



HAL
open science

Vulnérabilité des ressources en eau dans un contexte de changement climatique en milieu rural : le cas du delta du Saloum

Mouhamadou Mansour NGUIRANE, Awa Fall Niang, Abdoulaye Faty, Waly Faye

► To cite this version:

Mouhamadou Mansour NGUIRANE, Awa Fall Niang, Abdoulaye Faty, Waly Faye. Vulnérabilité des ressources en eau dans un contexte de changement climatique en milieu rural : le cas du delta du Saloum. *Revue espaces et sociétés en mutation*, 2023, LES ESPACES DE VULNÉRABILITÉS AU SÉNÉGAL: Pratiques spatiales et stratégies d'acteurs, Numéro Spécial Juillet 2023, pp. 49- 67. hal-04479813

HAL Id: hal-04479813

<https://hal.science/hal-04479813>

Submitted on 29 Feb 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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

LES ESPACES DE VULNÉRABILITÉS AU SÉNÉGAL

Pratiques spatiales et stratégies d'acteurs

Numéro Spécial

Juillet 2023



VULNERABILITE DES RESSOURCES EN EAU DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE EN MILIEU RURAL : LE CAS DU DELTA DU SALOUM

**Mouhamadou Mansour NGUIRANE^{1,2}, Awa NIANG FALL^{1,2},
Abdoulaye FATY^{1,2} & Waly FAYE^{1,2}**

¹Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop, Dakar (Sénégal)

²UMI SOURCE, IRD, BP 1386, CP18524, Dakar (Sénégal)

Résumé

Le delta du Saloum, fait face à de nombreuses difficultés qui affectent les conditions de vie des populations et des écosystèmes. Les facteurs édaphiques combinés à la péjoration climatique des années 70 ont fortement accentué la vulnérabilité des ressources en eau. Cette situation a entraîné un assèchement des eaux superficielles, un abaissement des nappes et l'invasion des basses vallées par les eaux salées. En outre, la forte profondeur et la mauvaise qualité des nappes rendent l'accès à l'eau potable encore plus difficile. Le déficit de recharge et la gestion inadéquate des infrastructures hydrauliques affectent la disponibilité des ressources en eau douce dans l'estuaire du Saloum. Ces problèmes hydrauliques de plus en plus aigus ont poussé les populations à recourir aux sources traditionnelles (puits, céanes, etc.) aux qualités douteuses. Cette recherche vise à analyser la vulnérabilité des ressources en eau dans le delta du Saloum. Pour ce faire nous avons analysé les données pluviométriques, et piézométriques, des mesures in-situ de la qualité de l'eau des puits ont été effectuées. Ces données sont complétées par des enquêtes socio-économiques avec les ménages, des entretiens avec les gestionnaires des ouvrages. Les résultats mettent en évidence une corrélation entre la variabilité pluviométrique et le niveau statique des nappes mais également une dégradation des ouvrages hydrauliques. On note aussi une salinisation des eaux souterraines et une forte résilience de la population locale face à la précarité de leurs conditions hydrauliques.

Mots-clés : Delta du Saloum, vulnérabilité, sécheresse, salinisation, résiliences

VULNERABILITY OF WATER RESOURCES IN A CONTEXT OF CLIMATE CHANGE IN RURAL AREAS: THE CASE OF THE SALOUM DELTA

Abstract

The Saloum delta faces many difficulties that affect the living conditions of the populations and ecosystems. Edaphic factors combined with the climatic deterioration of the 1970s have greatly increased the vulnerability of water resources. This situation has led to the drying up of surface water, the lowering of the water table and the invasion of the lower valleys by salt water. In addition, the high depth and poor quality of the water tables make access to drinking water even more difficult. Recharge deficits and inadequate management of hydraulic infrastructure affect the availability of freshwater resources in the Saloum estuary. These increasingly acute water

problems have led the population to resort to traditional sources (wells, fountains, etc.) of dubious quality. This research aims to analyse the vulnerability of water resources in the Saloum delta. To do this, we analysed rainfall and piezometric data, and in-situ measurements of well water quality were carried out. These data were complemented by socio-economic surveys with households and interviews with the managers of the wells. The results show a correlation between rainfall variability and the static level of the water tables, but also a degradation of the hydraulic structures. We also note a salinization of groundwater and a strong resilience of the local population to the precariousness of their hydraulic conditions.

Keywords: Saloum delta, vulnerability, drought, salinization, resilience

1. Introduction

L'accès à l'eau potable se pose de façon cruciale dans le Sahel qui était soumise à une longue période de sécheresse durant les années 70. Au Sénégal, comme dans la plupart des pays d'Afrique subsahariens, la question de l'eau fait face à de nombreux problèmes relatifs à la gestion et au financement du secteur. Cette situation est plus manifeste dans les zones rurales insulaires où l'approvisionnement en eau reste un combat quotidien pour beaucoup de ménages. 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, reste manifestement éprouvé par de fortes variabilités pluviométriques qui ont 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 (DGPRE), 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 (Mendy, 2012). En 2013, bien qu'avec plus de 1500 forages, le problème de l'accès à l'eau se fait toujours ressentir avec un prix de l'eau au m³ plus cher en milieu rural, 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).

