

Dynamique d'occupation du sol des zones humides urbanisées de Dakar (Sénégal) de 1942 à 2014

Diop Aimée, Hyacinthe Sambou, Cheikh Diop, Elysée Ntiranyibagira, Honoré Dacosta et Bienvenu Sambou

Volume 18, numéro 1, mai 2018

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1058445ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Université du Québec à Montréal
Éditions en environnement VertigO

ISSN

1492-8442 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Aimée, D., Sambou, H., Diop, C., Ntiranyibagira, E., Dacosta, H. & Sambou, B. (2018). Dynamique d'occupation du sol des zones humides urbanisées de Dakar (Sénégal) de 1942 à 2014. *VertigO*, 18(1).

Résumé de l'article

L'étude est une analyse de la dynamique spatiale de l'occupation du sol des zones humides (Niayes) de Dakar de 1942 à 2014 par l'utilisation d'outils de la géomatique. Nous avons exploité les photographies aériennes des années 1942, 1966 et 1978 et les images satellitaires des années 2003 et 2014 pour une cartographie de l'occupation du sol. Les résultats d'analyse montrent que la grande sécheresse des années 1970 a modifié l'hydrologie des Niayes et entraîné une régression des zones inondables. La surface de ces dernières varie de 35,84 % en 1942 à 5,44 % en 2003. À partir de 2003, l'urbanisation accrue de la zone a réduit progressivement la superficie qui était occupée par les Niayes bien que l'eau ait progressé de 9,25 % en 2014. À cette date, le bâti prédominait à 37,27 % dans la zone au détriment des surfaces nues, de l'eau et surtout de la végétation. La densification du réseau routier constitue le principal facteur de fragmentation des Niayes et la principale porte d'entrée à leur occupation.



Dynamique d'occupation du sol des zones humides urbanisées de Dakar (Sénégal) de 1942 à 2014

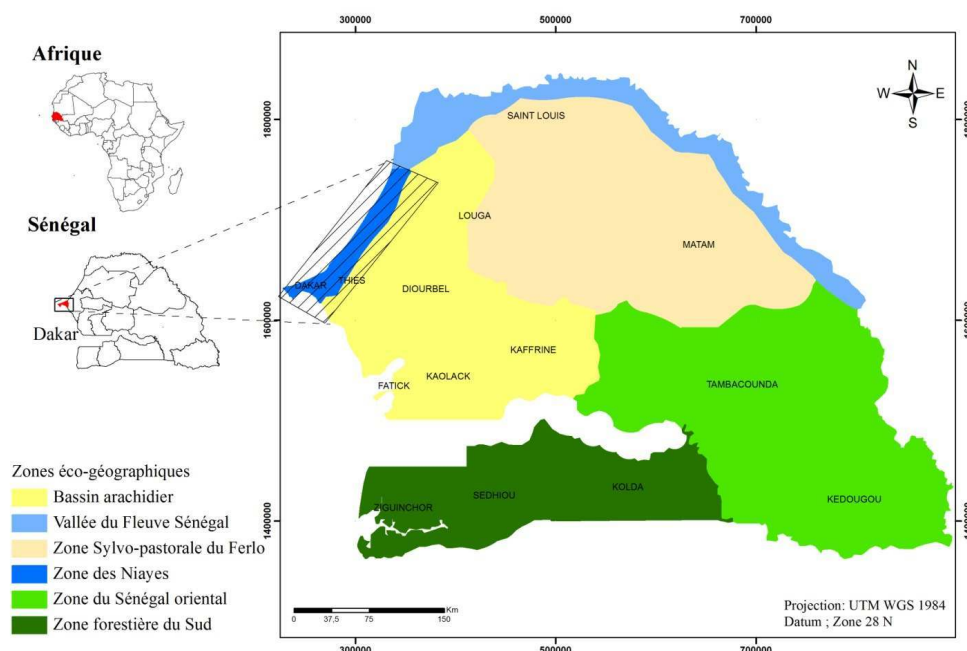
Diop Aimée, Hyacinthe Sambou, Cheikh Diop, Elysée Ntiranyibagira,
Honoré Dacosta et Bienvenu Sambou

Introduction

- 1 Les zones humides de l'Afrique couvrent une superficie de plus de 131 millions d'hectares et varient du type de lagunes côtières salines vers les lacs d'eaux douces et saumâtres (Hughes et Hughes, 1992). En Afrique de l'Ouest, et plus particulièrement dans les régions sahéliennes qui sont souvent qualifiées d'arides ou de semi-arides, les zones humides y remplissent des fonctions importantes pour l'environnement (Sène et al., 2006; Dia, 2003). Le Sénégal est un pays sahélien situé dans la partie ouest du continent africain (Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest et al., 2006). Il est subdivisé en six zones éco-géographiques (Figure 1) dont chacune abrite plusieurs zones humides de types littoral, continental et artificiel. Ces zones humides sont parmi les plus riches et les plus étendues de l'Afrique de l'Ouest (Diop, 2012). Elles sont caractérisées par une présence quasi permanente d'eau, d'oiseaux migrateurs et d'une biodiversité particulièrement riche (ministère de l'Environnement et du Développement durable du Sénégal, 2015). La zone éco-géographique des Niayes (Figure 1) s'étend sur tout le long de la Grande Côte jusqu'au cœur de la presqu'île du Cap-Vert sur une superficie de 8 883 km². Elle renferme des zones humides qui sont précisément appelées « Niayes ». Leur importance pour le Sénégal est liée à leur appartenance à la fois au domaine côtier et au domaine continental (Diop, 2006). À l'heure actuelle, le déclin des zones humides se poursuit dans le monde entier, tant en quantité qu'en qualité (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2015a). Pour y remédier, le quatrième plan stratégique de la Convention de Ramsar pour l'horizon 2016-2024 propose de s'attaquer aux moteurs de dégradation et de perte des zones humides (Secrétariat de la Convention de Ramsar,

2015b). Parmi ces moteurs, il y a le développement incontrôlé des villes à travers l'urbanisation qui modifie des fonctions essentielles des zones humides (Boko, 2009).

Figure 1. Localisation de la zone éco-géographique des « Niayes » du Sénégal / Location of the "Niayes" eco-geographic area of Senegal.



- 2 Au Sénégal, plusieurs études ont été menées sur l'état des zones humides à l'échelle des régions et du pays. Toutefois, rares sont celles qui les abordent de manière spécifique et à des échelles locales. Néanmoins, les études réalisées sur les changements d'occupation du sol signalent une dégradation graduelle des zones humides du Sénégal, à l'image de celles de l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest (Dia, 2003). Le quatrième rapport national sur la mise en œuvre de la Convention sur la diversité biologique (CDB) souligne que les zones humides du Sénégal présentent une dynamique régressive (ISE et DPN, 2010). Le document de la nouvelle Politique nationale de gestion des zones humides (PNGZH) du Sénégal, faisant l'état des lieux le plus récent, montre une évolution importante et en grande partie liée à des conversions (ministère de l'Environnement et du Développement durable du Sénégal, 2015).
- 3 Depuis quelques années, la production de données sur l'occupation du sol constitue un intérêt de plus en plus croissant dans les projets environnementaux et la gestion des écosystèmes (Observatoire du Sahara et du Sahel, 2015). À cet effet, la nouvelle PNGZH du Sénégal prévoit de renforcer les connaissances sur les écosystèmes des Niayes, notamment en termes de changements dans le temps et dans l'espace, en vue de leur préservation (ministère de l'Environnement et du Développement durable du Sénégal, 2015). L'étude des zones humides des Niayes de la région de Dakar est particulièrement intéressante. La complexité de ces zones humides est liée à la fois à leur localisation en zone urbaine, à leur biodiversité qui est encore riche et à leur participation à l'amélioration du cadre de vie des citoyens. Elles sont idéales pour étudier une dynamique de l'occupation du sol du fait de l'influence naturelle (eau, végétation, etc.) et de celle humaine (urbanisation). L'utilisation de cartographie à travers la géomatique

constitue une approche pertinente pour mettre en évidence la dynamique de l'occupation du sol. Cette dernière peut être définie comme l'évolution des classes d'occupation du sol, soit vers un stade de dégradation ou d'amélioration, soit vers un état d'équilibre plus ou moins stable. Lorsque cette dynamique est étudiée à travers l'utilisation de photographies aériennes ou d'images satellitaires, elle devient un élément important pour décrire et quantifier les changements intervenus dans le temps et l'espace d'une unité d'occupation du sol (Centre de suivi écologique et al., 2012).

- 4 La présente étude vise d'abord à cartographier l'occupation du sol des zones humides de la Grande Niaye de Dakar de 1942 à 2014. À partir des résultats obtenus, nous analyserons ensuite la dynamique spatiale de l'occupation du sol et identifierons les principaux facteurs responsables des changements dans la zone d'étude ainsi que les risques environnementaux.

Zone d'étude

Présentation de la zone d'étude

- 5 La « Grande Niaye de Dakar » est une partie de la zone éco-géographique des Niayes localisée dans la région de Dakar, région où se trouve la capitale du Sénégal. Elle est limitée au nord et au sud par l'océan Atlantique, à l'ouest par le parc forestier et zoologique de Hann et le quartier de Khar Yalla, à l'est par Thiaroye Gare, les quartiers de Diacksao et Tivaouane (Direction des espaces verts urbains et al., 2004). Elle s'étend sur une superficie de 4 800 hectares et regroupe plusieurs zones humides : la Grande Niaye de Pikine, les Niayes de Hann Maristes-Patte d'Oie, les Niayes de Thiaroye et une partie de la zone boisée du littoral Nord.
- 6 Au plan géomorphologique, les Niayes sont des dépressions interdunaires dans lesquelles affleure ou sub-affleure la nappe phréatique des sables quaternaires (Ndao, 2012; Dasylyva et Cosandey, 2010; Diop, 2006). Cette spécificité fait des Niayes des milieux atypiques de la région sahélienne (Dasylyva et Cosandey, 2010). La nappe phréatique, dite « nappe de Thiaroye », s'étend tout au long du littoral depuis Thiaroye jusqu'à Saint-Louis sur une dizaine de kilomètres de largeur (Chaoui, 1996). Elle repose sur un substratum imperméable constitué par des argiles et des marnes de l'Éocène inférieur (Agence nationale de la recherche scientifique appliquée, 2012). Les eaux de surface contenues dans les dépressions, à l'origine de la formation des mares, proviennent principalement d'un écoulement souterrain des eaux infiltrées (Peeters, 1998).
- 7 À l'origine, la végétation de la zone des Niayes se présentait sous forme d'îlots de verdure dont l'aire caractéristique correspond à des régions plus humides comme la zone sub-guinéenne (Ndong, 1990). Ainsi, le palmier à huile (*Elaeis guineensis*), qui se développe dans le sud du Sénégal, était sans conteste la plante caractéristique des Niayes. La répartition de la végétation s'est faite dans les cuvettes, les dunes rouges, les dunes jaunes semi-fixées et sur les dunes blanches littorales. Sur l'ensemble de la zone des Niayes, une grande diversité d'espèces végétales est constatée. Près de 419 espèces végétales soit 20 % de la flore sénégalaise et 13 parmi les 31 espèces dites endémiques du Sénégal se trouvent dans cette zone des Niayes (Ndiaye, 1998). Cependant, cette végétation originelle a subi, suite au déficit pluviométrique, une dégradation liée à la mise en valeur des terres (agriculture, urbanisation, etc.). À l'heure actuelle, on observe une nette ouverture de la végétation des zones des Niayes à la flore rudérale (liée à l'homme), culturale et post-

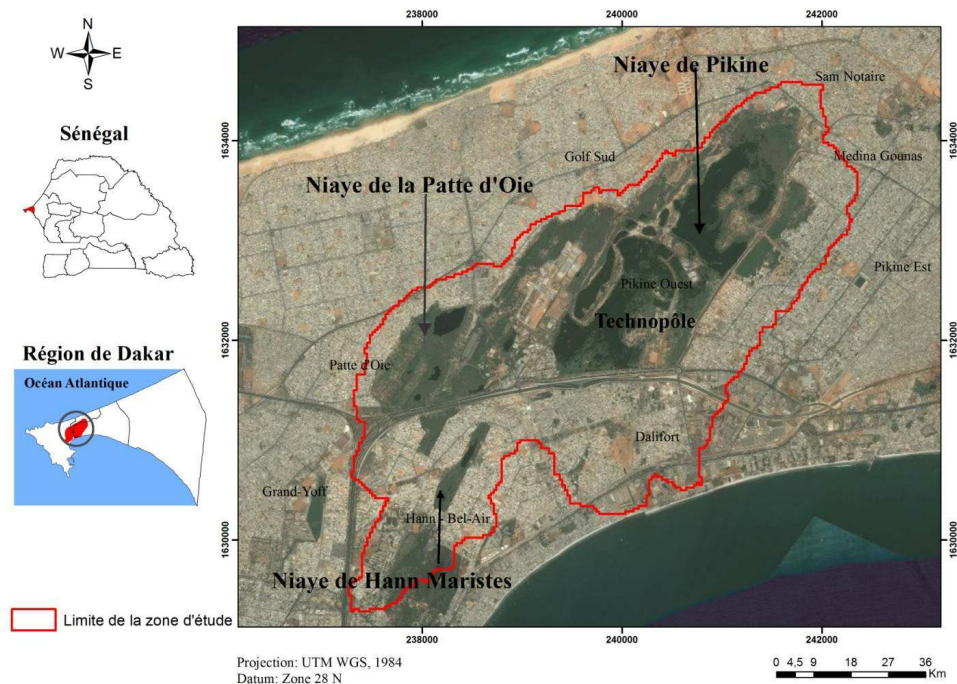
culturelle bien qu'elle reste très diversifiée (ministère de l'Environnement et du Développement durable du Sénégal, 2014).

