable to food insecurity. In Syria, about two in five people are on the move inside the country. In Iraq, in the first half of 2017, close to 1 million people were internally displaced, mostly due to the military operations in Mosul, in addition to the 3 million people already displaced by November 2016. As of early February 2018, over 5.5 million refugees were registered in the region covering Egypt, Iraq, Jordan, Lebanon and Turkey. In addition, a large share of the population lives abroad without seeking refugee registration.

When food production is limited by insufficient water resources, the consequences are of high geopolitical relevance. In the MENA region, water and food insecurity tend to lead to a greater rural exodus and therefore higher levels of urbanization. Cities grow much faster in the MENA region than in other world regions, a trend that will intensify if rural livelihoods are threatened due to water scarcity. The future of the MENA region will thus be played out in urban areas requiring substantial domestic and international policy shifts to strategically address specific challenges. These challenges include industrializing economies to obtain sufficient foreign exchange to act as a strong player in global agricultural trade. MENA economies could follow the example of the Mercosur countries to strategically cooperate to achieve improved trading terms. The Syrian conflict can be taken as an example of what happens if high migration to cities due to environmental problems is inadequately addressed. Syria was affected by a severe drought between 2006 and 2010, which led to a decrease in the contribution of agriculture to national gross domestic product (GDP) from 25 to 17 %. This resulted in high urban migration, and farmers being unable to find sufficient job opportunities (Kelley et al. 2015). The rest is history, with climate change and associated water problems as one of the drivers of the Syrian conflict. The social question of agriculture is not exclusive to Syria. Across the MENA region, farmers are living precarious livelihoods. Only those farmers who have off-farm income or access to land enjoying relatively high precipitation levels or irrigation water live in moderate poverty. Thus, the social dimension of agriculture is a crucial issue for governments to address if the lessons from Syria are to be taken seriously.

Water stress or water scarcity does not mean that food production is precluded. Rather, agriculture has to be reformed in a way that livelihoods can be protected and water resources used in the most efficient manner. Agricultural sectors in the MENA

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

Resource use efficiency is not only a technological question. Grafton et al. (2018) showed that higher irrigation efficiency rarely reduces water consumption if public authorities fail to introduce water quotas to strictly allocate water resources among farmers. This means that, before investments in technology are made, a policy shift is called for, to introduce strict water policies. At present, illegal wells are widespread across the MENA region, which may lead to a tragedy of the common's situation in which self-interest of farmers negatively affects common goods such as water resources. The European Union can play a very important role in mitigating the effects of water scarcity in the MENA region. There are several ways in which it can act as a friendly external power to support the transition of agricultural economies to low-resource and high-tech economies. First, the EU could give firm support to governments with better advice on institution-building to regulate water use in the agricultural sector. Second, the EU can provide technology transfer from its agricultural research organizations as well as targeted investment in wastewater treatment facilities and high-tech farming facilities to support MENA economies in their transition from traditional agriculture to high-tech, low-resource input agriculture. Third, MENA economies will be unlikely to grow sufficient cereals for domestic and regional food security. Thus, the region will further have to import cereals from around the world. This can be facilitated by establishing an agricultural customs union between the EU and MENA economies to provide producers of high-value crops in the MENA region with access to the European market. Similarly, MENA importers can be provided with tariff-free access to European cereals and other staple foods to support food and nutrition security in the MENA region. Therefore, the key arena for mitigating water and food management in the MENA region will have to come from policymakers both regionally and internationally.

IMPACT OF CONFLICTS: WATER SERVICES UNDER STRESS

What is water Scarcity?

Different terms exist to refer to the lack of water or water shortages experienced at different scales (eg household, community, city, country or region), and over different timescales (eg temporary due to conflict or long-term due to climate change). In this report, 'water scarcity' refers to the yearly amount of renewable freshwater per capita (in m³) within a country territory. Different levels have been identified: 1,700m³/capita/year being regarded as 'water stressed', 1,000 m³ as 'high scarcity', and 500 m³ 'extreme scarcity'. However, it can be easy to misinterpret these terms outside a given geographic and socio-economic setting. Water is never scarce in absolute terms, but it is perceived as scarce under specific allocative and institutional circumstances (Ioris, 2012). In fact, nearly all major cities produce a sufficient volume of potable water to meet more than satisfactory human health and sanitation needs. Water scarcity goes beyond a sole physical insufficiency of resources: it is also a product of uneven social distribution and unsustainable management practices (Swyngedouw, 2006). Scarcity of water actually results from a combination of physical, institutional and technical factors:

