

La résilience aux changements climatiques : cas de la ville de Nouakchott

Resilience against climate change: Case of Nouakchott City

Abdoul Jelil NIANG*

Abstract: Adaptation to climate change is now a major challenge for Africa. The current climate change in the world is especially marked by climatic disturbances manifested in the world by the occurrence and frequency of extreme events unavoidable and requires significant adaptive capacity. Adaptation capacities depend on the strategies and resources available that make African countries highly vulnerable to climatic risks and disasters such as floods, droughts and heatwaves that are likely to be more intense and frequent in the future. Thus, Nouakchott (the capital of Mauritania), located at the crossroads of the desert and the Atlantic coast has experienced a transgressive past during the Quaternary, is under the triple menace of coastal flooding in the west, advance of sand dunes in the north and east, flooding by heavy rainfall in lowland areas. These risks are exacerbated by the fact that a large portion of this city is under the sea level and has recorded rapid spatial expansion, uncontrolled and unplanned, exceeding all forecasts of growth. This situation combined with the impact of the already very sensitive climate change involves the vulnerability of the city and need to put in place adaptation strategies to minimize its effects. This study also aims to examine multiple risks to the city of Nouakchott in the context of climate change, assessing the degree of vulnerability and adaptive capacity of Mauritania face the various types of threats.

Keywords : Climate change, Adaptation capacity, Coastal flooding, Desertification, Nouakchott

Résumé : L'adaptation aux changements climatiques constitue aujourd'hui un défi majeur pour l'Afrique. La situation climatique actuelle est surtout marquée par des perturbations météorologiques qui se manifestent dans le monde entier par l'occurrence et la fréquence de phénomènes extrêmes impossibles à éviter et qui nécessitent d'importantes capacités d'adaptation. Ces dernières, dépendent des stratégies adoptées et des moyens disponibles qui rendent les pays africains très vulnérables face aux risques et catastrophes (inondations, sécheresses, chaleur, etc.) qui iront en s'aggravant. Ainsi, la ville de Nouakchott, capitale de la Mauritanie, qui se situe à la croisée du désert et du littoral atlantique ayant connu un passé transgressif au Quaternaire, est sous la triple menace de la submersion marine par l'ouest, de l'avancée des dunes de sable par le nord et l'est et de l'inondation par les eaux de pluie dans les zones déprimées de la topographie. Ces risques sont exacerbés par le fait que cette ville dont une grande partie se trouve sous le niveau de la mer a enregistré une extension spatiale rapide, incontrôlée et anarchique, dépassant toutes les prévisions de croissance. Cette situation conjuguée à celle de l'impact déjà très sensible des changements climatiques implique la vulnérabilité de la ville et la nécessité de mettre en place des stratégies d'adaptation pour en atténuer les effets. La présente étude vise ainsi l'analyse des multiples risques qui pèsent sur la ville de Nouakchott dans l'optique des changements climatiques, l'évaluation du degré de vulnérabilité et les capacités d'adaptation de la Mauritanie face aux divers types de menaces.

Mots clés : Changement climatique, Capacité d'adaptation, Submersion, Inondation, Désertification, Nouakchott

INTRODUCTION

La ville de Nouakchott, capitale de la République Islamique de Mauritanie, se trouve sur la façade Atlantique à 18°07' Nord et 15°05' Ouest et se situe à l'extrémité occidentale d'un grand ensemble dunaire continental appartenant à l'erg du Trarza, d'une altitude inférieure à 20 mètres et comportant des dépressions allongées nord-est-sud-ouest. Cette configuration géographique, associée à la présence d'un courant marin froid, lui confère les caractéristiques d'un désert côtier.

Cette ville abrite aujourd'hui le tiers de la population mauritanienne. Néanmoins, l'essentiel de la zone urbaine s'est développé sur des terrains dont l'altitude ne dépasse pas 2 mètres ; de nombreux secteurs d'habitations se trouvant par ailleurs sous le niveau de la mer, exposés de la sorte aux remontées de la nappe phréatique saumâtre et à des intrusions marines (Fig. 1).