- 8 La pluviométrie annuelle de la Grande Niaye de Dakar est estimée à environ 400 mm par an et la température moyenne varie entre 28 °C et 36 °C (Diop et Sagna, 2011).

Localisation et délimitation de la zone d'étude

- 9 La zone de la Grande Niaye de Dakar, qui fait l'objet de cette étude s'étend sur une superficie de 12,98 km². Elle est à cheval sur les départements de Dakar, de Pikine et de Guédiawaye et touche dix (10) communes à savoir Pikine Ouest, Pikine Nord, Pikine Est, Sam Notoire, Medina Gounas, Dalifort, Golf Sud, Patte d'Oie, Grand-Yoff et Hann Bel-Air. La zone d'étude couvre la Grande Niaye de Pikine (site du Technopôle), la Niaye de Patte d'Oie et la Niaye de Hann Maristes (Figure 2).

Figure 2. Localisation de la zone d'étude / Location of the study area.



Description et fonctions des Niayes

Figure 3. Zone humide de la Niaye de Pikine (site du Technopôle) / Wetland of the Niaye of Pikine (site of Tehnopôle).



Crédit: Aimée Diop, vendredi 14 août 2015, 11:45:33.

- 10 Toutefois, dans un contexte de forte urbanisation de la région de Dakar, de près de 96,4 % (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie du Sénégal, 2014), et d'une grande variabilité climatique, ces écosystèmes aux multiples fonctions font actuellement l'objet de beaucoup de convoitises. On observe ainsi la présence de plusieurs forces motrices qui affectent directement ou indirectement les zones humides. Il est donc nécessaire de s'intéresser de plus près à l'évolution de ses zones humides, d'analyser leurs états, d'en déceler les moteurs, les risques et les menaces engendrés en vue de leur préservation.

Méthodologie

- 11 L'approche méthodologique utilisée se réduit à trois principales étapes. Ce sont la sélection des données d'étude, le traitement cartographique et l'analyse statistique.

Sélection des données d'étude

- 12 Les données qui ont été utilisées pour l'étude de la dynamique de l'occupation du sol sont les photos aériennes des années 1942, 1966 et 1978 et les images satellitaires des années 2003 et 2014. Leurs caractéristiques sont données dans le tableau 1. Ces dates ont été choisies dans le but de comparer l'état des Niayes avant et après la grande sécheresse des années 1970. L'année 1942 nous a permis d'avoir l'aspect naturel des Niayes avant leur urbanisation. L'année 1966 coïncide avec la période de désencombrement de Dakar Ville et au début de sa périurbanisation (Vernière, 1977). L'image de 1978 illustre la période de

la grande sécheresse des années 1970 (Sène et Ozer, 2002). L'année 2003 est, quant à elle, marquée par le retour à une meilleure pluviométrie (Decroix et al., 2015; Bodian, 2014). Enfin, l'année 2014 permet d'avoir une représentation de la situation récente de l'occupation du sol.

Tableau 1. Caractéristiques des données spatiales utilisées pour la cartographie / Characteristics of spatial data used for mapping.

	QuickBird-2	Ikonos-2	Photos aériennes
Résolution spatiale (multispectrale)	2,44 m	4 m	1/50000 (pour celle de 1942) 1/60000 (pour celles de 1966 et 1978)
Résolution spatiale (panchromatique)	0,61 m	1 m	
Bandes spectrales	0,450 - 0,520 μm (bleu) 0,520 - 0,600 μm (vert) 0,630 - 0,690 μm (rouge) 0,760 - 0,900 μm (proche IR)	0,45 - 0,52 μm (bleu) 0,52 - 0,60 μm (vert) 0,63 - 0,69 μm (rouge) 0,76 - 0,90 μm (proche IR)	

- 13 Le traitement d'un SRTM (Shuttle Radar Terrain Model) dans une résolution de 30 m (Source : UGSS) a permis d'obtenir un modèle de terrain numérique (DTM). La couche SIG de la morphopédologie du Sénégal accompagnée d'une légende (Source : Projet USAID/RSI No 685-0233, Cartographie et télédétection des ressources naturelles pour le Plan national d'aménagement de territoire) a été utilisée pour identifier les types de sols.

Traitement cartographique

- 14 L'acquisition des données est suivie de leur traitement. Nous avons donc géoréférencé et calibré les images, étapes indispensables à une analyse diachronique. Ces images ont été rectifiées géométriquement et projetées dans le système de projection cartographique UTM/WGS 84/ZONE 28 Nord. Les coordonnées de points d'amers repérés sur les images de 2003 ont été collectées sur le terrain au moyen d'un GPS (Garmin modèle 62St). Le géoréférencement est la transformation de l'image en fonction d'un système cartographique de référence. Il permet la superposition des images utilisées de manière à faire coïncider des points géographiques équivalents (EUROSTAT, 2001). Le calibrage radiométrique a permis le passage des comptes numériques vers des valeurs de réflectance (valeurs physiques), par la formule proposée par Chander et al. (2009). Un rehaussement de l'histogramme de l'image a été effectué pour allonger les niveaux d'intensité ou les tons de gris de 0 à 255 valeurs. La méthode polynomiale classiquement utilisée pour rectifier des cartes (Thieler et Danforth, 1994) et des images aériennes

(Shoshany et Degani, 1992; Durand, 1998, 2000) a été retenue. Elle consiste à faire coïncider des points repérés sur les images avec des amers sur les cartes topographiques.

- 15 Le logiciel ENVI a été utilisé pour effectuer la rectification avec un polynôme de second degré, 14 à 18 points de calage par image et une résolution spatiale de 3 m. Cette résolution correspond à la moyenne de la taille des pixels des images originales. Les images de 2003 redressées ont servi de référence pour le calage image à image des images antérieures. Puis de manière à valider les corrections géométriques, les images multitudes ont été superposées à l'écran pour vérifier la superposition des éléments remarquables et des infrastructures présentes sur le site ou à proximité (route, végétation, bâtiments, etc.). En cas de mauvais résultats, l'image subit une rotation, une mise à l'échelle et une translation afin d'obtenir une superposition satisfaisante des clichés pour les assembler et extraire les différentes strates.
- 16 Après le géoréférencement et le calage des images, nous avons procédé à leur vectorisation. Elle consiste à transformer les données raster en données vectorielles par la création de polygones. La vectorisation des images par interprétation visuelle nous a permis de classer les polygones de même attribut en couches et chaque couche va correspondre à une classe d'occupation du sol. Cette méthode est souvent privilégiée dans le cadre de diagnostics locaux, impliquant l'extraction d'informations fines sur des territoires peu étendus.
- 17 Pour la production d'une information d'occupation des sols à grande échelle, cette méthode a de nombreuses limites : délais de traitement, hétérogénéité de l'interprétation, capacité de mise à jour décennale (pour les sources aériennes), sources d'erreurs difficiles à estimer. Celles-ci la rendent peu opérationnelle dans un contexte de suivi (Le Berre et al., 2005). Malgré ces limites, la photo-interprétation d'images satellitaires ou aériennes reste une technique couramment employée à l'échelle locale, voire régionale (Thomson et al., 2007; EAA, 2007).
- 18 La haute résolution des images satellitaires (1 m pour l'année 2003 et 0,61 m pour l'année 2014) a permis une bonne séparation des différentes strates d'occupation du sol. Les différentes strates sont identifiables par les valeurs de réflectance. Ainsi, pour les photos aériennes (Figure 4), les surfaces nues sont reconnaissables par leur couleur blanche. L'eau et les surfaces inondables sont caractérisées respectivement par le noir et le gris sombre. La végétation est caractérisée par le teint gris clair. Les surfaces bâties sont reconnaissables par le gris foncé et le blanc avec des ruelles facilement repérables. Concernant les images satellitaires (Figure 5), les couverts végétaux dans la composition colorée sont identifiables par les valeurs de réflectance traduites en dégradé de vert. La couleur vert foncé représente la végétation de dune et anthropisée. La végétation aquatique quant à elle est caractérisée par le dégradé du vert. Les surfaces bâties sont caractérisées par un gris clair. Les surfaces inondables sont de couleur « gris sombre ». Le sol nu est reconnaissable par sa couleur variant entre le blanc et le rose. L'eau est en noir. En plus, à partir de l'interprétation des photos aériennes, du travail de terrain (transects du terroir, visite des sites, échanges avec des informateurs clés comme les notables et des personnes ressources ayant développées dans le passé des activités socioéconomiques dans le site) et de l'analyse des documents existants (cartes morphopédologiques, cartes de végétation), il a été possible de définir des unités de paysage et d'étudier leur évolution en fonction des différentes périodes (1952, 1984 et 1996).

Figure 4. Affichage de la zone d'intérêt extraite de la photo aérienne de 1966 / Display of the area of interest from the 1966 aerial photo.



Figure 5. Affichage de la zone d'intérêt extraite de l'image QuickBird-2 2003 en R4-V3-B2 / Display of the area of interest extracted from the QuickBird-2 2003 image in R4-V3-B2.



- 19 Cependant, l'interprétation visuelle des photographies aériennes d'échelle moyenne n'a pas permis de numériser les différents types de végétation comme elle a été faite sur les images satellitaires. La numérisation a permis de distinguer sur l'ensemble des images satellitaires et photographies aériennes onze (11) classes qui ont conduit à l'élaboration de la carte des faciès d'occupation du sol. Au préalable, la description des classes d'occupation du sol a été faite (Tableau 2). Toutes les cartes ont été validées par des vérifications sur le terrain grâce à un GPS. Les superficies de chaque classe d'occupation du sol pour toutes les années ont été estimées à partir de la table des attributs du logiciel ArcGis.

Tableau 2. Description des classes d'occupation du sol cartographiées / Description of charted land cover classes.