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

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

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

Water scarcity and climate change

MENA has been one of the most arid regions of the planet for several thousand years (Greenwood, 2014). Today, the region is home to about 6 per cent of the world's population but has access to less than 2 per cent of the world's renewable freshwater resource (Moustakbal, 2009). It includes 14 of the countries that will be the most 'water-stressed' in the world by 2040 and nine of them are identified as 'extremely water scarce'. MENA is considered as the most water-scarce region in the world (Maddocks et al. 2015). While in 2014 Lebanon had an amount of total renewable freshwater resources per capita of 770m³ per year, Jordan had only between 120 and 200m³ of renewable water resources per person per year (FAO, 2014; Mercy Corps 2014). This is approximately a fortieth of the global average and a ninth of the MENA average (ie 7,000–8,900 and 1,150m³/capita/year respectively) (Badran, 2016). Most MENA countries have been facing major institutional challenges to address the physical scarcity they face. Many have relied on modern technologies to supply water, for example through desalination. Added to these, conflicts have led to 'water crises' (ie insufficient access to potable and domestic water for a given period caused by development and/or humanitarian issues). Government policies can play a greater role than so-called natural events in the creation of water scarcity (FAO, 2007; Mercy Corps, 2014; Stewart, 2013). More recent extreme weather events associated with climate change have led to a further decline in the availability of water resources. Particularly in the Upper Jordan River Basin, mean annual temperatures could increase by up to 4.5 degrees Celsius and there could be a 25 per cent decrease in mean annual precipitation by the end of the century. Increased aridity suggests an increase in the number of countries in the region being below the level of absolute scarcity. With currently less than an averaged 200 m³ of renewable freshwater available per capita per year, Jordan is already one of the most water-scarce countries in the world (Greenwood, 2014).

Agriculture has historically played an important role in the economic development of the region and countries' reliance on water has increased, particularly for largescale irrigation. Water has also been used for the production of energy through the construction of dams. For example, Iraq has one of the largest dams of the region in Mosul, which has a water storage capacity of 11.1km³ and produces energy for 1.7 million people (Al-Ansari and Knutsson, 2011). Such dependency has started to pose problems as needs for food, energy and water have continuously increased with the growing population's demand, which in turn has also made countries more vulnerable during times of droughts (Farid et al., 2016). Virtual water imports to make up for freshwater deficits (eg by importing food grown with water elsewhere) have not always been possible for lower-income countries with weak purchasing power (ICRC, 2015).

About 170 million of the region's 300 million people (nearly 57 per cent) reside in urban areas (UN-Habitat, 2016). Except in Egypt, Syria and Yemen, all MENA countries have experienced significant urbanisation over the past 30 years (Madbouly, 2009). The entire country of Lebanon is itself considered as urban (UN-Habitat, 2011). According to UN projections, 280 million people out of 430 million in MENA (65 per cent) could be urban by 2020 (World Bank, 2008). Rapid urbanisation in MENA, like many other regions in the world, is accompanied by inadequate social and infrastructure development to respond to everyone's needs, thereby putting existing services at risk. By the beginning of the twenty-first century, diminishing renewable groundwater resources and population growth pushed countries to develop projects extracting water from new sources. For example, the Disi project in Jordan was developed to extract fossil water from a large aquifer and supply Jordanians with domestic water until 2022. The aquifer's total supply capacity has now been reached, leaving the country's population in need of new water resources. In Gaza, the Palestinian Water Authority (PWA) has initiated the construction of two desalination plants. While these interventions relieve water-supply systems stretched to the maximum, they remain insufficient to meet the needs of the population or to enable the recharge of the strained aquifer on which it relies (EIB, 2016).