Ainsi, dans les îles du Saloum l'inexistence d'infrastructures hydrauliques et/ou les dysfonctionnements récurrents des ouvrages

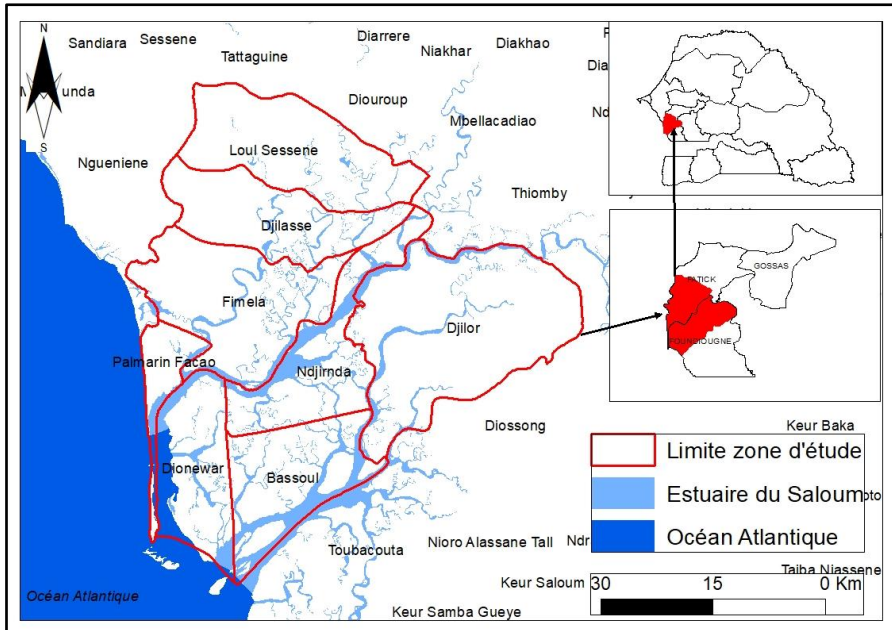
(pannes techniques, déficit d'entretien, mauvaise qualité de l'eau, etc.) aggravent la vulnérabilité des populations. Or, le défi d'accès à l'eau conduit les populations à utiliser une eau de qualité douteuse issue des sources traditionnelles (puits, céanes, etc.) pour satisfaire leurs besoins. En outre, les activités agricoles, l'élevage, les services et les structures hôteliers sont souvent menacés par la mauvaise gestion, la faiblesse des débits des forages (DGPRES, 2014). Ces problèmes hydrauliques affectent les conditions de vie des populations et ralentissent les activités socio-économiques (ANSD, 2015).

2. Présentation de la zone d'étude

L'estuaire du Saloum est un milieu complexe, caractérisé par son régime particulier d'estuaire inversé est un espace dynamique en constante évolution, dont les composantes se modifient incessamment sous l'effet de processus endogènes et exogènes (Wetlands, 2018). 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. Ils sont formés par la jonction d'une succession de cordon littoraux (Diop, 1986). Ces îles sont situées à l'extrême ouest de la zone agroécologique du bassin arachidier, dans la région de Fatick. Ce domaine insulaire communément appelé îles Gandoul est composé de 7 îles et de petits îlots vierges répartis en trois communes : Djirnda, Dionewar et Bassoul cf. (carte 1) (Wetlands, 2018). La population essentiellement constituée de sérère Niominkas est estimée à 20187 habitants. L'activité principale de la population demeure la pêche même si l'agriculture et l'élevage sont pratiquées (ANSD, 2013).

Les îles du Saloum sont relativement basses et de faible taille avec une altitude maximale qui est de 7m. 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 (Ba, 2000). Ces différentes îles sont séparées par un réseau de bolongs très denses et très salés. Les sols sont essentiellement constitués de sols Diors et de Tannes (Faye, 2017). La végétation des zones amphibies est constituée de mangroves sans compter les zones émergées comportant des savanes arbustives dominées par *Deuterium senegalensis* et *Adansonia digitata* (baobabs). Son climat est de type soudanien sahélien avec une pluviométrie moyenne de 600mm (ANACIM, 2016). 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, de la taille et de l'altitude de l'île (Plaud, 1967).



Carte 1 : Localisation de la zone d'étude (ANAT, 2019)

La marée, essentiellement de type diurne, reste le principal facteur de l'hydrodynamique estuarienne. Il en résulte donc un fort gradient de salinité des eaux de l'aval vers l'amont (Sadio, 2011). 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 ont été enregistrés vers Sokone, soit de deux à trois fois plus que la salinité moyenne de la mer qui est de 35 g/l (Ndoye, 2004).

3. Matériels et méthodes

Pour analyser la vulnérabilité des ressources en eau dans les îles du Saloum, différents types de données sont utilisées. La pluviométrie mensuelle et annuelle de 1960 à 2019 des stations de Fatick, Fimela, Foundiougne, Toubakouta et Kaolack. Le choix de ces stations s'explique par la qualité des données, la longueur des séries et leurs positionnements par rapport à notre zone d'étude. Ces données ont été collectées auprès de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM). Ainsi, pour déterminer les tendances

pluviométriques de la région nous avons calculé les écarts par rapport à la moyenne pour chacune de ces stations allant de 1960 à 2019. L'analyse des séries chronologiques longues s'explique par un besoin de remonter le plus longtemps possible dans le temps pour prendre en considération la période humide d'avant 70, la période de sécheresse et la période actuelle.

