



HAL
open science

Territoires insulaires face aux défis d'accès à l'eau potable : le cas des îles du Saloum. Entre pénurie, résilience et problèmes de gestion des systèmes hydrauliques

Mouhamadou Mansour Nguirane, Coura Kane, Nathalie Pottier, Wally Faye, Abdoulaye Faty, Birane Cissé, Abdou Karim Kébé, Awa Niang Fall, Alioune Kane, Mamadou Ndione

► **To cite this version:**

Mouhamadou Mansour Nguirane, Coura Kane, Nathalie Pottier, Wally Faye, Abdoulaye Faty, et al.. Territoires insulaires face aux défis d'accès à l'eau potable : le cas des îles du Saloum. Entre pénurie, résilience et problèmes de gestion des systèmes hydrauliques. *Revue Internationale de la Recherche Scientifique*, 2024, Volume 2 (Numéro 4). hal-04669094

HAL Id: hal-04669094

<https://hal.science/hal-04669094v1>

Submitted on 7 Aug 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright



Territoires insulaires face aux défis d'accès à l'eau potable : le cas des îles du Saloum. Entre pénurie, résilience et problèmes de gestion des systèmes hydrauliques

Mouhamadou Mansour NGUIRANE ^{1,2}, Coura KANE ^{2,3}, Nathalie POTTIER ^{2,4}, Wally FAYE ^{1,2}, Abdoulaye FATY ^{1,2}, Birane CISSÉ ^{1,2}, Abdou Karim KÉBÉ ^{1,2}, Awa Niang FALL ^{1,2}, Alioune KANE ^{1,2}, Mamadou NDIONE ^{1,2}

Authors Affiliations

¹ Université Cheikh ANTA DIOP de Dakar (UCAD)/(EDEQUE) BP 5005 Dakar-Fann

² UMI SOURCE 262, IRD, BP 1386, CP18524, Dakar-Hann

³ Université Alioune DIOP de Bambey (UADB) BP 30 Bambey (Diourbel)

⁴ Université Versailles Saint-Quentin-en Yvelines (UVSQ) BP 78280 (Paris)

Résumé:

La péjoration climatique des années 70 a fortement accentué la vulnérabilité des ressources en eau. Cette situation a entraîné un assèchement des eaux superficielles, le rabattement des nappes etc. En outre, le déficit de recharge et la gestion inadéquate des ouvrages hydrauliques affectent la disponibilité de l'eau douce dans les îles du Saloum. Cette vulnérabilité hydrique a poussé les populations à recourir aux sources traditionnelles (puits, impluviums etc.). L'objet de l'article est d'analyser les problèmes de gestion des ressources en eau des îles du Saloum. La méthodologie est basée sur l'analyse des données pluviométriques, hydrauliques, des mesures in-situ de la qualité des puits et des enquêtes ménages. Les résultats mettent en évidence une variabilité pluviométrique et une mauvaise gestion des ressources en eau. On note un changement de paradigme dans la gestion pour résoudre la précarité hydrique. Face à cette situation, les ménages développent des stratégies d'adaptation pour réduire leur vulnérabilité.

Mots-clés : sécheresse, vulnérabilité, gestion de l'eau, transfert d'eau, adaptation

Island territories and the challenges of access to drinking water: the case of the Saloum islands. the case of the Saloum islands. Between scarcity, resilience and problems of managin water systems

Abstract

The climatic downturn of the 1970s greatly increased the vulnerability of water resources. This situation has led to the drying up of surface waters and the lowering of groundwater tables. In addition, the lack of recharge and inadequate management of hydraulic works are affecting the availability of fresh water in the Saloum islands. This water vulnerability has led people to resort to traditional sources (wells, impluviums, etc.). The purpose of this article is to analyse the problems of water resource management on the Saloum islands. The methodology is based on an analysis of rainfall and hydraulic data, in-situ measurements of well quality and household surveys. The results highlight rainfall variability and poor management of water resources. There has been a paradigm shift in management to resolve water scarcity. Faced with this situation, households are developing adaptation strategies to reduce their vulnerability.

Keywords: drought, vulnerability, water management, water transfer, adaptation

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.13151949>

INTRODUCTION

L'accès à l'eau potable se pose avec acuité dans le Sahel qui est soumise à une longue période de sécheresse durant les années 1970 (Colin Brown 2019). Au Sénégal, comme dans la plupart des pays de l'Afrique subsaharienne, la question de l'eau fait face à de nombreux problèmes relatifs à la gestion et au financement du secteur (OMS 2020). Cette situation est beaucoup plus manifeste dans les zones rurales insulaires où l'approvisionnement en eau pose problème pour les ménages (ANCEY. V. et al. 2009) L'accès à une eau de bonne qualité et en quantité suffisante reste un déterminant majeur pour le bien-être des populations (PEPAM 2013). En effet, le bassin arachidier est marqué par une forte variabilité pluviométrique qui a fini par entraîner une désorganisation du réseau hydrographique, l'assèchement des eaux de surface et l'abaissement du niveau des nappes phréatiques. Ainsi, selon la Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau (2014), la péjoration climatique des dernières décennies, combinée à la surexploitation de la ressource, a engendré par endroits la baisse du niveau statique des nappes phréatiques et des intrusions salines considérables dans les basses vallées du Sine-Saloum (DGPRE 2014). La sécheresse des années 1970-80 combinées à la surexploitation des ressources en eau, a engendré par endroit une baisse du niveau des nappes et une avancée du biseau salée, ce qui fait de ces territoires de l'eau des milieux fragiles, vulnérables et soumis à de fortes contraintes hydriques (FAYE 2016). En 2013, bien qu'avec un parc de forage estimé à plus de 1500 forages (pour tout le milieu rural dont les 800 soit plus de 51% se trouvent dans le Bassin Arachidier) le problème de l'accès à l'eau potable se fait toujours ressentir avec un prix de l'eau au m³ plus cher qu'en zone urbaine (OFOR 2016). En plus de cela on note des pannes récurrentes de forages, des problèmes liés à la qualité de l'eau et une absence de contrôle des ressources financières générées par la vente de l'eau (ABADIE 2012). Dans les îles du Saloum l'inexistence d'infrastructures hydrauliques et/ou les dysfonctionnements récurrents des ouvrages (pannes techniques, déficit d'entretien, mauvaise qualité de l'eau, etc.) aggravent la vulnérabilité des populations (DIONE 2014). Or, le défi d'accès à l'eau conduit les populations à utiliser une eau de qualité douteuse issue des sources traditionnelles (puits, céanes, etc.) pour satisfaire leurs besoins. En outre, les activités agricoles, l'élevage, les services et les hôtels sont souvent menacés par la mauvaise gestion, la faiblesse des débits des forages (DGPRE 2014). Ces problèmes hydrauliques affectent les conditions de vie des populations et ralentissent les activités socio-économiques (NDOYE 2014).