Classes d'occupation du sol	Description
Eau	Etendues d'eau libres (lacs ou mares)
Floriculture	Culture de plantes ornementales
Routes	Les voies routières principales et secondaires
Surfaces bâties	Zones urbanisées (habitations, industries, bâti)
Surfaces inondables	Espaces en basse altitude temporairement inondés
Surfaces nues	Espaces où la couverture végétale est quasi absente au moment de prise de vue des photos ou images satellitaires et inoccupés par les activités humaines
Végétation	Tout couvert végétal de 1942 à 1978 sans catégorisation du fait de la qualité réduite des photos aériennes
Végétation aquatique	Espèces végétales installées dans des zones inondées ou adaptées à l'hydromorphie
Végétation anthropisée	Végétation (naturelle ou artificielle) située dans les zones faiblement ou densément urbanisées
Végétation de dune	La végétation colonisant les dunes ou situées sur les zones élevées
Maraîchage	Les activités culturelles de production de légumes et de fruits

- 20 La validation des résultats de la cartographie a été basée sur des observations de terrain, d'anciennes cartes topographiques, des études précédentes montrant certaines caractéristiques du paysage antérieur et des entretiens semi-structurés informels effectués avec les maraîchers, les pêcheurs et les personnes âgées rencontrées lors des travaux de terrain. En revanche, l'hétérogénéité du paysage et la différence des capteurs

dont sont issues les images biaisent parfois les analyses des dynamiques d'occupation du sol. La comparaison multitemporelle peut s'avérer difficile dans le cas où les éléments détectables seraient différents d'un capteur à l'autre. Ils ne peuvent avoir une grande influence sur les grandes tendances de l'occupation du sol que si leur proportion est considérable. Dans le cas de cette recherche, ces différences sont rendues marginales par la prise en compte des résultats obtenus à partir des échanges avec des personnes ressources ayant développé une activité dans le site en l'occurrence les pêcheurs et les récolteurs de roseaux pour la confection des nattes.

- 21 La carte des types de sols a été obtenue par l'extraction de la zone d'étude à partir de la couche SIG sur la morphopédologie du Sénégal. L'extraction des courbes de niveau et l'élaboration d'un Modèle numérique de terrain (MNT) ont permis de caractériser la topographie de la zone d'étude et de percevoir les variations du relief.

L'analyse statistique

- 22 L'analyse des superficies des classes d'occupation du sol obtenues s'est faite avec le calcul du Taux d'expansion (T) donné par la formule proposée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) en 1996 (Centre de suivi écologique et al., 2012) : $T = S1 - S2$ où S1 et S2 représentent respectivement la proportion en pourcentage de la superficie d'une classe d'occupation du sol de l'année la plus récente et de l'année la plus ancienne. Les valeurs positives de T signifient une progression de la superficie de la classe d'occupation du sol et les valeurs négatives de T une perte ou une régression de superficie. Une valeur proche de zéro traduit une stabilité relative de la classe d'occupation. Le taux d'expansion a ainsi permis de détecter les changements pour chaque classe d'occupation du sol pour les différentes périodes. La représentation graphique du taux d'expansion pour chaque période a ensuite été réalisée avec le logiciel Excel.

Résultats et discussion

Changement d'occupation du sol entre 1942 et 1966

- 23 L'occupation du sol entre 1942 et 1966 (Figure 6) témoigne, à travers l'importance de l'eau et des surfaces inondables respectivement de 79,62 ha et de 390,21 ha (Tableau 3), de la forte présence des Niayes. En effet, les années 1942 à 1966 se situent dans une période relativement humide (Decroix et al., 2005). Celle-ci a donc été favorable à l'élévation du niveau de la nappe des sables du Quaternaire, sachant qu'elle se recharge essentiellement à partir des eaux pluviales (Agence nationale de la recherche scientifique appliquée du Sénégal, 2012). Néanmoins, la rareté des événements pluvieux au-delà des années 1950, malgré la stabilité de leur intensité (Decroix et al., 2005), traduit la régression de l'eau et des surfaces inondables (Aguiar, 2009). La totalité de leur superficie passe de 469,83 ha en 1942 à 371,99 ha en 1966, soit un taux d'expansion de -6,53 % (Figure 7). L'aspect moins humide de la zone en 1966 peut justifier l'augmentation des surfaces nues de 30,58 ha et la diminution de la superficie occupée par la végétation de 133,06 ha. Le véritable changement à noter est le début de l'occupation de la zone d'étude en 1966 dans sa partie est par le bâti avec une superficie de 50,19 ha, soit une proportion de 3,96 % (Tableau 4). Cette occupation correspond à la création de l'Arrondissement de Pikine Dagoudane en

1952, au cœur des dunes rouges, dans le but de décongestionner le centre-ville de la capitale (Vernière, 1977).

Figure 6. Occupation du sol en 1942, 1966, 1978, 2003 et 2014 / Land cover in 1942, 1966, 1978, 2003 and 2014.

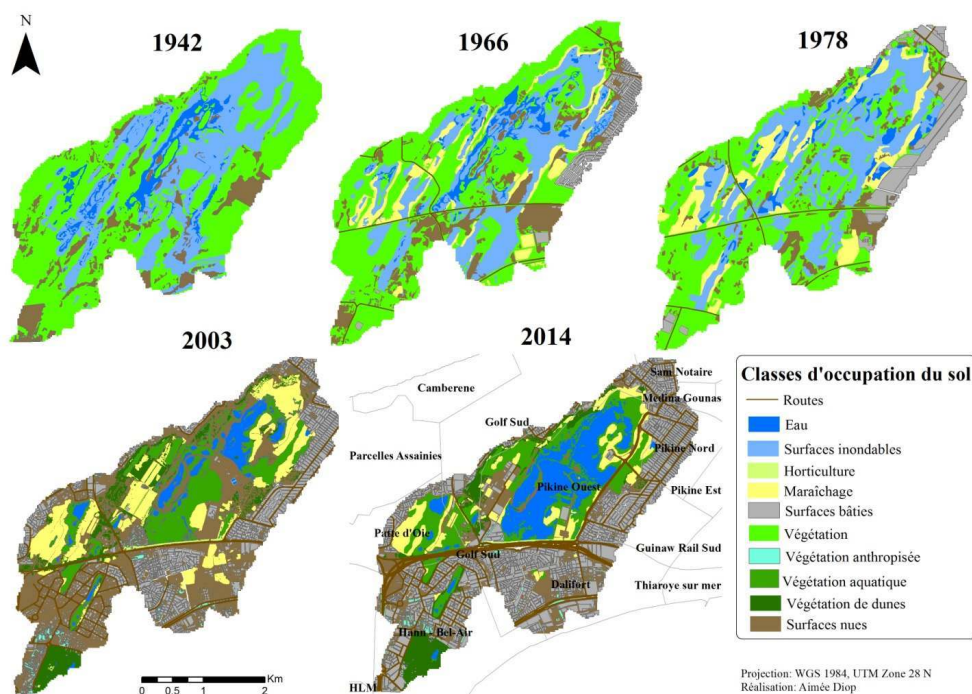
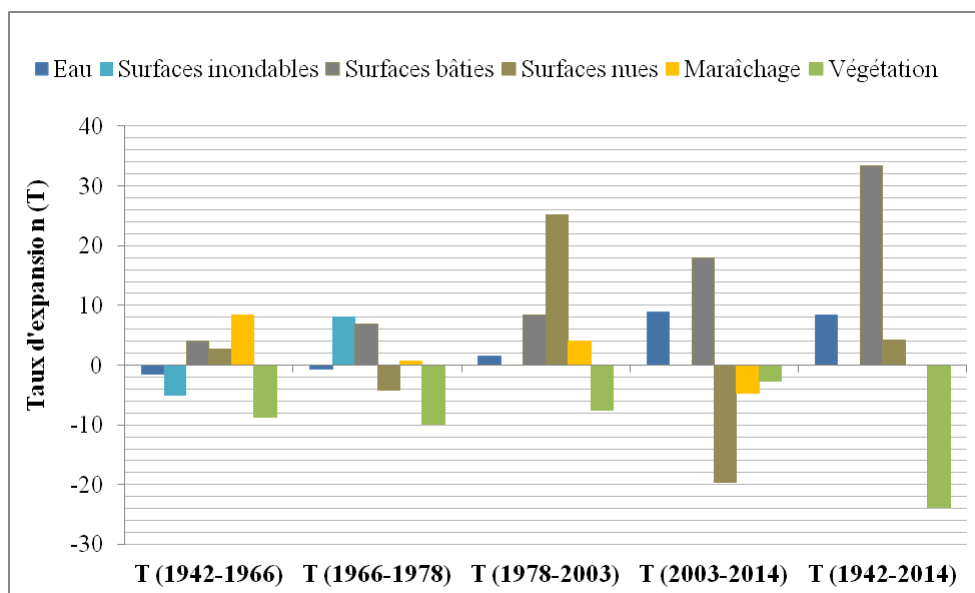


Tableau 3. Superficie des classes d'occupation du sol cartographiées de 1942 à 2014 / Area of land cover classes charted from 1942 to 2014

Classes	Superficie d'occupation du sol (ha)				
	1942	1966	1978	2003	2014
Eau	79,62	58,10	44,89	67,29	159,90
Floriculture	--	--	--	4,52	3,35
Surfaces bâties	--	50,19	124,99	238,33	414,33
Surfaces inondables	390,21	313,29	377,13	--	--
Surfaces nues	136,32	166,90	103,45	423,72	162,69
Végétation	704,50	571,44	495,77	--	--
Végétation aquatique	--	--	--	204,53	183,13
Végétation anthropisée	--	--	--	28,92	17,07
Végétation de dunes	--	--	--	108,06	77,41

Maraîchage	--	107,21	115,19	162,01	93,70
------------	----	--------	--------	--------	-------

Figure 7. Evolution du Taux d'expansion des classes d'occupation du sol.



Changement d'occupation du sol entre 1966 et 1978

- 24 L'occupation du sol entre 1966 et 1978 (Figure 6) montre que la superficie occupée par l'eau régresse davantage de 13,21 ha (Tableau 3), soit un taux d'expansion de -0,68 % (Figure 7). L'assèchement progressif des Niayes (Ndao, 2012) sur une période plus courte que celle de 1942-1966 peut s'expliquer par les fortes baisses piézométriques qui ont été enregistrées dans la région (Aguilar, 2009). La période 1966-1978 a connu la grande sécheresse des années 1970 qui a affecté la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest et particulièrement ceux de la région sahélienne (Dia, 2003). Il s'agit du déficit pluviométrique le plus étendu et le plus intense jamais enregistré au cours du XX^e siècle (Descroix et al., 2015; Fall, 2003; Sène et Ozer, 2002). Sur la totalité de la zone des Niayes du Sénégal, la superficie des zones inondées en permanence est passée de plus de 1000 ha en 1954 à moins de 170 ha en 1974 (Ndao, 2012). Inversement à la période 1942-1966, les surfaces inondables augmentent de 63,84 ha en 1978. Leur taux d'expansion passe de -5,05 % (1942-1966) à 8,15 % (1966-1978). La sécheresse du début des années 1970 a été à l'origine d'un important exode rural. Les populations migrant à Dakar se sont installées dans des bas-fonds avec la périurbanisation. La rupture de la continuité hydrographique (Direction des espaces verts urbains et al., 2004) entre les zones d'eau et les surfaces inondables est visible à partir de 1978. La grande sécheresse des années 1970 a ainsi affecté l'hydrologie des Niayes (Ndao, 2012) tout comme elle a participé à la fragilisation des zones humides de l'Afrique (Tendeng et al., 2016; Fall, 2003). La progression des surfaces bâties de 74,8 ha, soit un taux d'expansion qui est passé de 3,96 % (1942-1966) à 6,93 % (1966-1978) s'explique par la périurbanisation effrénée de la ville de Dakar à partir de 1968 (Ndao, 2012). La diminution de la végétation de 75,67 ha est aussi liée à la sécheresse. La végétation enregistre pour cette période la régression la plus importante en passant d'un taux d'expansion de -8,65 % en 1942-1966 à -9,89 % pour la

période 1966-1978. La superficie occupée par le maraîchage a par contre augmenté et passe de 107,21 ha en 1966 à 115,19 ha en 1978. Malgré l'influence de la sécheresse, une lame d'eau douce satisfaisante persistait et a permis la pratique du maraîchage (Ndao, 2012). Le recul des plans d'eau suite à la baisse de la pluviométrie et l'augmentation de la demande en terres arables a aussi permis au maraîchage de coloniser de nouvelles superficies (Diallo, 2015; Dia, 2003).