Pour analyser les variations du niveau des nappes phréatiques, nous avons utilisé les mesures de Niveau Statique (NS) collectés auprès de la DGPRE. Ces données dont les plus anciennes remontent en 1974 et concernent six (6) piézomètres captant diverses nappes (maastrichtien, Continental terminal et l'Eocène). Nous avons effectué une corrélation entre la pluviométrie et le niveau statique des nappes pour déterminer l'effet de la variabilité pluviométrique sur la recharge des nappes. Pour discuter de la qualité des ressources en eau, nous avons effectué des mesures *in situ* sur un échantillon de trente (30) puits situés dans notre zone d'étude où les ressources en eau douce les plus intéressantes pour les populations se présentent sous forme de lentilles. Les paramètres mesurés sont le potentiel d'hydrogène (pH), la conductivité électrique en micro siemens, la salinité en g/litre et le total dissout de solide (TDS) mg/litre. L'appareil utilisé est la sonde multi-paramètre Consort C6010. L'appareil a été calibré au laboratoire avant d'aller sur le terrain pour s'assurer de la qualité des mesures. Après chaque point de mesure (puits) l'appareil est rincé avec de l'eau distillée. Après les mesures, nous avons effectué des enquêtes ménages à l'aide d'un questionnaire après échantillonnage de la population. Au total 210 ménages ont été enquêtés avec un pas de temps de 1 sur 3. Pour ce qui concerne les entretiens nous nous sommes entretenus avec le responsable de l'Office des Forages Ruraux (OFOR), de la Société d'Exploitation des Ouvrages Hydrauliques (SEOH) qui gère le réseau de transfert d'eau dans la zone, la brigade des forages de Fatick, les comités de gestion de Moundé et de Djirnda, à l'aide d'un guide d'entretien pour appréhender la vulnérabilité des ressources hydrauliques, les problèmes de gouvernance et les solutions qu'ils mettent en place pour améliorer l'accès à l'eau potable dans la zone.

4. Résultats

4.1 Une forte variabilité pluviométrique

L'analyse des écarts par rapport à la moyenne de 1960 à 2019 dans les 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'en 2008 et une période de reprise pluviométrique de 2009 à 2019 (figure 1). Les moyennes pluviométriques annuelles des stations de Fatick, Foundiougne, Fimela, Toubakouta, Kaolack qui étaient respectivement de 711,54 mm, 757,07 mm et 617,30 mm entre 1960 et 1969 ont chuté jusqu'à 527,51 mm, 485,3 mm et 1441,83 mm entre 1970 et 2008 pour finalement atteindre : 685,47 mm, 705,72 mm et 485,93 mm pour la période 2009-2018. Durant la période sèche, nous avons noté une chute de la pluviométrie de l'ordre de 20 % à Fatick, 15 % à Foundiougne et à Toubakouta, 25 % à Kaolack. Ainsi, à partir des années 2000 nous avons constaté dans toutes les stations un léger retour de la pluviométrie. Cette amélioration des conditions pluviométriques se traduit par une augmentation sensible des totaux pluviométriques annuels dans les différentes stations.

Toutefois cette reprise est encore jugée très timide par rapport à la situation d'avant sécheresse et reste caractérisée des variabilités inter-annuelles assez importantes. Tout compte fait, selon l'ANACIM, la série est encore assez courte pour confirmer une reprise pluviométrique effective au niveau des stations étudiées (ANACIM, 2016).

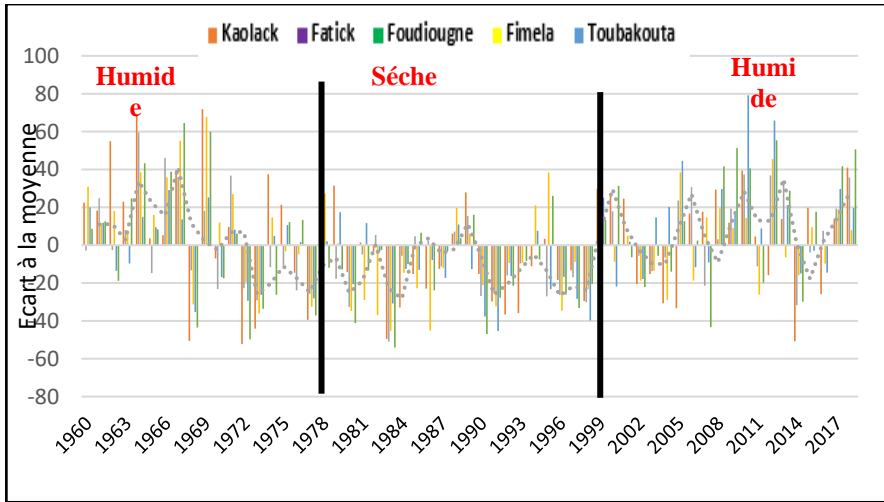


Figure1 : Evolution des écarts à la moyenne de la pluviométrie des stations de Kaolack, Fatick, Foundiougne, Fimela, Toubakouta (ANACIM, 2019)

L'analyse spatiale de la pluviométrie montre un gradient pluviométrique 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, Kaolack, Foundiougne. Cette régression des précipitations dans la zone est confirmée par la DGPRE qui estime les déficits à plus de 30 % dans l'estuaire du Sine-Saloum et 15 % dans le haut bassin (DGPRE, 2014). A 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 (ANACIM, 2016). La tendance baissière s'était dessinée au début des années 1970 au niveau des régions de Fatick et Kaolack et même partout ailleurs dans le pays (Ndoye, 2014). Ces déficits pluviométriques ont fortement affecté les ressources en eau dans une zone déjà fragile et/ou les eaux douce de surface sont quasi-inexistantes (Dacosta, 2012).

