



L'assèchement des lacs littoraux de la grande côte du Sénégal : mythe ou réalité ? Cas des lacs *Thiourour Warouwaye* et *Wouye* de la banlieue de Dakar

Aïssatou Sène^{1,2}, Mamadou Adama Sarr², Alioune Kane¹, Marième Diallo²

¹ Université Cheikh Anta DIOP Boulevard Martin Luther King, BP 5005-Dakar

² Centre de Suivi Écologique, Rue Léon Gontran Damas, Fann-Résidence, BP 15532, Dakar-Sénégal

Email : naastou2@gmail.com

Mots clés : occupation des sols, cartographie des changements, lacs, assèchement, urbanisation, Niayes.

Keywords : mapping of changes, land use, images, urbanization, lakes, Niayes, urbanization.

1 RÉSUMÉ

La croissance urbaine de la banlieue de Dakar a des impacts sur l'écosystème humide formé par les lacs *Thiourour Warouwaye* et *Wouye*. Ces derniers sont très sensibles à la variabilité climatique caractérisée par l'occurrence d'événements d'extrêmes (sécheresses, inondations). Le but de cette contribution est d'étudier la dynamique des lacs littoraux de la Grande Côte du Sénégal dans un contexte de variabilité et de changements climatiques, cas de *Thiourour*, *Wouwaye* et *Wouye*. La cartographie diachronique réalisée à l'aide de photographies aériennes et d'images satellites (Spot et overview) a permis d'apprécier l'étendue et la nature des changements de l'occupation du sol autour des trois lacs entre 1978 et 1999 et entre 1999 et 2014. Les résultats montrent sur la première séquence d'observation [1978-1999] une tendance à la régression des plans d'eau de moins de 14,80 ha pendant que la surface bâtie double passant de 410 à 879ha. Sur la deuxième séquence d'observation [1999-2014], l'extension du bâti se poursuit avec +184 ha par rapport à la première période cependant, les plans d'eau augmentent de +48 ha. Les prairies aquatiques, témoins de l'humidité de la zone, ont connu une croissance exponentielle passant d'environ 10 ha en 1978 à 100 ha en 1999 pour atteindre près de 210 ha en 2014. Les systèmes lacustres se régénèrent donc après une tendance régressive observée sur la première séquence dans un milieu aujourd'hui fortement anthropisé réduisant ainsi leurs capacités à remplir leurs fonctions éco systémiques.

ABSTRACT

The urban growth of the capital city of Dakar impacts the wet ecosystem formed by Thiourour Warouwaye and Wouye lakes. The lakes are very sensitive to the climatic variability characterized by the occurrence of extreme events (droughts, floods). The main purpose of this contribution is to study the dynamics of the littoral lakes of the "Grande Côte" in a context of variability and climate change, case of Thiourour, Warouwaye and Wouye. Diachronic cartography using aerial photographs and satellite images (Spot and overview) made it possible to assess the extent and nature of changes in land use around the three lakes between 1978 and 1999 and between 1999 and 2014. The results show on the first sequence [1978-1999] a regression trend of water bodies of less than 14.80 ha while the double built-up area increases from 410 to



879 ha. On the second one [1999-2014], the extension of the building continues (+184 ha) compared to the first sequence however, the water bodies increase by +48 ha. The aquatic meadows, witnesses of the humidity of the area, have grown exponentially from about 10 ha in 1978 to 100 ha in 1999 and reached nearly 210 ha in 2014. The lake systems are regenerating so after a regressive trend observed on the first sequence in a medium that is highly anthropised today, thus reducing their capacity to fill.

2 INTRODUCTION

Thiourour Warouwaye et *Wouye* situés respectivement dans les communes d'arrondissement de Wakhinane Nimzatt, Yeumbeul Nord et Malika (région de Dakar, Sénégal) sont des lacs littoraux de la Grande Côte du Sénégal dont la mise en place témoigne d'une période humide et pluvieuse (Sall 1983 ; Ndao, 2005). La dégradation des conditions climatiques à partir de la fin des années 1960 avec une baisse conséquente de la pluviométrie a conduit à une régression des eaux de surface de cette région humide appelée *Niayes*. Le climat de la zone sahélienne est en fait marqué par sa forte variabilité climatique (Leroux, 1983 ; Le Barbé *et al.*, 2002 ; Ardoin, 2004 ; Sarr *et al.*, 2015) ; les périodes plus ou moins longues de pluviométrie déficitaire sont suivies de phases d'excédents pluviométriques (Paturel *et al.* 1998, Dieppois *et al.*, 2011). Les écosystèmes naturels sont particulièrement sensibles à ces fluctuations (Aguar, 2009) dont les répercussions peuvent être drastiques comme ce fut le cas durant les sécheresses enregistrées entre 1968 et la fin des années 1990 (Carbonnel et Hubert, 1985 ; Nicholson *et al.*, 2000 ; Hulme, 1992, Dai *et al.*, 2004). A l'image de l'assèchement du lac Rose (lac Retba) qui couvrait environ 15km² au XIX^{ème} siècle et ne forme plus actuellement que 3km², *Thiourour*, *Warouwaye* et *Wouye* ont subi eux aussi, avec des proportions différentes, une dynamique régressive durant ces périodes sèches au cours desquelles la nappe phréatique a elle aussi subi une baisse très marquée (Dasylyva *et al.*, 2003). L'assèchement qui en résulte a facilité une anthropisation poussée des écosystèmes qui se manifeste par une forte densité de population par rapport au reste du pays : 18106,53

habitants/km² pour la commune d'arrondissement de Yeumbeul Nord contre une moyenne de 78,86 habitants/km² pour le reste du pays en 2013 (ANSD, 2014). Avec le retour timide de la pluviométrie depuis quelques décennies (Sène, 2002 ; Ali et Lebel, 2009 ; Décroix *et al.*, 2015 ; Sarr *et al.*, 2015), les eaux de pluie sont piégées au sein des dépressions. Le niveau de la nappe phréatique remonte, le milieu recouvre son humidité ; ce qui est aujourd'hui synonyme de cycles répétitifs d'inondation pour les populations locales avec de terribles conséquences économiques, sociales sanitaires et sécuritaires. D'une part, la superficie des eaux des lacs augmente et la nappe phréatique remonte (Kedowide *et al.*, 2015 ; Ndao *et al.* 2015) et d'autre part, les lacs comprimés par les habitations peinent à assurer leurs fonctions dans la collecte et le stockage des eaux pluviales drainées par leurs bassins versants respectifs et les activités économiques qui se tiennent autour des lacs sont à leur tour menacées par la montée des eaux et la progression des habitations. L'étude vise à évaluer la dynamique spatiale de ces lacs et à apprécier l'humidité du milieu à travers l'analyse cartographique des dates retenues pour cette étude : 1978, 1999 et 2014. Après une brève présentation des sites d'étude, les données utilisées et la méthode appliquée dans le cadre de cette cartographie seront d'abord présentées. Les résultats obtenus seront ensuite exposés et enfin nous examinerons l'exposition de ce territoire aux inondations.

2.1 Présentation de la zone d'étude : Les lacs étudiés font partie des formations lacustres côtières qui s'alignent le long du littoral sur la Grande Côte du Sénégal (figure 1).