(*) Professeur Assistant, chercheur, Département de géographie, Université Umm Al Qura Makkah, Saudi Arabia, ajeniang@yahoo.fr, anniang@uqu.edu.sa

La ville a connu un accroissement démographique remarquable dont l'ampleur a dépassé les prévisions les plus optimistes et a surpris les meilleurs planificateurs. En effet, la population est passée de 2000 à 5800 habitants entre 1955 et 1962, puis de 393 325 à 611 388 habitants entre 1988 et 2000, ce qui correspond à un accroissement annuel moyen de 14% lors de cette dernière période. Sa population en 2010 était de l'ordre du million d'habitants (BARRADA & DIARRA, 2012). Cette croissance exponentielle est liée au processus d'exode rural massif lié à l'attraction des grandes villes et à la recherche d'emploi accentué par les sécheresses des décennies 1970 et 1980 (OZER *et al.*, 2014).

Par ailleurs, le site de la ville a enregistré les vicissitudes d'une longue évolution morphodynamique sous des paléoclimats très différents. Ainsi, les transgressions marines qui se sont produites sur le littoral mauritanien ont envahi le continent sur des centaines de kilomètres. Selon GIRESSSE *et al.* (2000), le bassin quaternaire marin en Mauritanie représente un golfe qui couvre une superficie de 600 x 200 km.

La taille des différents golfes qui ont submergé le continent s'est progressivement réduite du Pléistocène à l'Holocène. Lors de la dernière transgression, la mer nouakchottienne pénètre alors dans les dépressions des dunes rouges en forme de « doigts de gants » (CARITE, 1989). Les épisodes transgressifs ont alterné avec les phases régressives pendant lesquelles les ensembles dunaires ont été mis en place ou remaniés.

En plus de cela, la construction en eaux profondes du port de Nouakchott sur la façade maritime et la pression anthropique sur la dune bordière ont considérablement modifié le trait de côte, fragilisé le cordon littoral et augmenté les risques de submersion marine.

Dans ce contexte, les changements climatiques, quelles que soient leurs manifestations, représentent une préoccupation majeure et une menace réelle pour l'habitat, les infrastructures, l'aménagement urbain et l'assainissement de Nouakchott. Dès lors, la résilience face aux défis climatiques représente un enjeu capital d'autant que les capacités d'adaptation restent assez limitées. Aussi, différentes mesures et stratégies d'adaptation sont retenues notamment pour lutter contre l'érosion côtière et l'ensablement. C'est dans ce cadre que des projets et programmes sous-régionaux comme la Stratégie Africaine de Lutte contre l'Erosion Côtière (SALEC), l'Adaptation aux Changements Climatiques Côtiers (ACCC) ou encore l'Adaptation au Changement Climatique des Villes Côtiers (ACCVC) ont vu le jour. Reste à savoir s'ils seront suffisants pour annihiler les impacts négatifs des changements climatiques.

RISQUE DE SUBMERSION MARINE

La submersion marine constitue potentiellement le risque le plus important encouru par la ville dans le contexte des changements climatiques. Rappelons que la ville, dont une grande partie est à un niveau proche voire inférieur au niveau actuel de la mer n'est séparée de cette dernière que par un mince cordon littoral qui est fragilisé à plusieurs endroits (Fig. 1). Cette situation s'est aggravée par la construction du port de Nouakchott à partir de 1984, ce qui a entraîné une modification spectaculaire du trait de côte au sud de l'infrastructure portuaire (Fig. 2).

Cette problématique a été abordée par de nombreuses études (OULD MOHAMEDEN, 1995 ; COUREL *et al.*, 1998 ; SENHOURY, 2000 ; TREBOSEN, 2002 ; WU, 2003 ; BARRY, 2003 ; IRC-CONSULTANT & SAINT MARTIN PAYSAGE, 2004 ; GRESARC, 2006 ; MARICO *et al.*, 2006, 2008 ; OULD SIDI CHEIKH *et al.*, 2007 ; THIAM, 2009 ; NIANG *et al.*, 2010 ; CAMARA, 2011). Ces auteurs ont mis en évidence la vulnérabilité de la ville à la submersion marine du fait de sa topographie. Une modélisation a été réalisée qui montre les superficies inondables selon le niveau de la mer (GRESARC, 2006). Une évaluation socio-économique des impacts des changements climatiques a également été faite montrant que des milliers de milliards d'ouguiyas, ainsi que plusieurs hectares de superficies bâties, seraient perdus (MARICO *et al.*, 2008). L'évolution du trait de côte montre que les infrastructures portuaires ont considérablement modifié la ligne de rivage. On note un engraissement au nord du port qui provoque une accrétion de l'ordre de 20 à 35 m par an et une érosion au sud entraînant un recul d'environ 20 à 25 m par an, créant ainsi une baie à cet endroit où le cordon dunaire a quasi complètement disparu (SENHOURY, 2000 ; GRESARC, 2006 ; NIANG *et al.*, 2010 ; HACHEMI *et al.*, 2014 ; OZER, 2014).