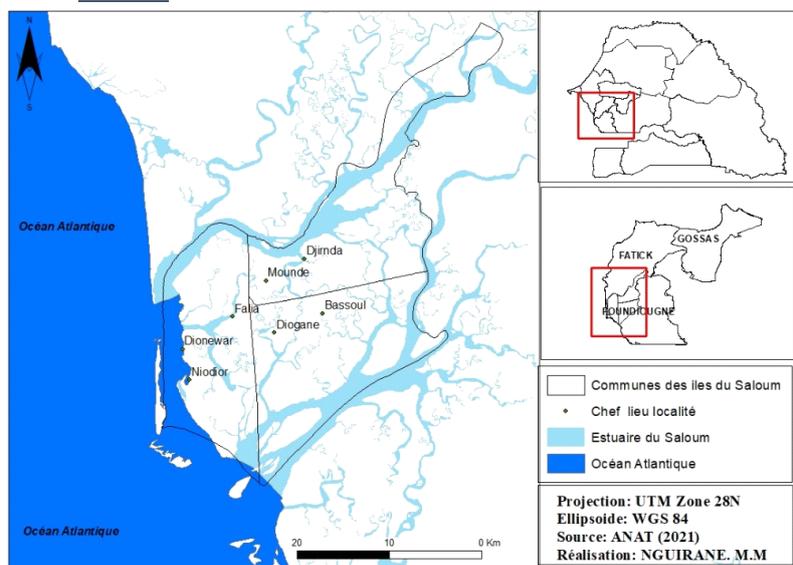
1. Présentation de la zone d'étude

Les îles du Saloum sont situées dans l'océan atlantique à l'extrême Ouest du Sénégal dans la région de Fatick, plus précisément dans l'arrondissement de Niodior. Elles sont situées entre les coordonnées 13°35 et 14°15 de latitude Nord et 13°03 et 16°50 de longitude Ouest. Ce domaine insulaire communément appelé îles Gandoul est composé de nombreux îles et de petits îlots vierges répartis en trois communes : Djirnda, Dionewar et Bassoul regroupant dix-neuf villages et quatre hameaux (*Figure 1*). Elles sont formées par la jonction d'une succession de cordon littoraux (Diop, 1986). Le delta du Saloum est constitué par des formations sédimentaires appartenant au bassin secondaire/tertiaire du Sénégal, communément appelé bassin Sénégal-mauritanien, au relief peu accusé, souvent empâté. Il se présente tantôt sous forme d'un glacis d'épandage recouvert par un manteau sableux, très discontinu comme le cas de la région du Saloum où la morphologie dunaire est très émoussée, tantôt sous forme de bas plateaux, découpés en croupes s'élevant faiblement d'Ouest en Est en moyenne Gambie et en Casamance ainsi que sur les plaines littorales de la Guinée Bissau (Diop, 1986, 1990). C'est un ensemble de petites îles sableuses relativement basses et de faible altitude (maximum 7m). Elles sont séparées par des cours d'eaux dont les plus importants sont le Saloum qui rejoint la mer par un estuaire, le Diombos et un réseau de bolongs très denses et très salés (Ba, 2000). L'estuaire du Saloum, milieu complexe caractérisé par son régime particulier d'estuaire inversé¹ est un espace dynamique en constante évolution. Les composantes se modifient incessamment sous l'effet de processus endogènes et exogènes (DIOUF 1996). Interface terre-mer, l'estuaire du Saloum représente un important milieu d'échange d'énergie et de matières entre le domaine terrestre et le domaine continental, ce qui joue un rôle déterminant dans le fonctionnement de ses écosystèmes (DIOP 1986) *in* (FAYE 2016). Ils sont formés par la jonction d'une succession de cordon littoraux (PLAUD 1967). Ces îles sont situées à l'extrême ouest de la zone agroécologique du bassin arachidier, dans la région de Fatick (POSTEL 1992) *in* (DIENG 2017). Ce domaine insulaire communément appelé îles Gandoul est composé de 7 îles et de petits îlots vierges répartis en trois

¹ Augmentation de la salinité de l'embouchure vers le continent

communes : Djirnda, Dionewar et Bassoul (*Carte 1*). La population essentiellement constituée de sérère Niominkas est estimée à 20187 habitants (ANSD 2019). L'activité principale de la population demeure la pêche et le tourisme même si l'agriculture et l'élevage sont pratiquées dans certaines localités (FAYE, Seny 2017).

Carte 1: Localisation de la zone d'étude : le delta du Saloum



Source: ANAT, 2019)

Les îles du Saloum, à l'instar de l'ensemble du delta du Saloum, s'inscrivent dans une zone humide estuarienne marine et côtière composée de vasières, des bancs de sable, des terres salées intertidales, des îlots sableux, des herbiers marins (WETLAND 2018). Ces îles sont relativement basses et de faibles superficies avec une altitude maximale de 7 (sept) mètres. Elles sont séparées par des cours d'eau dont les plus importants sont le Saloum qui rejoint la mer par un estuaire et le Diombos. Les différentes îles sont séparées par un réseau de bolongs² très denses et très salés (FAYE 2016). Les sols sont essentiellement constitués de sols Diors et de Tanns (SADIO 2011). La végétation des zones amphibies est constituée de mangroves tandis que les zones émergées comportent des savanes arbustives dominées par *deutérium senegalensis* et *Adansonia digitata*. Son climat est de type soudanien sahélien avec une pluviométrie moyenne de 600 mm (DIENG 2017). Ces îles caractérisées par des côtes sableuses sont fortement affectées par l'érosion marine. Les ressources en eau les plus intéressantes pour la population se présentent sous forme de lentilles d'eau douce dont la puissance dépend de la pluviométrie et de la taille et de l'altitude de des îles. Outre la variabilité pluviométrique qui touche globalement l'ensemble du delta du Saloum, les îles subissent des modifications hydriques et géomorphologiques depuis la rupture de la flèche de Sangomar exacerbant la fragilité des écosystèmes et de la dégradation des ressources naturelles (KANE 2016). La marée, essentiellement de type diurne, reste le principal facteur de l'hydrodynamique estuarienne. C'est un estuaire inverse avec un fort gradient de salinité des eaux de l'aval vers l'amont (DIENG 2017). Il en résulte donc un fort gradient de salinité des eaux de l'aval vers l'amont. Il a été enregistré des taux de 70 g/l à côté de la mer vers la flèche de Sangomar et dans le Bandiala, plus en aval des taux de 100 g/l vers Sokone, soit une teneur en sel qui est deux à trois fois plus important que la salinité moyenne de la mer (35 g/l) (Ndoye 2014).

2. Matériels et méthodes

Pour analyser la vulnérabilité des ressources en eau dans les îles du Saloum, diverses données ont été utilisées. La pluviométrie mensuelle et annuelle de 1960 à 2019 des stations de Fatick, Foundiougne, Toubakouta et Kaolack a été collectée auprès de l'ANACIM. Ces stations ont été choisies pour la qualité et la longueur de leurs données, ainsi que leur positionnement. Les écarts par rapport à la moyenne ont été calculés pour déterminer les tendances pluviométriques, couvrant la période humide avant 1970, la sécheresse des années 70-80 et la période actuelle. Les données hydrauliques provenant de la DGPRES et de la DRH ont été analysées, comprenant des informations sur 17 forages dans les îles du Saloum, les systèmes aquifères captés, la profondeur et les caractéristiques des ouvrages, ainsi que les paramètres physico-chimiques de la qualité de l'eau.

² Chenal d'eau salée

Des données sur les infrastructures hydrauliques du réseau de transfert d'eau potable, mises en place après la réforme de 2014 et gérées par la SEOH, ont également été recueillies. Ces données incluent les forages du réseau NDP, les extensions de réseaux, les branchements privés, les bornes fontaines et les abreuvoirs, permettant d'évaluer l'impact de la gestion par le secteur privé sur l'accès à l'eau potable.

Pour analyser les variations des nappes phréatiques, des données de niveaux statiques depuis 1974 de trois piézomètres captant diverses nappes (Maastrichtien, Continental Terminal, Éocène) ont été collectées auprès de la DGPRE. Une corrélation entre la pluviométrie et les niveaux statiques des nappes a été effectuée pour comprendre l'effet de la variabilité pluviométrique sur la recharge des nappes. Des mesures in situ ont été réalisées sur 21 puits dans les îles, évaluant le pH, la conductivité électrique, la salinité et le total des solides dissous (TDS) à l'aide d'une sonde multi-paramètre Consort C 6010.