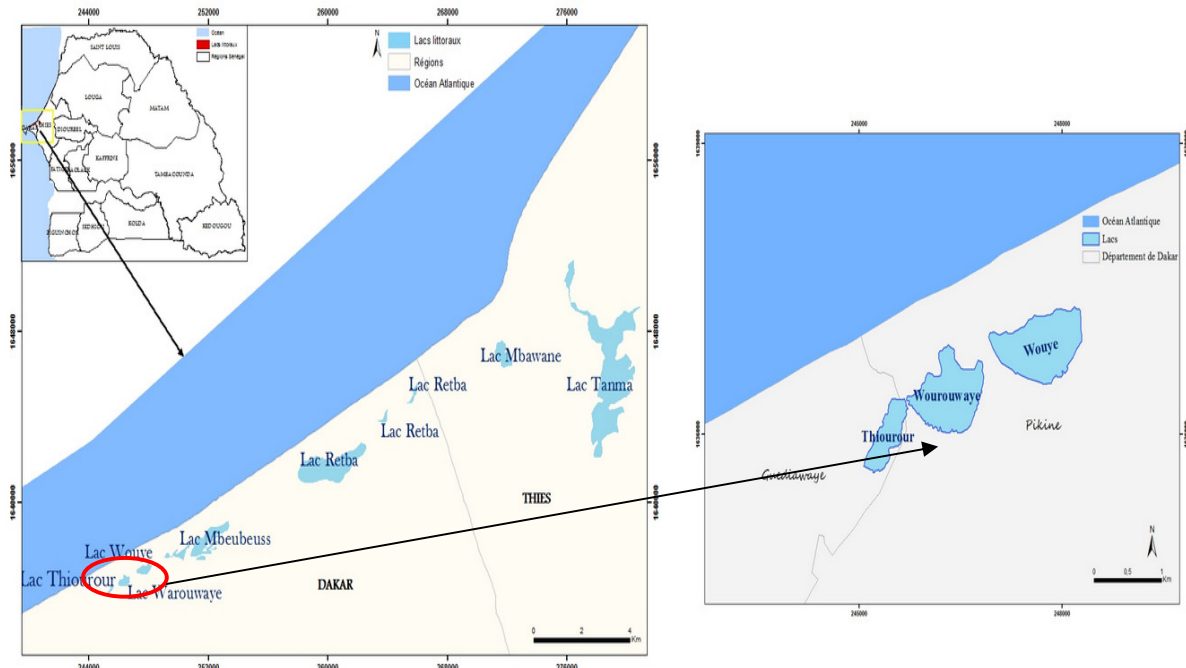


Figure 1 : La localisation des lacs Thiourour, Warouwaye et Wouye

De nombreux lacs s'échelonnent sur ce transect ; parmi eux : le lac *Thiourour*, le lac *Warouwaye*, le lac *Wouye*, le lac *Mbeubeuss*, le lac *Retba* (lac rose), le lac *Tanma* et le lac *Mbawane*. Leur genèse et leur évolution sont liées aux oscillations climatiques et marines observées pendant le quaternaire récent (Guèye, 2008). Ces lacs se seraient mis en place lors de la transgression nouachottienne (7000 à 4200 ans BP) durant laquelle la mer a pénétré l'intérieur des dunes pour former une lagune qui communiquait avec la mer (Ndao, 2005). La fermeture de la lagune intervenue durant la période subactuelle (1700ans BP), a isolé cette unité qui évolue désormais comme des lacs alimentés essentiellement par les apports

pluviométriques et la nappe phréatique des sables du quaternaire. Les lacs se trouvent à cheval entre les départements de Pikine et de Guédiawaye dans la région de Dakar plus précisément dans les communes d'arrondissement de Wakhinane Nimzatt (lac *Thiourour*), de Yeumbeul Nord (lac *Warouwaye*) et de Malika (Lac *Wouye*). Ils sont logés dans les dépressions inter-dunaires et constituent l'une des unités paysagères de cette zone humide que sont les *Niayes*.

2.2 Données et méthodologie

2.2.1 Données : Les 03 images ont été prises en saison sèche entre les mois de mars et d'avril (tableau 1).

Tableau 1 : les données utilisées

Type	Date	Échelle/Résolution	Projection	Source
Photographie aérienne	1978	1/60.000		IGN/France
Image satellite	1999	15m	UTM WGS 84	Spot XS +P
Image satellite	2014	1m	UTM WGS 84	Overview

L'utilisation d'une photographie aérienne datant de 1978 a été d'un grand intérêt en raison de sa résolution spatiale pour l'évaluation des éléments du paysage en période de sécheresse. Néanmoins, le choix des images repose sur deux critères. Le premier est lié à la disponibilité des images, notamment pour les dates les plus anciennes. Le second critère est basé sur la pertinence des séquences en matière d'évolution du milieu ; plus d'une quinzaine d'années séparant chaque séquence. L'année 1978 renseigne sur la situation des lacs en période de sécheresse (Le Houerou 1989, Leroux 1983 ; Ndong, 1995) ; l'année 2014 met en évidence l'état relativement récent des lacs ; l'année 1999 (date intermédiaire) marque le début d'une pluviométrie plus marquée (Sène et Ozer, 2002) par rapport à la situation enregistrée depuis la fin des années 1960. Un cadre qui couvre une superficie de 2025,02 ha délimite la zone observée autour des lacs. Il permet de suivre l'écosystème des trois lacs dans son environnement. Limitée au nord par l'océan Atlantique, la zone cartographiée s'étend vers le sud en intégrant les communes d'arrondissement

de Wakhinane Nimzatt, de Yeumbeul nord, de Malika et des parties appartenant aux communes d'arrondissements de Yeumbeul Sud, Keur Massar, Djidah Thiaroye Kao, et Médina Gouass. Les changements intervenus sont analysés sur la période 1978-2014 puis sur deux intervalles [(1978-1999) ; (1999-2014)] pour comparer l'intensité des changements entre les deux intervalles et mesurer le poids des éléments climatiques (pluviométrie) et facteurs humains (étalement de l'urbanisation) dans l'évolution des lacs.

2.2.2 Méthodologie : Les données cartographiques multi-dates sont utilisées pour suivre l'évolution des trois lacs à travers leur plan d'eau et la distribution spatiale de leurs prairies aquatiques sur les trois dates retenues (1978, 1999 et 2014). Ce suivi concerne par ailleurs l'ensemble des plans d'eau et prairies aquatiques présents dans le périmètre pour apprécier la distribution de l'humidité dans la zone d'étude à travers les trois dates retenues. L'approche méthodologique comporte différentes étapes (figure 2).

