



**Agriculture et gestion des ressources en eau dans un
contexte de variabilité climatique: quel est l'impact du
système transfert d'eau potable du
Notto-Diosmone-Palmarin (NDP) dans la résilience des
activités maraîchères dans le bassin arachidier
(Sénégal) ?**

Mouhamadou Mansour Nguirane, Awa Fall Niang, Nathalie Pottier, Waly
Faye, Coura Kane, Abdoulaye Faty, Birane Cissé

► **To cite this version:**

Mouhamadou Mansour Nguirane, Awa Fall Niang, Nathalie Pottier, Waly Faye, Coura Kane, et al.. Agriculture et gestion des ressources en eau dans un contexte de variabilité climatique: quel est l'impact du système transfert d'eau potable du Notto-Diosmone-Palmarin (NDP) dans la résilience des activités maraîchères dans le bassin arachidier (Sénégal) ?. Journal International Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement, 2023, Volume (viii) - Issue 2 – December 2023 (Numéro 2 – Décembre2023), pp. 105-118. hal-04463246

HAL Id: hal-04463246

<https://hal.science/hal-04463246>

Submitted on 21 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.

Copyright

Agriculture et gestion des ressources en eau dans un contexte de variabilité climatique : quel est l'impact du système transfert d'eau potable du Notto-Diosmone-Palmarin (NDP) dans la résilience des activités maraichères dans le bassin arachidier (Sénégal)

Mouhamadou Mansour Nguirane^{1,2}, Awa Niang Fall^{1,2}, Nathalie Pottier^{2,3}, Wally Faye^{1,2}, Coura Kane^{2,4}

Abdoulaye Faty^{1,2} and Birane Cisse^{1,2}

¹ Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD)/Ecole Doctorale Eau, Qualité et Usages de l'Eau (EDEQUE) – Sénégal

² Unité Mixte Internationale (UMI) Soutenabilité et Résiliences (SOURCE), IRD, BP 1386, CP18524, Dakar

³ Université Versailles Saint Quentin-en Yvelines (UVSQ) 47 boulevard Vauban 78047 Guyancourt - France

⁴ Université Alioune DIOP de Bambey (UADB) BP 30, Bambey (Diourbel) - Sénégal

Résumé

Le maraîchage est l'une des activités agricoles du bassin arachidier, pratiqué en saison sèche après les récoltes. Cependant au cours des décennies 70, 80, et 90, la région a subi des transformations environnementales qui ont fortement éprouvé cette activité. La longue sécheresse et la forte variabilité pluviométriques ont entraîné l'abaissement du niveau des nappes, l'assèchement des zones humides, l'extension des « tanns », l'envasement des basses vallées par les eaux marines, le tarissement précoce des puits, et la disparition des ligneux au profit des herbes. Les nappes profondes captées entre 80 et 300m sont de mauvaise qualité physico-chimique et la mauvaise gouvernance des infrastructures hydrauliques contribue à la précarité de l'activité de maraîchage. Cependant, le système de transfert d'eau du Notto Diosmone Palmarin (NDP) intervenu dans le cadre des réformes de l'hydraulique rural, consistant à transférer de l'eau des zones pourvues vers les zones à fortes contraintes hydrauliques semble redonner vie à cette activité. La disponibilité d'une eau en quantité et de meilleure qualité a entraîné une forte recomposition des activités économiques, particulièrement le maraîchage qui avait disparu dans de nombreux villages. L'objectif de cet article est d'analyser l'impact du réseau de transfert d'eau du NDP dans le développement du maraîchage sur l'axe Thiès-Fatick dans le centre-ouest du bassin arachidier. Pour ce faire, nous avons effectué des enquêtes socio-économiques et des entretiens avec les maraîchers, les gestionnaires du réseau, et les autorités locales. Les résultats des enquêtes réalisées dans la zone de desserte du système de transfert d'eau mettent en évidence une reprise du maraîchage dans presque toute la zone et une diversification des spéculations cultivé mais également la capacité de résilience des populations du bassin arachidier. La bonne maîtrise de l'eau et une meilleure gestion hydraulique ont permis à la population de développer une résilience socioéconomique. Toutefois, la cherté des branchements a poussé 46 % maraîchers à développer des stratégies d'adaptations afin de réduire leurs vulnérabilités

Mots clés : bassin arachidier, sécheresse, salinisation, transfert d'eau, maraîchage, adaptation

Agriculture and governance of water resources in a context of climate variability: what is the impact of the Notto-Diosmone-Palmarin (NDP) drinking water transfer system on the resilience of market gardening activities in the groundnut basin (Senegal)?

Abstract

Market gardening is one of the agricultural activities in the groundnut basin, practised in the dry season after harvests. However, during the 70s, 80s and 90s, the region underwent environmental changes that severely affected this activity. Prolonged drought and highly variable rainfall led to a lowering of the water table, the drying up of wetlands, the spread of "tanns", the invasion of low-lying valleys by marine waters, the early drying up of wells, and the disappearance of woody plants in favour of grasses. The deep aquifers tapped between 80 and 300 metres below sea level are of poor physico-chemical quality, and poor governance of the water infrastructure contributes to the precarious nature of market gardening. However, the Notto Diosmone Palmarin (NDP) water transfer system, which was introduced as part of the rural water reforms and consists of transferring water from well-stocked areas to areas with severe water constraints, seems to be revitalising this activity. The availability of more and better quality water has led to a major shift in economic activities, particularly market gardening, which had disappeared from many villages. The aim of this article is to analyse the impact of the NDP water transfer network on the development of market gardening on the Thiès-Fatick axis in the central-western groundnut basin. To do this, we conducted socio-economic surveys and interviews with market gardeners, network managers and local authorities. The results of the surveys carried out in the area served by the water transfer system show a resumption of market gardening in almost the entire area and a diversification of the crops grown, but also the resilience of the people living in the groundnut basin. Good control over water and better water management have enabled the population to develop socio-economic resilience. However, the high cost of connections has prompted 46% of market gardeners to develop coping strategies to reduce their vulnerability.

Key Words: transmissivity, specific flow, transverse resistance, kriging, cokriging, artificial neural networks, numerical modeling..