Post-2011 revolts and further instabilities

A wave of conflicts started in 2011 in several MENA countries and continue to engulf the region in violence. Wars have physically affected societies through casualties and infrastructure destruction. As the conflicts have continued a range of further social issues have emerged across the entire region. They have caused multiple political and economic instabilities affecting societies and putting barriers to service providers meeting populations' basic needs. In the water sector, such instabilities have increased the strain on utilities' abilities to cope, eventually leading to declines in levels of service, and leaving populations in need of humanitarian assistance. The Syrian war is one of the bloodiest conflicts of the century. Since 2011, attacks have even targeted civilians, humanitarian actors and the facilities necessary for basic service provision. Damage to pumping stations and other water infrastructure has been particularly severe in rural Damascus, Idlib, Homs and al-Raqqa. Six years of continuous conflicts have deepened insecurity, reduced availability of services and led to steady economic decline. Water itself has been used as a 'weapon of war' (DuBois King, 2015). Its use for political negotiations in besieged areas such as Eastern Aleppo led to the loss of control of the network by utilities, and therefore exposed entire populations relying on it. Before the crisis, 96 per cent of the population in Syria had access to water from the main network. In the cities of Aleppo and Homs, coverage was reaching 100 per cent. Today, about 70 per cent of the population in Syria lacks access to sufficient domestic water, and to adequate drinking water (OCHA, 2015).

Another case is that of the Iraqi civil war. Since 2014, it has plunged the country into chaos. Conflicts in Iraq have restricted access to many areas leading to major challenges supplying populations with basic services. Similar to Syria, the strategic weaponisation of water has led to the destruction of water infrastructure, population centres and industrial facilities. During the battle for Mosul that started at the end of 2016, almost 650,000 people were left without access to water from the network

for six weeks following an attack on pipelines. This population was therefore forced to find alternative sources of water, often from poor-quality sources. UNICEF estimates that 10 million people are currently being affected by the war in Iraq, of which 4.7 million are children. Despite a high incidence of population displacement (currently 3 million individuals), many have returned to their homes where public service provision is limited or completely nonexistent (UNICEF, 2016; 2017).

A problem of cumulative impacts

As argued by ICRC (2015), 'even without recent droughts and ongoing conflicts, many Middle Eastern states would be struggling to meet the basic water needs of growing urban populations. Aligning with this statement, we argue that the accumulation of various issues and the range of unsustainable management practices in MENA are to be considered as having contributed to current problems. Current impacts must be analysed through the way they have affected water-supply mechanisms, here referred to as systems. Systems require inputs in order to function. Therefore, water provision systems are disrupted when one or several inputs (ie resources) are missing or under pressure. Building on ICRC (2015), inputs are categorised here as essential human, physical and economic resources:

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

Continuous or persistent deterioration of water-supply mechanisms expose populations to health risks. Extreme cases of cumulative impacts have resulted in disease outbreaks. These can be caused by factors ranging from repeated attacks on treatment plants to the need for a population to rely on water resources of which the quality is not monitored, or which lack protection and are polluted by fecal pathogens. Yemen has suffered from multiple cholera outbreaks since the start of the conflicts. Many people without access to water have become reliant on wells they have dug themselves and from which they extract polluted water. The multitude of impacts, their interconnectedness, and accumulation over time give complex challenges to utilities. Responses often occur as a direct reaction to visible impacts, rather than in addressing root causes of the issues. Since 2011, conflicts have left an estimated 50.25 million people in need of humanitarian water, sanitation and hygiene (WASH) assistance in the entire MENA region. The wave of protracted wars in the region and resulting political and economic crises have physically affected entire societies. They have also caused the displacement of between 22 and 24 million people, corresponding to nearly one third of the total number of displaced people in the world. The conflict in Syria alone has led to 6.5 million IDPs and 4.8 million fleeing as refugees to neighboring countries, whose water systems were already fragile. In Jordan and Lebanon, more than 80 per cent of Syrian refugees have settled in urban areas. 'Resilience' refers to the ability of a system to anticipate, absorb, accommodate or recover from shocks and stresses. Water supply will better resist the threats posed by conflicts and further impacts if utilities have stronger resilience capacities. In the water sector, resilient systems are characterized by flexibility, resourcefulness and responsiveness, redundancy (in systems' design or with the availability of spare resources), modularity (self-organization) and safe failure (minimum damage). Furthermore, we argue that working towards sustainability and equity goals will help build stronger resilience. As per sustainable objectives, protecting a system against damage to social, environmental and economic components is a pre-requisite for resilience. Supplying everyone equitably with water services also helps build a stronger service system. In order to build short and long-term resilience, utilities need to break patterns of growing vulnerability. As such, they need to take into account pre-existing issues, and to consider future development. Their capacities will be reinforced with more efficient resource management and with enhanced relationships with the communities that they serve. In this study, we aim to demonstrate that humanitarian and development interventions are more sustainable and equitable when they are coordinated with local actors, and when they are able to adopt a supporting role as opposed to a substitution role.