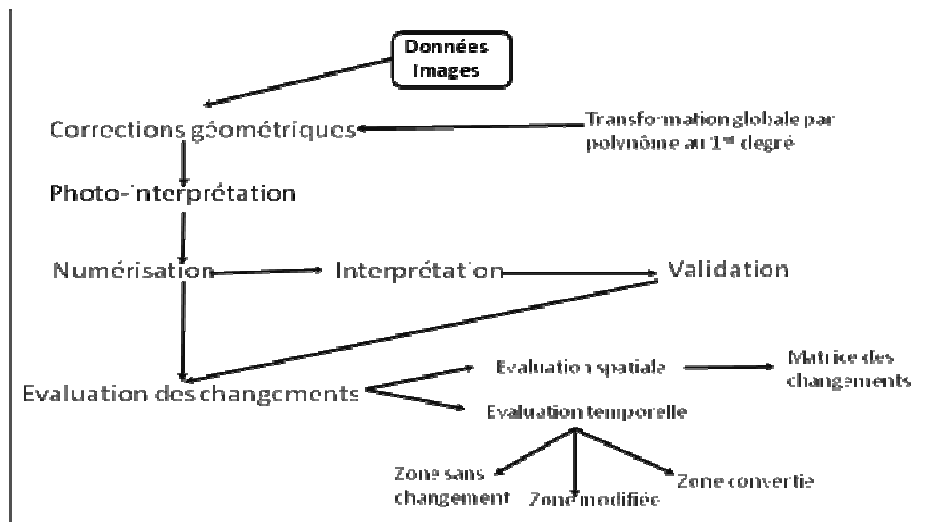


Figure 2 : Les différentes étapes des traitements cartographiques

La première concerne d'abord les corrections géométriques des images. Elles permettent la

comparaison de scènes positionnées dans un même référentiel géographique ainsi que leur



superposition avec d'autres sources de données notamment les couches vectorielles (Lagabrielle 2003). La méthode de transformation globale par polynôme du premier degré (Levin, 1999) a été choisie pour corriger les effets de distorsion dus à l'objectif (champ de vue large), à la courbure de la terre et sa rotation (Billen et Cornelis, 2000 ; Dadu, 2009). Celle ci correspond à une transformation linéaire qui modifie la position, l'échelle et l'obliquité des points en X et/ou Y ; la rotation est de ce fait globale sur l'image. C'est une transformation du type :

$$X_o = a_0 + a_1x + a_2y \quad (1)$$

$$Y_o = b_0 + b_1x + b_2y \quad (2)$$

Où x et y sont les coordonnées originales (input) et X_o et Y_o sont les coordonnées rectifiées (output). Ensuite la photo interprétation a permis de regrouper sous une classe toutes les unités identiques en se basant sur leur forme, leur texture, leur couleur ou encore leur organisation spatiale. Cette photo-interprétation s'est basée sur la classification de Yangami. Il s'en est suivi une visite de validation de la cartographie sur le terrain sur la base de l'image interprétée la plus récente (celle de 2014) sur laquelle des points de contrôle représentatifs de chaque classe d'occupation des sols ont été choisis pour vérification. L'évaluation des changements de l'occupation des sols s'est basée sur l'appréciation de deux types de changement : le premier d'ordre

spatial et le second temporel ; l'analyse des changements étant faite par croisement de deux dates : (2014-1999) ; (1999-1978) puis sur toute la période (2014-1978). La matrice des changements qui permet d'apprécier l'évolution spatiale est générée par le croisement des données tabulaires de deux dates. La matrice renseigne la superficie restée dans la même classe ou passée à une autre classe entre les deux dates étudiées. L'évolution temporelle, pour sa part se propose de cartographier pour les périodes choisies les classes d'occupation des sols qui se sont maintenues ou passées à une autre classe. Les classes d'occupation sont regroupées en catégories selon qu'elles renvoient à la même thématique. Trois cas de figures sont retenus (Ba, 2011 ; IAO, 2003) :

Les zones « sans **changement** » s'appliquent à la classe d'occupation des sols restée la même sur les deux dates ;

Les zones « **modifiées** » concernent les modifications qui représentent une évolution au sein d'une même catégorie d'occupation : par exemple au sein des steppes, ou bien quand une steppe arbustive qui devient une steppe arborée ; Les zones « **converties** » représentent les conversions qui marquent le passage d'une catégorie d'occupation des sols à une autre (une zone de culture qui change en bâti).

3 RÉSULTATS

3.1 Les cartes d'occupation des sols : En 1978, les eaux de surface couvrent 51,77 ha soit 2,6%. Les prairies aquatiques représentent 0,54% du total (10,86 ha). Les zones de cultures dominant largement le périmètre couvrant 1131,26 ha soit 55,86% de la superficie totale (figure 3). Le bâti occupe 410,35 ha (20,26% du total). Pour l'année 1999, les plans d'eau se rétrécissent et comptent 36,97 ha soit 1,83%. Les prairies

aquatiques sont passées à 100,71 ha soit 4,97%. La superficie bâtie est la plus répandue avec 879,94 ha soit 43,45%. Les zones cultivées s'étendent sur 451,19 ha (22,28%). Enfin pour l'année 2014, l'occupation des sols est ainsi répartie : les plans d'eau (85,03 ha soit 4,30%) ; les prairies aquatiques (209,27 ha soit 10,33%) ; les zones de cultures (101,25ha soit 5,20%) ; le bâti (1064,09 ha soit 52,55%).

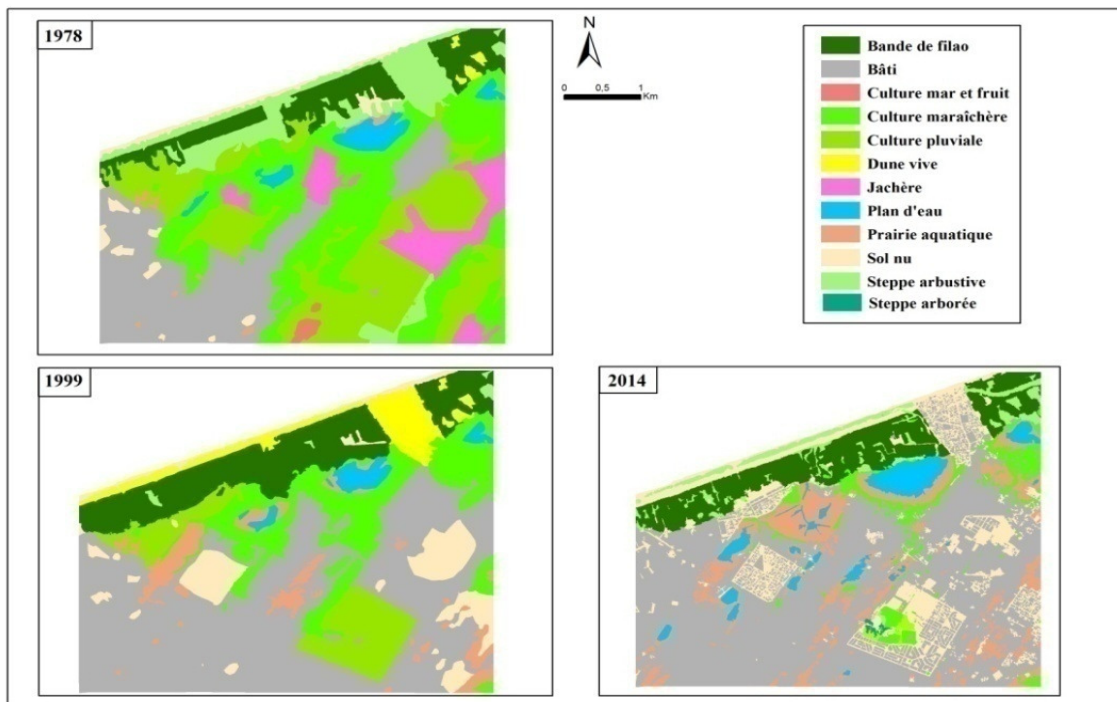


Figure 3 : La carte d'occupation des sols des trois dates

Au total, 6 des 12 classes d'occupation des sols répertoriées entre 1978 et 2014 ont gagné en superficie tandis que les 6 autres ont régressé (tableau 2).