¹ Corresponding author: mouhamadoumansour.nguirane@ucad.edu.sn

INTRODUCTION

La disponibilité de l'eau se pose de façon cruciale dans le Sahel qui a été fortement éprouvé par la longue période de sécheresse des années 70-80. Dans la plupart des pays d'Afrique subsahariens, en particulier au Sénégal, la disponibilité de l'eau fait face à de nombreux problèmes relatifs au changement climatique et aux difficultés de financement du secteur (ALBERGEL, 2008). Cette situation est beaucoup plus manifeste dans les zones rurales où la forte utilisation des ressources en eau a fini par aggraver la vulnérabilité hydraulique des communautés. Or dans ces zones l'eau reste le principal levier de l'économie rurale car étant au cœur du système de production. Le déficit d'accès à l'eau dans ces milieux rend difficile la pratique des activités agricoles (ABADIE, 2012). Ainsi, cette situation met les ménages dans une spirale de précarité ce qui les enfonce dans une profonde pauvreté (DIENG, 2017). L'agriculture est l'activité humaine la plus prépondérante des variations climatiques (IPAR, 2014). Dans le bassin arachidier, où elle est essentiellement pluviale, elle occupe l'essentielle de la population active et constitue la principale source de revenu des ménages (ANSD, 2015). Cependant, la longue période de sécheresse des années 70-80, a entraîné une réduction de la pluviométrie de l'ordre de 30 % dans l'estuaire du Sine-Saloum et 15 % dans le haut bassin entre 1970 et 2000 (ANACIM, 2016). Il s'en est suivi de fortes modifications environnementales qui représentent une contrainte supplémentaire pour un système de production en équilibre déjà précaire avec la variabilité climatique actuelle, surtout face au défi majeur pour le secteur agricole que représente la croissance démographique (IPAR, 2014). Cette situation a fortement affecté les ressources en eau de surface et les nappes souterraines de la région, provoquant l'assèchement des zones humides et l'envahissement des basses vallées par les eaux salées de la mer. A ces facteurs s'ajoute la mauvaise qualité des nappes profondes et les difficultés d'exhaure du fait de la forte profondeur entre 80 et 300m, car une partie de la région se trouve du point de vue hydrogéologique dans la bande salée (DGPRES, 2014). Ces problèmes hydrauliques ont fortement affecté les rendements agricoles et la qualité des terres arables avec l'extension des « *tanns* » qui sont des sols sulfatés acides (FAYE S. , 2017). Cette situation hydraulique de plus en plus compliquée a poussé l'état du Sénégal à s'engager dans une réforme de l'hydraulique avec un changement de paradigme dans la gestion de l'hydraulique rural. Ce changement d'approche apporte une innovation avec la mise en place d'un système de transfert d'eau des zones pourvues en eau vers des zones pauvres en eau. Ainsi, l'Association des Usagers des Forages Ruraux-motorisés (ASUFOR) qui assurait la gestion de l'eau est remplacée par l'Office des Forages Ruraux (OFOR), avec une implication directe de l'Etat dans la gestion. C'est dans ce contexte que le Notto-Ndiosmone-Palmarin qui est le premier système de transfert a vu le jour pour transporter de l'eau à partir d'une batterie de forages de la zone de Tassette (région de Thiès) vers jusqu'au îles du Saloum (OFOR, 2019). Cette réforme de l'hydraulique rurale, consistant à transférer de l'eau des zones pourvues vers les zones à fortes contraintes hydrauliques intervient pour répondre à la problématique de l'accès à l'eau productives mais également aider le secteur agricole à mieux s'adapter face aux défis du changement climatique. Ainsi, des investigations sont nécessaires pour déterminer les réels impacts de ce système de transfert sur la relance des activités maraîchères et sur l'amélioration des conditions de vie des communautés rurales.

1. Présentation de la zone d'étude

Le bassin arachidier est une zone agroécologique d'importance capitale dans l'économie du Sénégal. Il couvre environ 1/4 de la superficie du Sénégal, regroupe 60 % de sa population rurale et fournit plus 65 % de sa production agricole (CSE, 2016). Il s'étend sur environ 200 km du nord au sud et 350 km d'Ouest en Est. Comme son nom l'indique, le bassin arachidier est une zone où la culture arachidière était pratiquée de façon traditionnelle et couvre une superficie totale de 51 315 km² (ANAT, 2020). Notre zone d'étude couvre la partie la plus occidentale de ce bassin, notamment la façade côtière allant de Thiès jusqu'aux îles du Saloum (*Carte 1*). C'est une zone fortement peuplée où l'activité principale reste l'agriculture, à côté du maraîchage et de l'élevage. C'est une région à topographie relativement basse excepté le plateau de Thiès où les altitudes peuvent atteindre 110m (DGPRES, 2014). Les sols sont dominés par les sols ferrugineux tropicaux peu ou non lessivés communément appelé sols Dior et les sols hydromorphes et les « *Tanns* » qui sont des sols sulfatés acides (SADIO, 2011). Le réseau hydrographique qui n'existe qu'en intermittence pendant la saison des pluies dans la zone continentale est marquée en aval par un estuaire inverse hypersalé. Le paysage du delta est dominé une mangrove qui occupe tout le delta du Saloum. Son climat est de type sahélien au Nord et sahélo-soudanien au sud avec des précipitations dont la pluviosité et la régularité s'accroissent suivant un gradient qui va du nord vers le sud (BODIAN, 2014).

2.2. Méthode

2.2.1. Les données climatiques

Nous avons utilisé les données de la pluviométrie mensuelle de 1960 à 2019 de deux stations climatiques (Fatick et Thiès) et de trois postes pluviométriques (Mbour, Foundiougne et Toubakouta). Le choix de ces stations s'explique par la qualité des données, la longueur des chroniques et leurs positionnements par rapport à notre zone d'étude. Ainsi, pour déterminer les tendances pluviométriques de la région nous avons calculé les écarts par rapport à la moyenne, les indices standardisés de précipitations pour chacune de ces stations et postes pluviométriques. 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 1970, la période de sécheresse et la période actuelle.

2.2.2. Les données hydrauliques

Ces données sont collectées auprès de l'Office des Forages Ruraux (OFOR), de la Société d'Exploitation des Ouvrages Hydrauliques (SEOH) et concernent la production en eau, le linéaire de réseau de transfert d'approvisionnement en eau potable du Notto-Diosmone-Palmarin (NDP), le nombre de branchement privés (domiciles), le nombre de bornes fontaines, le nombre d'abonnés maraichers et commerciaux (boulangers, stations-services, hôtels, restaurants), les abreuvoirs, les systèmes de tarification de l'eau, et le prix d'un abonnement. En plus de ces données nous avons collecté auprès de la Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau (DGPPE) les données des forages situés dans la zone de transfert en ce qui concerne les nappes captées, la profondeur ainsi que la qualité de l'eau.

2.2.3. Les données socio-économiques

Ces données ont été obtenues à partir d'enquêtes ménages auprès des populations de la zone, d'entretiens avec les structures de gestion de l'eau à savoir les Associations des Usagers des Forages Ruraux (ASUFOR), la Société d'exploitation des Ouvrages Hydrauliques (SEOH), l'Office des Forages Ruraux (OFOR), les personnes ressources (les maires et conseillers municipaux, les chefs de villages, les agents de développement) et des focus groupes auprès des (groupement et associations de femme transformatrices, des associations d'éleveurs etc.).

Dans le but faire une meilleure homogénéisation de nos enquêtes de terrain, la méthode spatiale non probabiliste a été choisie comme méthode d'échantillonnage. L'échantillonnage non probabiliste est utilisé lorsqu'il n'est pas possible de constituer une liste exhaustive de toutes les unités de sondage. Il existe plusieurs techniques d'échantillonnage non probabilistes. Celle adoptée est l'échantillonnage par « boule de neige » ou échantillonnage par réseau. Cette méthode consiste à choisir des individus au sein de la population cible puis à d'interroger chacun des individus ayant été sélectionnés. La taille de l'échantillon s'élève à 550 ménages dont 200 acteurs agricoles, 50 commerciaux et 300 ménages répartis dans 10 communes (*Tableau 1*). Nous avons établi une proportionnalité pour déterminer le nombre de ménage à interroger dans chaque village. Les enquêtes sont réalisées à l'aide d'un questionnaire ménage en utilisant l'outil Kobocollecte sur un pas de temps de 1 ménage sur 3. En effet, l'outil Kobocollecte reste un moyen très performant et efficace pour effectuer des enquêtes socio-économiques et pour collecter de données sur le terrain. Il offre des fonctionnalités de saisies numériques avec possibilités de se connecter à un serveur accessible depuis partout grâce à l'accès à une connexion internet. Ce logiciel permet d'enregistrer les coordonnées géographiques des sites enquêtés avec une possibilité d'exportation des données d'enquêtes sous plusieurs formats dont Excel, exploitables directement avec les logiciels de cartographie et de traitement des données. Le choix des communes s'est effectué en tenant compte de leur situation en fonction du réseau de transfert du Notto-Diosmone-Palmarin (NDP) soit en début de réseau, au centre ou en bout de réseau.