Des enquêtes ont été menées auprès de 210 ménages, avec un échantillonnage de 1 sur 3, et des entretiens ont été réalisés avec des responsables de l'OFOR, la brigade des forages de Fatick, et les comités de gestion de Moundé et Djirnda, afin de comprendre les problèmes de gouvernance et les solutions mises en place pour améliorer la disponibilité de l'eau potable.

3. Résultats

3.1. Forte irrégularité pluviométrique

L'analyse des écarts par rapport à la moyenne de 1960 à 2019 au niveau des stations étudiées permet de diviser les tendances pluviométriques de l'estuaire du Saloum en trois grandes périodes : une période humide qui va de 1960 à 1969, une longue période déficitaire de 1970 jusqu'au début des années 2008 et une période de reprise pluviométrique de 2009 à 2019 (Figure 2). Les moyennes pluviométriques annuelles des stations de Fatick, Toubakouta, Kaolack qui étaient respectivement de 711,54 mm, 757,07mm et 617,30mm entre 1960 et 1969 ont connu une baisse et enregistrent 527,51mm, 485,3mm et 1441,83mm entre 1970 et 2008 et 685,47mm, 705,72 mm et 485,93mm pour la période 2009-2018. Durant la période sèche, la pluviométrie a baissé de 20% à Fatick, 15% à Foundiougne et à Toubakouta, 25% à Kaolack (ANACIM 2016). A partir de 2008 nous constatons une reprise encore timide de la pluviométrie caractérisée par une légère augmentation des totaux pluviométriques annuels (FAYE 2016). Toutefois selon l'ANACIM (2016), la série est encore assez courte pour confirmer une reprise pluviométrique effective au niveau des stations étudiées.

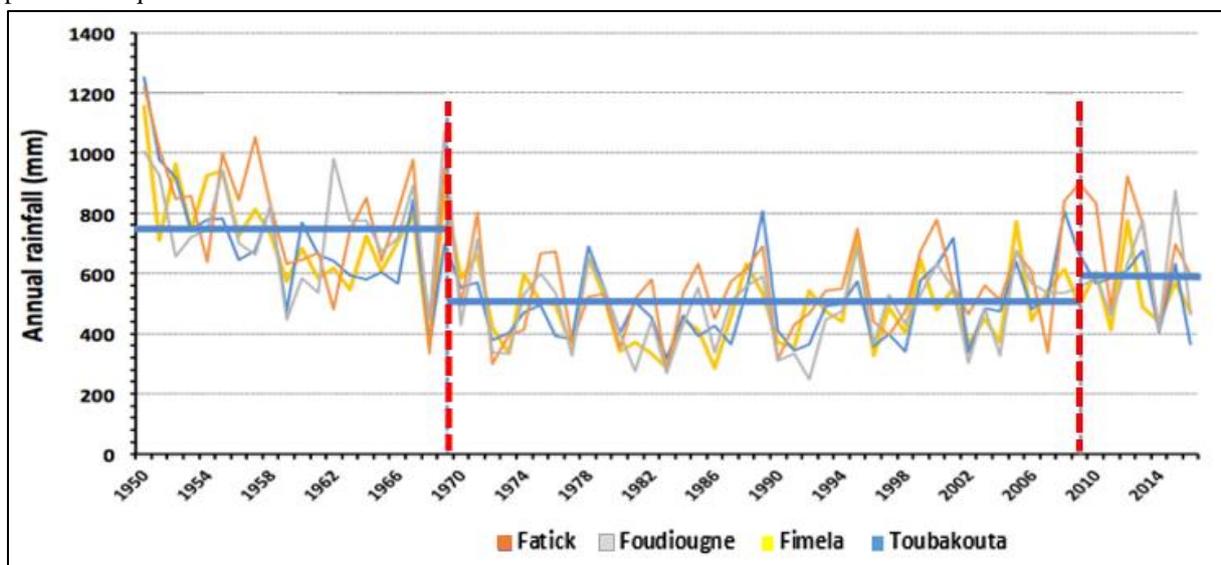


Figure 2: Evolution des écarts à la moyenne de la pluviométrie des stations de Fatick, Foundiougne, Fimela, Toubakouta (Source : ANACIM, 2019)

L'analyse spatiale de la pluviométrie montre un gradient Est-Ouest, c'est à dire plus on se rapproche du littoral plus les précipitations sont importantes comme nous pouvons le constater au niveau des stations de Fatick, Toubakouta (BODIAN 2014). De façon globale l'analyse de la pluviométrie de la région présente des une baisse durant la longue période de sécheresse. Cette régression des précipitations dans la zone est confirmée par la DGPRE (2014) qui estime les déficits à plus de 30 % dans l'estuaire du Sine-Saloum et 15% dans le haut bassin. À l'échelle du Saloum, la distribution spatiale des précipitations montre une augmentation des pluies suivant un gradient nord-sud et est-ouest. L'analyse temporelle des données pluviométriques montre que les quantités de

pluies varient d'une année à l'autre. Une tendance baissière est enregistrée au début des années 1970 dans les régions de Fatick et Kaolack (DIENG 2017). Ces déficits pluviométriques ont fortement affecté les ressources en eau dans le bassin arachidier (ANACIM 2016). Ainsi, le delta du Saloum et plus particulièrement les îles du Saloum représentent un milieu très fragile. La dégradation des conditions climatiques et écologiques ne sera pas sans conséquence sur les activités socio-économiques et sur la disponibilité des ressources en eau (DIENG 2017).

3.2. Baisse drastique du niveau statique des nappes

Pour le Continental Terminal, les niveaux statiques (NS) des nappes ont fluctué de manière significative. À Bamba Dalla, le NS est passé de -13,3 m en 1976 à -13,18 m en 2018. À Keur Andallah, il est passé de -8,23 m en 2014 à -8,77 m en 2018. À Djilor Foundiougne, il a diminué de -8,07 m en 1976 à -11,95 m en 2018. À Keur Mamour, le NS a baissé de -24,9 m en 1976 à -28,2 m en 2018. En revanche, à Fimela, le NS est monté de -46,93 m en 1976 à -37,4 m en 2018. À Loul Sèssène, le NS a augmenté de -23,98 m en 1974 à -19,21 m en 2018, tandis qu'à Samba Dia, il est passé de -15,12 m en 1976 à -16,25 m en 2018. Une baisse significative du niveau des nappes a été enregistrée à partir des années 70, le niveau le plus bas étant en 1976, correspondant au maximum de la sécheresse. Depuis les années 2000, une reprise sensible de la pluviométrie a été observée, entraînant une légère amélioration des niveaux statiques. Cette baisse est particulièrement marquée dans la nappe du Continental Terminal, la plus accessible pour la population (NDOYE 2014). À Fatick, l'évolution du NS de la nappe du Continental Terminal montre une nette corrélation avec la pluviométrie (DGPRES 2014). Par exemple, à Keur Mamour, le NS était de -34,9 m en 1976 avec un cumul pluviométrique de 47,24 mm et est passé à -35 m en 2002 malgré un cumul de 585,9 mm. À Ndiagne, le NS était à -23,98 m en 1974 avec un cumul de 548,5 mm et est tombé à -28,52 m entre 1974 et 1976. Depuis 2012, une légère amélioration des NS a été notée dans cette région, due à un retour sensible de la pluviométrie dans la zone du Sahel (DIENG 2017).