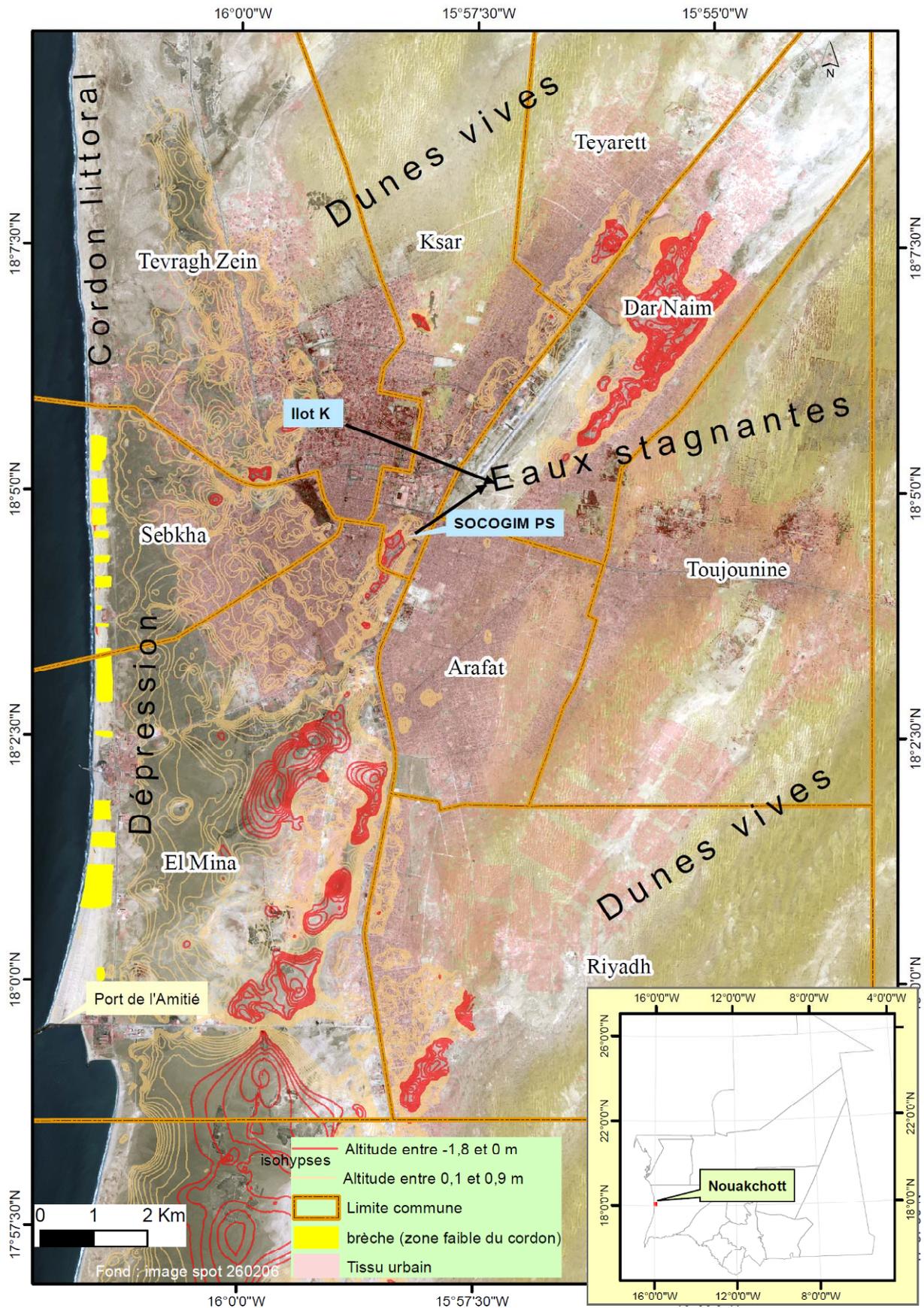


Figure 1 : Localisation de la ville de Nouakchott et des zones à risques.