4.2 Quasi-absence d'eau douce en surface et surexploitation des eaux souterraines

Selon la DGPRE, la péjoration climatique des dernières décennies a entraîné une raréfaction des eaux douces en surface dans presque tout le bassin arachidier. Dans le bassin du Sine-Saloum, la sécheresse des années 1970 a fini par désorganiser le réseau hydrographique et abaisser le niveau des nappes phréatiques (Malou, 2004). Ainsi, l'eau a tendance à s'accumuler dans des bas-fonds, où elle s'infiltré ou s'évapore rapidement, sans produire un écoulement caractérisé, sauf lors d'épisodes exceptionnels (Dieng Ndao, 2017). Le réseau hydrographique de cette zone est de ce fait complexe et impossible à appréhender de façon globale, excepté dans les petits sous-bassins-versants (Dacosta, 2012). Ces deux cours d'eau (Sine et Saloum) qui ont des écoulements temporaires sont caractérisés dans leur cours aval, par une forte salinité (Faye, 2016). On constate un tarissement précoce des mares et de certains bas-fonds qui durant la période humide pouvaient subsister plusieurs mois durant la saison sèche (Sagna, 2005). Certains marigots étaient même permanents dans biens des localités. Cet assèchement des eaux de surface a provoqué la disparition des lentilles d'eau douce qui étaient accessibles à tout endroit dans les bas-fonds (Mendy, 2012). L'absence d'apport de ruissellement dans la zone estuarienne a accentué la salinité des eaux de surface notamment dans les zones proches des bolongs au niveau des îles du Saloum (Sadio, 2011). Ainsi, les eaux de surface qui devaient servir de recours dans les conditions de situations hydrauliques complexes, sont plus salées que l'eau de mer (PAPIL, 2013). Cette situation aggrave la vulnérabilité

dans un milieu estuarienne-insulaire où la rareté des ressources en eau douce de surface font que les eaux souterraines sont fortement convoitées dans un contexte de variabilité pluviométrique accrues (Photo 1) (Albergel, 2008).



Photos1 : Raréfaction de l'eau potable et abandons des puits dans certains villages à Niodior(a), Djirnda (b), Bassoul (c), Diogane (d)

Source : M.M. NGUIRANE, travaux de terrain, mars 2022

4.3 Baisse drastique du niveau statique des nappes

La raréfaction des eaux pluviales entraîne une faiblesse des infiltrations autrement dit un déficit d'écoulement et de recharge des nappes dans la zone du Saloum (DGPRE, 2014). Cela entraîne la rupture de l'équilibre dynamique eau douce – eau salée qui provoque l'avancée du biseau salé et la salinisation des nappes phréatiques qui sont utiles à bien des égards pour les populations (PAPIL, 2013). L'évolution du Niveau Statique (NS) des piézomètres de la zone montre une baisse considérable du niveau des nappes en parfaite corrélation avec les déficits pluviométriques qui ont marqué la zone de 1970 à 2008. Cette baisse est plus sensible au niveau de la nappe du Continental Terminal qui reste la plus accessible pour la population ainsi que le Maestrichtien (Ndoye, 2014) (figure 2). Il n'existe pas d'observations antérieures à la sécheresse pour les 3 piézomètres dont nous disposons excepté l'éocène qui commence en 1968. La répartition des piézomètres en fonction des nappes s'établit comme suit :

Pour ce qui concerne le Continental Terminal, le NS est passé de -13,30m en 1974 au niveau de Fimela, de -11,86m en 2015 à Kobongoye, de -18,07m en 1976 à -11,95m en 2018 à Nobadane. Alors au niveau de Djialls le niveau statique du piézomètre qui était de -34,9m

en 1976 est passé à -15,48m en 2016 et -16,2m en 2016. Au niveau du piézomètre de Djilass le NS qui était de -15,1m en 1976 est passé à -37,4m en 2018. A Loul Sèssene le NS qui était de -23,98m en 1974 est passé à -19,21m en 2018 à Djilass il est passé de -15,12m en 1976 à -16,25m en 2018. Pour ce qui concerne la pluviométrie, nous notons une parfaite corrélation entre l'évolution des NS piézométriques en dehors de Fimela où nous avons constaté une augmentation de la pluviométrie annuelle de 2014 qui s'est traduite par une baisse du NS cela peut être due à la forte imperméabilisation des sols qui font que dans la quasi-totalité de la commune est urbanisé et les espaces de recharge sont de plus réduits. Cette situation amplifie davantage le ruissellement au profit de l'infiltration.

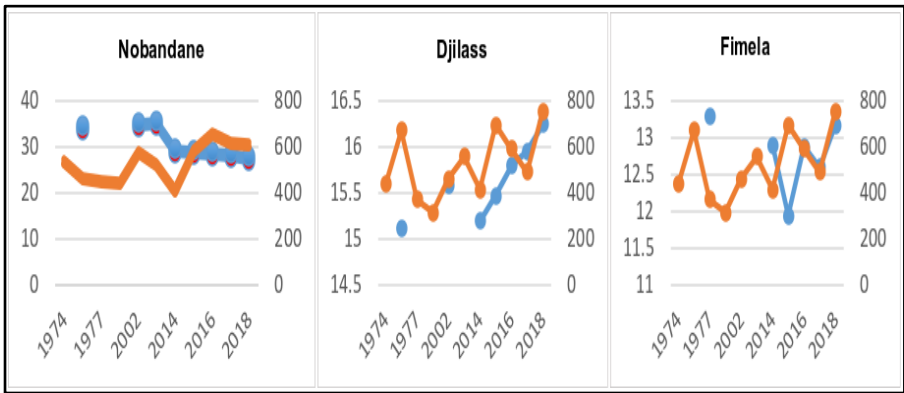


Figure 2 : Corrélation entre la pluviométrie et le NS piézométrique dans le Continental Terminal (DGPRES, 2019)