Tableau 2 : Évolution de la superficie des classes d'occupation des sols

Catégorie	Classe	Superficie (ha)			Évolution de la superficie entre deux dates		
		Sup_1978	Sup_1999	Sup_2014	1978_1999	1999_2014	1978_2014
Surface en eau	Plan d'eau	51,77	36,97	85,03	-14,80	48,07	33,27
Végétation	Prairie aquatique	10,86	100,71	209,27	89,85	108,55	198,40
	Steppe arbustive	195,32	6,28	68,53	-189,04	62,25	-126,78
	Bande de filao	167,75	278,38	222,17	110,62	-56,21	54,41
	Steppe arborée			2,89	0,00	2,89	2,89
Zone de culture	Culture maraichère	497,59	286,18	95,35	-211,41	-190,84	-402,24
	Arboriculture+ maraichage	10,59			-10,59	0,00	-10,59
	Culture pluviale	475,90	165,00	6,42	-310,90	-158,59	-469,48
	Jachère	147,18			-147,18	0,00	-147,18
Zone dénudée	Sol nu	49,93	164,94	271,28	115,00	106,35	221,35
	Dune vive	7,77	106,62		98,85	-106,62	-7,77



Zone artificialisée	Bâti	410,35	879,94	1064,09	469,59	184,15	653,73
----------------------------	------	--------	--------	---------	--------	--------	--------

Deux classes ont totalement disparu : la jachère et la culture maraîchère associée à l'arboriculture tandis qu'une nouvelle est apparue en 2014 : la steppe boisée.

Pour les autres classes, selon l'intervalle considéré, leurs superficies ont enregistré des tendances, négatives ou positives. Quatre différentes situations se dégagent :

- accroissement sur les deux séquences : les sols nus, les prairies marécageuses, le bâti ;
- régression sur les deux séquences : cultures pluviales et cultures maraîchères ;
- accroissement puis régression : bande de filao et dunes vives ;
- régression puis accroissement : plan d'eau et steppe arbustive.

La catégorie « zone artificialisée » a connu la forte progression (+ 653,73 ha) contrairement à la catégorie « zone de culture » qui a le plus perdu de son étendue (-1029,49ha).

3.1 Les changements intervenus dans les plans d'eau : Les plans d'eau ont vu leur superficie fortement augmenter au sein du

périmètre entre 1978 et 2014. En 1978, les plans d'eau se cantonnaient au couloir au niveau duquel s'échelonnent les lacs (carte 3). La conversion des sols humifères sur lesquels était pratiquée l'agriculture (maraichage et arboriculture notamment) a participé à l'augmentation de la distribution des plans d'eau. Environ 33 ha d'anciennes terres agricoles se sont transformés en plan d'eau. Cependant, la première séquence d'observation est marquée par une diminution de la superficie des eaux de surface qui passent de 51,77 ha en 1978 à 36,97 ha en 1999. Une bonne partie de l'eau des lacs a disparu ; elle est remplacée par de la végétation aquatique ou des périmètres agricoles. Les plans d'eau subissent une nette augmentation au cours de la séquence 1999-2014 pendant laquelle les conversions en eau deviennent plus importantes : 21,89 ha de végétation naturelle, 21,01 ha de périmètres agricoles et 8,55 ha de bâti convertis en eau. Il en résulte une plus large distribution des eaux de surface qui suivent les anciens tracés du réseau hydrographique (Diop, 2005).

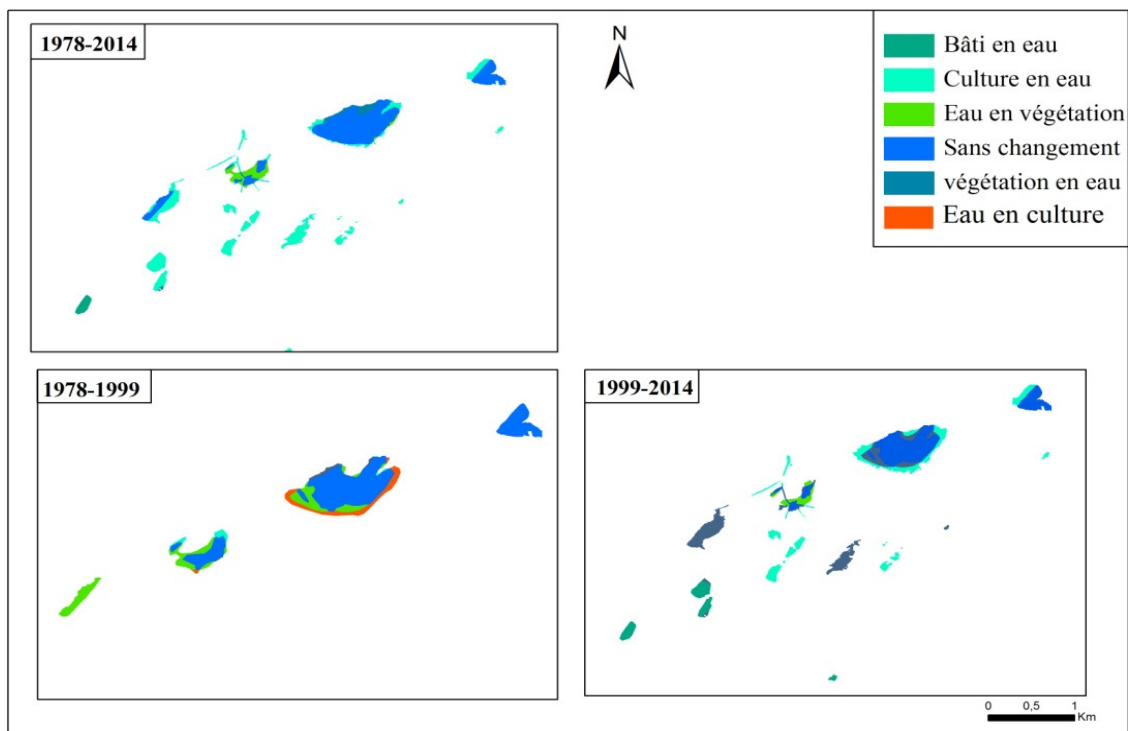


Figure 4 : La typologie des changements intervenus dans la catégorie zone en eau

3.2 Évolution du niveau de remplissage des lacs : Entre 1978 et 2014, la superficie des eaux des lacs *Thiourour* et *Warouwaye* a augmenté. La surface couverte par les eaux représente 3,28 ha en 1978 contre 8,49 ha en 2014 pour *Thiourour* et 32,61 ha en 1978 contre 39 ha à 2014 pour *Wouye*. Pourtant, les eaux de surface des lacs ont considérablement diminué en 1999. Le lac *Thiourour* a vu sa lame d'eau complètement disparaître sous la végétation aquatique. *Wouye* a perdu de son étendue, ses eaux couvrent 23,48 ha en 1999. Pour le lac *Warouwaye* la surface de l'eau est passée d'environ 9 à 6 ha entre 1978 et 2014 pour l'année 1999, l'eau couvre 6,3 ha. Il est de plus en plus envahi par la végétation aquatique. La riziculture était en fait pratiquée sur ses berges jusque dans les années 2000. La salinisation du lac

ayant entraîné l'arrêt de cette pratique, la végétation s'y développe à grande vitesse laissant émerger de moins en moins d'eau. La diminution de l'eau présente sur les lacs en 1999 est due à la persistance du déficit pluviométrique jusqu'au milieu des années 1980 (figure 5). Le rapide développement du bâti à cette période a empêché l'acheminement des eaux pluviales jusqu'aux bas-fonds. Les eaux de pluies sont retenues dans les zones d'habitation causant ainsi des inondations (Kane, 2007). Ces inondations ne sont pas un fait nouveau ; elles ont déjà été enregistrées dans la zone (quartier Médina Gazon précisément) en 1985, année pluvieuse (507,5 mm station de Yoff, Dakar) par rapport à la normale 1961-1990 (Sibomana, 2011). Les années 2000 marquent un début de reprise de la pluviométrie (figure 5).