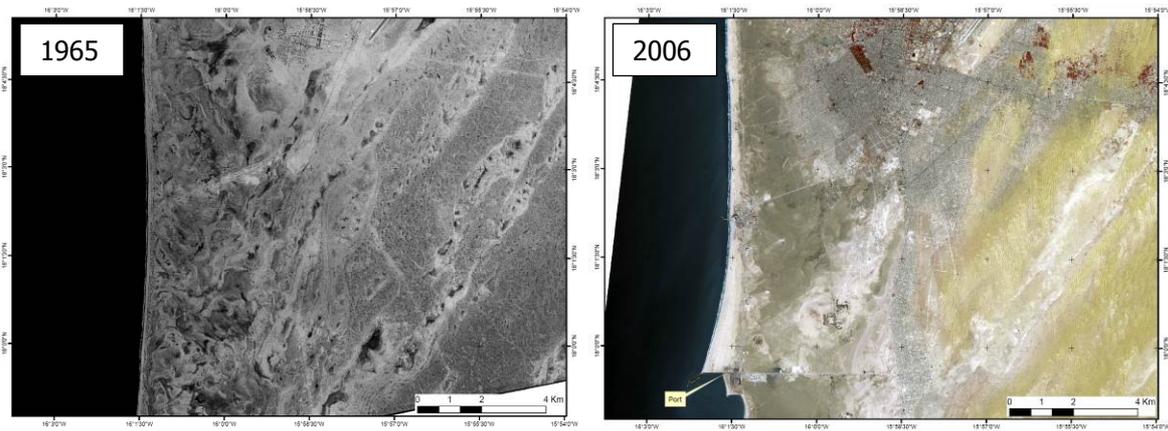


Figure 2 : Situation de Nouakchott en 1965 (image satellitale CORONA) et 2006 (image SPOT 5). Ces deux extraits représentent la même zone de la ville, l'image à gauche (1965) montre une petite bourgade et un trait de côte quasi rectiligne, tandis que l'image de droite présente une grande ville et une ligne de rivage remodelée.



Fixation du cordon par nattes de Typha (végétation aquatique).

Situation en 2006 in IRC/SAINT-MARTIN PAYSAGE, 2008.

Photo : NIANG, février 2010.



Figure 3 : Site pilote de la protection du cordon littoral par un système de clayonnage.

Il en résulte un risque d'ensablement voire de colmatage des infrastructures si une solution n'est pas trouvée avant 2025 (SENHOURY, 2000 ; TREBOSSON, 2002). Une digue de protection haute de 2 mètres a été édifée dans cette partie pour pallier l'absence du cordon dunaire. Cette mesure constitue le seul rempart pour le Quartier d'El Mina. Les risques de franchissement et de submersion de la ville dans ce secteur sont donc importants. Signalons d'ailleurs que lors d'une tempête survenue en fin décembre 2009, la mer a franchi la digue à environ 2 km au sud du port. Il est à noter que l'influence du port sur la dynamique du trait de côte se fait sentir jusque 25 km au sud.

La dégradation du cordon littoral et l'identification de plusieurs brèches a aussi intéressé les chercheurs (IRC-CONSULTANT & SAINT MARTIN PAYSAGE, 2004 ; GRESARC, 2006 ; THIAM, 2009). Celle-ci a surtout été aggravée par la pression anthropique (prélèvement de sable et construction d'infrastructures sur la dune bordière).

En réponse à cette menace, et pour réduire les effets des changements climatiques, différents projets dont la SALEC, l'ACCC et récemment l'ACCVC ont été retenus pour entre autres : (i) intégrer la lutte contre l'érosion côtière dans le cadre d'une vision stratégique d'aménagement des zones littorales, (ii) trouver des financements et renforcer les capacités pour la lutte contre l'érosion côtière, (iii) réduire la vulnérabilité des pays et développer des mécanismes de résistance efficaces pour amortir les effets de l'érosion côtière, (iv) analyser l'ensemble des problèmes liés à l'aménagement du littoral pour leur apporter une solution durable.