Ces résultats montrent une baisse considérable du niveau des nappes en relation avec les déficits pluviométriques qui ont marqué la zone de 1970 à 2008. Le niveau piézométrique est plus bas en 1976 qui correspond au maximum de la sécheresse, comparé à 2018 qui est marquée par une reprise pluviométrique. Toutefois, cette baisse est plus sensible au niveau du Continental Terminal qui est la plus accessible pour la population avec les puits ainsi qu'au niveau du Paléocène et de l'Eocène (Dacosta, 2012). A Fatick l'évolution du NS de la nappe Continental Terminal montre une nette corrélation avec l'évolution de la pluviométrie. Par exemple à Tattaguine le NS qui était de -34,9 m en 1976 avec un cumul pluviométrique annuel de 472,4 mm et en 2002 le NS est passé à -35 m malgré un relèvement de la pluviométrie à 585,9 mm. Dans la commune de Loul Sèssene on note une évolution similaire où le NS était à -23,98m en 1974 avec un cumul pluviométrique annuel

de 548,5mm, pour tomber à -28,52m entre 1974 à 1976. Enfin au niveau de Bassoul le NS, qui était de de -20 m en 1980, a baissé jusqu'à -13,8 m en 1984 avant de remonter jusqu'à -62,1 m en 2018. Cette évolution est en parfait corrélation avec la pluviométrie qui passe de 402,3 mm en 1980 pour descendre jusqu'à 198,6 mm en 1983 et remonter jusqu'à 700 mm en 2018.

Toutefois depuis 2002 nous notons une légère amélioration du NS accompagné par un retour de la pluviométrie dans la zone. Toutefois ce retour présente des variabilités d'une année à l'autre et la série est encore très courte pour parler de retour semblable à la période humide d'autrefois.

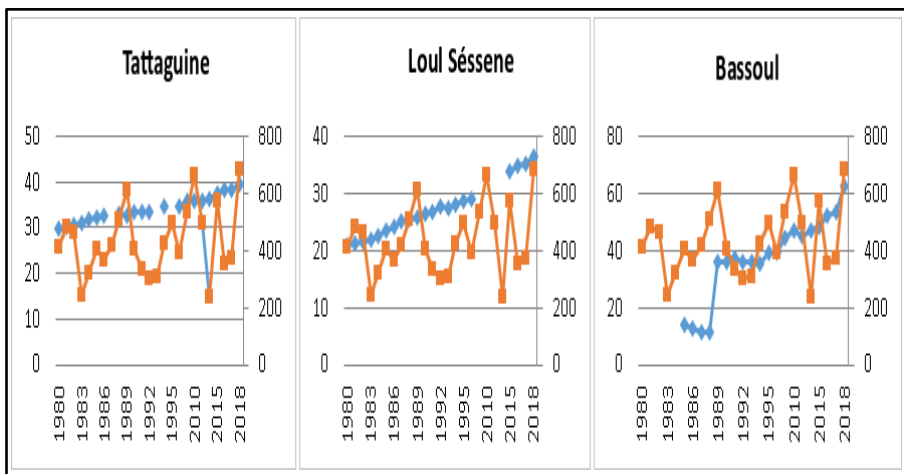


Figure 3 : Corrélation entre la pluviométrie et le NS pluviométrique dans le Maestrichtien (DGPRES, 2019)

4.4 Forte salinisation des eaux souterraines et abandon précoce des puits

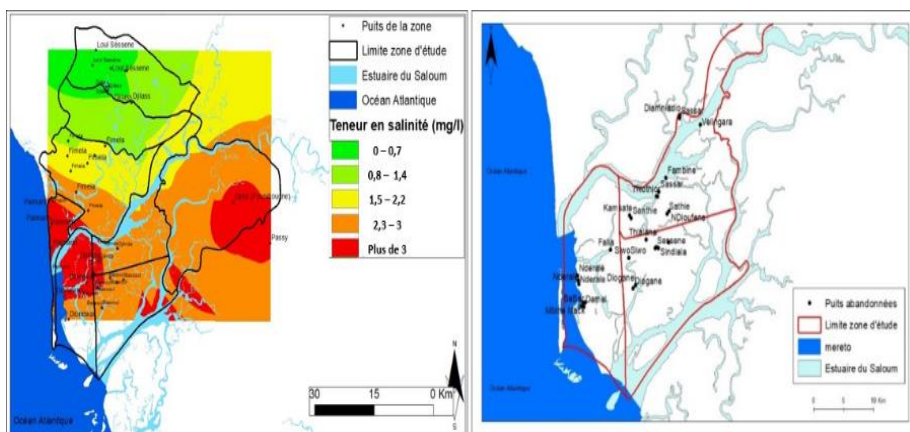
Le delta du Saloum a subi de plein fouet la longue période de sécheresse des années 1970-80. Cette péjoration climatique a entraîné une réduction considérable de la pluviométrie se traduisant par un déficit d'écoulement, des intrusions d'eaux océaniques, un assèchement des espaces humides, un rabattement précoce des nappes phréatiques.

Ainsi, le déficit de recharge des nappes à favoriser à son tour l'élévation rapide du biseau salé et la dégradation de la qualité de l'eau. Cette situation est souvent rencontrée dans de nombreuses localités à savoir (Palmarin, Djiffere, Dionewar, Falia, Bassoul, Niodior, etc.).

L'analyse des mesures in-situ de la qualité des eaux de puits (carte 2) montre un contour de salinité qui est plus importante en fonction de la proximité de l'estuaire. Cela explique le rapport intrinsèque entre les teneurs en sel des puits et la proximité des bolongs. Ces bolongs fortement salinisés aggrave la dégradation de la qualité de l'eau par le biais des sols et des nappes superficielles. Cette situation aggrave la vulnérabilité des eaux souterraines dans un espace déjà fragile. En effet dans les villages à fort teneur en sel des puits, on note une dégradation considérable des ressources en naturelles (eau, sol, végétation etc.). Cela entraîne des problèmes d'accès à l'eau potable récurrents, des risques sanitaires aigus et une aggravation de la paupérisation des ménages avec l'impossibilité de mettre en place des activités génératrices de revenus à cause de la non disponibilité de l'eau en quantité et qualité suffisante.