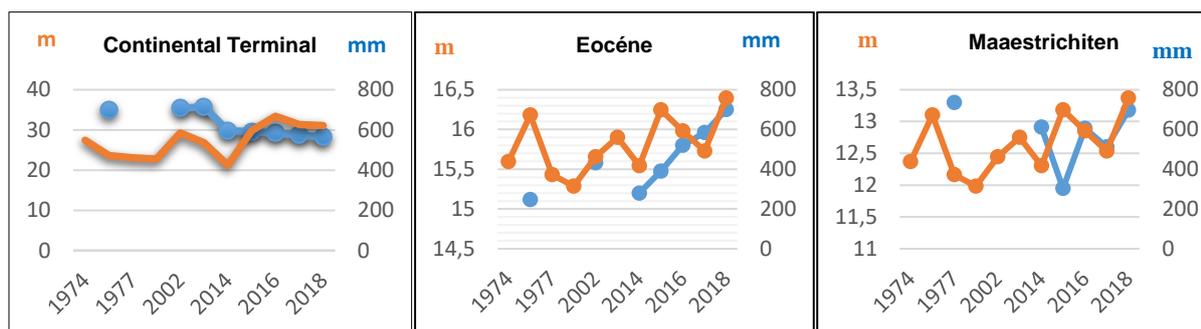


Figure 3: Evolution des NS des nappes en rapport avec la pluviométrie de 1974 à 2018 (Source : DGPRES, 2019)

Cette dépendance de la recharge des nappes à la pluviométrie met en évidence la vulnérabilité des ressources en eau de la zone du fait du caractère aléatoire et la forte variabilité interannuelle des précipitations (Ndoye 2018). La recharge de ces nappes étant directement liée à la pluviométrie, tout déficit des totaux pluviométriques annuels se répercutent directement sur le niveau statique de ces nappes superficielles qui sont les plus accessibles pour les populations (DIENG 2017).

3.3. Un système hydrogéologique affecté par les irrégularités pluviométriques : les limites de la construction de forages

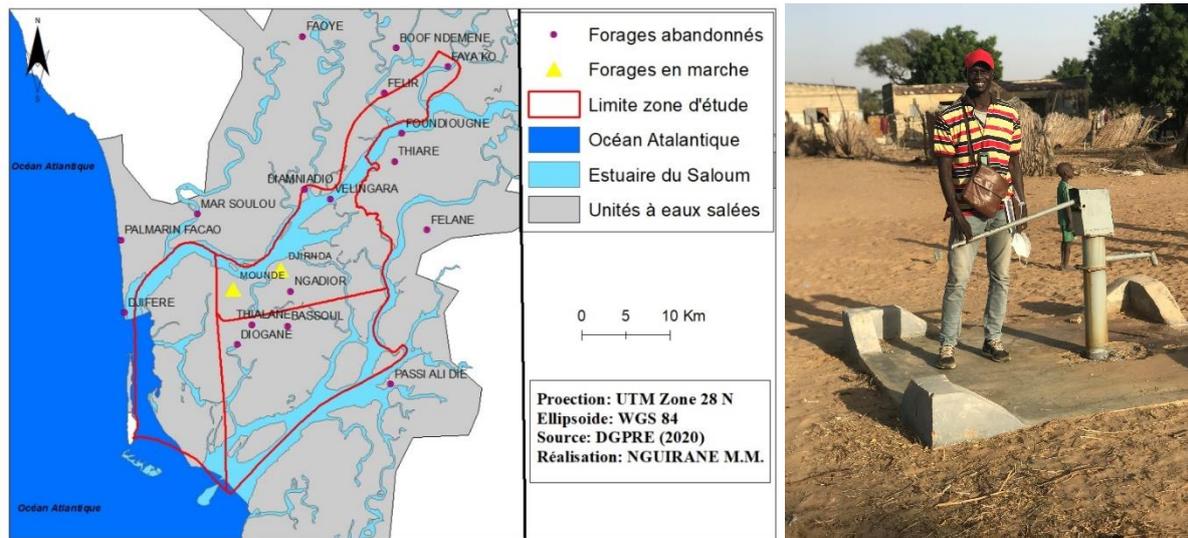
L'approvisionnement en eau des populations est tributaire de la disponibilité de la ressource qui elle-même demeure assujettie à l'évolution des facteurs climatiques (WETLAND 2018). Les eaux souterraines ont toujours été une composante essentielle du potentiel en eau du Sénégal, mais avec le début de la sécheresse et la forte exploitation elles sont confrontées à de nombreuses pressions (PAPIL 2013). Certaines aquifères se trouvent dans des endroits affectés par les intrusions de sel et/ou de fluor, d'autres situées à de très grandes profondeurs entraînant de nombreuses difficultés en matière d'exploitation. Les profondeurs de captage des forages varient de 50 à 100m pour les aquifères superficielles (les nappes de l'Oligo-Miocène, du littoral nord et les sables du Quaternaire), de 100 à 200m pour les aquifères intermédiaires (calcaire du Paléocène, l'Éocène et le Continental Terminal) et entre 200 à 500m pour l'aquifère profond du Maastrichtien (Tableau 2).

Tableau 1: Caractéristiques hydrogéologiques des forages dans les îles du Saloum

Forages	Aquifères	Date de Réception	Profond. Totale	Lithologie	Situation	Constructeurs
Vélingara	Eocène	----	124	Calcaire	Abandonné	Caritas
Diamniadio	Maestrichtien	1987	312	Sable	Abandonné	Caritas
Djirnda	Maestrichtien	1997	352	Argile sableux	Fonctionnel	Etat
Ngador	Maestrichtien	1961	336	Sable	Abandonné	Etat
Thialane	Maestrichtien	1961	336	Sable	Abandonné	Caritas
Bassoul	Maestrichtien	1987	368	Sable	Fonctionnel	Etat
Thialane	Maestrichtien	1987	312	Sable	Abandonné	Caritas
Moundé	Maestrichtien	1987	331	Sable	Fonctionnel	Caritas
Diogane	Maestrichtien	1988	343	Sable	Abandonné	Caritas

Source : Direction de l’hydraulique régionale de Fatick, 2022

Ces eaux profondes ne sont pas facilement accessibles pour la population, et présentent des caractéristiques physico-chimiques médiocres avec des taux de fluor qui sont souvent au-dessus des normes de l’Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (PEPAM 2013). Dans les îles du Saloum, la présence des unités à eaux salées, la profondeur des nappes, la mauvaise gouvernance des ressources en eau et la forte présence de fluor dans la zone ont rendu l’exploitation des eaux souterraines très difficiles. Toutefois, il faut noter que le Continental Terminal et le Maestrichtien occupent plus 70 % de la superficie du bassin arachidier (DGPRE 2014). Ces eaux profondes ne sont pas facilement accessibles pour la population, et présentent des caractéristiques physico-chimiques médiocres avec des taux de fluor qui sont souvent au-dessus des normes de l’Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (PEPAM 2013).



Carte 2: Situation des forages dans les îles du Saloum, Photo : Pompe abandonnées dans le village Niodior **Source :** Direction de l’hydraulique de Fatick, 2021 et Cliché Nguirane, 2022

Dans les îles du Saloum, la présence des unités à eaux salées, la profondeur des nappes, la mauvaise gouvernance des ressources en eau et la forte présence de fluor dans la zone ont rendu l’exploitation des eaux souterraines très difficiles (DIENG 2017). Cette situation se traduit par des problèmes d’accès à l’eau potable.