Changement d'occupation du sol entre 1978 et 2003

- 25 Entre 1978 et 2003 (Figure 6), l'eau a connu une évolution inverse avec une augmentation de 22,4 ha (Tableau 3), soit un taux d'expansion (Figure 7) qui est passée de -0,68 % (1966-1978) à 1,53 % (1978-2003). Cette progression serait due à la revitalisation des Niayes (Diop, 2006 ; Ndong, 1990) avec une tendance au retour à des conditions plus humides à partir de 1999 (Bodian A., 2014; Sène et Ozer, 2002). En effet, l'écosystème des Niayes est très sensible aux variations hydro-climatiques (Aguiar, 2009; Dasylyva et al., 2003). Cette nouvelle dynamique trouve sur place une augmentation importante des surfaces bâties de 113,34 ha, soit un taux d'expansion de plus 1,44 % par rapport à la période 1966-1978. Effectivement, de 1976 à 1988, la région de Dakar était presque entièrement urbanisée et sa population représentait un peu plus de la moitié de la population urbaine du pays (ANSD, 2006; Direction de la prévision et de la statistique, 1993). Néanmoins, les surfaces nues sont toujours importantes dans la zone d'étude avec une progression de 320,27 ha entre 1978 et 2003. La régression de la végétation de 154,26 ha, soit un taux égal à -7,91 %, qui est elle liée à l'expansion des parcelles maraîchères (Diallo, 2015 ; Thi, 2013) ou des zones d'habitation peut expliquer l'importance des surfaces nues. Le maraîchage n'a jamais été aussi important dans la zone avec une superficie de 46,82 ha, soit un taux d'expansion qui augmente de 4 % de 1978 à 2003 pour 0,63 % de 1966 à 1978. La floriculture est présente en 2003 à côté des champs maraîchers, même si elle est encore faiblement pratiquée sur une superficie de 4,52 ha, soit une proportion de 0,37 % (Tableau 4). L'infrastructure routière s'est plus développée entre 1978 et 2003, mais surtout avec les routes secondaires.

Tableau 4. Occupation du sol en pourcentage de 1942 à 2014 / Land cover as percentage from 1942 to 2014.

Classes	Proportion en % des superficies d'occupation du sol				
	1942	1966	1978	2003	2014
Eau	6,07	4,59	3,91	5,44	14,39
Floriculture	--	--	--	0,37	0,30
Surfaces bâties	--	3,96	10,89	19,26	37,27
Surfaces inondables	29,77	24,72	32,87	--	--
Surfaces nues	10,40	13,17	9,02	34,24	14,64

Végétation	53,75	45,10	35,21	--	--
Végétation aquatique	--	--	--	16,53	16,48
Végétation anthropisée	--	--	--	2,34	1,54
Végétation de dunes	--	--	--	8,73	6,96
Maraîchage	--	8,46	9,09	13,09	8,43

Changement d'occupation du sol entre 2003 et 2014

- 26 L'occupation du sol entre 2003 et 2014 (Figure 6) montre que la superficie occupée par l'eau progresse davantage de 92,61 ha (Tableau 3). Son taux d'expansion (Figure 7) passe de 1,53 % (1978-2003) à 8,95 % (2003-2014). Par ailleurs, l'augmentation de l'eau ne semblerait pas être principalement liée à la nappe qui se recharge en période d'hivernage (Aguilar, 2009). En vérité, l'image satellitaire qui a été utilisée pour l'occupation du sol en 2014 date de la saison sèche. Elle est liée à la forte imperméabilisation de la zone entre 2003 et 2014. Il semble que l'extension des surfaces imperméables et surtout des routes principales (exemple de l'autoroute à péage) dans la zone d'étude ont obstrué les voies d'écoulement naturelles des eaux (Ndiaye, 2010) d'où leur stagnation. Assurément, le bâti enregistre sur cette période une forte augmentation de 176 ha, soit un taux d'expansion qui a doublé en passant de 8,37 % (1978-2003) à 18,01 % (2003-2014). Le réseau routier s'est beaucoup densifié en 2014 au détriment des Niayes. Ainsi, elle constitue le plus grand facteur de morcellement de l'écosystème de la Grande Niaye de Dakar (Diouf, 2011 ; Diop, 2006). La construction et l'extension de l'autoroute à péage entre 2003 et 2014 marquent le début de la fragmentation de la Grande Niaye de Dakar entre les communes de Patte d'Oie et de Hann Maristes (Figure 8). Tel est aussi le cas avec la construction récente de la route dénommée Axe 4 (Diallo, 2015) dans le cadre du Programme de renforcement et d'équipement des collectivités locales (PRECOL). Elle a contribué à une nouvelle fragmentation des Niayes au sein de la commune de Pikine Ouest. On remarque surtout une plus forte stagnation des eaux sur le site du Technopôle qui, dans la réalité, doivent y être stockées temporairement puis évacuées vers la mer via la commune de Dalifort (Ndiaye, 2010). Le Technopôle loge des constructions d'une grande valeur socio-économique pour la région de Dakar telles que la Société Nationale de Télécommunications du Sénégal (SONATEL), l'Agence de l'Informatique de l'État (ADIE), le Golf Club et les logements de la cité Fayçal. Par conséquent, elles sont menacées d'inondation. Ce danger justifie les nombreux débats scientifiques que le choix de la construction d'une arène nationale de lutte dans le Technopôle a suscités au sein de l'Association des Diplômés de l'Institut des sciences de l'environnement (ADISE, 2013). On remarque d'ores et déjà dans la zone d'étude, l'installation de deux stations d'épuration au sein de la Niaye de Pikine et de la Niaye de Patte d'Oie (Figure 9) qui ne sont pas sans conséquence sur l'évolution de ces écosystèmes. L'extension des constructions, nécessitant le déguerpissement des maraîchers et des floriculteurs (Diallo, 2015),

expliquerait aussi la baisse de la superficie occupée par le maraîchage (de 68,31 ha), la floriculture (de 1,17 ha) et la végétation (de 63,9 ha). La prolifération de plus en plus importante d'espèces envahissantes telles que le typha et l'extension des plans d'eau (Thi, 2013) menacent aussi la durabilité des parcelles maraîchères. La forte diminution des surfaces nues de 241,43 ha confirme la « boulimie » d'espace dans la zone des Niayes (Ndao, 2012). Leur taux d'expansion passe d'une progression de 25,22 % (1978-2003) à une régression de 19,6 % (2003-2014).

Figure 8. Fragmentation de la Grande Niaye de Dakar par le réseau routier entre Patte d'Oie et Hann Maristes / Fragmentation of the Grande Niaye of Dakar by the road network between Patte d'Oie and Hann Maristes.



Crédit: Aimée Diop, jeudi 28 mai 2015, 15:41:54.

Figure 9. Station d'épuration des eaux dans la Niaye de la Patte d'Oie / Water purification station in the Niaye of the Patte d'Oie.

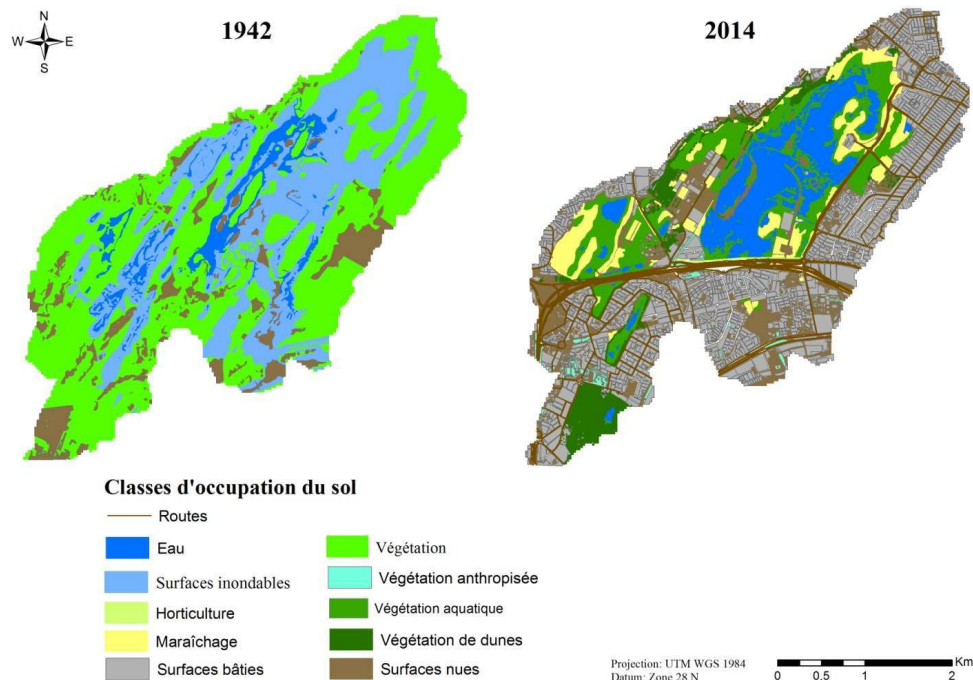


Crédit : Aimée Diop, jeudi 28 mai 2015, 15:41:54.

Changement d'occupation du sol entre 1942 et 2014

- 27 L'analyse de l'occupation du sol en 1942 et en 2014 (Figure 10) et de l'évolution du taux d'expansion des classes d'occupation du sol (Figure 7) a permis de mieux apprécier les changements dans la zone d'étude. Entre 1942 et 2014, à l'exception de la végétation, toutes les classes d'occupation du sol ont connu une progression. Le bâti inexistant en 1942 enregistre la progression la plus importante avec un taux d'expansion de 33,31 %. L'eau enregistre une progression de 8,32 % entre 1942 et 2014. Toutefois, son étendue et sa répartition sont devenues moins importantes en 2014. Les surfaces nues ont la progression la plus faible avec un taux de 4,24 %. La végétation régresse de 23,83 % entre 1942 et 2014, principalement au profit du bâti. Le réseau routier qui était absent en 1942 s'est beaucoup densifié en 2014 et particulièrement aux environs des Niayes. Néanmoins, on remarque que les surfaces inondables de 1942 sont occupées en 2014, soit par des eaux pérennes soit par la végétation aquatique. De 1942 à 2014, la zone d'étude est devenue très urbanisée par le bâti et l'infrastructure routière. Cette étude confirme bien les propos de Ndong (1990) selon lesquels l'urbanisation progressive a non seulement participé à la transformation de la physionomie des Niayes, mais aussi à la modification du modèle de ruissellement des eaux. Par ailleurs, l'état naturel des Niayes a d'abord été affecté par des perturbations naturelles avant que les actions humaines ne viennent fragmenter le modèle urbain et substituer les besoins de l'homme aux fonctions écologiques de cet écosystème (Mbow et al., 2008).

Figure 10. Changement d'occupation du sol entre 1942 et 2014 / Land cover change between 1942 and 2014.