Face à la forte salinisation des eaux, certaines populations creusent de nouveaux puits et abandonnant les anciens. Ainsi lors de nos travaux de terrain nous avons eu à décompter près de 25 puits abandonnés du fait de la forte salinité de leurs eaux et/ou à l'assèchement précoce (carte 3). En ce sens, il faut souligner que dans la plupart de ces puits « céanes », du fait de la forte variabilité pluviométrique, le niveau d'eau s'abaisse considérablement entre 4 et 6 mois après l'hivernage. On peut parfois enregistrer une durée largement plus courte (2 à 4 mois) juste après la saison pluviale en cas de forte utilisation (Ndoye, 2014).

Par ailleurs l'analyse de la carte de salinité des puits (carte2) décrit un contour de salinité qui évolue en fonction de la proximité ou non de l'Océan atlantique. C'est-à-dire plus on s'éloigne de l'estuaire et des bolong plus nous notons une abaissement considérable de la salinité au niveau des eaux de puits. Cette situation est observée dans de nombreuses localités comme Palmarin, Dionewar, Falia, Bassoul qui présentent des teneurs en sel largement plus élevés que ceux de Fimela, Samba Dia, Nghé Mbadate, Tattaguine etc. Toutefois, nous pouvons retenir que la zone de Foudiougne reste l'exception. Autrement dit, les fortes teneur en sel observées dans la zone notamment à Djilor (Foundiougne) et Passy sont pour la plupart dues aux intrusions des eaux fortement salées du fleuve Saloum selon les travaux de Ndoye (Ndoye, 2014). Cette situation fait la zone est souvent confrontée aux problèmes liés à la dégradation de la qualité des eaux souterraines.



Cartes 2 et 3 : Forte salinisation des eaux de puits & Abandon rapide des puits dans le delta du Saloum

Source : M.M. NGUIRANE, Travaux de terrain, 2022

Du fait que les eaux des puits sont fortement salinisées, elles ne peuvent servir à grand-chose, la plupart des ménages les abandonnent et ils servent de déversoir d’ordures afin d’éviter que les enfants ou/et les personnes atteintes de maladies mentales y tombent.

Tout compte fait, face à une telle situation les communautés développent de nombreuses stratégies d’adaptations pour améliorer leurs conditions de vie et réduire leurs vulnérabilités.

4.5 Récupération des eaux pluviales par des impluviums, une alternative à la précarité hydraulique des populations des îles du Saloum

Face aux problèmes d’accès à l’eau potable, la récolte des eaux pluviales devient une alternative pour les populations insulaire (Wetlands, 2018). L’eau est recueillie en hivernage dans des jerricanes de 20 litres et des impluviums et stockée pour être utilisée pendant la saison sèche (photo 2). Cette eau est diluée avec de l’eau de puits saumâtre en saison sèche pour disposer de plus d’eau. Cette stratégie permet à la population de réduire les rotations à pirogues très risquées et coûteuses sur le continent notamment à Sokone et à Ndangane pour ramener de l’eau sur les îles. Ces impluviums sont améliorés avec des capacités de stockage plus élevées et une gestion plus efficace avec des robinets. Le système consiste à fermer les impluviums en début d’hivernage pour nettoyer les toitures des maisons et éviter ainsi de verser dans les réservoirs des déchets. Ensuite les impluviums sont ouverts

pour recueillir l'eau propre qui est traitée à l'aide des comprimés Aquatabs pour améliorer la qualité.



Photos 2 : Des impluviums et d'autres réservoirs destinés à la récupération des eaux pluviales dans les villages de Moundé (a), Falia (b), Niodior (c) et Djirmda (d) (M.M. NGUIRANE, 2022)

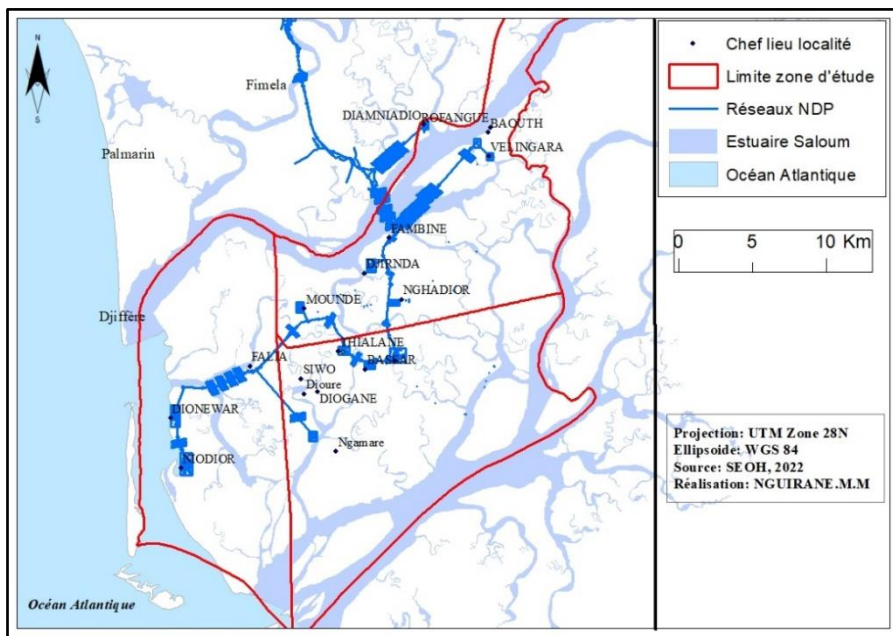
La récupération de l'eau de pluie apparaît comme une possible solution complémentaire à l'exploitation des lentilles d'eau douce. Un impluvium de 10 m^2 avec un coefficient de récupération de 75 % permet de récupérer $3,75 \text{ m}^3$ sous une pluviométrie de 500 mm, volume permettant d'assurer une dose de 5 l/j (boisson, cuisine) à une famille de 10 pendant 2,5 à 3 mois. Pour assurer l'autonomie sur 6 mois de cette famille une surface réceptrice de 25 m^2 serait suffisante. Dans la zone d'étude, il existe plusieurs possibilités à partir des toitures en tôles, en ardoises installées souvent au niveau des maisons (impluvium familial), des écoles et/ou espaces publics (impluvium communautaire). Pour la qualité de l'eau, outre le nécessaire *by-pass* permettant d'évacuer les premières eaux de chaque épisode (plus ou moins chargées de débris végétaux et de pollution bactérienne), un traitement de désinfection des citernes est nécessaire, mais il peut être simple. Par ailleurs, un mélange entre l'eau de pluie et l'eau de la nappe peut permettre d'abaisser la