3.4. Présence de lentille d’eau douce dans une zone dominée par des nappes superficielles de qualité saumâtres

Suivant le schéma classique, une lentille d’eau douce est constituée d’une mince couche d’eau douce flottant sur l’eau salée qui imprègne le sable qui constitue le substratum des îles; son épaisseur va de zéro au niveau de la mer

ou des tannes³ à quelques mètres au centre des îles (FAYE 2016). Dans les îles du Saloum l'approvisionnement en eau potable se fait qu'à partir des eaux souterraines (forage, puits, céanes) (DGPRES 2014). Les puits captent les lentilles d'eau douce dont la puissance dépend de la superficie, de l'altitude de l'île et de la pluviométrie. Ces lentilles d'eau douce sont particulièrement vulnérables et deviennent salées en saison sèche, ce qui pose des problèmes d'accès à l'eau pour les populations (WETLAND 2018). Il existe plusieurs puits dans les îles mais avec une qualité médiocre, du fait de la salinité (Tableau 2) (DIENG 2017). Le pH est neutre dans les localités de Thialane, Diogane, Djirnda etc. et acide à Falia, Moundé, et Bassar. Les résultats des analyses *in-situ* montrent que les eaux de puits des îles du Saloum sont de qualité très médiocre. Les teneurs en sel dépassent largement les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (1,5mg/l). Ainsi, les concentrations en sel les plus élevées sont notées au niveau des villages de Palmarin, Dionewar, Bassoul, Niodior, Moundé. Le TDS varie entre 302 et 960 µS/cm. On note des TDS largement en dessous des seuils de la qualité de l'eau (Moundé, Siwo, Thialane, Bassoul etc.). Les seuils recommandés par l'OMS sont de 400 µS/cm. Cette conductivité électrique (CE) est élevée à partir du moment où l'eau commence à prendre un caractère salé c'est-à-dire lorsqu'elle dépasse la valeur de 750 µS/cm. Les valeurs de salinité extrêmes correspondant aux puits situées à proximité des bolongs avec des risques d'intrusions salines sur les nappes superficielles (Moundé, Thialane, Djifère, Palmarin etc.).

Tableau 2: Mesures in situ de la qualité des eaux de puits dans les îles Saloum

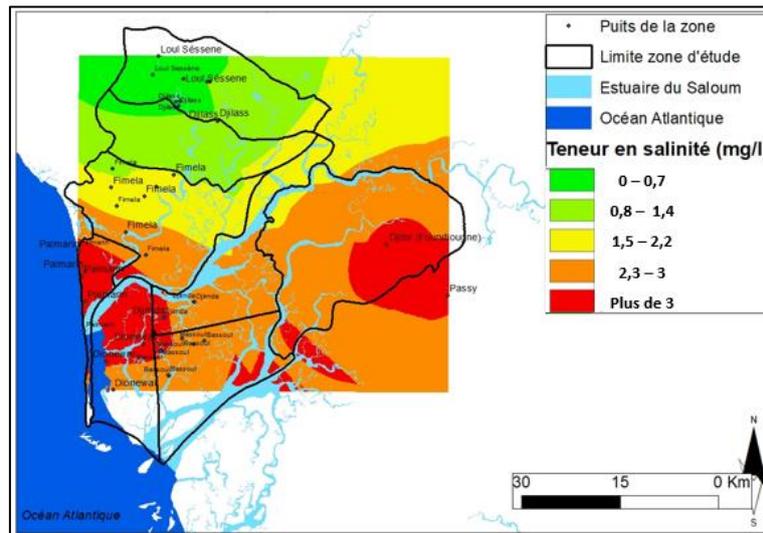
Localités	pH	Conductivité (µS/cm)	TDS mg/l	Salinité mg/l
Niodior P1	7,9	528	383	2,7
Niodior P2	6,47	499	430	4,3
Djirnda P1	5,68	556	302	2,8
Djirnda P2	7,09	761	411	3,9
Dionewar P1	7,45	416	479	2,1
Dionewar P2	7,38	647	348	3,3
Moundé P1	6,51	1738	930	1,8
Moundé P2	6,66	1790	956	1,9
Thialane P1	7,17	1796	960	0,9
Thialane P2	7,14	584	351	1,5
Diogane P2	7,41	1937	404	0,2
Diogane P2	7,22	641	338	0,3
Falia P1	6,72	837	446	0,4
Falia P2	6,9	527	480	0,3
Siwo P1	7,3	1531	817	2,7
Palmarin P1	7,17	774	363	4,4
Palmarin P2	7,25	1801	963	3,9
Bassoul P2	7,18	625	302	2,8
Bassar P1	6,73	511	368	1,41
Bassar P2	6,88	763	381	1,3

Source : Données de terrain M. Mansour Nguirane, Mars 2022

Cette situation est à l'origine des cas de puits abandonnés rencontrés dans ces zones. Par ailleurs, il est important de constater des puits situées dans les îles ou sur le littoral et qui présentent des valeurs de conductivité et de salinité faibles (Falia, Diogane etc.). Ainsi, en saison sèche, la concentration saline est souvent jugée élevée par les populations dans de nombreux villages. Cela est due en partie à l'élévation rapide du biseau salé due à la surexploitation des eaux souterraines durant cette période. De façon générale, l'analyse des ressources en eau souterraines captées par les puits sont en grande partie saumâtres à salées (Figure 5) avec des teneurs qui sont

³ Les tannes désignent les sols salés. Ils sont des zones de transition, sursalés, qui se développent entre les mangroves et les cordons dunaires.

largement au-dessus des normes établit par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en termes d'indicateurs de la qualité de l'eau potable (DGPRE 2014).

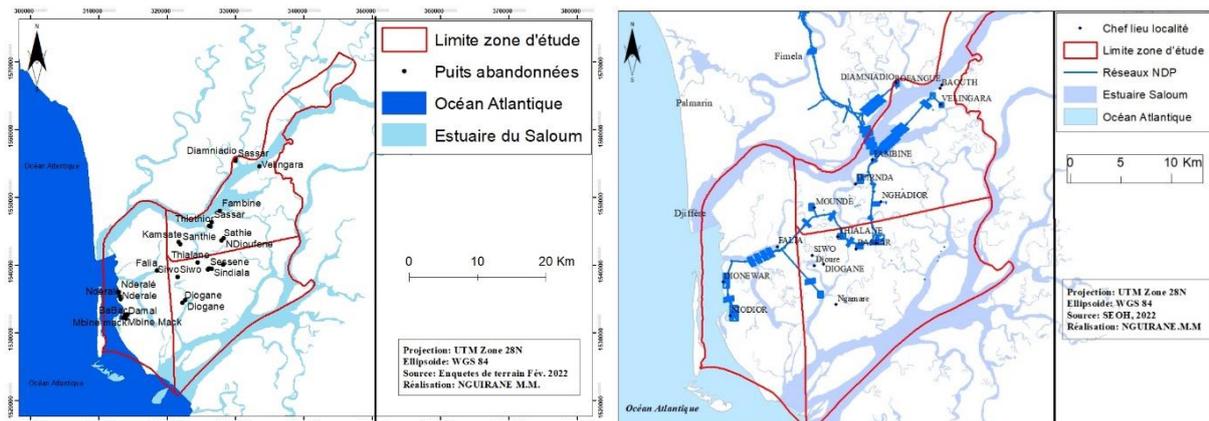


Carte 3: Des eaux de puits soumises à de forte teneur en salinité dans les îles du Saloum (Source : Travaux de terrain M.M. Nguirane, 2022)

L'analyse de la carte montre que plus on s'approche de la zone estuarienne, plus les teneurs en salinité des eaux de puits sont élevées. En effet, les intrusions d'eaux océaniques à travers les bolongs (cours d'eau fortement salées) ont fini par accélérer la dégradation de la qualité des eaux de surface et celles souterraines. Ces intrusions sont responsables de la salinisation des eaux de puits (WETLAND 2018). Cette situation favorise la dégradation rapide et l'abandon de ces ouvrages par les populations. Lors de nos travaux de terrain nous avons pu dénombrer plus de 25 puits abandonnés dans les îles du Saloum. Cela est en partie due à la surexploitation de certains qui entraîne l'accélération de la remontée du biseau salé dans de nombreuses localités. Les enquêtes révèlent que ces eaux de puits salées sont utilisées pour les activités domestiques. Ainsi, le taux d'abandon le plus élevé est enregistré dans les villages traversés par des bolongs (cours d'eau fortement salés). Le phénomène d'intrusion d'eaux salées entraîne la contamination des dans nappes superficielles dans les villages de Palmarin, Djiffere, Niodior, Djirnda, Moundé, Falia, Diogane, Thialane etc. (DIENG 2017) (*figure 5*).