Tableau 2 : Echantillonnage des communes sélectionnées et des ménages à enquêter

Communes	Nbre de concessions	Nbre de ménages	Echantillonnage (15%)	Situation des communes En fonction du NDP
Tassette	210	468	70	Début réseau
Ndiagianiao	316	425	64	Début réseau
Fissel	192	333	50	Début réseau
Tattaguine	279	471	72	Centre du réseau
Fimela	300	512	78	Centre du réseau
Séssene	123	257	40	Centre du réseau
Djilasse	106	201	30	Centre du réseau
Bassoul	105	249	38	Bout de réseau
Dionewar	274	414	63	Bout de réseau
Palmarin	121	296	45	Bout de réseau
Total	2026	3626	550	

Source : Travaux d'enquêtes de terrain M. M. Nguirane, Mars 2022

Le but de ces enquêtes ménages est d'appréhender le point de vue de la population sur la gestion de l'hydraulique rurale, sur leur accès à l'eau et sur la qualité de l'eau. Cela permet de mesurer en partie l'efficacité de la politique hydraulique du monde rurale face aux chocs climatiques, et d'apprécier les limites de gouvernance axées sur le Partenariat Public Privé (PPP). Ces enquêtes permettront également d'identifier les opportunités offertes par le système de transfert d'eau potable du Notto-Diosmone-Palmarin (NDP) dans la relance des activités et les stratégies de résiliences adoptées par les ménages pour réduire leurs vulnérabilités. Pour les entretiens semi-structurés et les Focus groupes nous nous sommes entretenus avec les associations et groupements d'agriculteurs, d'éleveurs, les Groupements d'Intérêts Economiques (GIE), les organisations de femmes transformatrices, les acteurs et Opérateurs Economiques (boulangers, infrastructures hôteliers, gérants stations de service, entrepreneurs, unités de vente des eaux en sachets etc.). Nous avons également questionné les responsables de l'OFOR qui signe les contrats d'affermages, ainsi que la Société d'Exploitation des Ouvrages Hydrauliques (SEOH) qui gère le réseau d'eau potable, de la brigade des forages de Fatick, les comités de gestion ou Associations des Usagers des Forages Ruraux (ASUFOR) de Moundé et de Djirnda.

2.2.4. Les données sur la qualité de l'eau

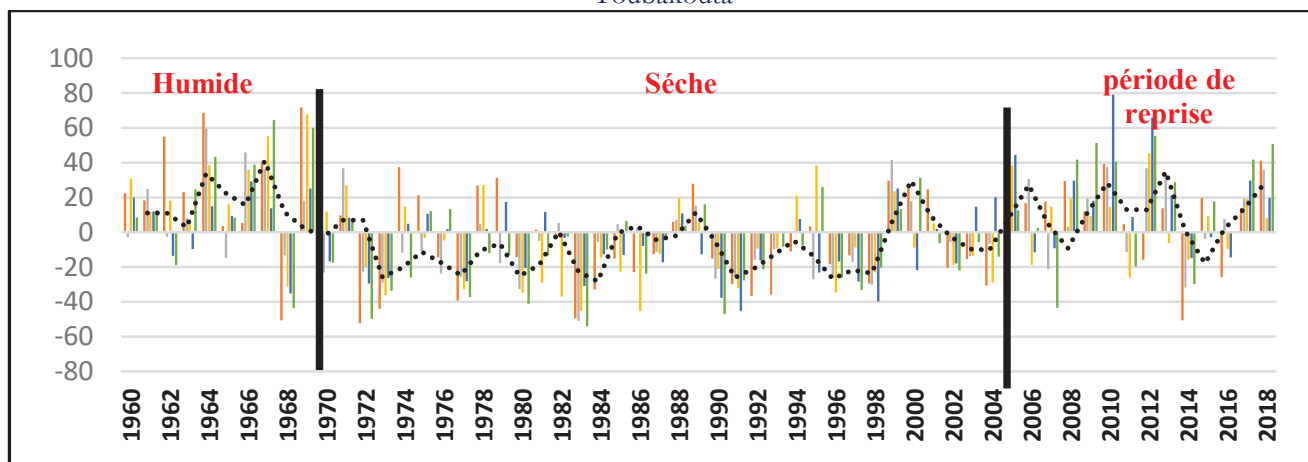
Nous avons effectué des mesures *in-situ* sur un échantillon de quarante-cinq (45) puits qui captent des systèmes d'aquifères superficielles et les lentilles d'eau douce qui sont des nappes fragiles et reposant sur un équilibre dynamique eau douce/eau salée. Les paramètres mesurés sont le Potentiel d'Hydrogène (pH), la Conductivité électrique (CE) en micro siemens, la Salinité (S) en g/litre et le Total Dissout de Solide (TDS). Les mesures de paramètres physiques ont été effectuées par le multi-paramètre Consort C6010. L'appareil a été calibré au laboratoire avec quelques tests de vérifications avant d'aller sur le terrain pour s'assurer de la qualité des mesures. Après chaque point de mesure (puits), l'appareil est proprement rincé avec de l'eau distillée avant de mesurer à nouveau un autre puits.

3. RESULTATS

3.1. Une forte irrégularité pluviométrique

L'analyse des écarts par rapport à la moyenne de 1960 à 2019 au niveau de toutes les stations étudiées permet de distinguer trois périodes distinctes : une période humide excédentaire de 1960 à 1969, une longue période déficitaire allant globalement de 1970 à 2008 où on ne rencontre que quelques années excédentaires et une période de reprise pluviométrique de 2009 à 2019 (ANACIM, 2016) (Figure 1). Les moyennes pluviométriques annuelles des stations qui couvrent notre zone d'étude à savoir Fatick, Mbour et Thiès qui étaient respectivement de 711,54mm, 757,07mm et 617,30mm entre 1960 et 1969 sont tombées à 527,51mm, 485,3mm et 441,83mm entre 1970 et 2008 pour atteindre 685,47mm, 705,72 mm et 485,93mm pour la période 2009-2018. Les déficits les plus importants de la série sont enregistrés durant la période de 1969 à 2008 avec -65,18mm observé au niveau de la station de Mbour en 1972 (BODIAN, 2014). On note une certaine reprise pluviométrique depuis 2009 mais avec des totaux pluviométriques encore loin de la période humide 1960-1969. Toutefois la série est encore courte pour confirmer une reprise pluviométrique effective au niveau des stations étudiées (FAYE, 2022).

Figure 1 : Evolution des écarts à la moyenne de la pluviométrie des stations de Thiès, Mbour, Fatick et Toubakouta