salinité de l'eau de puits ou de forage jugée trop salés (Ndoye, 2004). Ainsi, la récupération des eaux de pluie reste une pratique toujours fréquente dans les îles du Saloum malgré la présence du réseau d'approvisionnement en eau potable du Notto-Diosmone-Palmarin (NDP).

4.6 Stratégies étatiques pour réduire la vulnérabilité

Dans les îles du Saloum, le rythme de dégradation des ouvrages hydrauliques traduit la baisse considérable des services d'approvisionnement en eau. Le taux d'accès à l'eau potable ne cesse de chuter 62 % seulement de branchement domestique, obligeant les populations à utiliser des sources traditionnelles puits, céanes, etc. (OFOR, 2016). À cela s'ajoutent le manque de planification des Associations des Usagers des Forages Ruraux (ASUFOR), les déficits financiers, les risques sanitaires d'origines hydriques (fluoroses osseuses, fluoroses dentaires, maladies gastro-entérites etc.) (PEPAM, 2013). À cela, il s'ajoute une gestion communautaire qui ne cesse de montrer ses limites face à une explosion démographique qui augmente les besoins en eau (Dione, 2014).

Malgré tous ces efforts consentis par les pouvoirs publics, la gestion de l'eau demeure toujours problématique dans la zone avec une gestion informelle du sous-secteur, des déficits en termes d'entretiens et de maintenances des ouvrages, des difficultés d'accès à l'eau potable, une mauvaise qualité de l'eau etc.), le manque de professionnalisme des ASUFOR (Sarr, 2013). Face aux nombreuses revendications du monde rural, le gouvernement sénégalais a senti la nécessité de réformer le sous-secteur de l'hydraulique rural. C'est dans ce sens que l'Office des Forages Ruraux (OFOR) est créé en 2014 pour remplacer la Direction de l'Entretien et de la Maintenance (DEM). L'arrivée de l'OFOR entre dans le cadre du renforcement de l'accès à l'eau potable à partir d'un transfert d'eau et contourner les problèmes liés aux dysfonctionnements hydrogéologiques (Carte 4). Ainsi, la gestion et la réhabilitation des infrastructures hydrauliques en milieu rural ont été retirées des fonctions dévolues à la (DEM) au profit de l'OFOR (OFOR, 2016).



Carte 4 : Système de transfert d'eau potable du Notto-Diosmone-Palmarin (NDP)

Dans la logique de cette nouvelle réforme la construction des forages n'apparaît plus comme une solution pour régler les problèmes d'accès à l'eau potable dans les îles Saloum. Ainsi, l'OFOR cherche à révolutionner le sous-secteur de l'hydraulique rurale par la mise en place des Partenariats Public Privée (PPP) (Yangane, 2019). L'OFOR 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.

5. Discussion

Le domaine insulaire du Saloum a longtemps été confronté à des problèmes hydrologiques. Ces difficultés ont été exacerbées par la sécheresse des années 70-80 qui a provoqué dans le Sahel un tarissement des eaux de surface et un effondrement du niveau des nappes phréatiques conséquences des déficits de recharge successive et de la pression démographique (Malou, 2004). Cela avait provoqué dans le sine Saloum l'initiation de plusieurs projets hydrauliques pour soulager les populations (PEPAM, 2013). Ainsi dans les îles du Saloum l'ONG Caritas avait développé beaucoup de projets de forage mais également des stratégies de défluoration et de désalinisation des eaux

souterraines. Ces réalisations entre dans le cadre du renforcement du niveau d'accès à l'eau potable dans les zones vulnérables. Cependant, la plupart de ces projets ont échoué car la zone se trouve dans la bande centrale salée et est souvent confrontée à de remontées d'eaux océanique à partir des bolongs ce qui reste un facteur d'altération de la qualité des eaux des nappes superficielles et aggrave le rythme de dégradation des ouvrages hydrauliques. En effet, ces îles sont situées dans une zone où la productivité hydrogéologique est relativement limitée car l'Eocène et le Continental Terminal sont fortement dépendant de la pluviométrie (Ndoye, 2014).