C'est dans ce contexte que le projet ACCC, qui a pris fin en 2011, avait sélectionné un site pilote à Nouakchott pour améliorer la protection du cordon dunaire, sur une zone qui couvre 50 ha (Fig. 3). Le projet ACCVC, lancé fin 2012, assure la poursuite de ces travaux. Le système de clayonnage vise la fixation biologique du cordon qui est réalisée avec des plantes locales adaptées au milieu marin et côtier comme le *Tamarix aphylla*, le *Nitraria retusa* ou l'*Atriplex halimus*.

Au niveau du littoral de Nouakchott, des aménagements à vocation de lutte contre l'érosion côtière ont été réalisés. Il s'agit essentiellement de travaux de fixation et de rehaussement du cordon dunaire par des systèmes de clayonnage. Il existe des fixations mécaniques par des nattes de typha (*Typha australis*) qui ont été mises en place en 2006 (IRC-CONSULTANT & SAINT MARTIN PAYSAGE, 2008) entre le port des pêcheurs et le wharf mais également au nord de la plage des pêcheurs. Ce système a connu un certain succès car on peut vérifier avec la photo prise en 2010 que la dune a été rehaussée à cet endroit. Les exemples de fixations que nous présentons ici sont situés dans le secteur entre le port des pêcheurs et le wharf. Des expériences de fixation avec des toiles plastiques ont également été tentées avec des résultats encourageants car on note un rehaussement du cordon dunaire. Dans le secteur situé au nord du wharf, différentes infrastructures construites sur la dune littorale (le marché aux poissons, l'hôtel du golfe, etc.) perturbent le fonctionnement naturel de la plage en créant des obstacles aux échanges dynamiques entre la dune et celle-ci.

Au vu de toutes ces mesures, on constate une conscientisation des pouvoirs publics par rapport aux menaces de submersion et au danger latent que constitue la pression anthropique croissante sur les milieux littoraux. Dans ce sens, des mesures concrètes ont été prises au niveau législatif, institutionnel et pratique pour lutter contre l'érosion côtière et atténuer les effets des changements climatiques mais leur mise en application montre des disparités entre les règles et les pratiques.

A travers les différentes manifestations de l'érosion côtière et les infrastructures construites sur le littoral, on perçoit soit une méconnaissance des processus en cours ou une inconscience de certains acteurs de l'environnement littoral mauritanien. Si les implantations des infrastructures portuaires constituent une nécessité pour le développement économique du pays, une attention particulière doit être portée sur les conséquences dramatiques que cela risque d'entraîner (notamment les risques de submersion de la capitale) et des mesures drastiques doivent être prises.

Par ailleurs, au niveau législatif et réglementaire, on remarque une inadéquation entre les textes et leur application. L'article 28 de la loi sur le littoral stipule que l'occupation et l'utilisation des terres littorales doivent permettre de préserver les espaces remarquables ou nécessaires au maintien des équilibres naturels. Or on note l'implantation de plusieurs infrastructures (des hôtels notamment) qui non seulement détruisent cet équilibre mais sont construites à des fins commerciales.

L'interdiction de constructions permanentes sur le cordon dunaire côtier ainsi que dans la bande des 500 m en retrait de celui-ci, les zones inondables et les sebkhas énoncé à l'article 38 n'est respectée dans aucun de ces secteurs. Ainsi, les cités BMCI, construites par la société de construction et de gestion immobilière (SOCOGIM) sont parfois situées à moins de 300 m de la plage.

INONDATION PAR LES EAUX DE PLUIE

L'inondation par les eaux de pluie ou le problème des « eaux stagnantes » est liée à la conjonction de trois facteurs essentiels : les précipitations, le niveau de la nappe phréatique et l'absence d'un réseau d'assainissement fonctionnel.

La récente augmentation des précipitations (Fig. 4) et la montée de la nappe phréatique contribuent à augmenter le risque d'inondations, déjà favorisé par une urbanisation non maîtrisée. L'arrivée massive de populations suite à l'exode rural des années 1970 et 1980 a entraîné la multiplication des constructions en zones inondables.

La caractéristique essentielle de ces précipitations est leur variabilité en importance, en rythme et en répartition spatio-temporelle. Dans la zone saharo-sahélienne, l'analyse des longues séries de données pluviométriques montre une succession de trois phases distinctes (Fig. 4).