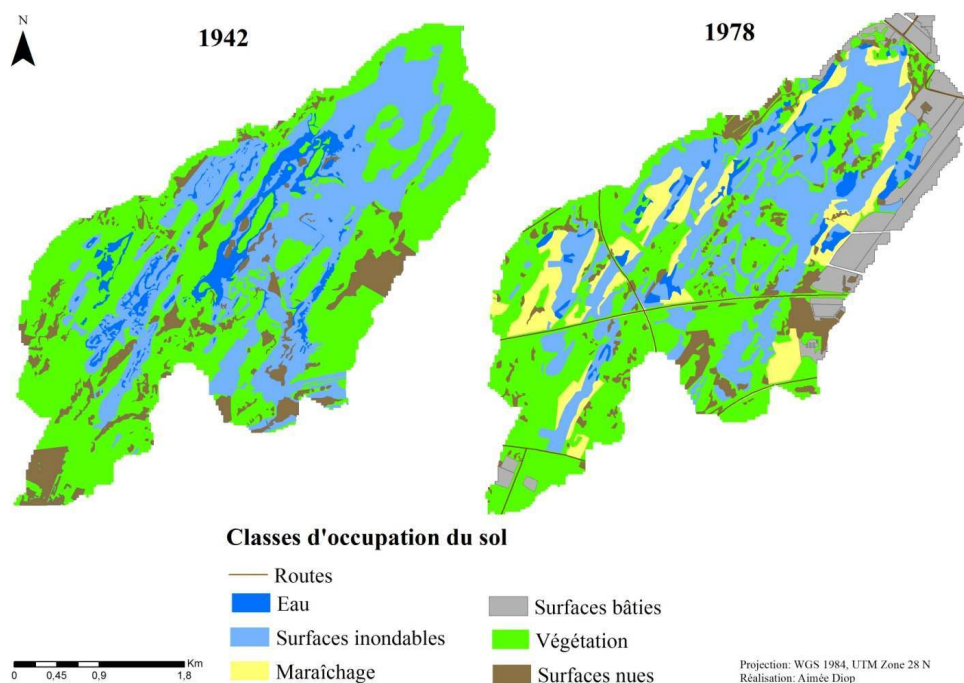
Facteurs explicatifs de la dynamique l'occupation du sol dans la zone d'étude

- 28 La région de Dakar s'étend sur un espace de 550 km², soit 3 % du territoire national. Elle regroupe presque la moitié (près de 49 %) de la population urbaine du Sénégal et concentre l'essentiel des infrastructures (ANSD, 2010). Cette situation se traduit par l'extension de plus en plus importante des banlieues à la périphérie de Dakar ville où se localisent en particulier les zones humides.
- 29 Pourtant, l'urbanisation de Dakar a été lente dans un premier temps. Puis la mise en place des plans directeurs d'urbanisme de 1946 et de 1967 a dessiné l'essentiel de la configuration actuelle de l'espace urbain dakarois (Agence française de développement, 2014). En effet, jusqu'en 1966, la zone urbanisée de Dakar était représentée par le Plateau avec des bâtiments administratifs et commerciaux, la Médina, la zone portuaire et une partie des logements construits par la Sicap (Société Immobilière du Cap Vert). Ces infrastructures ne couvraient que 4000 ha, soit 22 % de l'espace de la ville. À cette époque, l'objectif du plan directeur d'urbanisme de 1946, revu en 1957, était de faire de Dakar un centre économique et militaire avec la création d'infrastructures industrielles et commerciales (Ndao, 2012). L'occupation de la périphérie de la ville ne concernait que Pikine ancien (Dagoudane-Pikine) qui a été créé en 1952 sur 223 ha, à plus de 15 km à l'Est du centre-ville, au cœur des dunes rouges, pour recaser le trop-plein de la capitale.
- 30 Ce n'est que vers les années 1968 que la périurbanisation de la ville de Dakar vers Pikine et Guédiawaye connaît un rythme effréné. Pourtant aucune disposition n'a été prise dans les plans directeurs d'urbanisme de 1946, de 1961 et de 1967 pour contrôler l'accroissement démographique (Ndao, 2012). Cette périurbanisation coïncide avec la

grande sécheresse qui a entraîné une pauvreté rurale et une migration massive des populations rurales vers Dakar (Mbow et al., 2008). Durant cette période, la population de la région de Dakar augmente considérablement : 374 000 habitants en 1961, 583 000 en 1971, 799 000 en 1976, 1 492 344 en 1988, 2 471 730 en 2000 (Plan directeur d'urbanisme de Dakar, Horizon 2025). L'agglomération de Dakar est l'une des plus grandes de la zone côtière du continent africain (Quensièrre et al., 2013; Institut de Recherche pour le Développement, 2013) et elle est essentiellement située dans la zone éco-géographique des « Niayes ». De ce fait, elle a été la principale destination de l'exode massif des populations rurales afin d'améliorer leurs moyens de subsistance. L'accroissement naturel accéléré à Dakar et l'afflux migratoire des régions de l'intérieur ont ensuite entraîné une forte demande en logement (World Bank, 2009). Pour y faire face, le département de Pikine, principal site des Niayes, est choisi par les autorités comme la « pierre angulaire » de l'urbanisation extensive de la capitale sénégalaise (Vernière, 1977). Néanmoins, dans tous les plans directeurs d'urbanisme (de 1946, 1961 et 1967), les Niayes sont considérées comme des zones « non aedificandi ». Leur humidité et le rôle qu'elles jouent dans la recharge de la nappe phréatique (Diop, 2006) justifiaient ce statut. Toutefois, face à l'absence d'une planification maîtrisée, il s'en est suivi l'occupation non contrôlée des Niayes. Pikine, qui concentrait en 1971 près de la moitié de la population de Dakar (132 000 habitants), a ainsi un impact considérable sur l'occupation du sol des Niayes (Vernière, 1977). La périurbanisation va donner naissance à la banlieue autour de la capitale où seront logés les migrants, d'où l'appellation de « Communes dortoirs ». Suite à la création de Pikine loti récent en 1961, Pikine extension est créée en 1967. Elle devient le réceptacle des habitants expulsés des quartiers spontanés non touchés en 1961 et des nouveaux bidonvilles rebâties sur les ruines des plus anciens. La dernière phase du peuplement de Pikine est entamée en 1971.

- 31 La dynamique parallèle entre aridification et forte migration a ainsi entraîné une occupation non planifiée des terres avec notamment une forte occupation des zones basses. Toutefois, bien que la périurbanisation ait été initiée par l'État, l'absence de réticences de la part des populations a facilité l'expansion des banlieues dakaroises. Elle s'est donc faite spontanément plutôt que basée sur une planification maîtrisée.
- 32 Le plan directeur d'urbanisme de 2001, élaboré pour l'horizon 2025, est ensuite mis en place. Une série de constructions est ainsi entamée pour satisfaire la demande sans cesse croissante en logement. Bien que ce plan se fixe parmi ses principaux objectifs « la préservation et l'amélioration de l'environnement urbain et les sites naturels », la satisfaction des besoins des populations en habitations prime. En effet, l'état distribue durant cette période à des promoteurs des terrains destinés à la construction dans les Niayes sans aucune étude d'impact environnemental (Ndao, 2012).
- 33 Après la création de la cité Patte d'Oie en 1969, un projet de construction est lancé en 1972 avec les Parcelles assainies sur 400 ha, Guédiawaye sur 200 ha et Dalifort sur 100 ha. La construction des Parcelles assainies, des Cités Hamo, de Golf Sud, de la cité Soprim et des Impôts et Domaines s'en suit en 1987. De 1995 à 2000, la SCAT-URBAM (Société Centrale d'Aménagement des Terrains Urbains) construit 4250 habitations sur un site se trouvant à Hann Bel-Air (Diop, 2006). Ces dernières constructions ont fini par constituer une véritable ceinture urbaine autour des zones humides des Niayes et interviendront à des degrés divers dans son évolution (Ndong, 1990). La dynamique de l'occupation du sol de 1942 à 1978 (Figure 11) illustre bien cette périurbanisation qui a débuté dans la partie nord-est de la zone d'étude aux abords des zones humides.

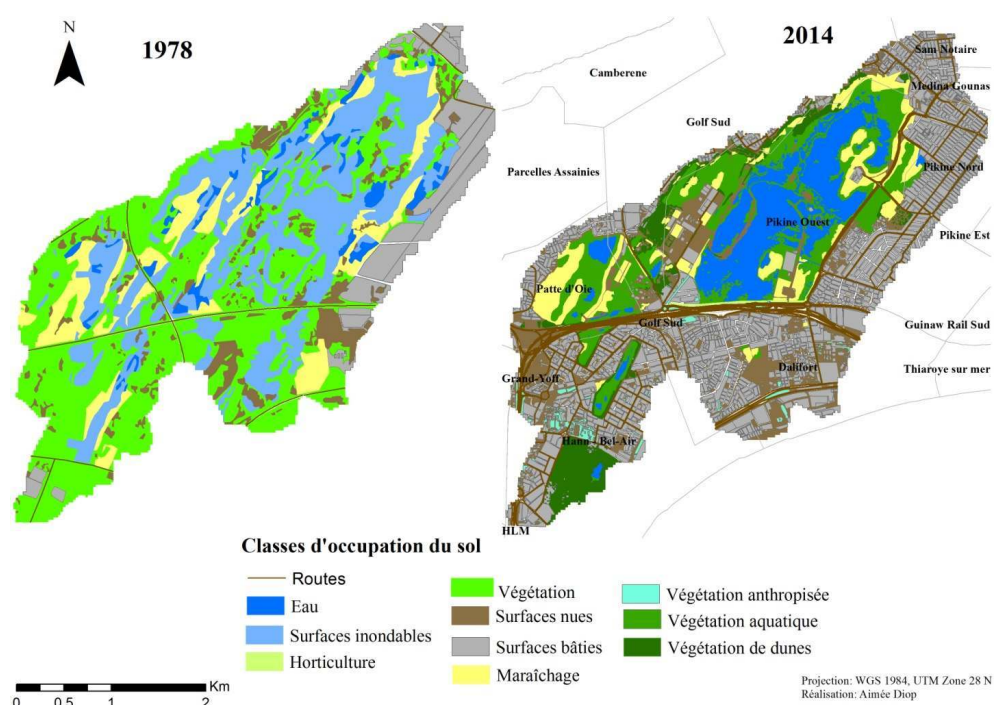
Figure 11. Changement d'occupation du sol entre 1942 et 1978 / Land cover change between 1942 and 1978.



- 34 La répartition spatiale de l'habitat dans la région de Dakar montre que les communes des départements de Pikine et de Guédiawaye font plus face à l'irrégularité du bâti avec un taux de quartiers irréguliers qui est passé de 33 % en 1960 à 64 % en 1993 (Ndao, 2012). L'urbanisation du département de Pikine est la plus problématique. Les principales causes à l'origine du développement du logement irrégulier à Pikine ont été les coûts moyens des constructions (de 2,8 millions de CFA dans la zone de Pikine irrégulier contre 7,3 millions pour Grand Dakar), les prix du foncier (de 28 000 CFA à Plateau à 1500 CFA/m² à Pikine-irrégulier), les loyers moyens (à 22 600 CFA pour Pikine, avec un salaire moyen de 84 000 CFA/mois/famille, soit juste un quart qui passe au logement) (Chenal, 2009). Par contre, l'extension de l'habitat irrégulier en priorité dans les zones proches des dépressions humides est liée au développement du maraîchage (Ndao, 2012). En général, pour certains producteurs, il est plus pratique d'allier zones d'habitations avec lieux de travail.
- 35 Tous ces facteurs expliquent le fait que le département de Pikine est, après celui de Dakar, le plus peuplé du pays avec 1 101 859 habitants (ANSD, 2014). Pikine constitue ainsi le front d'urbanisation le plus dynamique de l'agglomération dakaroise, avec la plus grande concentration de quartiers spontanés du pays. De plus, ces zones d'habitat irrégulier cohabitent avec les plus grands espaces naturels de Dakar : la Grande Niaye de Pikine et la forêt classée de Mbao.
- 36 À l'heure actuelle, ces zones d'habitat irrégulier sont les plus confrontées aux problèmes environnementaux. D'une part, elles sont inondées durant chaque hivernage et d'autre part, l'accès à l'eau y est difficile. En effet, la pose des conduites d'eau est un véritable casse-tête en plus du coût des branchements (Chenal, 2009). Présentement, toutes les communes situées autour de la Grande Niaye sont fortement urbanisées. La dynamique de l'occupation du sol de 1978 à 2014 dans la zone d'étude montre que l'étalement urbain s'effectue désormais vers le cœur des dernières zones humides à savoir la Niaye de Patte

d'Oie, la Niaye de Hann Maristes et la Niaye de Pikine (Figure 12). Le quartier de Dalifort Forail a été édifié à l'intérieur de la Grande Niaye de Pikine. Un peu plus au Nord, le long de la route de Cambérène, la Cité Fayçal. Il jouxte le Centre pour le Développement de l'Horticulture (CDH) et les résidences de grand standing de la Direction du paysage et des espaces verts urbains (DPEVU) qui font face à l'école d'horticulture. Des infrastructures de grande envergure pouvant avoir un impact négatif sur le milieu ont aussi été bâties. On peut citer l'unité de traitement des eaux usées de Cambérène au sein de la Niaye de Patte d'Oie, des unités industrielles longeant la baie de Hann-Montagne, la SOGAS (Société de Gestion des Abattoirs du Sénégal), l'agence de la SONATEL (Société Nationale de Télécommunications), l'hôtel le Golf (PASDUNE, 2004) et la station d'épuration à l'ouest de Pikine.

