



المجلة الجزائرية للمناطق الجافة
Journal Algérien des Régions Arides (JARA)
 Algerian Journal of Arid Regions

Research Paper

**Variabilité pluviométrique et reconfiguration de l'occupation du sol
 dans le delta du fleuve Sénégal**

Rainfall variability and reconfiguration of land use in the Senegal River delta

D. CISSOKHO¹, D. D. BA², C. FAYE¹, I. DIOMBATY³, M. THIARE³, H. MANE³

1 Laboratoire de Géomatique et d'Environnement, Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal.

2 Laboratoire Leïdi, Dynamiques des Territoires et développement, Université Gaston Berger, Sénégal.

3 Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD).

Received: 23 October 2019 ; Accepted: 27 November 2019; Published: December 2019

Abstract

In response to the deterioration of agricultural production conditions due to drought, the Diama dam was built to stimulate the development of irrigated agriculture. This work has completely modified the natural resources of the Senegal River Delta. Thus, the purpose of this article is to analyze the rainfall variability and reconfiguration of land use in the Senegal River Delta following the construction of the Diama Dam. The methodology used to complement the digital processing of satellite images from the Landsat 7 ETM+ level-1 sensor, dating from 1976 and 2017, is based on the use of rainfall data from a local station, documentary research and field observations. The results reveal significant temporal variability in rainfall. They also show that the Diama Dam, by stimulating agricultural development, has reconfigured land use in favour of agricultural land, which increased from 592 ha in 1976 to 2139 ha in 2017 and areas colonized by *Typha australis*. The growth in the area allocated to agricultural production has led to the contraction of pastoral rangelands and areas providing fuelwood. This leads to conflicts between herders and farmers and energy insecurity during cooking.

Keywords: Rainfall variability, Land use, Agricultural surfaces, Diama Dam, Senegal River Delta.

Résumé

En réponse à la dégradation des conditions de production agricole par la sécheresse, le barrage de Diama a été érigé afin d'impulser le développement de l'agriculture irriguée. Cet ouvrage a complètement modifié les ressources naturelles dans le delta du fleuve Sénégal. Ainsi, l'objet de cet article est d'analyser la variabilité pluviométrique et la reconfiguration de l'occupation du sol dans le delta du fleuve Sénégal suite à la construction du barrage de Diama. La méthodologie utilisée en complément du traitement numérique d'images satellitaires provenant du capteur Landsat 7 ETM+ level-1, datant de 1976 et 2017, repose sur le recours aux données pluviométriques d'une station locale, la recherche documentaire et des observations sur le terrain. Les résultats révèlent une importante variabilité temporelle de la pluviométrie. Ils montrent également que le barrage de Diama, en stimulant le développement agricole a reconfiguré l'occupation du sol en faveur des terres agricoles qui sont passées de 592 ha en 1976 à 2139 ha en 2017 et des espaces colonisés par le *Typha australis*. La croissance des superficies consacrées à la production agricole a entraîné la contraction des parcours pastoraux et des zones pourvoyeuses de bois-énergie. Il s'en suit des conflits entre éleveurs et agriculteurs et une insécurité énergétique de cuisson.

Mots clés : Variabilité pluviométrique, L'occupation des sols, Surfaces agricoles, Barrage de Diama, Delta du fleuve Sénégal.

* Corresponding author : **CISSOKHO Dramane**

E-mail address: cissokhodramane@yahoo.fr



1. Introduction

Le fleuve Sénégal qui dessert le pays du même nom (le Sénégal), la Guinée Conakry, le Mali et la Mauritanie a bénéficié de deux barrages à savoir le barrage de Manantali et celui de Diama. Le premier est situé sur le cours supérieur dans le territoire malien, exactement à Manantali. Il répond d'une part à la recherche de l'indépendance énergétique des pays traversés par le cours d'eau avec l'option en faveur de l'hydroélectricité. D'autre part, il s'inscrit dans le cadre d'une volonté politique de réduction des disparités d'accès en eau douce et réguler le débit du fleuve pour favoriser la culture de décrue dans le haut bassin et la moyenne vallée.