3.5. La politique de transfert d'eau potable comme unique alternative pour la résiliences socio-économique des communautés insulaires du Saloum

Dans les îles du Saloum, la dégradation rapide des infrastructures hydrauliques se traduit par une forte diminution de l'approvisionnement en eau. Le taux d'accès à l'eau potable ne cesse de baisser (seulement 62% des ménages sont raccordés au réseau domestique, OFOR, 2014), contraignant les habitants à recourir à des sources traditionnelles telles que les puits, les céanes et la collecte d'eau. Cette situation est exacerbée par le manque de planification des associations d'usagers de l'eau (ASUFOR), les déficits financiers, les risques sanitaires d'origine hydrique (comme les fluoroses osseuses, les fluoroses dentaires et les maladies gastro-entériques, etc.). La gestion communautaire montre ses limites face à une croissance démographique qui accroît la demande en eau. La gestion informelle du sous-secteur, les déficits en matière d'entretien et de maintenance des infrastructures, la mauvaise qualité de l'eau, le manque de professionnalisme des ASUFOR rendent l'accès à l'eau difficile. En ce qui concerne les puits, sur les 25 puits situés dans le delta du Saloum, 12 présentent des taux de salinité très élevés (+1,5 mg/l). Il convient également de noter que la plupart de ces puits sont des céanes (ouvrages de faible profondeur, moins de 5 mètres), ce qui les rend vulnérables à la fois aux intrusions salines et à un assèchement rapide.



Carte 4 et 5: Puits abandonnés dans le delta du Saloum. (Source : M. M. Nguirane, Travaux de terrain, 2022) & Réseau du système de transfert d'eau potable du NDP dans le delta du Saloum). Source : SEOH, 2021

Cette situation complique davantage les stratégies d'adaptations mises en place par les communautés. Ces derniers s'orientent vers la récupération des eaux de puits avec tous les risques que cela pourrait générer. C'est dans ce sens que l'OFOR, entre dans le cadre du renforcement de l'accès à l'eau potable a jugé plus utile de transfert de l'eau et contourner les problèmes liés aux dysfonctionnements hydrogéologiques (*Carte 3*). Il s'agit d'un transfert d'eau à partir d'une batterie de forages situés dans la zone de Tassette (Thiès) jusqu'aux îles du Saloum par immersion. Cependant, cela n'a pas réglé définitivement la question de l'eau car des problèmes de pression rendent souvent difficile l'accès à l'eau. A cela s'ajoute les risques de ruptures de conduites qui peuvent surgir avec tous les mouvements de pirogues qu'il y'a dans la zone. Ce qui veut dire que ce transfert amène certes de l'eau, mais ne s'aurait être un gage de sécurité en eau. Avec ce système de transfert, l'OFOR cherche à révolutionner le sous-secteur de l'hydraulique rurale par la mise en place des partenariats public privée (PPP). Il est chargé de la gestion du patrimoine, du renouvellement et de l'extension des infrastructures, du contrôle et du suivi de la qualité de l'exploitation. De ce fait il signe des contrats d'affermages avec les délégations des services publics (DSP) qui assurent l'exploitation, la maintenance et le recouvrement. Grâce à la disponibilité de l'eau en quantité et qualité suffisante offre aux populations la possibilité de diversifier leurs activités génératrices de revenus dans un milieu où l'économie rurale reste dominée par la pêche qui fait face à une crise liée aux impacts du changement climatique.

3.6. La résilience des communautés insulaires face à la précarité hydrique : cueillette des eaux pluviales

Face aux difficultés d'accès à l'eau potable, les communautés insulaires du Saloum ont développé des stratégies d'adaptation qui sont relatives à la récupération des eaux pluviales. Ces dernières sont recueillies durant la saison pluvieuse dans des jerricanes de 20 litres et des impluviums (construits en ciment) qui seront utilisées pendant la saison sèche (*Photo 2*). Cette eau est diluée avec de l'eau des puits saumâtres en saison sèche pour augmenter la quantité. Elle est également désinfectée par l'utilisation d'eau de javel et de comprimés Aquatabs. Cette stratégie d'adaptation permet à la population de réduire les rotations en pirogues qui sont, par ailleurs, très coûteuses et risquées vers Sokone et Ndangane pour s'approvisionner en eau potable.

La récupération de l'eau de pluie apparaît comme une solution complémentaire à l'exploitation des lentilles d'eau douce. Le système de récupération des eaux de pluies comprend : la collecte, le traitement et les usages. La collecte se fait à partir d'un impluvium de 10m³ de volume avec un coefficient de récupération de 75% ; ainsi pour une pluviométrie de 500 mm on peut obtenir 3.75 m³ qui permet d'assurer à une famille de 10 personnes 5l/j (boisson, cuisine) pendant 2.5 voire 3 mois.



Photo 1: Des impluviums et d'autres réservoirs destinés à la récupération des eaux pluviales dans les villages de Moundé (a), Falia (b), Niodior (c) et Djirnda (d) (Source : cliché de M.M. Nguirane, 2022)

Par ailleurs, le traitement de l'eau nécessite d'abord un *by-pass* qui permet d'évacuer les premières eaux de pluie qui sont généralement chargées de débris végétaux et d'autres types de pollutions. Un traitement de désinfection des citernes s'effectue par la suite. Ces eaux de pluies récupérées et traitées sont utilisées pour la boisson et la cuisine. Par ailleurs, les populations utilisent les eaux des puits saumâtres pour les tâches ménagères. Toutefois, il est important de souligner qu'à cause du prix de l'eau élevé, les populations continuent de récupérer des eaux de pluie dans les îles du Saloum.

3.7. Niveau de satisfaction des besoins en eau de la population

Le captage d'eau souterraine est un élément essentiel dans la desserte en eau potable surtout dans les zones dépourvues en eau douce de surface. Il joue un très important et son dysfonctionnement impacte sur les activités socio-économiques. Les îles Saloum sont caractérisées par la présence d'eaux souterraines de qualité saumâtre et des infrastructures hydrauliques dégradées. Ainsi, malgré la mise en place du système de transfert d'eau, disposer de l'eau en quantité et qualité suffisante reste toujours périlleux pour les ménages qui vivent dans ces milieux insulaires caractérisés par des revenus faibles. Les différents usages de l'eau identifiés dans les îles du Saloum sont effectués en fonction des sources d'accès, de la qualité et de la disponibilité de l'eau. Cette situation fait que de nombreux ménages n'arrivent toujours pas à accéder au réseau d'approvisionnement en eau potable. Sur un total de 210 ménages ciblés pour l'enquête, 67% déclarent que leurs besoins en eau sont totalement satisfaits contre 33% (figure 3).