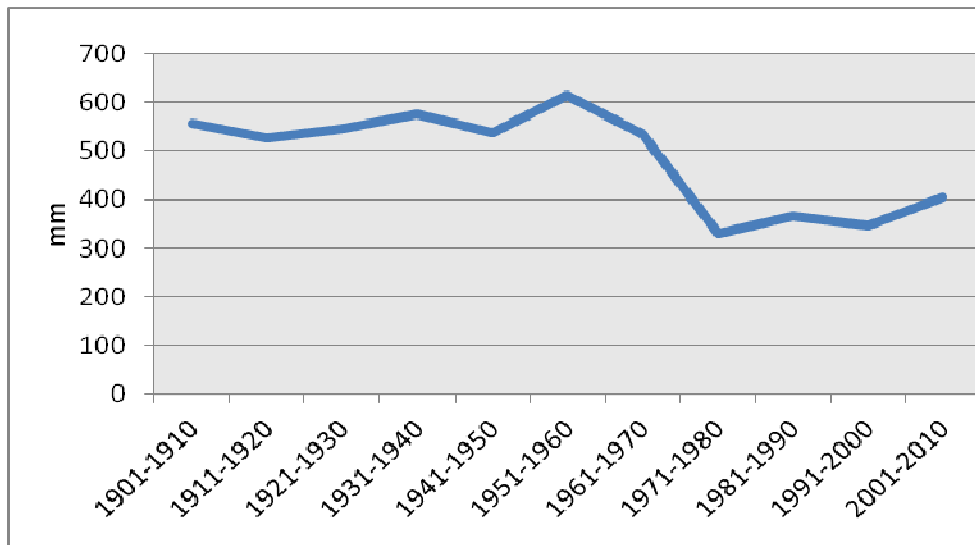


Figure 5 : L'évolution des moyennes décennales de la pluviométrie de la station de Yoff entre 1901 et 2010

La moyenne pluviométrique décennale (2001-2010) est en effet plus élevée par rapport aux deux décennies précédentes (1991-2000 et 1981-1990). Les zones dépressionnaires deviennent de

plus en plus inondées tandis que l'infiltration et le ruissellement naturel sont quasi impossibles du fait de la forte artificialisation du milieu.

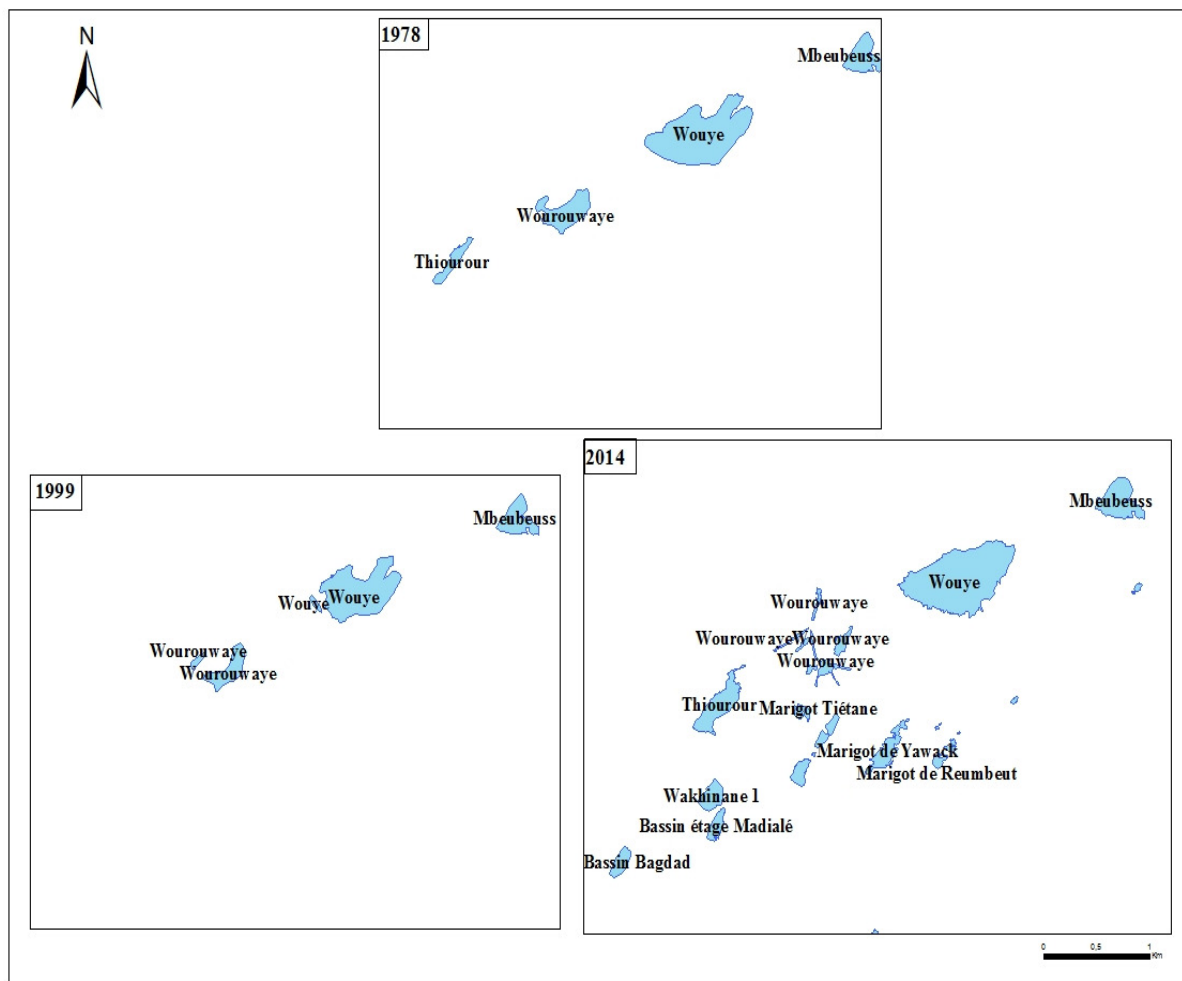


Figure 6 : La distribution des plans d'eau sur les trois dates

La distribution des plans d'eau dans le périmètre a fortement augmenté en 2014. En effet, bien avant la sécheresse des années 1970, en plus des systèmes lacustres, un certain nombre de marigots y était recensé (Diop, 2006). Ces points d'eau affectés en partie par un déficit pluviométrique continu, comme le marigot de *Tiétane*, stockent à nouveau les eaux de pluies grâce à des précipitations plus importantes en cumul comparées à celles des décennies 1970 et 1980 (Sarr et *al.*, 2013 ; Sarr et *al.*, 2014). La création de bassins de rétention, tels que le bassin de Bagdad et celui d'Étage *Madialé*, pour pallier les inondations accentuées en outre la distribution spatiale des plans d'eau. La récurrence et l'acuité