Source : ANACIM, 2019

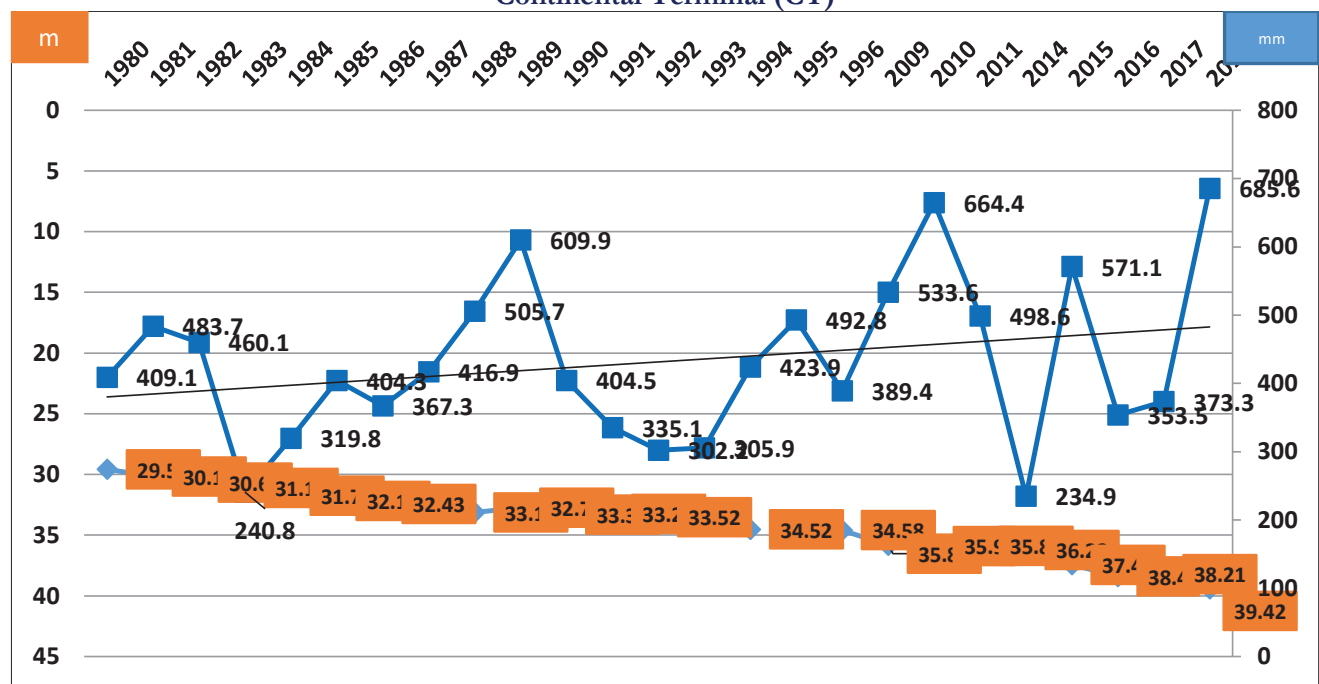
L'analyse spatiale de la pluviométrie montre un gradient pluviométrique Est-Ouest, plus on se rapproche du littoral c'est-à-dire des stations de Fatick Toubakouta et Mbour, plus les précipitations augmentent (ANACIM, 2016). L'analyse spatio-temporelle des données pluviométriques annuelles montre que non seulement les quantités de pluies varient d'une année à l'autre, mais aussi une tendance à la baisse qui s'était dessinée depuis le début des années 1970 au niveau de Fatick et même comme un peu partout ailleurs dans le pays (Malou, 2004). Cette situation est suivie par une période de retour assez timide de la pluviométrie enregistré dans de nombreuses stations de la zone au début des années 2000. De façon globale, la pluviométrie observée dans le bassin arachidier reste déficitaire comme c'est le cas dans tout le Sahel. Cela se manifeste par une régression pluviométrique observée avant 1970 et marquée par une variabilité interannuelle et des déficits. Ces déficits pluviométriques sont estimés à plus de 30 % dans l'estuaire du Sine-Saloum et 15% dans le haut bassin (DGPRES, 2014). La distribution spatiale de la pluviométrie montre une diminution des hauteurs de pluies allant du sud vers le nord durant les années 1990.

À l'échelle de la région, la distribution spatiale des précipitations montre une augmentation des pluies suivant un gradient nord-sud et est-ouest (Faye, 2016). Cette situation entraîne un déficit de recharge des nappes et par conséquent un problème d'accès à l'eau pour l'irrigation vu que la zone ne dispose pas d'eau douce en surface. La seule possibilité pour les maraichers reste les eaux souterraines pour disposer de l'eau douce pour effectuer leurs activités. Ainsi, cette situation entraîne une élévation du biseau salé. La péjoration climatique des dernières décennies a fini par entraîner une raréfaction des eaux douces en surface (DACOSTA, 2012). 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. Le Sine et le Saloum ont des écoulements temporaires et dans leur cours aval, l'eau y est très salée (Mendy, 2012).

3.2. Une baisse drastique des nappes et mauvaise gestion de l'eau

Les irrégularités pluviométriques ont fini par entraîné une raréfaction des eaux pluviales favorisant une faiblesse des infiltrations autrement dit les nappes ne sont pas recharger correctement. Cette a entraîné à son tour une baisse drastique du niveau statique des forages et des puits. Cela a également provoqué une rapide élévation du biseau salé et aggrave les problèmes d'accès en eau potable dans la zone.

Figure 2 : Suivi des variations pluviométriques et des Niveaux Statiques (NS) de la nappe du Continental Terminal (CT)



Source : DGPRES & ANACIM, 2022

L'évolution du niveau piézométrique (NS) montre une baisse considérable du niveau des nappes en relation avec les déficits pluviométriques qui ont marqué la zone de 1970 à 2008. Cette baisse est plus sensible au niveau du continental terminal qui est la plus accessible pour la population ainsi qu'au niveau du paléocène et de l'éocène. Il n'existe pas d'observation antérieure à la sécheresse pour les 13 piézomètres dont nous disposons excepte l'éocène qui commence en 1980 jusqu'à 2019. La relation entre l'évolution pluviométrique et les niveaux statiques des nappes

phréatiques montre que la nappe du Continental Terminal (CT) a subi considérablement l'influence des précipitations annuelles depuis quelques. En 1980, pendant la période de sécheresse, on note un NS de - 29,58m pour une pluviométrie de 409,1mm ; en 1989, le NS est inférieur (-32,74 m) malgré une pluviométrie plus importante (609,9mm). Cette situation traduit le phénomène de rabattement de la nappe qui ne se recharge pas convenablement à cause des irrégularités pluviométriques et/ou de l'intervention anthropique. Depuis 2000, malgré un retour de la pluviométrie, le niveau des nappes continue à baisser (*Figure 1*). De façon générale, à Fatick l'évolution de Niveau Statique (NS) des piézomètres qui se trouvent tout sur le continental terminal présente de nombreuses caractéristiques d'un piézomètre à un autre mais reste toujours dépendante par rapport à l'évolution de la pluviométrie. Par exemple à Keur Mamour le NS qui était de -34,9m en 1976 avec un cumul pluviométrique annuel de 472,4mm et en 2002 le NS est passé à -35,42 alors que la pluviométrie avait subi une longue période sécheresse et se retrouve à 585,9mm. Pour ce qui est de du piézomètre de Ndiagne nous notons la même chose en 1974 le NS se trouvait à -23,98m et le cumul pluviométrique annuel de 548,5mm, de 74 à 76 la baisse pluviométrique a entraîné une baisse du ns qui est passé à -28,52m. Depuis 2002 nous notons une légère amélioration du NS accompagne par une de retour de la pluviométrie dans la zone. A Fatick l'évolution du NS en rapport avec la pluviométrie montre une tendance identique à celle de la région de Thiès. En 1976 le NS est passé de -15,12m à -15,58m en 2002 alors que la pluviométrie est passée 672,6mm à 462,7mm.

29,58m pour une pluviométrie de 409,1mm ; en 1989, le NS est inférieur (-32,74 m) malgré une pluviométrie plus importante (609,9mm). Cette situation traduit le phénomène de rabattement continue de la nappe qui ne se recharge pas convenablement à cause des irrégularités pluviométriques et/ou de l'intervention anthropique. Depuis 2000, malgré un retour de la pluviométrie, le niveau des nappes continue à baisser à de la surexploitation des eaux souterraine seules alternatives pour l'alimentation en eau potable.



Photo 1 : Raréfaction des eaux des nappes superficielles et abandons des puits à Diosmone (a), Loul Sèssène (b), et Fissel (C)

(Source : cliché de M.M. Nguirane, enquête de terrain, 2022)

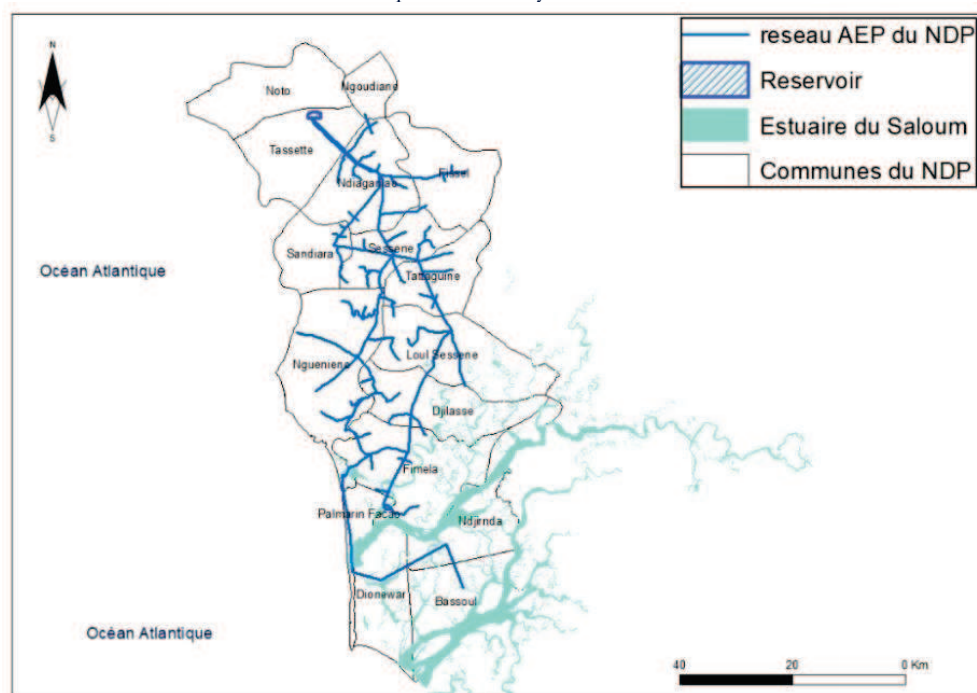
Cette situation se traduit par des problèmes d'accès à l'eau potable aigu vu la quasi-absence des eaux de surface dans la zone. Toutefois 21% acteurs agricoles interrogés abandonnent les activités maraîchères à cause de la non-disponibilité de l'eau. Ainsi, ces acteurs se convertissent vers des activités comme le commerce ou opte pour la migration à la recherche de meilleures conditions de vies dans les espaces urbains.