Figure 12. Changement d'occupation du sol entre 1978 et 2014 / Land cover change between 1978 and 2014.



- 37 Néanmoins, il y a eu au cours de ces dernières années une nette amélioration concernant la prise en compte des Niayes dans les Plans directeurs d'urbanisme (PDU). Celui de Dakar, à l'horizon 2035, insiste sur la préservation des espaces verts en leur réservant une place importante à l'intérieur des pôles urbains. Il propose ainsi de faire des Niayes une ceinture verte reliée aux forêts classées et permettant de freiner l'expansion urbaine (ministère du Renouveau urbain, de l'Habitat et du Cadre de vie du Sénégal, 2016). Reste à savoir si cet objectif sera atteint étant donné que les plans directeurs d'urbanisme font très souvent face à des barrières d'ordre économique, institutionnel et social (Mbow et al., 2008).

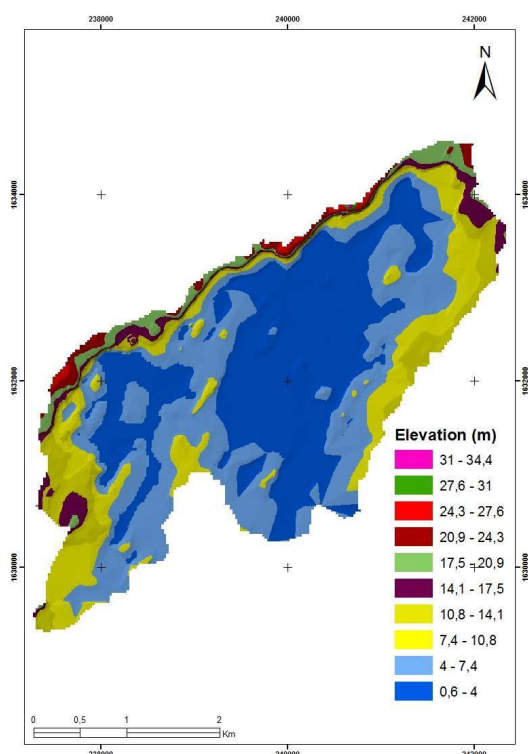
Analyse des risques environnementaux dans la zone d'étude

- 38 Le Sénégal est victime de catastrophes engendrées par son développement, par l'activité humaine et par les atteintes à l'environnement (Lo et Chellouche, 2013). Parmi ces catastrophes, on note particulièrement les inondations qui constituent depuis quelques

années une véritable préoccupation nationale du fait des impacts qu'elles entraînent (GFDRR, 2014). L'ampleur des inondations de 2005, de 2008, de 2009 et de 2012 en témoigne (Wade et al., 2009; Ndao, 2012; Diongue, 2014). Cependant, les inondations affectent surtout les zones urbaines, raison pour laquelle elles sont considérées comme un mal urbain (Thiam, 2011).

- 39 Selon certains spécialistes, même si le changement climatique peut amplifier le risque d'inondation, la vulnérabilité préexistante des systèmes naturels et humains constitue l'un de ses déterminants clés (GIEC, 2012). En effet, dans la région dakaroise, il semblerait que l'origine des inondations n'est pas si naturelle qu'il le paraît. Le retour à des activités pluvieuses normales ne fait que mettre à nu l'occupation mal maîtrisée du sol (Sène S. et Ozer P., 2002). À ce titre, la vulnérabilité aux inondations dans la région de Dakar est définie comme pouvant être naturelle, autrement dit liée aux caractéristiques physiques ou à la variabilité climatique, et/ou induite par des facteurs anthropiques tels que le mode d'occupation du sol (ANRSA, 2012).
- 40 Les communes de la zone d'étude sont principalement situées dans la zone périurbaine de Dakar (Pikine et Guédiawaye) où les inondations sont plus fréquentes (Diongue, 2014; Ndiaye, 2010; Mbow et al., 2008). En effet, près de 40 % des populations de la zone périurbaine de Dakar présentent une forte exposition aux inondations alors qu'il n'est que de 19 % pour celle de la zone urbaine (World Bank, 2009). Le facteur topographie ainsi que les types de sols sont parmi les principales causes naturelles des inondations (Mbow et al., 2008). En effet, la topographie est un critère très important à prendre en compte dans une étude de risque d'inondation, quelle que soit la zone. D'une manière générale, les eaux de ruissellement s'écoulent des zones hautes vers les zones basses qui sont assimilées à des exutoires naturels. La région de Dakar est un territoire plat à l'exception des Mamelles qui culminent à 80 mètres (AFD, 2014). Les eaux de ruissellement provenant des points les plus hauts de la région, à savoir les Mamelles et le Cap Manuel, s'écoulent d'abord vers la Médina, la Gueule Tapée et les Niayes Thioker. Ensuite ces eaux s'écoulent soit vers Soumbédioune-Océan, soit vers le parc zoologique et forestier de Hann et Grand Yoff. À partir de là, les eaux passent par Hann Mariste pour rejoindre la Grande Niaye de Pikine qui elle ne communique pas avec la mer du fait de la présence des dunes côtières. Ce caractère endoréique de la Grande Niaye de Pikine crée une quasi-permanence des eaux et explique la nature très affleurante de la nappe phréatique (ministère du Développement rural et de l'Hydraulique du Sénégal, 1976).
- 41 Dans la zone d'étude, la topographie nous montre des altitudes comprises entre 0,6 m et 34,4 m (Figure 13). On observe la prédominance des altitudes les plus basses situées entre 0,6 m et 7,4 m. Les constructions situées dans cette tranche d'altitude sont donc très exposées aux risques d'inondations étant donné que celles situées dans les sites de moins de 5 m de hauteur le sont (Mbow et al., 2008). Ces faibles altitudes couvrent en grande partie le centre de la zone d'étude où se localisent les Niayes. Ainsi, dans la Niaye de Pikine sur le site du Technopôle, on observe l'affleurement de cette nappe jusqu'à 1,20 m en moyenne (Thi, 2013), ce qui est à l'origine de la formation de lacs pérennes, pour l'essentiel. La topographie très basse de ces zones humides explique leur fonction première de captage et de stockage des eaux.

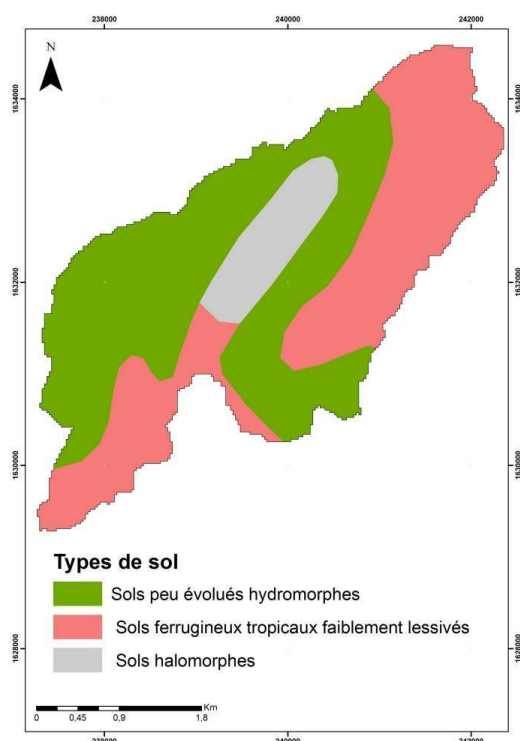
Figure 13. Topographie de la zone d'étude / Topography of the study area.



42 La connaissance des types de sols dans une zone est aussi nécessaire pour mieux cerner l'indice de perméabilité (la propriété du sol pour transmettre l'eau et l'air) et leur aptitude à recevoir des constructions. En effet, les caractéristiques des sols influent sur les capacités d'infiltration et donc sur le ruissellement des eaux de pluie. Dans la zone d'étude, on distingue trois types de sols (Figure 14) :

- Les sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés (dits sols Diors) sont situés sur les dunes de la côte. Ces sols sont formés en présence d'oxydes de manganèse, de fer ou (et) d'alumine et sont de coloration jaune et rouge. Ils sont bien drainés dans leur horizon de surface et pauvres en matière organique et en humus. Ils représentent une superficie d'environ 6,52 km² (soit 50,28 %) de la superficie de la zone d'étude.
- Les sols hydromorphes (à Pseudo gley ou gley sur sables) sont localisés essentiellement dans les dépressions interdunaires. Ils sont formés dans des conditions asphyxiantes et réductrices dues à un excès d'humidité. Ce sont les sols caractéristiques des Niayes proprement dites inondés de manière permanente ou temporaire. Leur perméabilité est donc très faible. Ils sont de couleur plus ou moins noire et sont riches en matière organique. Ils couvrent une superficie d'environ 5,3 km² (soit 40,84 %) de la superficie de la zone d'étude.
- Les sols halomorphes (sur sables et sables argileux) sont localisés en général dans les dépôts lagunaires et formés en présence de sels solubles (sodium et/ou magnésium). Ils sont de couleur foncée (gris à noir) et sont riches en matière organique sur parfois plus d'un mètre d'épaisseur. Ils constituent par excellence les terres maraîchères, mais nécessitent des apports d'engrais organiques pour maintenir la production. Ils abritent les peuplements d'*Elaeis guineensis* qui sont exploités pour la production de vin de palme. Les sols halomorphes occupent une superficie d'environ 1,12 km² (soit 8,7 %) de la superficie de la zone d'étude.

Figure 14. Types de sol dans la zone d'étude / Types of soil in the study area.



- 43 Les sols hydromorphes, relativement imperméables, occupent une grande superficie dans la zone d'étude, ce qui favorise la stagnation des eaux. Outre les inondations, l'extension urbaine dans la zone des Niayes est à l'origine du développement de certaines espèces invasives telles que le *Typha*. Ce dernier est actuellement considéré comme l'une des menaces les plus importantes pour la biodiversité des Niayes (MEDD, 2014). Dans la zone du Technopôle, la végétation est actuellement principalement composée de *Typha australis* (MEDD, 2014; Thi, 2013). Cette situation pourrait expliquer la dynamique régressive observée dans la zone et qui risquerait de se répercuter sur les espèces animales (poissons, oiseaux migrateurs, etc..) caractéristiques de cet écosystème. À l'heure actuelle, le développement incontrôlé du maraîchage est aussi une menace à la préservation des Niayes. En effet, faute d'espace foncier attribué au maraîchage dans la capitale et faisant constamment l'objet de déguerpissements, les maraîchers se replient vers les Niayes. Dans la zone du Technopôle, les producteurs défrichent la végétation et remblaient avec des ordures ménagères pour acquérir de nouvelles parcelles d'exploitation (Figure 15 et 16). Cette forme d'acquisition des champs maraîchers contribue à la dégradation du couvert végétal. Elle participe aussi à la modification des voies d'écoulement des eaux qui rendent déjà très vulnérables les populations aux inondations.

Figure 15. Mode d'acquisition de champs maraîchers dans le Technopôle par destruction de la végétation aquatique et remblaiement des eaux / Way of gaining vegetable gardens in the Technopôle by destruction of the aquatic vegetation and filling of the waters



Crédit: Aimée Diop, 25 août 2015, 12:23:54.

Figure 16. Remblaiement de champs maraîchers avec des ordures après acquisition dans le Technopôle / Filling of vegetable gardens with garbage after acquisition in the Technopôle



Crédit : Aimée Diop, 25 août 2015, 12:23:54.

- 44 Un autre risque environnemental provient du fait que les zones humides ont pendant longtemps été considérées comme insalubres et improductives. La majorité des populations considèrent les Niayes comme encombrantes, du fait surtout de la présence des moustiques, et en font un dépotoir d'ordures. Le lac asséché de Mbeubeuss transformé en décharge depuis 1968 est un exemple assez illustratif. Les déchets ménagers et les gravats généralement déposés le long des berges des mares du Technopôle (Figure 17) peuvent être entraînés à l'intérieur par ruissellement. Ils affecteraient ainsi la qualité des eaux et des sols. Des problèmes de santé publique peuvent suivre avec la consommation importante de poissons pêchés dans la cuvette du Technopôle. Le déversement de déchets, liquides et solides, aux abords des produits maraîchers destinés en grande partie à la consommation locale est assez alarmant (Figure 18).