En ce qui concerne le second, il est édifié en territoire sénégalais plus précisément au village de Diama dans le delta du fleuve Sénégal. Depuis quelques années, des études (Taïbi, 2007 ; Ba *et al.*, 2018) soulignent de manière unanime que l'avènement du barrage de Diama a remodelé l'occupation du sol dans le delta du fleuve Sénégal sans pour autant spécifier le mécanisme et l'ampleur de la dynamique du paysage. Ainsi, l'objet de cet article est d'analyser la variabilité pluviométrique et la reconfiguration de l'occupation du sol dans le delta du fleuve Sénégal suite à la construction du barrage de Diama. Le delta du fleuve Sénégal, cadre de cette étude se localise dans la partie nord du Sénégal et dans la zone de Saint-Louis (figure 1). Il importe de souligner que le delta est une région semi-aride qui s'ouvre sur le désert mauritanien.

Pour bien mener cette étude et surtout atteindre l'objectif fixé, il s'avère important de définir une méthode de recherche appropriée qui combine plusieurs techniques de collecte de données.

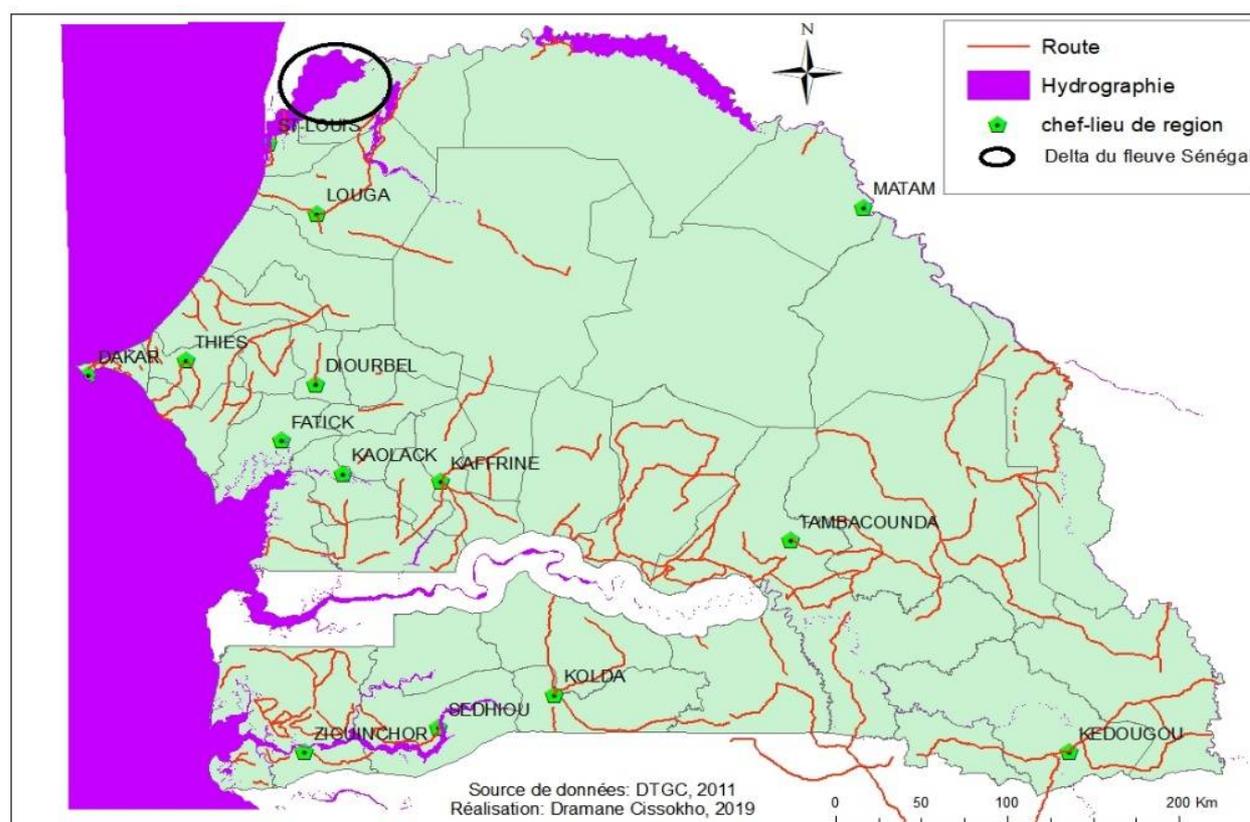


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

2. Méthodologie

La réalisation du présent travail a nécessité le recours aux données pluviométriques, des images satellitaires, une revue documentaire et des observations directes sur le terrain. Les données pluviométriques proviennent d'une station synoptique locale (Saint-Louis). Elles couvrent la période allant de 1960 à 2010. En optant de réaliser une analyse de la pluviométrie à l'échelle décennale, nous nous sommes limités en 2010 car il était impossible d'avoir les données de toutes les années de la décennie 2010-2020. Les données pluviométriques ont été traitées sous le logiciel Excel et l'accent a été mis sur la moyenne de la série pluviométrique et les moyennes décennales. La moyenne de la série pluviométrique est obtenue par la formule suivante :

$$\text{Moyenne de la serie} = \frac{\text{Somme des précipitations ou pluies annuelles}}{50 \text{ (nombre années)}}$$

S'agissant des moyennes décennales, elles sont établies par la formule suivante :

$$\text{Moyenne decennale} = \frac{\text{Somme des précipitations ou pluies de la decennie concernée}}{10 \text{ (nombre d'années)}}$$