La première concerne les années dites humides (de 1950 à 1969) où l'on enregistre les totaux pluviométriques les plus élevés. C'est une phase où les précipitations étaient abondantes. Le cumul annuel moyen atteint 150 mm.

La deuxième période est celle dite de la grande sécheresse des années 1970 et 1980. On y recense les années les plus sèches. Les quantités enregistrées atteignent rarement les 70 mm. Or cette période est marquée par une très forte croissance de la population et de l'urbanisation de Nouakchott. Des quartiers entiers ont émergé dans des zones inondables en cas de retour de fortes précipitations.

La troisième est la période actuelle qui est marquée par une amélioration des cumuls pluviométriques annuels à partir du début des années 1990.

Soulignons toutefois que les pluies qui entraînent les inondations actuelles ont, pour la plupart, une période de retour inférieure à 6 ans (OULD SIDI CHEIKH *et al.*, 2007). Après avoir réalisé des analyses statistiques sur les précipitations journalières, ces auteurs ont remarqué que les pluies responsables des inondations n'ont que rarement un caractère exceptionnel, voire même anormal, et que les précipitations intenses étaient plus fréquentes lors de la période dite humide. Depuis, il a été démontré que l'amélioration des conditions pluviométriques actuelles en Mauritanie repose en réalité sur une intensification des précipitations (OZER *et al.*, 2014). La ville de Nouakchott connaît donc le même destin que de nombreuses autres villes du Sahel confrontées à l'augmentation pluviométrique de ces dernières années (OZER & PERRIN, 2014).

Par ailleurs, si aucun système d'évacuation des eaux usées n'a été construit, alors que les volumes d'eau utilisés ne cessent d'augmenter, notamment depuis la mise en place en 2010 d'un approvisionnement à partir du fleuve Sénégal, certains quartiers vont être condamnés. C'est le cas de certains secteurs de la SOCOGIM PS (voir Fig. 1) où la jonction entre les eaux de pluie et la nappe oblige les populations à abandonner leurs maisons (comme l'illustrent les photos 1).

Dans ces quartiers, des pertes en vies humaines liées aux problèmes d'électrocution ont été déplorés. Certains quartiers ont été vidés de leur population lors de la saison des pluies. On constate qu'en dehors du fait qu'elle constitue un réceptacle des eaux marines et des pluies, la nappe menace la ville de Nouakchott en affleurant et rend les conditions d'habitat précaires même en dehors de la saison des pluies : certaines zones gardent les eaux stagnantes plus de 6 mois après les pluies et d'autres toute l'année, elles se sont transformées en lagunes et abandonnées par les populations. A certains endroits, des écoles, des mosquées, et des routes totalement occupées par les eaux deviennent impraticables pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois. Au centre-ville, les eaux de pluie de certaines artères ou carrefours sont évacuées par des camions citernes (voir photos 2).

Au niveau de la commune de Sebka, la construction de voies goudronnées a entraîné un effet inattendu piégeant et refoulant l'eau à l'intérieur des maisons. Les autorités mauritaniennes ont alors mis en place une solution provisoire qui a consisté en l'évacuation de l'eau vers des bassins côtiers au moyen de motopompes. Le problème réside néanmoins dans le fait que cela dure trop longtemps car il faut également aspirer l'eau de la nappe.

Cette situation entraîne des problèmes de santé publique car la nappe permanente est en contact direct avec les accumulations d'ordures et mélangée aux eaux usées domestiques des fosses septiques d'où la prolifération des moustiques et de nombreuses pathologies dans certains quartiers. Selon SY *et al.* (2011), la ville présente des conditions écologiques qui favorisent le développement de la pathologie urbaine.