La surexploitation des ressources en eau souterraine (puits, forages etc.) entraîne une rapide élévation du biseau salée, se traduisant par une dégradation de la qualité de l'eau et l'abandon précoce des puits par les ménages (DIENG NDAO, 2017). Cette situation aggrave la vulnérabilité des acteurs agricoles surtout les maraîchers qui sont confronté à de nombreuses difficultés avec la forte variabilité pluviométrique. La non disponibilité de l'eau dans la zone avait poussé la plupart des jeunes qui s'activaient dans l'agriculture pluviale et le maraîchage à se reconverter par le biais de l'exode rural (IRD-IPAR, 2017).

3.3. Le transfert d'eau comme alternative pour améliorer l'accès à l'eau et booster les activités agricoles

L'accès à l'eau potable au niveau local est aujourd'hui une question plus que jamais préoccupante vu les irrégularités des précipitations, les cycles répétitifs de sécheresses et les difficultés liées à la gestion de l'eau. Ainsi, 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 (taux d'accès très faible, pannes récurrentes, mauvaise qualité de l'eau, difficulté énormes de pratiquer les cultures de contre saison etc.), le manque de professionnalisme, les malversations financières découlant de la mauvaise gestion des ASUFOR (OFOR, 2016). Face aux 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), renforcer la couverture d'accès à l'eau potable et contourner les problèmes liés aux dysfonctionnements et à la modernisation des forages (dont plus de 50 % ont plus de 20 ans). 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, obligeant les populations à utiliser des sources traditionnelles puits, céanes, etc. À cela s'ajoutent le manque de planification des ASUFOR, un déficit financier, la récurrence des risques sanitaires d'origines hydriques (fluoroses osseuses, fluoroses dentaires, diarrhées et maladies gastro-entériques) et une gestion communautaire qui ne cesse de montrer ses limites face à une explosion des besoins en eau dans le bassin arachidier. Face à cette situation, une nouvelle réforme a été initiée pour déléguer les activités de maintenance et de production aux opérateurs privés. Ainsi, l'Office des Forages Ruraux (OFOR) a vu le jour en 2014 pour remplacer la Direction de l'Entretien et de la Maintenance (DEM). 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. Dans la logique de cette nouvelle réforme la construction des forages n'apparaît plus comme une solution durable pour régler les problèmes d'accès à l'eau potable dans la zone. Ainsi, l'OFOR cherche à révolutionner le sous-secteur de l'hydraulique rurale par la mise en place des partenariats public privée (PPP). 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. C'est dans ce sens que la SEOH a signé avec l'OFOR un contrat d'affermage pour une durée de 10 ans. C'est dans ce sens que le système de transfert du Notto-Diosmone- Palmarin (NDP) a vu le jour. Ce réseau de transfert vient en appoint pour renforcer le niveau d'accès tout en améliorant la qualité de l'eau dans les îles du Saloum sur une distance de 800km.

Carte 3 : Réseau d'adduction d'eau potable du système de transfert dans la zone du NDP



Source : SEOH, 2022

L'arrivée de l'OFOR marque une innovation majeure dans la gestion de l'hydraulique rurale. Elle se démarque de la logique de construction des forages qui n'est plus une solution durable face aux problèmes d'approvisionnement en eau du milieu rural. Dans ce sens, la priorité est alors accordée à la mise en place de systèmes de transfert d'eau pour assurer la fourniture en eau potable dans les zones les plus vulnérables. Ainsi, l'OFOR signe des contrats d'affermage avec le secteur privé sous forme de Partenariat Public-Privé (PPP) pour une gestion durable des ressources en eau. Ces privés ou Déléataires de Services Publics (DSP) sont chargés de la gestion du patrimoine, de la maintenance, de la gestion et de la distribution de l'eau dans les périmètres qui leurs sont affermés.

3.4. Un meilleur accès à l'eau pour booster les activités agricoles

Dans la zone Notto-Ndiosmone-Palmarin (NDP), le prix de l'eau se présente comme suite : l'eau destinée à la consommation (abonnés domestiques) est facturée à 275 FCFA/m³; de 300 FCFA/ m³ pour les usagers des bornes fontaines ; pour ce qui concerne les abonnés commerciaux le prix du mètre cube (m³) est estimé à 400 FCFA et de 200 FCFA pour les abonnements destinés aux usages maraichers et les abreuvoirs

Tableau 1 : Typologie des abonnements et des tarifications au sein du NDP

Types d'abonnés	Franc/m ³
AD (Abonné Domestique)	275
BF (Borne Fontaine)	300
AC (Abonné Commercial)	400
AM (Abonné Maraicher)	200
AB (Abreuvoir)	200

Source : SEOH, 2022

L'accessibilité financier pour les abonnés maraichers, abreuvoirs et aux domestiques répond à un double enjeu à savoir améliorer l'accès à l'eau potable dans ces zones rurales longtemps délaissées par les politiques publiques, et fixer les populations en leurs donnant l'opportunité de disposer de l'eau potable pour développer les activités agricoles souvent perturbées par le réchauffement climatique. La disponibilité de l'eau douce offre au ménage la possibilité d'améliorer et de varier leurs sources de revenus pour relever le défi de la vulnérabilité socio-économique du monde rural. En effet les milieux ruraux sénégalais sont longtemps réputés être des zones où on observe les plus faibles revenus et qui sont tirés exclusivement à partir de l'agriculture et de l'élevage (secteur primaire). Mais avec l'avènement du système de transfert du NDP l'accès à l'eau potable ouvre les portes à de nouvelles activités impraticable autrefois (maraichages, aquaculture, élevage, services etc.). Ainsi, nos données d'enquêtes révèlent que près de 74% des maraichers ont recommencé leurs activités de maraichage grâce au réseau de transfert d'eau potable du NDP. En effet, nous pouvons retenir que 68% utilisent exclusivement l'eau du réseau NDP, 23% font des usages mixtes c'est-à-dire (eau du réseau NDP et eaux de puits) et les 9% utilisent les eaux de puits uniquement.