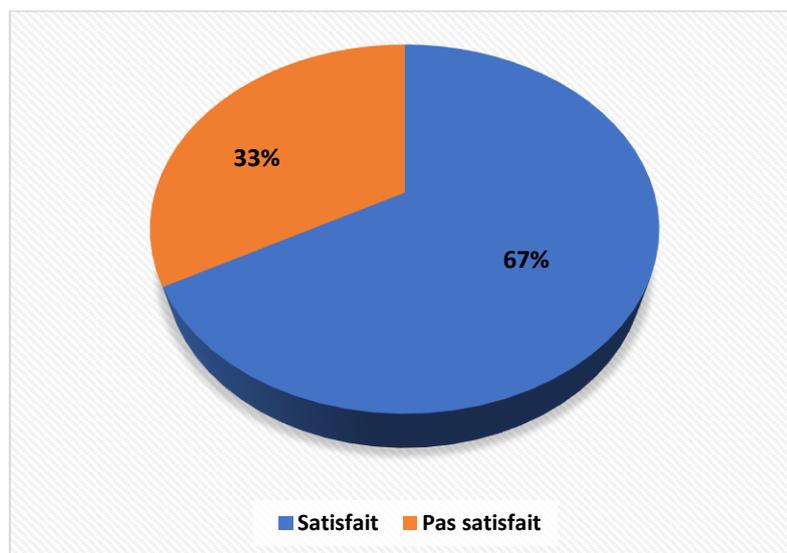


Figure 4: Niveau de satisfaction des besoins en eau potable dans les îles du Saloum (Source : Enquêtes ménages, Mars 2022 ; M.M. Nguirane)

En effet le système de transfert d'eau du NDP a apporté une bouée d'oxygène à de nombreux ménages qui étaient depuis toujours confronté aux problèmes d'accès à l'eau potable. Ces ménages habitent le plus souvent dans les localités traversées par la conduite principale du réseau de transfert d'eau potable du NDP. Par ailleurs, 33% de la population estiment que leurs besoins en eau ne sont toujours pas satisfaits. Cela est due à l'association de plusieurs facteurs à savoir le sous dimensionnement du réseau (NDP) dans de nombreux villages, l'organisation spatiale de certains villages, la faiblesse des revenus des ménages, la cherté des branchements etc. En effet, il est important de noter que le prix du branchement au réseau est de 75000 FCFA pour les ménages à moins de 20 mètres du réseau. Au-delà de cette distance, une somme de 2731 FCFA sera facturée pour chaque mètre linéaire supplémentaire. Or, le milieu rural Sénégal est très mal aménagé avec des habitats dispersés le plus souvent appelé des hameaux. En effet, les ménages dont les besoins en eau ne sont pas satisfaits ont recours à des usages spécifiques en fonction des sources d'accès. En 2021 l'Etat dans un souci d'améliorer l'accès à l'eau potable en milieu rural a mis en place avec la Banque Mondiale (BM) un projet de branchement social appelé Projet Eau Potable et Assainissement pour le Milieu Rural (PEAMIR). L'objectif de ce projet est d'identifier les ménages vulnérables et les faire accéder au réseau de transfert d'eau potable du Notto-Diosmone-Palmarin. Ainsi, le PEAMIR a permis à 5000 ménages (se trouvant entre Thiès et Fatick) de disposer d'un branchement privé dans leurs foyers avec de l'eau du système de transfert pour une contribution symbolique de 5000 frs chaque ménage. Ce projet a certes permis à de nombreux ménage des îles du Saloum d'avoir accès à l'eau potable (300 ménages). Toutefois, il faut noter que de nombreux ménages vulnérables continuent de s'approvisionner à partir des puits privés et communautaires, bornes fontaines, chez leurs voisins qui disposent d'un robinet privé et/ou un puits et au niveau des impluviums.

4. Discussions

Le domaine insulaire du Saloum a longtemps fait face à des défis hydrologiques, amplifiés par les sécheresses des années 70-80. Ces sécheresses ont réduit les eaux de surface et abaissé les nappes phréatiques, exacerbées par une recharge insuffisante et la pression démographique (ANSD 2015). Pour remédier à ces problèmes, plusieurs projets hydrauliques ont été initiés. L'ONG Caritas a notamment développé des projets de forage et des stratégies de défluoration et de désalinisation des eaux souterraines (DIONE 2014). Toutefois, la plupart de ces projets ont échoué en raison de la salinité de la région et des remontées d'eaux océaniques, dégradant la qualité des nappes superficielles et les infrastructures hydrauliques. Les ressources en eau du delta du Saloum sont principalement des lentilles d'eau douce captées par des puits. Ces lentilles, cependant, sont vulnérables, dépendant de la superficie, de l'altitude de l'île et de la pluviométrie (DIENG 2017). La surexploitation de ces ressources entraîne une dégradation de la qualité de l'eau due à l'intrusion saline (Ndoye 2014). Face à ces difficultés, l'importation d'eau par pirogues depuis le continent a été une solution, bien que coûteuse, augmentant le prix de l'eau pour les habitants (JOUVE 2004). Pour améliorer l'accès à l'eau potable, le gouvernement a mis en place un réseau de transfert d'eau potable à partir de la région de Tassette vers les îles du Saloum (OFOR 2016). Le réseau d'approvisionnement en eau potable (AEP) Notto-Diosmone-Palmarin (NDP) dessert de nombreuses localités. Malgré ces efforts, des problèmes subsistent, notamment en raison de la gestion privatisée de l'eau. La nouvelle gestion par l'Office des Forages Ruraux (OFOR) et le système de Délégation de Service Public (DSP) n'a pas toujours impliqué les populations locales, entraînant une insatisfaction quant aux prix de l'eau (ABADIE 2012). La Société d'Exploitation des Ouvrages Hydraulique (SEOH) a toutefois réussi à améliorer l'accès et la qualité de l'eau dans plusieurs localités, augmentant les branchements privés et les points d'eau (SEOH 2021). Cependant, le coût élevé de l'eau et des branchements demeure une contrainte majeure, notamment dans un contexte de vulnérabilité socio-économique. La privatisation des services d'eau potable soulève des questions sur son adéquation avec les objectifs de développement durable, en particulier l'ODD 6.2 sur l'accès universel à l'eau. La conciliation entre profit et politique sociale de l'eau nécessite une réflexion approfondie entre l'État, les acteurs du secteur de l'eau et les usagers. Ces discussions sont cruciales, car l'accès à l'eau se heurte souvent à des questions financières dans les pays en développement, où une part importante des revenus des ménages est consacrée aux charges hydrauliques, et où l'agriculture, source principale de revenus, est impactée par le changement climatique.

CONCLUSION

Dans le delta du Saloum, tout comme dans d'autres environnements insulaires et estuariens du Sénégal, la région est confrontée à un déficit d'écoulement des systèmes fluviaux, qui s'est accentué pendant la sécheresse des années 1970. Cette situation a entraîné une hyper salinisation des cours d'eaux et des déficits de recharge des nappes phréatiques. Les intrusions d'eaux salines et la fragilité de la biodiversité ont accéléré la vulnérabilité des ressources en eau. De plus, la mauvaise gestion et la rapide dégradation des ouvrages hydrauliques favorisent la rareté de l'eau, entraînant des perturbations dans les activités génératrices de revenus telles que le tourisme, la transformation halieutique, l'aquaculture, l'agriculture. Cela aggrave la paupérisation des ménages ruraux due à la baisse des revenus, des exodes massifs de jeunes vers les villes et des migrations. La forte croissance démographique a entraîné une augmentation des besoins en eau qui ne peuvent plus être satisfaits par les eaux souterraines in situ. Les irrégularités climatiques ont finalement rendu impossible l'accès à l'eau souterraine dans de nombreux villages insulaires. L'absence d'eau douce en surface empêche la mise en place de cultures de contre-saison et le développement de points d'abreuvement pour le bétail. Dans les milieux ruraux insulaires, l'accès à l'eau potable est non seulement un enjeu sanitaire, mais aussi socio-économique, en lien avec le développement des activités permettant de renforcer et de diversifier les revenus. En dehors des problèmes de gestion des ressources en eau, les îles du Saloum font face à l'érosion côtière, à la dégradation de la biodiversité et au caractère saumâtre des eaux souterraines ce qui aggrave les contraintes liées à la disponibilité de l'eau potable.