Figure 17. Dépôt de gravats et incinération d'ordures dans le Technopôle aux alentours des plans d'eau / Disposal of rubble and incineration of garbage in the Technopôle around water bodies



Crédit : Aimée Diop, 25 août 2015, 13:28:50.

Figure 18. La Grande Niaye de Pikine, site de cohabitation entre champs maraîchers et ordures ménagères /The Grande Niaye of Pikine, vegetable gardens and garbage in the same site



Crédit : Aimée Diop, 25 août 2015, 13:28:50.

- 45 Tous ces facteurs anthropiques menacent la préservation de ces écosystèmes, déjà fragilisés par l'avancée du front urbain. Cependant, bien que les Niayes soient devenues un espace fortement humanisé, certaines fonctions et services écosystémiques peuvent encore être préservés. Leur fonction de régulation temporaire du plein d'eau en milieu urbain à travers le stockage et la restitution est sans doute la plus importante. Une amélioration des connaissances sur le fonctionnement hydrologique des zones humides à l'échelle du bassin versant accompagnée de la définition d'un statut juridique approprié pour stopper l'urbanisation contribuerait à l'optimisation et à la préservation de cette fonction. Ensuite, tout effort visant à libérer les voies d'écoulement naturelles des eaux dans le système des Niayes, serait une grande réussite pour la création d'une ville durable avec des espaces verts dominants. Doter les populations d'un système d'évacuation des eaux usées plus adéquat réduirait aussi la pollution des eaux et participerait par la même occasion à la sauvegarde des Niayes.

Conclusion

- 46 Les Niayes de Pikine, de Hann-Maristes et de la Patte d'Oie font partie des dernières zones humides de la région de Dakar où les espaces naturels sont rares. Cette étude portant sur la dynamique de l'occupation du sol de ces zones humides de 1942 à 2014 montre une influence naturelle (sécheresse) et une forte influence anthropique liée à l'urbanisation. Deux grandes périodes sont observées : une première (1942-1978) dominée par l'eau et la végétation et une seconde (2003-2014) avec une prédominance des constructions. Dans un contexte de baisse importante des précipitations durant les années 1970, la diminution du niveau de la nappe phréatique a entraîné un assèchement des Niayes. Toutefois, la réduction progressive de la superficie des zones humides des Niayes est principalement due à l'extension de la zone bâtie. La végétation qui prédominait dans la zone jusqu'en 1966 s'est beaucoup dégradée en 2003. Par ailleurs, le maintien du maraîchage après les fortes mutations dans la zone confirme l'importance des Niayes pour le développement d'activités agricoles durables. Actuellement, le bâti s'étend de plus en plus sur les dépressions humides du fait de l'occupation de la quasi-totalité des espaces disponibles aux alentours des Niayes. La densification du réseau routier entraîne une fragmentation de l'écosystème des Niayes. Elle attire de nouveaux projets et constitue la principale porte d'entrée à l'occupation des Niayes. En effet, certaines actions des autorités publiques ne prennent pas en compte la dynamique des zones humides. L'extension du réseau routier par exemple encourage une occupation de zones basses sans aménagement préalable. À cet effet, l'isolement d'une portion de la Niaye de Pikine dans sa partie est par la construction récente d'une route fait qu'elle a été choisie comme le site d'édification d'une arène nationale de lutte. Par conséquent, l'urbanisation a fortement amplifié les conséquences de la grande sécheresse sur les zones humides. Le développement du bâti et de l'infrastructure routière constitue le principal facteur de disparition des zones humides et est à l'origine de la modification de leur système hydrologique.
- 47 L'une des conséquences de ce dysfonctionnement hydrologique est la récurrence des inondations face à laquelle le gouvernement du Sénégal a affiché une ferme volonté politique. Cependant, il paraît évident que les actions qui ont été menées, et ceci dans l'urgence, se sont révélées insuffisantes et inopérantes. La politique de prévention et de prise en charge des inondations privilégie les mesures structurelles (bassins de rétention, stations de pompage, dispositifs d'assainissement avec des investissements coûteux) et

tourne pour l'essentiel autour du social. Sachant que la préservation et la valorisation des zones humides constituent un moyen de lutte durable contre les inondations, il serait contradictoire de vouloir lutter contre et d'accentuer au même moment la destruction des zones de captage naturelles des eaux pluviales.

Remerciements

- 48 Les auteurs remercient le Gouvernement du Sénégal pour la bourse de recherche octroyée à Mademoiselle Diop Aimée et le programme Glovis pour la mise à disposition gratuite des images satellitaires. Ils expriment leur reconnaissance aux responsables du Laboratoire d'enseignement et de recherche en géomatique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, du Centre de suivi écologique et de la Direction des travaux géographiques et de la cartographie du Sénégal pour leur appui technique et logistique. De manière particulière, les auteurs remercient le Professeur titulaire Amadou Tahirou Diaw, directeur du Laboratoire d'enseignement et de recherche en géomatique et les chercheurs du laboratoire pour leur contribution à la réussite de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- Association des Diplômés de l'Institut des Sciences de l'environnement (ADISE), 2013, La préservation du Technopôle, un défi pour tous, 6 p.
- Agence française de développement (AFD), 2014, Monographie de Dakar, La dimension locale de la dialectique Migration et développement, Le cas France - Sénégal, 62 p.
- Agence nationale de la recherche scientifique appliquée du Sénégal (ANRSA), 2012, Contribution scientifique au plan décennal de gestion durable des inondations au Sénégal, Acte de l'atelier, Document synoptique, 12 et 13 septembre à l'hôtel Ngor Diarama, Dakar Sénégal, 23 p.
- Agence nationale de la statistique et de la démographie du Sénégal (ANSD), 2006, Sénégal- Résultats du troisième recensement général de la population et de l'habitat-RGPH-2002, Rapport national de présentation, [En ligne] URL : <http://www.ansd.org>, 125 p.
- Agence nationale de la statistique et de la démographie du Sénégal (ANSD), 2014, Sénégal, Rapport définitif du Recensement général de la population et de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage (RGPHAE), 2013, Migration et urbanisation, 263 p.
- Agence nationale de la statistique et de la démographie du Sénégal (ANSD), 2010, Situation économique et sociale du Sénégal en 2009, Dakar, 114 p.
- Aguiar L. A. A., 2009, Impact de la variabilité climatique récente sur les écosystèmes des Niayes du Sénégal entre 1950 et 2004, Thèse du doctorat en sciences de l'environnement, Université du Québec à Montréal, 185 p.
- Bodian A., 2014, Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest), Physio-Géo [En ligne], Volume 8, pp. 297-312, DOI : 10.4000/physio-geo.4243

- Boko S. J. M., 2009, Les ressources en eau (zones humides) face à l'urbanisation : quelles adaptations aux changements climatiques, 14^e colloque international de l'Institut de l'énergie et de l'environnement de la francophonie (IEPF) et du Secrétariat international francophone pour évaluation environnementale (SIFEE) Niamey, 33 p.
- Centre de suivi écologique du Sénégal (CSE), United States Agency for International Development (USAID) et Coastal Resource Center (CRC), 2012, Dynamique de l'occupation des sols, cartographie des CLPA, des zones de pêche et mise en place d'un système d'information géographique, Gestion concertée pour une pêche durable au Sénégal, Rapport d'exécution du Projet USAID/COMFISH, 61 p.
- Chander G., B. L. Markham et D. L. Helder, 2009, Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors, *Remote Sensing of Environment* 113, pp. 893–903.
- Chaoui S., 1996, Hydrogéologie et Hydrochimie de la presqu'île du Cap-Vert (nappe infrabasaltique et nappe de Thiaroye) Sénégal, Rapport de stage, Ministère de l'Hydraulique Division hydrogéologique du Sénégal/Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération, 46 p.
- Chenal J., 2009, Urbanisation, planification urbaine et modèles de ville en Afrique de l'Ouest : jeux et enjeux de l'espace public, Thèse n° 4268 à la Faculté environnement naturelle, architecturale et construit, Laboratoire de sociologie urbaine, Programme doctoral en architecture, ville, histoire, 570 p.
- Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CDEAO), Club du Sahel de L'Afrique de l'Ouest (CSAO) et Organisation de coopération et de développement économique (OCDE), 2006, La zone écologique fragile des pays du Sahel. L'atlas de l'intégration régionale, Série Environnement, [En ligne] URL : <http://www.atlas-ouestafrique.org>, 12 p.
- Dasylyva S, S. Sambou, C. Cosandey et D. Orange, 2003, Assèchement des « niayes » (bas-fonds agricoles) de la Région de Dakar durant la période 1960-1990 : variabilité spatiale et rôle joué par la pluviosité, *Sud Science et Technologie*, N°11, pp. 27-34.
- Dasylyva S. et C. Cosandey, 2010, Éléments d'évaluation et d'action de gouvernance durable de l'eau de pluie en milieu urbanisé au Sahel pour la biodiversité et la sécurité alimentaire. Retour d'expérience d'une étude dans les « niayes » de la région de Dakar, Colloque biodiversité et évaluation environnementale, Secrétariat international francophone à l'évaluation environnementale (SIFEE), UNESCO, Paris, 20 p.
- Descroix L., A. Diongue Niang, G. Panthou, A. Bodian, Y. Sané, H. Dacosta, M. Malam Abdou, J.-P. Vandervaere et G. Quantin, 2015, Évolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions : la Sénégambie et le Bassin du Niger moyen, *Climatologie*, vol. 12, pp. 25-43.
- Dia I. M. M. 2003, Élaboration et mise en œuvre d'un plan de gestion intégrée : La réserve de biosphère du delta du Saloum, Sénégal, UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni, xiv + 130 p.
- Diallo F. B., 2015, Dynamique socio-spatiale du maraîchage dans une zone humide urbaine : l'exemple de la Niaye de Pikine, Sénégal, Mémoire de Master, Institut des Sciences de l'Environnement/Université Cheikh Anta Diop de Dakar, annexes + 48 p.
- Diongue, M., 2014, Périphérie urbaine et risques d'inondation à Dakar (Sénégal) : le cas de Yeumbeul Nord. *Eso Travaux et documents, Résumés des Travaux*, n°37, pp. 45-54.

- Diop A., 2006, Dynamique de l'occupation du sol des Niayes de la région de Dakar de 1954 à 2003 : exemples de la grande Niaye de Pikine et de la Niaye de Yeumbeul, Mémoire de DEA, Institut des Sciences de l'Environnement/Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 92 p.
- Diop S. E., 2012, Les écosystèmes marins et côtiers de l'Afrique de l'Ouest : enjeux de leur gestion à long terme et de leur développement durable - Exemple du Sénégal, 15 p.
- Diop, C. et P. Sagna, 2011, Vulnérabilité climatique des quartiers de Dakar au Sénégal : exemples de Nord-Foire-Azur et de Hann-Maristes, Actes du colloque « Renforcer la résilience au changement climatique des villes : du diagnostic spatialisé aux mesures d'adaptation » (2R2CV) 7 et 8 juillet 2011, Université Paul Verlaine - Metz, France, 12 p.
- Diouf, R. ND., 2011, Étude hydro-pluviométrique des bassins versants urbains de la Presqu'île du Cap Vert, Thèse de Doctorat de 3^e cycle en Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar/ Faculté des Lettres et Sciences Humaines, 220 p.
- Direction de la Prévision et de la Statistique du Sénégal, 1993, Résultats définitifs du recensement général de la population et de l'habitat de 1988, Rapport national de présentation, 76 p.
- Direction des espaces verts urbains (DEVU), DDH Environnement Ltée, Cabinet PRESTIGE et GEOIDD, 2004, Élaboration du plan directeur d'aménagement et de sauvegarde des Niayes et zones vertes de Dakar (PDAS), Rapport sur les études diagnostiques, Programme d'actions pour la sauvegarde et le développement urbain des Niayes et zones vertes de Dakar (PASDUNE), 172 p.
- Dodman, T. et C. H. Diagana, 2003, African Waterbird Census/Les Dénombrements d'Oiseaux d'Eau en Afrique 1999, 2000 et 2001, Wetlands International Global Series n°16, Wageningen, The Netherlands, 368 p.
- Durand P., 1998, Cinématique d'un littoral sableux à partir de photographies aériennes et de cartes topographiques. Exemple du littoral d'Argelès-Plage à Saint-Cyprien (Roussillon – France), *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, n° 2, pp. 155-166.
- European Environment Agency (EEA), 2007, CLC2006, Technical guidelines, European Environment Agency, [En ligne] URL : http://www.eea.europa.eu/subscription/eea_main_subscription/newsletter.2007-12-19.5330640813/view, 70 p.
- EUROSTAT, 2001, Manuel des concepts relatifs aux systèmes d'information sur l'occupation et l'utilisation des sols, Luxembourg : Office des publications officielles des Communautés européennes, ISBN 92-894-0433-7, Edition 2000, 110 p.
- Fall S. M., 2003, Capitalisation du Programme de renforcement des capacités institutionnelles pour la gestion des ressources des zones humides en Afrique de l'Ouest, Rapport de synthèse, Université Gaston Berger de Saint-Louis (Sénégal), 66 p.
- Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR), 2014, Global Facility for Disaster Reduction and Recovery, Le relèvement et la reconstruction à partir de 2009, Etude de cas pour le Cadre de relèvement post inondations au Sénégal, 44 p.
- Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GEIC), 2012, Gestion des risques et catastrophes et des phénomènes extrêmes pour les besoins de l'adaptation au changement climatique, Résumé à l'attention des décideurs, 31 p.
- Hughes R. H. et J. S. Hughes, 1992, A Directory of African Wetlands, International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland and Cambridge, UK/United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya / World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK, xxxiv + 820 p.