Dans le delta du Saloum, on note que les ressources en eau les plus utilisées par les populations se présentent sous forme de lentilles d'eau douce captées par les puits. Toutefois, ces lentilles sont particulièrement vulnérables car leurs côtés positifs dépendent de la taille, de l'altitude de l'île et de la pluviométrie (Plaud, 1967). Or, la plupart de ces zones insulaires présente une topographie très basse et ne sont pas assez étendues du point de vue de leur taille. En outre, leurs ressources en eau souterraines sont fragiles et dépendent d'un équilibre hydrodynamique entre eau douce et eau salée. La surexploitation entraîne le plus souvent la rupture de l'équilibre hydrodynamique favorisant l'arrivée irréversible de l'eau salée au niveau des nappes. Cette situation est responsable des teneurs en sel élevés constatés au niveau des puits et d'un taux d'abandon très élevé d'ouvrages (forage et puits). Ce cas de figure est souvent observé au niveau de la nappe de l'Eocène, du Paléocène et du Continental Terminal qui reste fortement influencée par la présence d'eaux salées du fleuve Saloum et des bolongs (Faye, 2017). Ainsi, les maigres ressources en eaux souterraines dont dispose la zone doivent être partagées entre l'alimentation en eau potable d'une population en forte croissance, une multiplication des besoins à cause du développement de l'hôtellerie et la satisfaction des besoins socio-économiques (maraîchages, élevage, etc.).

6. Conclusion

L'accès à l'eau potable est un révélateur de toutes les inégalités dans le monde. Dans le delta du Saloum, comme dans les autres systèmes estuariens du Sénégal, le déficit d'écoulement des systèmes fluviaux, qui s'est accentué durant la sécheresse des années 1970-80 a conduit à une hypersalinisation des eaux de surface et souterraines, des déficits de recharges des nappes phréatiques. Les effets du changement

climatique ont aggravé la salinisation des sols et la fragilité de la biodiversité accélérant ainsi la vulnérabilité des ressources en eau (Sadio, 2011). À cela il s'y ajoute une rapide dégradation des ouvrages hydrauliques, des problèmes d'accès à l'eau potable et des perturbations liées aux activités agricoles occasionnant une baisse considérable des revenus ménagères qui ne dépendent que de l'agriculture qui fait face depuis quelques décennies à des irrégularités pluviométriques extrêmes.

Les fortes températures et l'insolation notées dans la zone entraînent l'évaporation rapide des eaux de surface (mélangé avec des eaux marines) ce qui favorise la formation de cristaux de sels. La péjoration des éléments climatiques a fini par entraîner dans de nombreuses localités une reconversion des activités avec notamment la culture de sel qui continue d'accueillir de nouveaux arrivants au profit de l'agriculture pluviale et du maraichage (IRD-IPAR, 2017). L'absence des eaux de surface ne favorise pas la mise en place des cultures de contre saison et des points d'abreuvement pour éleveurs. Les intrusions de sels, de fluor et de nitrates notées dans les nappes et les difficultés d'accès aux nappes profondes telles que le Maastrichtien en font du Sine-Saloum l'une des zones les plus vulnérables du pays sur le plan hydraulique.

Ainsi, cette forte vulnérabilité des ressources en eau associée à la dégradation des écosystèmes halieutiques expliquent en grande partie le nombre exorbitant de jeunes candidats à l'exode rural et à l'émigration clandestin dans cette zone.

Références bibliographiques

Abadie (2012) 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>.

Albergel R.E., Albergel J. et 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 p.

ANDS (2013) *Rapport général de la population et de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage*, UNFPA, USAID 19 p.

ANSD (2015) *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.

Blanc (2005) *Secteur de l'eau au Sénégal : un partenariat équilibré entre acteurs publics et privés pour servir les plus démunis ?*

Dacosta H. (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.

DGPRE (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*, 106 p.

Dieng Ndao N.M. (2017) *Etude de la relation eaux de surface-eaux souterraines dans un contexte de changements climatiques dans la zone Sud du bassin du Saloum*. Thèse de doctorat, 281 p.

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). Thèse, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France, 379 p.

Faye G. (2016) *Impact des modifications récentes des conditions climatiques et océanographiques dans l'estuaire du Saloum et des régions de bordures (Sénégal)*. Thèse de Doctorat Unique, 598 p.

Faye S.B. (2017) *Dynamique de la salinisation des terres de 1973 à 2014 et variabilité climatique dans le nord de l'estuaire du Saloum (Fatick), Sénégal*, 341 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*.

Malou (2004) *Impact du climat sur les ressources en eau en zone soudano-sahélienne (Sénégal)*. Thèse de Doctorat d'État. Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques. Dakar, UCAD, 147 p.

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*. Mémoire de DEA. Département de Géographie – Faculté des Lettres et Sciences Humaines - UCAD. Dakar, 89 p.

Ndoye S. & Faye S. (2014) Hydrodynamique et Hydrogéochimie de l'aquifère côtier superficiel du Saloum (Sénégal), *Géologie de l'environnement*, 44, pp. 127-136.

OFOR (2016) *Evaluation du sous-secteur de l'hydraulique rural et bilan de la gestion communautaire*, Rapport OFOR, 42 p.

PAPIL (2013) *Etude Diagnostic de la salinité des sols et des eaux dans les régions de Fatick et Kaolack*, INP, CSE, Dakar, 113 p.

PEPAM (2013) *Appui à l'amélioration de la qualité de l'eau dans le Bassin Arachidier : fluor et sel dans l'eau défis et solutions*, CTB SENEGAL, 24 p.

Sadio S. (2011) La connaissance des sols salés sulfatés acides des mangroves : Processus et mécanismes de pédogenèse, distribution spatiale et évolution, 25-26.

Sagna P. (2005) *Dynamisme du climat et son évolution récente dans la partie ouest de l'Afrique Occidentale*, Dakar, UCAD, Tome 1, pp. 272-318.

Sarr N.M. (2013) *Approche participative de la gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin du Sine : Etude de cas de la communauté rurale de Tattaguine*. UCAD 30 p.

Wetlands (2018) *Etude hydrologique de référence de la réserve de Biosphère du delta du Saloum*. Rapport du programme MCA de Wetland, 39 p.