References

- [1] Al-Ansari, N and Knutsson, S (2011) Toward prudent management of water resources in Iraq. *Journal of Advanced Science and Engineering Research* 1, 53–67. www.diva-portal.org/smash/get/diva2:983999/FULLTEXT01.pdf
- [2] Assi, Amjad T., Rabi H. Mohtar and Erik Braudeau (2018), "Soil Pedostructure-based Method for Calculating the Soil-Water Holding Properties", in *MethodsX*, Vol. 5, p. 950-958, <https://doi.org/10.1016/j.mex.2018.08.006>
- [3] Badran, AF (2016) Securing the future of water resources for Beirut: a sustainability assessment of water governance. Tufts University. <http://tinyurl.com/badran-af-2016>
- [4] Buijs, Steef, Peter Smeets and Yao Mingtian (2010), Investing in Metropolitan Agriculture in China. Business Opportunities in Greenport Caofeidian Agropark, Caofeidian, Caofeidian Greenport Holdings/DHV Group/Wageningen, http://webdocs.alterra.wur.nl/agroparks/2010_Agropark_Caofeidian_Brochure-06-09.pdf
- [5] Devlin, J (2014) Is water scarcity dampening growth prospects in the Middle East and North Africa? Brookings. www.brookings.edu/opinions/is-water-scarcity-dampening-growth-prospects-in-the-middle-east-and-north-africa
- [6] EIB (2016) Gaza central desalination plant project: 'the impact on water security in Gaza.' World Water Week.

- [7] FAO (2007) Areas of physical and economic water scarcity. www.fao.org/land-water/outreach/graphs-andmaps/details/en/c/237285
- [8] FAO (2014) AQUASTAT. www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html
- [9] Farid, AM et al. (2016) Opportunities for energy-water nexus management in the Middle East and North Africa. *Elementa Science of Anthropocene* 4(134).
- [10] Food and Agriculture Organization of the UN (FAO) (2017c), “Regional Review on Status and Trends in Aquaculture Development in the Near East and North Africa – 2015, FAO Fisheries and Aquaculture Circular, No. 1135/6, FAO Publications, Rome.
- [11] Greenwood, S (2014) Water insecurity, climate change and governance in the Arab world. *Middle East Policy* 21(2), 140–156.
- [12] ICRC (2015) Bled dry: how war in the Middle East is bringing the region to the brink of a water catastrophe. ICRC report. <https://app.icrc.org/app/water-in-middleeast/>
- [13] Ioris, AAR (2012) The geography of multiple scarcities: urban development and water problems in Lima, Peru. *Geoforum* 43(3), 612–622.
- [14] Kelley, Colin et al. (2015), “Climate Change in the Fertile Crescent and Implications of the Recent Syrian Drought”, in *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 112, No. 11 (17 March), p. 3241-3246, <https://doi.org/10.1073/pnas.1421533112>
- [15] Madbouly, M (2009) Revisiting urban planning in the Middle East North Africa Region. https://unhabitat.org/wp-content/uploads/2010/07/GRHS.2009.Regional.MENA_.pdf
- [16] Maddocks, A et al. (2015) Ranking the world's most waterstressed countries in 2040. www.wri.org/blog/2015/08/ranking-world's-most-water-stressed-countries-2040
- [17] Margolis, Jonathan (2012), “Growing Food in the Desert: Is This the Solution to the World's Food Crisis?”, in *The Guardian*, 24 November, <https://gu.com/p/3cx58>
- [18] Mercy Corps (2014) Tapped out: water scarcity and refugees pressure in Jordan. www.mercycorps.org/sites/default/files/MercyCorps_TappedOut_JordanWaterReport_March2014.pdf
- [19] Moustakbal, J (2009) Water resources and climate change in MENA region. CADTM. www.cadtm.org/Water-Resources-and-climate-change
- [20] OCHA (2015) 2016 Syrian Arab Republic humanitarian response plan: January–December 2016. <http://tinyurl.com/ocha-2015-syria>
- [21] Stewart, DJ (2013) *The Middle East today: political, geographical and cultural perspectives*. Routledge.
- [22] Swyngedouw, E (2006) Power, water and money: exploring the nexus. UNDP. <http://hdr.undp.org/en/content/power-water-and-money-exploring-nexus>
- [23] Tropp, H and Jägerskog, A (2006) Water scarcity challenges in the Middle East and North Africa (MENA). UNDP. <http://hdr.undp.org/en/content/water-scarcitychallenges-middle-east-and-north-africa-mena>
- [24] UN-Habitat (2011) Lebanon urban profile: a desk review report, October 2011. <https://unhabitat.org/lebanonurban-profile-a-desk-review-report-october-2011/>
- [25] UN-Habitat (2016) Urbanization and development: emerging futures. World cities report 2016. <http://wcr.unhabitat.org/>
- [26] UNICEF (2016) Iraq humanitarian situation report. www.unicef.org/iraq/UNICEF_Iraq_Humanitarian_Sitrep_-_December_2016_.pdf
- [27] UNICEF (2017) Displaced Iraqis work to ensure water and sanitation services in Daquq. <http://tinyurl.com/unicef-2017-daquq>
- [28] World Bank (2008) Urban challenges in the MENA region. http://web.worldbank.org/archive/website01418/WEB/0_C-137.HTM