Quant aux images satellitaires ayant servi à la cartographie de la dynamique de l'occupation du sol, elles sont issues du capteur Landsat 7 ETM+ level- 1, datant de 1976 et 2017 et sont téléchargées sur le site <https://earthexplorer.usgs.gov>. La méthode de traitement par classification assistée a été privilégiée pour appréhender l'évolution de l'occupation du sol. ENVI 5.3 est le logiciel de traitement des images satellites. En revanche, ArcGIS 10.2 a beaucoup servi dans la mise en page des cartes.

Outre la mobilisation des données pluviométriques et des images satellitaires, nous avons réalisé une revue documentaire sur le sujet et recouru aux observations directes sur le terrain dans le sens de mieux comprendre la réalité. Le dépouillement et l'analyse de l'ensemble des informations obtenues permettent d'aboutir aux résultats et discussions qui suivent.

3. Résultats

3.1. De la variation pluviométrique à la construction du barrage de Diama

Dans le delta du fleuve du Sénégal, la pluviométrie est sujette à une variation. L'analyse de la figure 2 révèle que la station pluviométrique locale a enregistré des décennies déficitaires et des décennies excédentaires par rapport à la précipitation moyenne de 1960-2010 (533,3 mm). Les décennies déficitaires sont 1971-1980 (478,27mm) et 1981-1990 (478,31 mm). Par contre les décennies excédentaires correspondent à 1961-1970 (554,8 mm), 1991-2000 (547,09 mm) et 2000-2010 (618,21mm). Les décennies déficitaires sont concentrées entre 1971 et 1990. Cette période correspond à la sécheresse amorcée dans les années 1970 et qui s'est prolongée jusqu'aux années 1990. Cette sécheresse a d'ailleurs touché les espaces maghrébins notamment les terroirs de la région de l'Oued Righ en Algérie (Bouchahm et *al.*, 2013). Le déficit pluviométrique s'est traduit dans le delta du fleuve Sénégal par l'augmentation des terres salées et la dégradation des conditions de production agricole sous pluie ; ce qui a sensiblement affecté les moyens de survie des couches rurales et a exacerbé leur vulnérabilité. La salinisation a un lien avec la montée des eaux marines. Avant la sécheresse des années 1970, les importantes quantités de pluies enregistrées assuraient la dilution totale de l'eau de mer qui remontait le long du delta du fleuve Sénégal par le biais des marées. Cependant la réduction de la pluviométrie a eu comme conséquence la pénétration de l'eau de la mer jusqu'à 250 kilomètres (km) à l'intérieur des terres, les rendant impropres à la culture.