Tableau 3 : Sources d'approvisionnement en eau potable des maraichers

Source d'accès	Part en %	Catégories	Coûts
Eau du réseau (SEOH)	68%	Gros producteurs	275 CFA/ m ³
Usages mixtes (eau du réseau, eaux puits, autres)	23%	Producteurs mixtes	Mixtes
Puits et pompes	9%	Petits producteurs et/ou ménages agricoles	gratuit (frais de charges)

Source : Enquêtes de terrain M.M. Nguirane, 2022

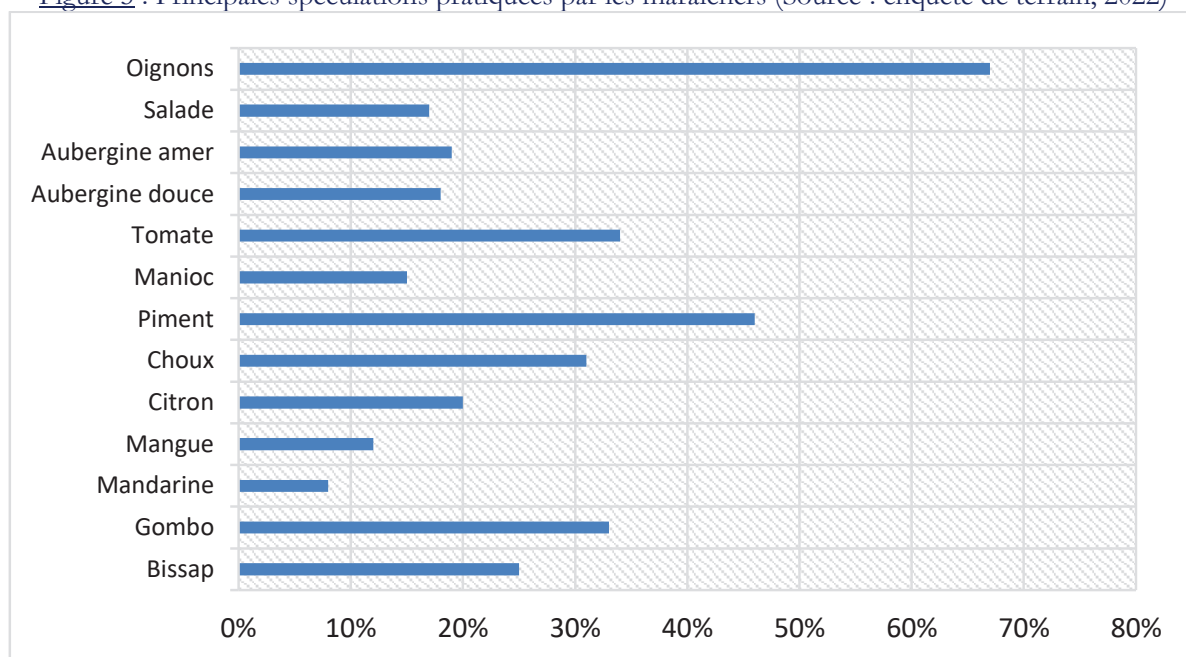
L'accessibilité de l'eau potable ouvre des possibilités aux agrobusiness à relancer leurs activités maraichères dans la zone. Le coût de l'eau varie en fonction de l'usage prévu. Avant la mise en place du réseau NDP, les eaux souterraines constituaient l'unique source d'approvisionnement des maraichers *via* des forages et puits qui sont parfois profonds et souvent avec une eau de mauvaise qualité dans de nombreux endroits. Par ailleurs, malgré le système en place, nous remarquons que les producteurs à faibles revenus ont souvent des usages mixtes avec l'eau du réseau et les eaux de puits pour éviter des factures trop élevées. Ces usages mixtes existent dans des localités où la qualité des eaux de puits n'a pas encore atteint un niveau de dégradation élevé et dépassent la moyenne des

normes de l'OMS (1,5mg/l). Les superficies des jardins (parcelles) maraîchers varient entre un minimum de 30 m² (0,003 ha) et un maximum de 20.000 m² (2 ha). La moyenne des parcelles maraîchères est estimée à 2.445 m², soit 0,2445 ha. En outre, le coût de l'eau varie en fonction de l'usage prévu. Avant la mise en place du réseau NDP, les eaux souterraines constituaient l'unique source d'approvisionnement des maraîchers *via* des forages et puits qui sont parfois profonds et souvent avec une eau de mauvaise qualité dans de nombreux endroits. Malgré la mise en place du système de transfert d'eau potable, nous remarquons que les producteurs à faibles revenus ont souvent des usages mixtes avec l'eau du réseau et les eaux de puits pour éviter des factures trop élevées. Ces usages mixtes existent dans des localités où la qualité des eaux de puits n'a pas encore atteint un niveau de dégradation élevé (1,5mg/l). Par ailleurs, 65 % des maraîchers enquêtés estiment que le coût de l'eau et des branchements reste toujours cher malgré le nouveau système de transfert mis en place et les services proposés.

3.5. Les variétés cultivées et les revenus tirés de la vente des récoltes

L'oignon est principale spéculation pratiquée par les abonnés maraîchers. Il représente 70% des spéculations cultivées. Viennent ensuite le piment (26%), la tomate (22%), le citron (19%), la salade (11%), la mangue (11%) et les autres (papaye, bissap, aubergine amer, aubergine douce, manioc, choux et mandarine).

Figure 5 : Principales spéculations pratiquées par les maraîchers (Source : enquête de terrain, 2022)



A noter que le cycle végétatif de la culture de l'oignon varie de 4 à 6 mois suivant les variétés. Celui du piment varie entre 2 à 3 mois alors que le cycle végétatif complet de la tomate se situe dans l'intervalle entre 4 à 7 mois. Les spéculations les plus cultivées par les maraîchers sont dans un intervalle de cycle végétatif compris entre 2 et 7 mois pour la récolte. Près de trois quart (3/4) des maraîchers font en même temps la vente et l'auto consommation de la production. Ceux qui ne font que la vente représente 15% des maraîchers contre 11% à qui la première destination des récoltes est d'abord d'assurer la couverture des besoins alimentaires du ménage.

3.6. Les revenus tirés de la vente des produits agricoles

L'essentiel du revenu agricole moyen par exploitation estimé à 165 000 FCFA par période récolte. La commercialisation des légumes (tomates, choux, oignons, aubergine etc.) reste la principale source de revenu agricole. Ces légumes fournissent plus 75% des revenus issus de la production maraîchère. Pour les ménages agricoles dehors de la fonction première qui est d'assurer la sécurité alimentaire, ces productions jouent tend de plus en plus le rôle d'une culture de rente pour améliorer leurs conditions de vies. L'essentiel du revenu agricole moyen par exploitation estimé à 165 000 FCFA par période récolte. La commercialisation des légumes (tomates, choux, oignons, aubergine etc.) reste la principale source de revenu agricole. Ces légumes fournissent plus 75% des revenus issus de la production maraîchère. Pour les ménages agricoles dehors de la fonction première qui est d'assurer la sécurité alimentaire, ces productions jouent tend de plus en plus le rôle d'une culture de rente pour améliorer leurs conditions de vies.

Figure 5 : Comparaison des revenus tirés de la vente des récoltes entre maraichers non raccordés et ceux qui sont raccordés au réseau du système de transfert de transfert

Revenus des producteurs en FCFA	Maraichers raccordés	Eaux Mixtes	Eaux des Puits
Faibles < 50.000	-5%	-5%	70%
Moyens (50.000 - 150.000)	21%	38%	31%
Importants (150.000 - 300.000)	24%	55%	20%
Très importants (350.000 et Plus)	59%	23%	18%

Source : Enquête de terrain, M.M. Nguirane 2022

Les plus faibles revenus sont souvent notés chez les ménages agricoles dont les récoltes sont d'abord destinées à l'autoconsommation. Les maraichers qui sont raccordés au réseau et qui disposent de puits présentent le plus souvent des revenus plus importants. Les producteurs qui utilisent uniquement l'eau du système de transfert font face à la cherté des factures et des coupures s'ils sont en bout du réseau.