REPUBLIC OF TUNISIA



International Conference-Training (ESC'2022)

From 7 to 12 November 2022 Hammamet (Tunisia)



Water resources, Health and Climate Change



E_{water} 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.
Nouredine GAALOUL
E-mail: eauclimat@yahoo.com
eauclimat@iresa.agrinet.tn



Abbi 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"





Noureddine Gaaloul

Seawater Intrusion into Coastal Aquifer and Climate Change

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

<https://my.editions-ue.com/catalogue/details/fr/978-613-9-57238-0/seawater-intrusion-into-coastal-aquifer-and-climate-change>
<https://www.amazon.fr/Seawater-Intrusion-Coastal-Aquifer-Climate/dp/613957238X>

www.iistee.org

iistee@iresa.agrinet.tn

iistee@yahoo.com



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

06 Volumes, 18 Numéros, (310 Articles) (mise à jour Septembre 2021)

06 Volumes, 18 Issues, (310 Papers) (Up date September 2021)

International Journal Water Sciences And Environment Technologies (IJWSET)

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

Volume (VI) : 3 Numéros (:Articles) / 3 Issues (:Papers)

Eau-Agriculture-Climat'2021 / Water--Agriculture-Climate'2021

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

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

Numéro 3 – Septembre 2021 (6 Articles) Changement Climatique, Eau et Agriculture Vers des Systèmes Résilients / Climate Change, Water and Agriculture Towards Resilient Systems

Numéro 4 – Décembre 2021

VOLUME (V) 2 Numéros (27 Articles) / 2 Issues (27 Papers)

Eau-Climat'2020 (EC-2020) / Water-Climate'2020 (EC-2020)

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

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

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

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

Copyright © 2021 – Jistee Tous droits réservés





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

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

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

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

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

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

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



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

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

International Journal of Water Science and Environment Technologies

We are pleased to inform you that the Vol 6, No 4 of International Journal of Water Science and Environment Technologies is available at <https://jistee.org/volume-vi-2021/>

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

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

to our online direct submission area, located here:

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

JOURNAL INTERNATIONAL

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

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

Open Access

Volume (VI) - Numéro 3 – Septembre 2021

Eau-Agriculture-Climat'2021



Changement Climatique, Eau et Agriculture Vers des Systèmes Résilients

Rédacteur en Chef : Pr Nouredine Gaaloul

Publié par:

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

INTERNATIONAL JOURNAL

Water Sciences and Environment Technologies

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

Open Access

Volume (VI) - Issue 3 – September 2021

Water-Agriculture-Climate'2021



**Climate Change, Water and
Agriculture Towards Resilient
Systems**

Editor-in-Chief: Pr Nouredine Gaaloul

Published by:

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