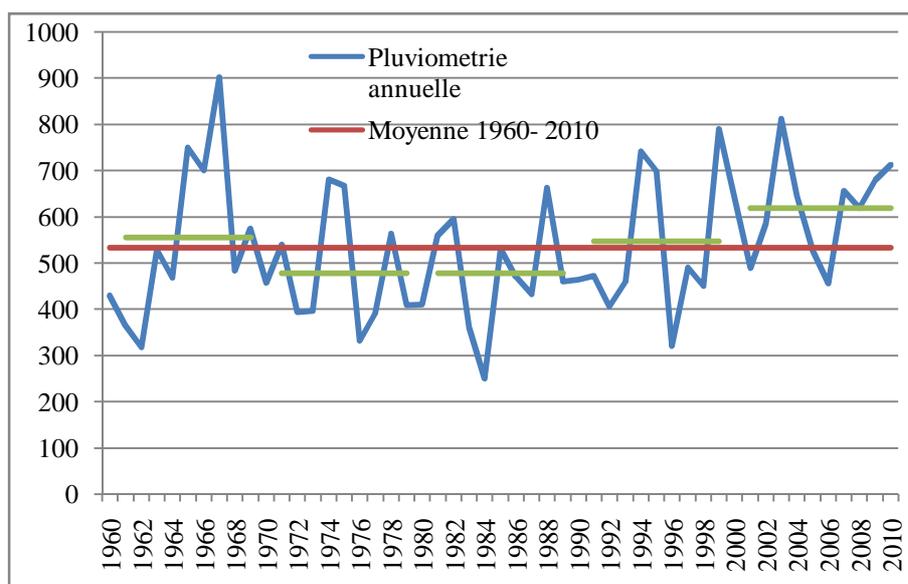


Figure 2 : L'évolution pluviométrique dans le delta du fleuve Sénégal

Dans un contexte marqué par un déficit pluviométrique et l'avancée de la langue salée que la construction du barrage de Diama a été décidée pour favoriser l'irrigation en double culture et constituer une parade face à la salinisation des terres à vocation agricole qui déstructure l'espace de la vallée. Les travaux de construction ont démarré le 12 septembre 1981 et ont été achevés en août 1986. Le certificat d'entretien consacrant la réception définitive a été signé le 18 mars 1988. La mise en fonction du barrage a largement contribué à la reconfiguration de l'occupation du sol dans le delta du fleuve Sénégal.

3.2. Dynamique spatio-temporelle des terres agricoles

L'analyse des terroirs du delta du fleuve Sénégal par une approche des paysages combinant des images satellitaires et des observations directes réalisées sur le terrain, montre une augmentation spectaculaire des surfaces agricoles, qui, sont passées de 592 ha en 1976 à 2139 ha en 2017. Cette expansion est aisément perceptible sur la figure 3. Les périmètres agricoles dépassant 1000 ha (y compris les parcelles de la compagnie sucrière sénégalaise) constituent le moteur de cette croissance. A ces derniers, s'ajoutent les petits périmètres irrigués privés qui se sont développés en faveur de la politique de libéralisation intervenue à la fin des années 1980. Les principales spéculations sont le riz (75 %), la tomate (12%) et l'oignon (11 %).

Une autre réalité mise en lumière par la figure 3 est la croissance des surfaces colonisées par les plantes aquatiques dont le *typha australis*, une plante envahissante de la famille des roseaux, qui colonise les zones d'inondables du delta du fleuve Sénégal avec des graves conséquences sur les activités humaines et l'écosystème (pêche, accès à l'eau, santé, irrigation...). Autant le barrage de Diama a impulsé l'agriculture irriguée autant il a créé des conditions favorables pour sa rapide prolifération. La croissance des surfaces sous l'emprise du *Typha australis* et celles à vocation agricole s'est faite au détriment des espaces boisés.