De plus, la présence des unités à eaux salées, de nappes profondes comme le Maastrichtien, situées entre 150m et 450m de profondeur, rendent difficile le travail des comités de gestion des forages (ASUFOR) et accroît la vulnérabilité en termes d'accès et de gestion des ressources en eau. Il est important de noter que les politiques hydrauliques développées dans la région semblent inadaptées face à la précarité de la zone. Ainsi, la plupart des dispositifs d'approvisionnement en eau potable installés dans de nombreux villages ne produisent pas les résultats escomptés et rencontrent des dysfonctionnements peu de temps après leur mise en service. En réponse à un parc hydraulique défectueux, l'État invite le secteur privé à participer à la gestion de l'hydraulique rurale. Bien que la privatisation des services d'eau ait largement contribué à l'amélioration de la disponibilité de l'eau potable dans le delta du Saloum, elle présente toutefois de nombreuses limites en termes de gouvernance participative des ressources en eau.

Revue-IRS

Revue Internationale de la Recherche Scientifique : [Revue-irs.com](http://www.revue-irs.com)

Références bibliographiques

- ABADIE. *Les politiques de l'eau au cœur des territoires. Colloque national sur « L'eau et l'avenir durable des territoires »* <http://www.ladepeche.fr/article/2021/03/11/1499533-la-politique-de-l-eau-au-c-ur-des-territoires.html>. 2012.
- ALBERGEL. Roose E., Albergel J., al. 2008 : "Efficacité de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols en milieux semi-arides." Collection : *Actualité scientifique AUF (Editeur : Archives contemporaines)* : 402 pages. 2008.
- ANSD. 2022. *Rapport Projection de la population du Sénégal. Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD). Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan.*» 42Pages 2015.
- BA. A., 2007 : *Sénégal : Le bassin arachidier. Atlas de l'Afrique. Sénégal. Paris, Les Editions J.A. 1ère édition: pp 116-119. . 2007.*
- BERTRAND. F., 1999 : *Une unité éclatée. In Rivières du Sud : Sociétés et mangroves ouest-africaines. Paris,IRD Editions. vol 1: pp 319-378. . 1999.*
- BODIAN. «BODIAN A., (2014) : « Caractérisation de la variabilité temporelle récente précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). Volume 8/ 15p. .» 2014.
- DACOSTA. 2012: *Variabilité des précipitations sur le bassin du Saloum. Actes de l'atelier de Gorée sur « la Gestion des ressources côtières et littorales ».* 27-29 juillet 1992. Pp 87-103.
- DGPRES. 2014: «*Etudes hydrogéologiques pour l'évaluation des potentialités des ressources en eau des zones favorables en vue d'un transfert d'eau vers le bassin arachidier. Projet de mise en œuvre du plan d'action de gestion intégrée des ressources en eau.*106p.» 2014.

- DIENG. NDAO Ndeye Maguette Thèse de doctorat 2017 : *Étude de la relation eaux de surface-eaux souterraines dans un contexte de changements climatiques dans la zone Sud du bassin du Saloum* 281p. 2017.
- DIONE. Y. 2014 : *Participation du public et politiques d'accès à l'eau potable en milieu rural sénégalais*. Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier ; Université Cheikh Anta Diop de Dakar.
- Diop, E.S.1986: *Les estuaires tropicaux holocènes, étude comparative des caractéristiques de la géographie physique des rivières du sud du Saloum à la Mellcorée (République de Guinée)*. PhD, Thèse, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France, 379p. 1986.
- DIOUF, P.S.1996: *Les peuplements de poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest : l'exemple de l'estuaire hypersalin du Sine Saloum*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, 177p.
- FAO. 1997 : "Réformer les politiques dans le domaine des ressources en eau : Guide des méthodes, processus et pratiques." *Bulletin FAO d'irrigation et de drainage* Numéro 52. .» 34p.
- FAYE. W. 2022 *Ecohydrologie du bassin arachidier (le cas de Niakhar): dynamique d'infiltration et modélisation hydrologiques des aquifères superficiels dans un espace sylvo-pastorale semi-aride*. Thèse de doctorat/UCAD.Département de Géographie 382pages.
- FAYE. G. 2016—. *Impact des modifications récentes des conditions climatiques et océanographiques dans l'estuaire du Saloum et des régions de bordures (Sénégal)*. 598p.
- FAYE, SANE.2017: *Dynamique de la salinisation des terres de 1973 à 2014 et variabilité climatique dans le nord de l'estuaire du Saloum (Fatick, Sénégal)*.341p..
- IPAR.2014: *Étude des stratégies d'adaptation des ménages ruraux (SAMER)*. Initiative Prospective Agricole et.» 42 p.
- IRD-IPAR. 2017 *Dégradation des terres et phénomène migratoire en Afrique de l'Ouest : exemples de la Vallée du fleuve Sénégal et du Bassin arachidier au Sénégal*. Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Initiative Prospective Agricole Rurale.
- JOUBE. P., 2004 : "Transition agricole et résilience des sociétés rurales. La croissance démographique, frein ou opportunité pour une intensification durable en Afrique subsaharienne,." *Courrier de l'environnement de l'INRA* 52. p101-106. .» 2004.
- KANE. *La problématique de l'accès à l'eau dans les îles du Saloum: Quelle place pour les initiatives locales dans la gouvernance de l'eau ?* 2016. 15p.
- Malou. *Impact du climat sur les ressources en eau en zone soudano-sahélienne (Sénégal)*. Thèse de Doctorat d'Etat. Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques. Dakar, UCAD : 147pages. 2004.
- Mendy, A.2012 «*Perception et gestion des ressources en eau dans la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum : Le cas du bassin versant de la Néma*. Maitrise d. Département de Géographie – Faculté des Lettres et Sciences Humaines - UCAD. Dakar : 89 pages.» 2012.
- Ndour. *Caractérisation et étude de la dynamique des peuplements de mangrove de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (Sénégal)* », Dakar, UCAD, 180 p. . 2005.
- NDOYE. Seyni et Serigne Faye. (2014) *Hydrodynamique et Hydrogéochimie de l'aquifère côtier superficiel du Saloum (Sénégal)*. *Géologie de l'environnement*, 44 :127-136. 2014.
- NIANG. I., (2007): *The impacts of climate change on coastal zones in West Africa*.Rapport de la conférence internationale sur la réduction de la vulnérabilité des systèmes naturels économiques et sociaux en Afrique de l'Ouest, 81p.» 2007.
- OFOR. «*Rapport OFOR.2016 : Evaluation du sous secteur de l'hydraulique rural et bilan de la gestion communautaire*.42p.» 2016.
- PAPIL. (2013) : *Etude Diagnostic de la salinité des sols et des eaux dans les régions de Fatick et Kaolack*, INP, CSE, Dakar, 113 p.» 2013.
- PEPAM-AQUA 2013a. *Appui à l'amélioration de la qualité de l'eau dans le Bassin Arachidier : fluor et sel dans l'eau défis et solutions* & PEPAM-AQUA 2013b. : *Fluor et sel dans l'eau : défis et solutions* CTB SENEGAL.24p.» 2013.
- SADIO. S., (2011) : « *La connaissance des sols salés sulfatés acides des mangroves : Processus et mécanismes de pédogenèse, distribution spatiale et évolution* » pp 25-26.» 2011.
- SAGNA. P., 2005, « *Dynamisme du climat et son évolution récente dans la partie ouest de l'Afrique Occidentale* », Dakar, UCAD, Tome 1, 272-318.» 2005.
- WADE. C.T., Dime, M., Tandian, A., Ehode, L.S., (2017), *Etat des lieux des liens entre migration, transferts et résilience au changement climatique* Innovation Environnement et Développement (IED) Afrique/Dakar 67p.» 2017.
- WETLAND.2018 : *Etude hydrologique de référence de la réserve de Biosphère du delta du Saloum*.Rapport du programme MCA de Wetland/ 39pages.».