- Institut de Recherche pour le Développement, 2013, Vulnérabilités de la région de Dakar au changement climatique, Plan Climat Territorial Intégré de la Région de Dakar, 118 p.
- Institut des Sciences de l'Environnement (ISE) et Direction des parcs nationaux (DPN), 2010, Quatrième rapport du Sénégal sur la mise en œuvre de la Convention sur la Diversité Biologique, 132 p.
- Le Berre, I., J. Giraudet et A. Hénaff, 2005, Suivi du littoral par SPOT 5 : cartographie de l'occupation du sol. *Photo-Interprétation*, vol.41, n°3, pp. 3-11.
- Lo, M. et Y. A. Chellouche, 2013, Consultation nationale sur le cadre d'action post-2015 pour la réduction des catastrophes, Rapport du Sénégal avec l'appui technique du Secrétariat de la stratégie internationale pour la prévention des Catastrophes des Nations Unies (UNISDR) Africa, Version provisoire, 90 p.
- Ministère de l'Environnement et du Développement durable du Sénégal, 2015, Politique nationale de gestion des zones humides du Sénégal. Rapport provisoire, 124 p.
- Ministère de l'Environnement et du Développement durable du Sénégal (MEDD), 2014, Direction de l'environnement et des établissements classes, Programme national de réduction des émissions GES à travers l'Efficacité énergétique dans le secteur du Bâtiment Projet de Production de matériaux d'isolation thermique à base de Typha (PNEEB/TYPHA), Situation de référence de la biodiversité dans les zones de peuplement en typha, 47 p.
- Ministère du Développement rural et de l'Hydraulique du Sénégal, 1976, Plan directeur pour l'approvisionnement en eau et l'assainissement de Dakar et sa région, Étude II de l'assainissement des eaux pluviales et usées, État des connaissances, Orientations pour la 3^e phase, 103 p.
- Ministère du Renouveau urbain, de l'Habitat et du Cadre de vie du Sénégal, 2016, Plan directeur d'Urbanisme de Dakar et ses Environs Horizon 2035 Rapport final – Résumé, 67 p.
- Ndao, M., 2012, Dynamiques et gestion environnementales de 1970 à 2010 des zones humides au Sénégal : étude de l'occupation du sol par télédétection des Niayes avec Djiddah Thiaroye Kao (à Dakar), Mboro (à Thiès) et Saint-Louis, Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse 2 Le Mirail, cotutelle internationale avec l'Université Gaston Berger de Saint-Louis au Sénégal, 370 p.
- Ndiaye G., 2010, Document de proposition de drainage des eaux pluviales de la zone de Technopôle Dalifort, ministère de l'Habitat de la construction et de l'Hydraulique du Sénégal, 18 p.
- Ndiaye P., 1998, Les « Niayes » : monographie nationale sur la biodiversité au Sénégal, ministère de l'Environnement et de la Protection de la nature.
- Ndong Y., 1990, Étude de l'évolution récente d'un écosystème intra urbain : cartographie des transformations des paysages des Niayes de Pikine-Thiaroye et environs, Mémoire de DEA en Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 87 p.
- Observatoire du Sahara et du Sahel, 2015, Cartographie de l'occupation du sol – Spécifications techniques, Projet amélioration de la résilience des populations sahéliennes aux mutations environnementales – REPSAHEL, 36 p.
- Peeters J., 1998, État des lieux de la conservation des zones humides au Sénégal. Deuxième conférence internationale sur les zones humides et le développement, Dakar, Sénégal, 38 p.
- Quensière J., A. Retière, A. Kane, A. Gaye, I. Ly, S. Seck, C. Royer, C. Gerome et A. Peresse, 2013, Vulnérabilités de la région de Dakar au changement climatique, Plan climat territorial intégré de la région de Dakar, Horizon/Pleins Textes, IRD, Bondy, Montpellier, 118 p.

Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2015a, État des zones humides dans le monde et des services qu'elles fournissent à l'humanité : compilation d'analyses récentes, Ramsar COP12 DOC.23, Douzième Session de la Conférence des Parties à la Convention sur les zones humides à Punta Del Este, Uruguay, 1 au 9 juin 2015, Note d'information Ramsar n°7, 19 p.

Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2015 b, Le 4^e Plan stratégique 2016-2024 de la Convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau – la « Convention de Ramsar », Ramsar COP12 Résolution XII.2, Douzième Session de la Conférence des Parties à la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971), Punta del Este Uruguay, 1^{er} au 9 juin 2015, 5 p.

Sène E. H. M., I. Thiaw et B. Lamizana-Diallo, 2006, Gestion des zones humides en milieux arides : leçons d'expérience, UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature), Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni, Service des publications de l'UICN, xviii + 86 p.

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

Shoshany M., Degani A., 1992, "Shoreline detection by digital image processing of aerial photography" *Journal of Coastal Research*, vol. 8, n° 1, p. 29-34.

Tendeng M., N. Ndour, B. Sambou, M. Diatta et A. Aouta, 2016, Dynamique de la mangrove du marigot de Bignona autour du barrage d'Affiniam (Casamance, Sénégal), *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 10 (2), pp. 666-680.

Thi C. N., 2013, Étude préliminaire de la dynamique de l'occupation du sol, des plans d'eau et de la flore vasculaire du Technopôle de Dakar, Sénégal, Mémoire de Master en environnement, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Institut des Sciences de l'Environnement, 44 p.

Thiam M. D., 2011, Le syndrome des inondations au Sénégal, Presses universitaires du Sahel. 224 p.

Thieler, R. E. et W. W. Danforth, 1994, Historical shoreline mapping I: Improving techniques and reducing positioning errors, *Journal of Coastal Research*, vol. 10, n° 3, pp. 549-563.

Thomson, A. G., S. J. Manchester, R. D. Swetnam, G. M. Smith, R. A. Wadsworth, S. Petit et F. F. Gerard, 2007, The use of digital aerial photography and CORINE-derived methodology for monitoring recent and historic changes in land cover near UK Natura 2000 sites for the BIOPRESS project, *International Journal of remote sensing*, vol.28, n°23, pp. 5397-5426.

Vernière, M., 1977, Volontarisme d'état et spontanéisme populaire dans l'urbanisation du Tiers monde, Formation et évolution dans les banlieues dakaroises, le cas de Dagoudane Pikine, Paris, Bibliothèque nationale, pp. 34-44.

Wade, S., S. Faye, M. Dieng, M. Kaba et N. R. Kane, 2009, Télédétection des catastrophes d'inondation urbaine : le cas de la région de Dakar (Sénégal), Journées d'animation scientifique (JAS) de l'AUF, Alger novembre 2009.

World Bank, 2009, Préparation à la gestion des périls naturels et des risques liés aux changements climatiques à Dakar, Sénégal : une approche spatiale et institutionnelle - Rapport de l'Étude pilote. Washington, DC : World Bank, 112 p., [En ligne] URL : <http://documents.worldbank.org/curated/en/234281468305334046/Preparation-a-la-Gestion-des-Perils-Naturels-et-des-Risques-lies-aux-Changement-Climatique-a-Dakar-Senegal-une-approche-spatiale-et-institutionnelle-Rapport-de-l-8217-Etude-pilote>

RÉSUMÉS

L'étude est une analyse de la dynamique spatiale de l'occupation du sol des zones humides (Niayes) de Dakar de 1942 à 2014 par l'utilisation d'outils de la géomatique. Nous avons exploité les photographies aériennes des années 1942, 1966 et 1978 et les images satellitaires des années 2003 et 2014 pour une cartographie de l'occupation du sol. Les résultats d'analyse montrent que la grande sécheresse des années 1970 a modifié l'hydrologie des Niayes et entraîné une régression des zones inondables. La surface de ces dernières varie de 35,84 % en 1942 à 5,44 % en 2003. À partir de 2003, l'urbanisation accrue de la zone a réduit progressivement la superficie qui était occupée par les Niayes bien que l'eau ait progressé de 9,25 % en 2014. À cette date, le bâti prédominait à 37,27 % dans la zone au détriment des surfaces nues, de l'eau et surtout de la végétation. La densification du réseau routier constitue le principal facteur de fragmentation des Niayes et la principale porte d'entrée à leur occupation.

The study is an analysis of the land cover spatial dynamics of the wetlands (Niayes) of Dakar from 1942 to 2014 by the use of geomatic tools. We used the aerial photographs of the years 1942, 1966 and 1978 and the satellite images of the years 2003 and 2014 to establish land-cover maps. The results of the analysis show that the big drought of the 1970s affected the hydrology of the Niayes and brought a decrease in the extent of the flood-prone areas. The surface of the latter varied from 35.84 % in 1942 to 5.44 % in 2003. From 2003, the increased urbanization of the area gradually reduced the area that used to be covered by the Niayes although flooded areas rose by 9.25% in 2014. At that time, the built-up area prevailed with 37.27% at the expense of bare areas, waters surfaces, and especially woodlands. The densification of the road network is the major driver of the fragmentation of the Niayes and the main entryway to their occupation.

INDEX

Keywords : wetlands, "Niayes", cartography, spatial dynamics, land-cover, geomatics, Senegal

Mots-clés : zone humide, « Niayes », cartographie, dynamique spatiale, occupation du sol, géomatique, Sénégal

AUTEURS

DIOP AIMÉE

Naturaliste environnementaliste, Institut des sciences de l'environnement, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, courriel : aimaanta24@yahoo.fr

HYACINTHE SAMBOU

Naturaliste environnementaliste Géomaticien, assistant de recherche, Institut des sciences de l'environnement, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, courriel : sambouyas@gmail.com

CHEIKH DIOP

Enseignant chercheur, Laboratoire de climatologie et d'environnement, Département de géographie, Faculté des lettres et sciences humaines, Université Cheikh Anta Diop de Dakar Sénégal, courriel : cheikh83.diop@ucad.edu.sn

ELYSÉE NTIRANYIBAGIRA

Agronome environnementaliste, doctorant en gestion des aires protégées, Institut des sciences de l'environnement, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, courriel : ebagira2010@yahoo.fr

HONORÉ DACOSTA

Géographe hydrogéologue, maître Assistant, Faculté des sciences et lettres humaines, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, courriel : honore.dacosta@ucad.edu.sn

BIENVENU SAMBOU

Naturaliste environnementaliste, maître de conférences, Directeur de l'Institut des sciences de l'environnement, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, courriel : bienvenu.sambou@ucad.edu.sn