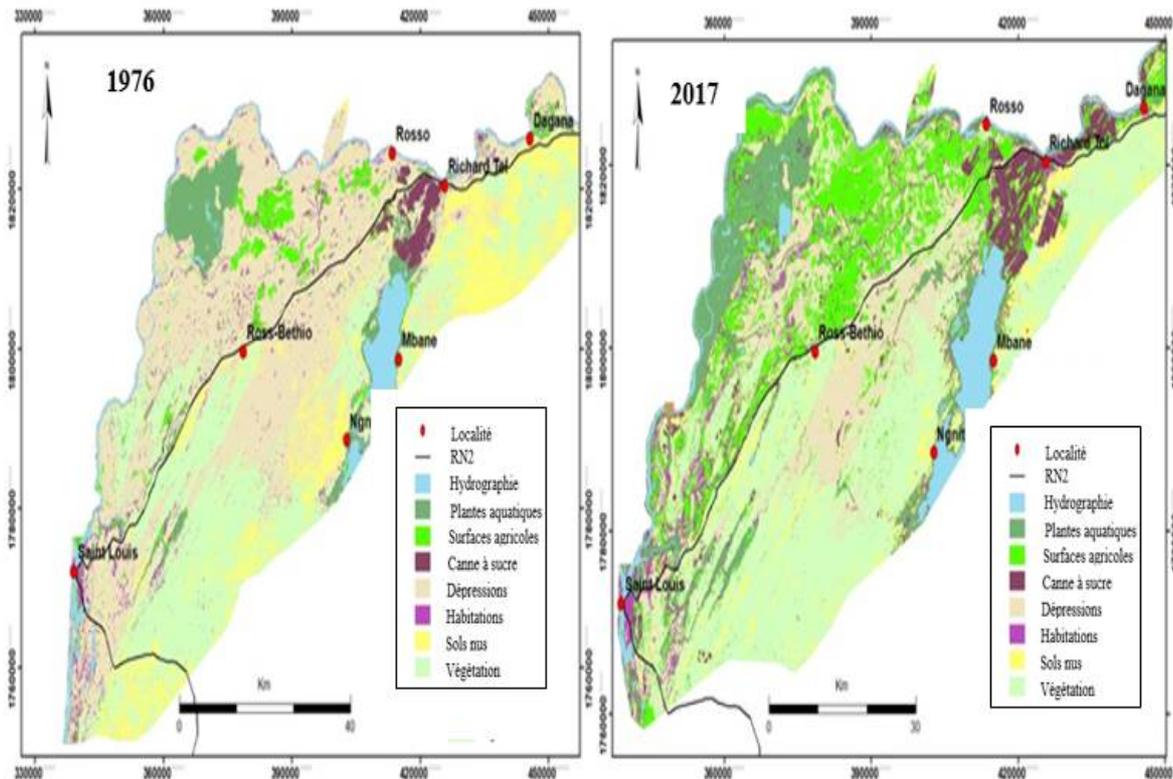


Figure 2 : Dynamique de l'occupation du sol dans le delta du fleuve Sénégal

3. Discussion

Les résultats révèlent que le delta du fleuve Sénégal est marqué par une variation pluviométrique. Les décennies déficitaires s'observent entre 1970 et 1990. A l'inverse celles excédentaires s'observent lors des trois dernières décennies. Ce regain pluviométrique est interprété comme la fin de la sécheresse (Niang *et al.*, 2008 ; Ozeret *et al.*, 2010). Toutefois, le retour des précipitations à la normale est à nuancer car la variabilité pluviométrique interannuelle reste forte même au cours des trois dernières décennies (Ba *et al.*, 2018). La variation pluviométrique n'est pas spécifique au delta du fleuve Sénégal, elle s'observe ailleurs. A titre illustratif, on peut citer les terroirs tunisiens (Chebil *et al.*, 2009). Compte tenu de sa contribution à la détérioration des conditions de vie des populations, la variation pluviométrique a incité la mise au point de stratégie de résilience dont le barrage de Diama. Cet ouvrage a permis une augmentation des périmètres agricoles. Ce résultat est en accord avec le constat de Mboup (2010) qui notait que les terres de culture ont connu une expansion.