des inondations a conduit à la mise en place d'un plan de drainage des eaux pluviales (PDD). L'objectif de ce plan est de réduire les risques d'inondations dans les zones périurbaines de Dakar et préserver les populations vivant dans les zones exposées. Ce plan intègre dans son réseau de stockage des eaux pluviales les lacs et les autres plans d'eau existants (ADM, 2012). Pour ce faire, les eaux pluviales sont drainées au niveau des points de collecte et de stockage d'eau pluviale en redynamisant au mieux le réseau hydrographique existant. Parmi ces points figurent les lacs *Thiourour*, *Warouwaye* et *Wouye*. Ces derniers reçoivent les eaux du bassin versant Thiourour/Warouwaye qui couvre 974 ha et le

lac *Wonye* polarise les eaux drainées par le bassin versant Wouye (161 ha), (ADM, 2012). Ceci augmente la masse d'eau stockée dans les lacs d'autant plus que l'augmentation de l'artificialisation du milieu suggère des ruissellements plus importants puisque les possibilités d'infiltration s'amenuisent. De 0,1 dans des types d'occupation des sols tels les zones de cultures ou les forêts, le coefficient de ruissellement qui correspond au rapport de la surface imperméabilisée sur la surface totale du bassin versant s'élève à 0,90 en surface bâtie et à 0,95 au niveau des voiries (ADM, 2011). Les quantités d'eaux drainées étant de plus en plus importantes, celles qui se déversent dans les lacs augmentent également. L'approche cartographique utilisée ne permettant pas d'estimer l'évolution du volume des eaux sur les trois années et la visibilité de l'étendue de l'eau

étant limitée par la prolifération de la végétation aquatique la quantification de ces changements reste difficile. Mais, les enquêtes menées dans la zone montrent un constat d'augmentation des eaux des lacs depuis 2009 année à laquelle le drainage des eaux vers les lacs a été initié pour la première fois pour estomper les inondations.

3.3 La distribution des prairies aquatiques sur les trois dates : La végétation aquatique était peu présente en 1978 à cause notamment de l'emprise agricole sur cette zone. De 10,86 ha elle est passée à 100,61 en 1999 année durant laquelle le lac *Thiourour* est totalement recouvert par la végétation aquatique. La conversion des anciens périmètres maraichers en zone de bâti a entraîné sa prolifération dans la mesure où certains espaces fortement inondés sont abandonnés car n'étant pas aptes à l'usage d'habitation.

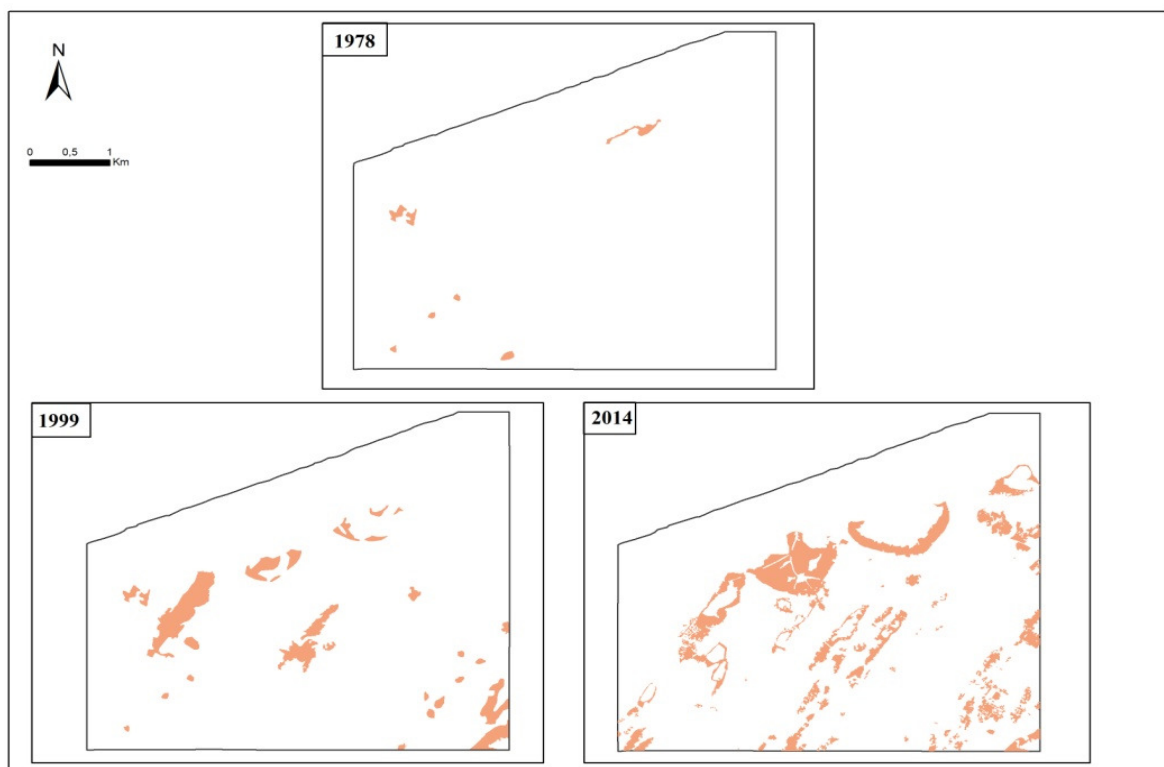


Figure 7 : La distribution des prairies aquatiques sur les trois dates



En 2014, la superficie des prairies aquatique a plus que doublé par rapport à 1999 formant 209 ha. Une situation pluviométrique améliorée aux cours des dernières années a occasionné la multiplication des points de rétention d'eau sur lesquels se développe la végétation aquatique. Aux abords des lacs même si les plans d'eau se maintiennent, le couvert végétal s'étend de plus en plus. Il a notamment gagné en étendue sur le pourtour du lac *Warouwaye* où les périmètres maraîchers sont repoussés vers les limites du lac diminuant les superficies cultivables. On observe ainsi, au centre des dépressions des espèces aquaphiles, en particulier la *Nymphaea lotus*, la *Phragmites vulgaris* et sur les marges, des espèces moins exigeantes en eau (Perreira, 1962). Dans leur forme actuelle, les espèces rencontrées sont peu diversifiées essentiellement composées de typhas, de *Nymphaea*, de *Nitella ceratophyllum*. L'abandon de la riziculture anciennement

pratiquée sur ce lac à cause de sa salinisation a en effet fortement participé au développement de la végétation sur ce lac. En outre, la perturbation chimique des eaux à travers les multiples formes de pollution (rejets domestiques agricoles) participe à la prolifération de la végétation aquatique (Billen et Garnier, 2009). La pollution de la nappe a pour origine l'écoulement d'eau issue des latrines et autres systèmes d'assainissement individuels défectueux ; la zone n'étant pas équipée de réseaux d'égouts. La végétation aquatique devient ainsi de plus en plus éparpillée à l'intérieur du périmètre et colonise les moindres interstices dans les zones d'habitations (figure 3). Ce développement soutenu et invasif des prairies aquatiques suggère que malgré les fortes pressions exercées sur le milieu par une artificialisation prononcée notamment, la zone n'en perd pas néanmoins sa nature humide.