3.7. Stratégie de résiliences des maraichers

Le milieu rural sénégalais fait face aux impacts du changement climatique, la dégradation des écosystèmes, et des ressources naturelles. Cet état de fait freine toute action menée pour réduire les effets du changement climatique sur des sociétés déjà fragilisées. Face à la cherté des branchements certains maraichers mettent en place des stratégies d'adaptions. 13% des maraichages enquêtées utilisent les puits pour avoir accès à l'eau pour leurs activités maraichères. La récupération des eaux pluviales à travers des fosses creusées par les maraichers pour recueillir les eaux de ruissellement. Cette stratégie est utilisée par certains maraichers qui n'ont pas la possibilité d'acheter une moto pompe pour équiper leurs puits. Ainsi, face aux déficits en eau pour couvrir leurs besoins ils mettent en place ces fosses quelques mois avant la l'arrivée de l'hivernage. Ces eaux recueillies durant la saison des pluies vont être utilisées pour arroger les champs entre deux et trois mois après l'hivernage. Selon les maraichers la forte évaporation et les infiltrations limitent les quantités de stockages des eaux de ruillement durant la période hivernale.



Figure 4 : Stratégies d'adaptation des maraichers pour pallier au déficits d'accès à l'eau dans le bassin arachidier
(Source : Enquêtes ménages, Mars 2022 ; M.M. Nguirane)

Grâce aux transferts monétaires la mobilité spatiale des populations de longue durée et de distance ou temporaire (Saint-Louis, Thiès Dakar, Mbour, etc.) et constitue une stratégie de survie et de diversification des revenus pour la population locale. Toutefois les changements climatiques ne sont pas à la base de toutes les difficultés rencontrées dans les zones écologiques étudiées, en effet des facteurs anthropiques ou les problèmes politiques liés à un encadrement déficient du monde rural, sont aussi responsables de dérégulations portant aux migrations. / donc pas le seul facteur déterminant, mais il contribue à accélérer les dérégulations et les transformations analysées dans les sites étudiés.

Par conséquent, les transferts de fonds améliorent le quotidien de certains ménages, augmentent également les inégalités socio-économiques entre les ménages possédant un ou plusieurs migrants et les ménages n'en possédant pas.

DISCUSSIONS

Depuis la fin des années 1960, on a aussi assisté à des déficits pluviométriques de plus en plus importants, avec des années très pluvieuses alternées à d'autres de sécheresse. Ces aléas climatiques ont favorisé le processus de salinisation, qui est très relevant dans les zones en proximité de l'océan accélérée par un climat avec une forte évapotranspiration. Pour une intensification de la production, il faudrait prévoir des systèmes d'exhaure et distribution de l'eau qui soient accessibles et durables dans le temps (considérant parmi les aspects critiques le coût de l'essence, la garantie de la qualité des pompes et les panneaux solaires). Le bassin arachidier du Sénégal, poumon économique rural du pays, est une zone très peuplée, aujourd'hui diversifiée en une polyculture-élevage en cours d'intensification. L'augmentation nécessaire des rendements agricoles afin de compenser une forte croissance démographique passe souvent par une micro-irrigation dépendante de ressources en eau mal connues et a priori peu abondantes. Depuis quelques décennies, les acteurs du monde rural, à commencer par les agriculteurs, se plaignent d'une salinisation de la nappe, dont les premières manifestations auraient été observées durant la grande sécheresse des années 1968-1998. Les eaux de la nappe phréatique, dans une grande partie de la zone, sont trop salées voir saumâtres dans ses aquifères. L'accès à l'eau douce apparaît comme la principale contrainte au développement d'une agriculture plus intensive et plus diversifiée. Pour les villages qui bénéficient de la présence des forages et systèmes d'irrigation, des plus simples au plus technologiques, il faudrait aussi prêter attention à l'organisation de la gestion du système et à la responsabilisation des personnes-ressource, avec des formations spécifiques pour l'entretien. Une formation technique en gestion des ressources hydriques, à travers l'adoption des méthodes de conservation de l'eau (paillage, brise-vent, enrichissement de la matière organique, fréquence et dose des arrosages, bassins de rétention à impluvium etc.), permettrait d'étaler la production tout au long de l'année, épargnant en plus sur les coûts de production, surtout pendant la saison sèche. Le maraîchage est une activité qui donne des avantages comparatives, par rapport aux cultures vivrières, mais aussi joue un rôle social important dans le ménage familial pour l'approvisionnement en légumes et l'apport quotidien de certains éléments nutritionnels, avec des retombées sur la santé de la population, en particulier pour les couches les plus vulnérables (enfants, jeunes et femmes); c'est ainsi que les agriculteurs suivent souvent une stratégie visant à réduire le risque plutôt qu'à intensifier la production. Au moment de s'impliquer dans une culture bien déterminée, il devient toujours nécessaire comprendre l'orientation à donner à la production, c'est-à-dire si le produit est destiné à l'exportation et/ou au marché intérieur. Dans les deux cas, le choix pas seulement de la culture, mais aussi de la variété, devra prendre en considération le « goût » local et l'appréciabilité aux différents niveaux de production, mais aussi les meilleurs calendriers culturels basés sur la commercialisation et les fluctuations des prix relatifs au cours des saisons, dans le but d'obtenir des productions précoces ou tardives. Les recherches sur les caractéristiques du marché du travail rural se présentent en termes d'offre (démographie, niveau d'instruction, accès à la terre) et de demande (système de production, volumes d'investissement et accès au marché). Du côté de la demande, la main d'œuvre se concentre en majorité dans le secteur agricole notamment dans les Unités de Production Agricoles (UPA) et dans le secteur non agricole. Le marché rural de l'emploi reste donc dominé par l'agriculture qui constitue le « premier employeur » des jeunes et la première source de revenus des ménages. Malgré l'importance de l'agriculture dans l'économie rurale et sa contribution dans la création d'emplois et de revenus, les zones rurales se vident de leurs jeunes hommes et jeunes femmes à la recherche d'un travail plus rémunérateur. En réalité, il ressort de l'étude une certaine précarité des jeunes travailleurs dans les exploitations agricoles familiales dans les zones de départ caractérisées par de faibles niveaux de revenus et peu d'opportunités économiques. Les résultats révèlent également que les taux d'activité varient d'une zone agroécologique à une autre et qu'il existe un dysfonctionnement des marchés de travail ruraux en général lié au déséquilibre entre la demande et l'offre. Par exemple, la faible productivité des activités agricoles et non-agricoles dans le Bassin arachidier explique l'importance du taux d'exode rural dans cette zone. Face à la recrudescence de l'émigration irrégulière dans un monde rural frappés par les impacts du réchauffement climatique

CONCLUSION

Le système de transfert d'eau potable a été développé pour sécuriser la ressource en eau dans une zone vulnérable. Il a permis à de nombreux ménages de diversifier et d'améliorer leurs revenus. Ainsi, la disponibilité de l'eau a créé de nombreuses opportunités dans de nombreuses localités qui subissaient autrefois un exode rural massif en saison sèche. Le nombre d'abonnés maraîchers sur le réseau de transfert est passé de 52 en 2015 à plus de 500 en 2022. En effet le système d'adduction du Notto-Diosmone-Palmarin (NDP), a non seulement permis de faciliter la pratique des cultures de contre-saison dans de nombreux villages, mais également de lutter contre la pauvreté et les migrations.

En termes d'usages, le transfert a permis le développement du maraîchage sur le long terme (entre 4 et 8 mois, contre 3/4 mois auparavant). Cela a pour conséquence d'améliorer la qualité des sols et une meilleure préservation de l'écosystème. Toutefois il faut noter que la tarification risquerait de compromettre les activités agricoles chez les ménages démunis. Face à la cherté de l'eau, ils ont recours aux eaux de puits pour couvrir leurs besoins en eau. Par ailleurs, des stratégies d'adaptation ont été développées pour disposer de l'eau mais elles sont limitées dans le temps et l'espace, par la forte salinité des eaux souterraines par endroit et le rabattement précoce des nappes superficielles. Ainsi, nos travaux attestent que la privatisation de la gestion des services de l'eau en milieu rural après la réforme de 2014 même si elle présente des opportunités incontournables, présente aussi des limites en termes d'implication des usagers, d'accessibilité financière etc. Même s'il semblerait que le secteur privé peut apporter de la plus-value dans le milieu rural, il reste cependant guidé par une recherche de profit. Il faut souligner que la disponibilité de l'eau a été possible grâce à l'implication du privé avec une augmentation des investissements, un partage des risques et une gestion plus efficace du service d'eau et des ouvrages hydrauliques. Ainsi, il semble évident de se poser la question suivante à savoir : Comment assurer la disponibilité de l'eau potable dans les milieux ruraux pour un développement des activités génératrices de revenus ? Comment faire de l'agriculture un levier pour régler la question de l'emploi et de la crise alimentaire dans les zones rurales ? comment articuler la privatisation des services d'eau et l'accès universel à l'eau prôné dans le cadre de l'Objectif pour Développement Durable (ODD 6).