L'avènement de la mise en activité du barrage de Diama a largement contribué à la reconfiguration de l'occupation du sol dans le delta du fleuve Sénégal, qui, s'est opérée au détriment des zones de pâturage. Il en résulte une forte contraction d'aires pour paître le bétail ; ce qui occasionne la multiplication des occurrences de dégâts causés par les animaux, source de conflits entre agriculteurs et éleveurs comme l'a si bien souligné Sy (2003).

Un autre méfait de l'extension des espaces consacrés à la production agricole est la disparition des boisements villageois dont le corollaire est la difficulté d'approvisionnement des ménages en énergie de cuisson. Les ressources forestières se font de plus en plus rares et sont confinées dans des zones de plus en plus éloignées. Les combustibles ligneux, c'est-à-dire ceux issus de la biomasse, représentent plus de 92 % de la consommation énergétique de cuisson en

raison de la cherté du prix du gaz butane (SIE, 2013 ; Cissokho et *al.*, 2017). A l'heure actuelle, bon nombre de ménages s'approvisionnent difficilement en bois-énergie (bois de feu et charbon de bois). Cette problématique de ravitaillement en combustibles bois a été mise en exergue par Cissokho *et al.* (2019) comme par Sy et *al.* (2019) qui se sont récemment intéressés aux circuits, systèmes et modes d'approvisionnement dans la vallée du fleuve Sénégal.

Face aux problèmes d'approvisionnement en combustibles ligneux, la valorisation énergétique du *Typha australis* qui envahit sans cesse les cours d'eau et les terres cultivables inondables portant ainsi atteinte aux moyens de production agricole locaux, émerge de plus en plus dans le débat socio-économique local (Diakhaté, 1981 ; Taïbi, 2007). Ainsi, le Gouvernement du Sénégal et la République Fédérale d'Allemagne ont joint leurs efforts et appuient, ensemble, les initiatives publiques et privées pour la transformation du *Typha australis* en charbon de typha. Ce charbon est présenté comme une source d'énergie écologique, qui, en plus d'être une vraie alternative durable au bois-énergie, préserve la santé des femmes et leurs enfants (Fall, 2012). Le delta du fleuve Sénégal pourrait en effet produire annuellement 3 millions de tonnes de biomasse fraîche qui peuvent être transformées en 1 700 000 tonnes de charbon de typha. Ce qui pourrait satisfaire 50 % de la consommation en bois-énergie du Sénégal (PREDAS, 2007). Théoriquement la valorisation énergétique du *Typha australis* est considérée comme la panacée qui limiterait l'insécurité énergétique de cuisson, tout en préservant l'environnement – par la substitution au bois énergie (Ndiaye et Baur, 2009), en réalité elle n'est pas une alternative. La collecte et la transformation du *Typha australis* nécessitent des investissements importants et exorbitants. Une situation qui entrave la fabrication du charbon à base de *Typha australis*.

Conclusion

L'étude de la variabilité pluviométrique et la reconfiguration de l'occupation du sol dans le delta du fleuve Sénégal fournit d'importantes informations sur les périodes de déficits pluviométriques et la stratégie adaptative à travers la construction du barrage de Diama pour stopper la langue salée et intensifier l'agriculture irriguée. L'irrigation a certes eu des effets positifs mais elle a concouru à la forte régression des parcours du bétail et les zones d'approvisionnement en bois-énergie qui sont à l'origine des conflits entre agriculteurs et éleveurs, et l'insécurité énergétique de cuisson. A ces deux problèmes, s'ajoute la croissance des espaces colonisés par le *Typha australis*.

Il urge, de ce fait :

- la mise en place des couloirs pour le passage et l'alimentation du bétail dans les zones des aménagements agricoles du delta du fleuve Sénégal dans l'optique d'éviter les conflits entre agricultures et éleveurs.
- réalisation des canaux de drainage des eaux en provenance des parcelles agricoles ; ce qui empêche leur stagnation et la prolifération du *Typha australis*.
- le recours aux cuiseurs solaires surtout dans cette zone très ensoleillée concourra à améliorer la situation actuelle en ce sens qu'il réduira le déboisement à des fins énergétiques de cuisson. Par conséquent contribue à la gestion des terres.