4 DISCUSSION

Globalement, la persistance des sécheresses enregistrées depuis la fin des années 1960 dans le Sahel a eu des conséquences importantes sur les ressources eau provoquant par endroit leur tarissement. Ce constat est observé sur le lac *Tanma* qui fait partie du même système de lacs côtiers objets de notre analyse. Ce lac jadis navigable en toute saison et très poissonneux s'est progressivement tari avec les sécheresses (Faye, 2016). De même, le lac Rose est passé de 6,7 km² en 1954 à moins de 3 km² en 2006 (ANAT, 2015), son assèchement étant accéléré par les facteurs anthropiques notamment l'obstruction du réseau hydrographique provoquée par la construction d'infrastructures et la déviation des cours d'eau naturels en amont de la zone du lac. Par ailleurs, cette tendance à assèchement a même justifié l'utilisation du lac *Mbeubeuss* comme la principale voire l'unique décharge d'orduresⁱ de l'agglomération dakaraise (Diawara, 2009) où, actuellement, le plan d'eau émerge à nouveau entouré des ordures. L'analyse de l'évolution des lacs *Thiourour Warouwaye* et

Wonye indique une évolution similaire (assèchement) entre 1978 et 1999 avant de montrer une situation complètement différente en 2014. Sur cette dernière année (2014), on constate en effet une nette augmentation de l'eau présente sur les lacs comparée aux deux autres années. La superficie couverte par l'eau à *Thiourour* est même supérieure largement supérieure à celle de 1954 (Mbow *et al*, 2008) durant laquelle lac ne laissait paraître aucun plan d'eau alors que les années de sécheresses sont survenues bien après (figure 5). Cependant, cette forte présence de l'eau sur lac découle davantage de la forte artificialisation du milieu que des facteurs de recharge naturelle des lacs. Les communes environnantes des lacs (Wakhinane Nimbatt, Yeumbeul Nord et Malika) ont connu une urbanisation aussi rapide qu'importante. Les premières arrivées massives de populations ont débuté durant les années 1970 du fait des crises écologiques et des bouleversements qu'elles ont causé sur les activités agricoles et le monde rural (Vernière, 1973 ; Mbaou, 2008). Cette



urbanisation, irrégulière et spontanée dans la plupart des cas, s'est développée dans un espace parsemé de dépressions (*les niayes*) et où la nappe phréatique (nappe de Thiaroye) est sub-affleurante à affleurante. L'analyse de l'évolution de l'occupation des sols de 1954, 1978, 1999 et 2014 (IAO, 2003 ; Mbaou, 2008) montre en effet un développement rapide des zones d'habitations tandis que toutes les autres classes d'occupation des sols occupées notamment par la végétation naturelle ou les zones agricoles ont été sérieusement réduites. Les communes environnantes des lacs font partie de celles qui enregistrent aujourd'hui les plus fortes densités de la région de Dakar : 28038 habitants/km² à Wakhinane Nimzatt et 18106,53 habitants/km² à Yeumbeul Nord pour une densité moyenne de 5404 habitants/km² pour la région (ANSD, 2014). Alors que la zone ne dispose quasiment pas de réseau d'assainissement et les eaux usées sont retournées vers la nappe phréatique (Ndao, 2015). Cette absence de réseau d'assainissement

combinée à l'arrêt des pompages de la nappe de Thiaroye effectués depuis 1950 pour l'alimentation en eau potable de la région de Dakar (Ndao 2015) entraînent la remontée de la nappe. La proximité de la nappe phréatique en sus de participer au maintien des plans d'eau des lacs exacerbe le risque d'inondation, les sols étant rapidement saturés. Le drainage des eaux pluviales vers les lacs, l'alternative trouvée pour la gestion des inondations récurrentes enregistrées dans la zone augmente de manière drastique les volumes d'eau présents sur les lacs ces dernières années. Ceci d'autant que le pompage de l'eau drainée sur les lacs vers l'océan qui fait partie du dispositif de drainage pour maintenir le niveau d'eau des lacs à moins de 2,80 mètres est déjà sujet à beaucoup de manquements (panne station de pompage, rupture de fourniture de carburant, (source : enquêtes). Les lacs *Thiourour Warouwaye* et *Wouye* enregistrent actuellement des volumes d'eau largement supérieurs à ceux connus dans le passé.

5 CONCLUSION

Cette contribution confirme la pertinence de l'étude des changements dans l'occupation pour le suivi des écosystèmes. L'analyse diachronique du milieu dans lequel évoluent ces lacs entre 1978 et 2014 montre sur la première séquence d'observation une tendance à la régression des plans d'eau et une augmentation des surfaces bâties attribuables à la détérioration climatique qui a fortement diminué l'humidité de la zone et donc permis l'installation humaine. La deuxième séquence confirme l'augmentation du bâti en lien avec l'accroissement de la population en même temps que celle des plans d'eau découlant de l'augmentation récente de la pluviométrie. Les prairies aquatiques ont augmenté tout au long de la durée d'observation. Leur accroissement sur la première séquence est dû au remplacement des plans d'eau existants par la végétation aquatique tandis que sur la deuxième séquence il est dû à la multiplication des plans d'eau au sein du périmètre. L'environnement des lacs se régénère

donc après l'impact négatif des années de sécheresse. Cette régénération devient cependant problématique dans la mesure où les installations humaines se sont faites à la faveur de facteurs tels que les épisodes de sécheresse et l'exploitation de la nappe des sables du quaternaire qui ont contribué à assécher les zones dépressionnaires et ont facilité l'installation de populations dans un milieu humide. Cette urbanisation en déphasage avec les normes urbanistiques n'a donné lieu à aucune viabilisation du terrain avant toute installation humaine. Les cycles d'inondations enregistrés depuis la reprise pluviométrique, se posent toujours avec acuité. Le lien entre pluie et inondation est constant à cause de la morphologie du milieu (zone dépressionnaire). A cela, il convient d'ajouter d'autres facteurs structurants que sont : la surpopulation et la promiscuité, l'absence de réseau d'assainissement, l'obstruction des voies naturelles d'eau par les habitats, la pauvreté. La gestion des inondations



qui consiste à drainer les eaux pluviales vers les lacs n'est pas toujours bénéfique pour les activités économiques des lacs (maraichage, tannerie pêche) à cause des importants volumes d'eau stockés qui gênent les activités. En plus des