REFERENCES

- [1] ANDION C. 2006 : Développement territorial durable en milieu rural, gouvernance et rôle des organisations non gouvernementales : l'État de Santa Catarina au Brésil. Mondes En Développement (MED), 2006/4 no 136, Pp. 85-100.
- [2] ANCEY. V. et al. 2009 : La vulnérabilité pastorale au Sahel : portée et limites des systèmes d'alerte basés sur des indicateurs, sur. L'eau et l'avenir durable des territoires. in L'élevage, richesse des pauvres. Stratégies d'éleveurs et organisations sociales face aux risques dans les pays du Sud, Versailles, Quæ, Pp 117-132.
- [3] ALBERGEL. 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). Sous la direction de : E. ROOSE, J. ALBERGEL, G. DE NON, A. LAOUIA, M. SABIR. 405 pages.
- [4] ANDS.2013 : Rapport Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage (RGPHAE). UNFPA, USAID 19 pages.
- [5] ANSD. 2013 : Rapport Projection de la population du Sénégal 2013-2063 de l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD). Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan. 42pages.
- [6] BA. A. 2007 : Le bassin arachidier. Atlas de l'Afrique. Sénégal. Paris, Les Editions J.A. 1ère édition: pp 116-119.
- [7] BERTRAND. F., 1999 : Une unité éclatée. In Rivières du Sud : Sociétés et mangroves ouest-africaines. Paris, IRD Editions. vol 1: Sous la direction de F. BERTRAND, M. Christine, C. SALEM 426pages.
- [8] BLANC. A. 2005 : Secteur de l'eau au Sénégal : un partenariat équilibré entre acteurs publics et privés pour servir les plus démunis ?, Département de la recherche, document de travail de l'AFD 45pages.
- [9] BODIAN. A. 2014 : Caractérisation de la variabilité temporelle récente précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). Revue Physio-Géo, Volume 8/ 15pages.
- [10] COLY.A., 2000 : Caractérisation et mise en valeur agricole des bas-fonds dans les bassins versants de Sokone et Senghor. Mémoire de Maîtrise, Département de Géographie, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines (FLSH) UCAD. 125pages.
- [11] DACOSTA. 2012 : Variabilité des précipitations sur le bassin du Saloum. Actes de l'atelier de Gorée sur la Gestion des ressources côtières et littorales. Pp 87-103. Revue de géographie de Lyon, vol. 70, n°3-4, 1995. Sahel, la grande sécheresse. 282pages.
- [12] DGP.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. Rapport Projet de mise en œuvre du plan d'action de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE). 106pages.
- [13] DIA, A et al.2011: Réformes des Services d'eau en milieu rural africain. Enjeux et limites du montage institutionnel de gestion. Une étude de cas au Sénégal au Sénégal, Mondes En Développement. Cairn info/ Revue Mondes En Développement (MED), 2011/3 (n°155), Editeur De Boeck Université/168pages.
- [14] DIENG.NDAO Ndeye Maguette 2017 : Étude 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 Département de Géologie Faculté des Sciences et Techniques (FST) de l'UCAD. 281pages
- [15] DIONE. Yangane. 2014 : Participation du public et politiques d'accès à l'eau potable en milieu rural sénégalais. Thèse de doctorat en cotutelle de l'Université de Toulouse III-Paul Sabatier ; Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD). 243pages.
- [16] DIOP, E.S.1986 : Les estuaires tropicaux holocènes, étude comparative des caractéristiques de la géographie physique des rivières du sud du Saloum à la Melcorée (République de Guinée). PhD, Thèse, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France, 379pages.

- [17] FAO. 1997 : Réformer les politiques dans le domaine des ressources en eau : Guide des méthodes, processus et pratiques. Rapport ONU-FAO, Rome 1997, Bulletin FAO d'irrigation et de drainage Numéro 52. pages.
- [18] FAYE. Waly 2022 : Ecohydrologie dans le Bassin Arachidier (cas de Niakhar) Dynamique de l'infiltration et modélisation hydrologique des aquifères superficiels dans un espace sylvo-pastoral semi-aride. Thèse de doctorat Département de Géographie de la FLSH de l'UCAD. 382 pages.
- [19] FAYE. Guilgane 2016 : Impact des modifications récentes des conditions climatiques et océanographiques dans l'estuaire du Saloum et des régions de bordures (Sénégal). Thèse de doctorat Département de Géographie de la FLSH de l'UCAD. 598 pages.
- [20] 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). Thèse de doctorat Département de Géographie de l'UCAD. 341 pages.
- [21] IPAR. 2014 : Étude des stratégies d'adaptation des ménages ruraux (SAMER). Initiative Prospective Agricole. Rapport sur le Sénégal à l'horizon 2030: d'une société paysanne à une société urbaine. 37 pages.
- [22] 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. Rome, FAO et CIRAD, 42 pages.
- [23] JOUVE. 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. 101-106p.
- [24] Malou. 2004 : 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 (FST). de l'UCAD. 147 pages.
- [25] 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 (FLSH) de l'UCAD. 89 pages.
- [26] NDOUR. N. 2005 : Caractérisation et étude de la dynamique des peuplements de mangrove de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (Sénégal). Mémoire de DEA Sciences de l'Environnement de l'UCAD, 180 pages.
- [27] NDOYE. S. et al. 2014 : Hydrodynamique et Hydrogéochimie de l'aquifère côtier superficiel du Saloum (Sénégal) : étude par modèle numérique. Revue du CAMES Sciences – Sciences Appliquées et de l'Ingénieur. Vol 1 (2) 72-78. ISSN 2312-8712. Géologie de l'environnement, 44 :127-136 pages.
- [28] 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, 81 pages.
- [29] NIASSE. 2004: Centre du Droit de l'Environnement UICN : Gouvernance de l'Eau en Afrique de l'Ouest/ Water Governance in West Africa. 34 pages.
- [30] OFOR. 2016 : Rapport d'évaluation du sous-secteur de l'hydraulique rural et bilan de la gestion communautaire. 42 pages.
- [31] PAPIL-Projet d'Appui à la Petite Irrigation Locale 2013 : Étude Diagnostic de la salinité des sols et des eaux dans les régions de Fatick et Kaolack, INP, CSE, Dakar, 113 pages.
- [32] 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. Rapport du PEPAM-AQUA a & b. 24 pages.
- [33] SADIO. 2011 : La connaissance des sols salés sulfatés acides des mangroves : Processus et mécanismes de pédogenèse, distribution spatiale et évolution. In Récupération et valorisation des terres salées en Afrique. Rapport général, Atelier international préparatoire, Académie Nationale des sciences et Techniques du Sénégal, Dakar, Sénégal, pp25-26.
- [34] SAGNA. 2005 : Dynamisme du climat et son évolution récente dans la partie ouest de l'Afrique Occidentale », Dakar, UCAD, Tome 1, pp 272-318 .
- [35] SARR. 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. Mémoire de Master 2 Département de Géographie de l'UCAD 130 pages.
- [36] WADE. C.T. et al. 2017 : Etat des lieux des liens entre migration, transferts et résilience au changement climatique. Rapport d'étude research for climate-resilient futures. Innovation Environnement et Développement (IED) Afrique/Dakar 40 pages.
- [37] WETLAND. 2018: Etude hydrologique de référence de la réserve de Biosphère du delta du Saloum. Rapport du programme Mangrove Capital Africa (MCA) de Wetland. 40 pages.