Bibliographie

Ba D. D., Ndiaye P. M., et Faye C., (2018). Variabilité pluviométrique et évolution de la sécheresse climatique dans la vallée du fleuve Sénégal, in Revue Togolaise des Sciences, Vol 12, n°1, pp. 57-71.

Bouchahm N., Chaïb W., Drouiche A., Zahi F., Hamzaoui W., Salemkour N., Fekraoui F., Djabri L., (2013). Caractérisation et cartographie des sites de remontée dans la région de l'oued righ (bas sahara algérien). Journal Algérien

des Régions Arides, n° spécial, pp. 76- 88.

Chebil A., Laajimi A., Ben aoun W., Gasmi A., (2009). Etude de la vulnérabilité de l'agriculture tunisienne à la sécheresse : cas de la céréaliculture. Journal Algérien des Régions Arides, N° 08, pp. 61- 72.

Cissokho D., Sy O. et Ndiaye L. G. (2019). Migrations et bois-énergie dans la ville de Bakel (Sénégal). Canadian journal of tropical geography [En ligne], Vol. (6) 1. En ligne le 15 septembre 2019, pp. 05-11. URL: <http://laurentian.ca/cjtg>.

Cissokho D., Sy O. et Ndiaye L. G. (2017). Préalables à l'adoption des énergies renouvelables et foyers améliorés en pays soninké (Sénégal). Annales de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de l'UCAD, Etude sur l'Homme et la Société, pp. 9 - 25.

Diakhaté M. (1986). Le barrage de Diama : essai sur l'évaluation de ses impacts potentiels. Revue de géographie de Lyon, vol. 61, n°1, 1986. pp. 43-61.

Mboup M.,(2014). Changements socio-environnementaux et dynamique de la végétation aquatique envahissante dans le delta du fleuve Sénégal. Thèse de Doctorat unique, FLSH-UCAD, 230 p.

Ndiaye A. S., et Baur J. M. (2009). Le Sénégal a besoin du biocharbon. mai - juin 2009 vie n°11, pp 1-2.

Niang A.J., Ozer A. & Ozer P. (2008). Fifty years of landscape evolution in South-Western Mauritania by means of aerial photos. Journal of Arid Environments, 72: 97-107.

Ozer P., Djaby B., De longueville F., (2015). Evolution récente des extrêmes pluviométriques au Niger (1950-2014), Workshop « Coopération Universitaire au Développement avec le Niger », Université de Liège 18p.

Taïbi A.N., Barry M. E., Jolivel M., Ballouche A., Baba M. L. O. et Moguedet G., (2007). Enjeux et impacts des barrages de Diama (Mauritanie) et Arzal (France) : des contextes socio-économiques et environnementaux différents pour de mêmes conséquences », Norois [En ligne], 203 | 2007/2, mis en ligne le 01 juin 2009, consulté le 30 avril 2019. URL: <http://journals.openedition.org/norois/1536>; DOI: 10.4000/norois.1536.

Fall A. B., (2012). The biochar: an alternative energy for the development of the Sahel countries, Ci. & Tróp. Recife, v.36, n. 1, p.73-92, 2012.

PREDAS (2007). Le charbon de typha australis : Une vraie alternative durable au bois-énergie.

SIE (Système d'Information Energétique) du Sénégal, 2013 : 62 p.

Sy O., Cissokho D. et Ndiaye L. G (2018). Lorsqu'un foyer d'émigration internationale dope l'usage du bois-énergie en pays soninké (Département de Bakel, Sénégal) ». Revue de Géographie, d'Aménagement Régional et de Développement des Suds (REGARDSUDS), premiers numéro, mars 2018, pp. 5-19.

Sy O., (2003). Dynamique des ressources en eau et évolution de la mobilité pastorale en zonesylvopastorale. Thèse de 3ème cycle en Sciences de l'Environnement. Institut des Sciences de l'Environnement, 191 p.