pertes de superficie constatées pour la pratique de certaines activités comme le maraichage et la tannerie, les eaux drainées compromettent la qualité des eaux des lacs.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Ali A., Lebel T., 2009. The Sahelian standardized rainfall index revisited. *Int.J. Climatol.*, 29, pp. 1705-1714.
- ANSD, 2014. Rapport définitif RGPFAE 2013, République du Sénégal Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan, 70 pages.
- Ardoin B.S., 2004. Variabilité hydro climatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, France.
- Ba T., 2011. Dynamique de l'occupation des sols de la communauté rurale de Barkedji au Ferlo (Nord Sénégal). Mémoire de DEA 65 pages.
- Billen R. et Cornelis B., 2000. Géométrie de la spatiocarte : correction et validation. *Bulletin de la Société, Géographique de Liège*, n°38, pp 25-42.
- Billen G. et Garnier J., 2009. Eutrophisation des cours d'eau du bassin de la Seine. Comprendre comment l'activité de l'homme entraîne la prolifération des végétaux aquatiques, programme Piren-Seine, 44 pages.
- Carbonnel J.-P. ; Hubert P, 1985. Sur la sécheresse au Sahel d'Afrique de l'Ouest. Une rupture climatique dans les séries pluviométriques du Burkina Faso (ex Haute Volta). Volume 301, n°13, pp. 941-944.
- CILSS, 1984. Transformation du Sahel Ouest Africain, Club du Sahel, OCDE, 109 pages.
- Dadu L., 2009. Suivi d'aires protégées de Corridor forestier malgache par télédétection spatiale. Unité Espace/IRD, maison de la télédétection en Languedoc Roussillon, 80 pages.
- Dai A., Lamb P.J., Trenberth K.E., Hulme M., Jones P.D., Xie P., 2004. The recent Sahel drought is real. *Int. J. Climatol* 24, pp. 1323 – 1331.
- Descroix et al., 2015. Évolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'ouest à travers deux régions : la Ségambie et le Bassin du Niger Moyen. *Journal de l'association internationale de climatologie*.
- Diawara A.B., 2010. Les déchets solides à Dakar. Environnement, sociétés et gestion urbaine, Thèse de géographie, Université Michel de Montaigne - Bordeaux III, 791 pages.
- Dieppois B., 2011. Variabilité du climat au Sahel depuis 1950 : essais d'analyses statistiques des relations entre précipitations, vents et visibilité horizontale au SE-Niger. Paper conference, 10 pages.
- Diongue M., 2014. Périphérie urbaine et risques d'inondation à Dakar (Sénégal) : le cas de Yeumbeul Nord. *ESO, travaux & documents*, n° 37, pp. 45-54.
- Diop A., 2005. Étude de l'impact de l'urbanisation sur le réseau hydrographique la région des *Niayes* entre Dakar et Sangalkam. Mémoire de DEA de géologie appliquée, FST, UCAD, 69 pages.
- Faye Ch., 2016. Le lac Tanma, de l'abondance à l'assèchement, impact des changements climatiques au Sénégal, publication 22/06/2016, *Journal Sud Quotidien*.
- FOODY G.M., 2002. Status of land cover classification accuracy assessment, *Remote*



- Sensing of Environment*. Vol. 80, pp. 185-201.
- IAO, 2003. L'Évaluation de la Dégradation des terres au Sénégal. Projet FAO, *Land Degradation Assessment (LADA)*.
- Kane ND.KH., 2007. Analyse de la gestion des inondations dans la région de Dakar. Mémoire de DEA FASEG, UCAD, 105 pages.
- Kedowide C.M.G., Cissé O., 2015. Adaptation aux impacts des inondations à Yeumbeul Nord, banlieue de Dakar au Sénégal ; Production de données à la croisée d'une nécessité de territorialisation des phénomènes spatialisés. Proceedings of the Resilient Cities 2014 congress, 22 pages.
- Lagabrielle E., 2003. Télédétection des changements et SIG : Application à l'étude de l'évolution des modes d'occupation du sol à la réunion entre 1989 et 2002. Rapport de stage de Mastere SILAT, 50 pages.
- LE Barbé L., Lebel T. et Tapsoba D., 2002. Rainfall Variability in West Africa during the Years 1950- 1990. *Journal of Climate*, n°15, pp. 187-202.
- LE Houerou N., 1989. The grazing land ecosystems of the African Sahel. Springer-Verlag, Berlin, 282 pages.
- Leroux, M., 1983. Le climat de l'Afrique tropicale. Thèse de doctorat d'État ès-Lettres, /Dijon, 3 tomes, 1427pages.
- Levin N., 1999. Fundamentals of Remote Sensing. Tel Aviv University, Israel, 225 pages.
- MBOW L.S., 1992. Dakar : croissance et mobilité urbaines tome 1 - la croissance urbaine. Thèse de docteur d'état Université Paris Nanterre, 709 pages.
- Mbow Ch., Diop A. , Diaw A.T. and Niang Ch.I., 2008. Urban sprawl development and flooding at Yeumbeul suburb (Dakar-Senegal), *African Journal of Environmental Science and Technology* Vol. 2 (4), pp. 075-088.
- Ndao S., Diaw E.H.B., Tamba S., Wade M., 2015. La nappe de «Thiaroye» au Sénégal : une ressource en eau encore utilisable, vertigo, revue en ligne.
- Ndong J.B., 1995. L'évolution de la pluviométrie au Sénégal et les incidences de la sécheresse récente sur l'environnement, revue de Géographie de Lyon n°70, pp. 193-198.
- Nicholson S.E., Some B., Kone B., 2000. An analysis on recent rainfall conditions in West Africa, including the rainy season of 1997 ENSO year, *J. Climate* 13, pp. 2628 – 2640.
- Paturel J.A., Servat e., Delatt M.O., 1998. Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique, *Hydrological Sciences- Journal-des Sciences Hydrologiques*, n°43, pp. 937-946.
- Quinsière et Retière, 2013. Vulnérabilités de la région de Dakar au changement climatique. IRD, PCTI Dakar, 118 pages.
- Sall M.M., 1983. Dynamique et morphogène actuelle au Sénégal Nord-Occidental, Thèse d'Etat, Strasbourg, France.
- Sarr M. A., Zorome M., Seidou O., Bryant C.R et Gachon PH., 2013. Recents trends in selected extreme precipitation indices in Senegal-A changepoint approach. *Journal of hydrology*, n°505, pp. 326-334.
- Sarr M. A., Gachon PH., Seidou O. et Bryant C.R., Ndione J.A. et Comby J. 2014. Inconsistent linear trends in Senegalese rainfall indices from 1950 to 2007. *Hydrological Sciences Journal*, 12 pages.
- Sarr M. A., Seidou O., Trambly Y, Adlouni S. EL., 2015. Comparison of downscaling methods for mean and extreme precipitation in Senegal. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 4, pp. 369–385.



Sène S. et Ozer P., 2002. Évolution pluviométrique et relation inondations – événements pluvieux au Sénégal. Bulletin de la Société géographique de Liège, n°42, pp. 27-33.

Vernière M., 1973. Volontarisme d'état et spontanéisme populaire dans

l'urbanisation du tiers-monde, *formation et évolution des banlieues dakaroises le cas de Dagoudane Pikine*. Thèse de doctorat de 3ème cycle de géographie, Paris, 280 pages.

ⁱ Cette décharge éponyme non contrôlée est située à environ 25 kms du centre-ville, dans la localité du même nom, et reçoit l'ensemble des déchets produits par l'agglomération dakaroise. Elle s'étend sur le site d'une Niaye et des anciens champs maraîchers et couvre une superficie d'environ 57 ha actuellement (DJIBA 1997, cité par Diawara, 2009).