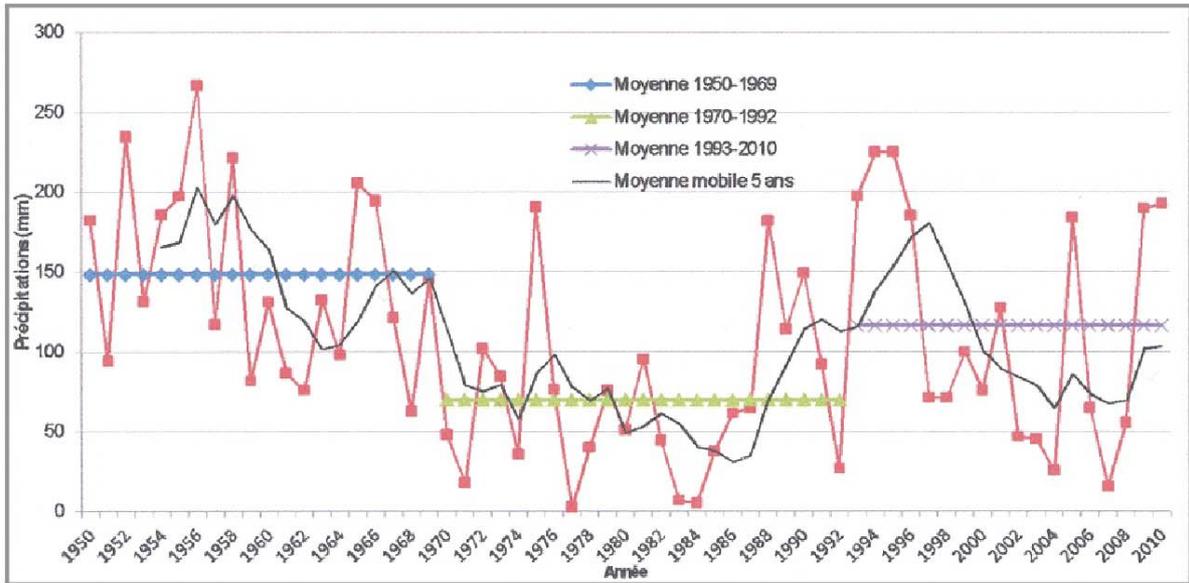


Figure 4 : Evolution des précipitations annuelles à Nouakchott de 1950 à 2010 (source : Office national de la Météo).



Photos 1 : Quartiers inondés (a) Sebkhia en 2005, (b) SOCOGIM plage 2010, (c) SOCOGIM PS, 2009, (d) Carrefour BMD au centre-ville, 2009. Clichés (a,b,d, NIANG, c. CAMARA F.,2011).



Photos 2: Inondations par les eaux de pluies : en haut à gauche, une vue aérienne des zones inondées après la pluie ; à droite le pompage des eaux par des camions citerne sur les principales artères de la ville ; en bas à gauche, installations de motopompes pour l'évacuation des eaux ; à droite, quartiers où la circulation n'était plus possible (sources : internet).

RISQUES LIES A L'ENSABLEMENT

La plupart des formations dunaires de la Mauritanie se sont constituées lors de la période ogolienne (entre 20 et 14 ka BP - NICHOLSON & FLOHN, 1980 ; LEROUX, 1987 ; NGUER & ROGNON, 1989). Un grand ensemble dunaire a été mis en place sur près de 500 km le long du littoral atlantique de la Mauritanie. Au cours de l'Ogolien, des quantités considérables de sable ont été accumulées ou remaniées sur l'ensemble du Sahel. Les ensembles dunaires du Trarza sont originaires de cette période de rhexistase. Nouakchott se situe dans cette zone d'accumulation de sable ogolien dénommée aussi Ogol (Fig. 5).

Les dunes post-ogoliennes se caractérisent par leur modelé vigoureux. Elles sont aussi d'orientation nord-est/sud-ouest, comme les dunes ogoliennes et forment des alignements réguliers (BARBEY, 1989). Ces formations ont connu des pulsations climatiques entraînant des accumulations, fixations ou érosions.

Depuis 3 ka, on note une tendance vers l'aridité. La réactivation des dunes est alors liée à l'impact des sécheresses qui est le plus souvent amplifié par les actions anthropiques. Actuellement, avec le déficit pluviométrique qui sévit depuis le début des années 1970, on assiste à une recrudescence des phénomènes éoliens, favorisée par toute une série de facteurs liés à l'action de l'homme (dégradation du couvert végétal, déboisement, pression du cheptel, etc.) qui s'imposent sur les paysages de la zone et témoignent des processus de désertification (OZER *et al.*, 2010). Le vent devient donc l'agent morpho-dynamique majeur dans le secteur étudié (OZER, 1996 ; NIANG *et al.*, 2008 ; NOUACEUR, 2013).

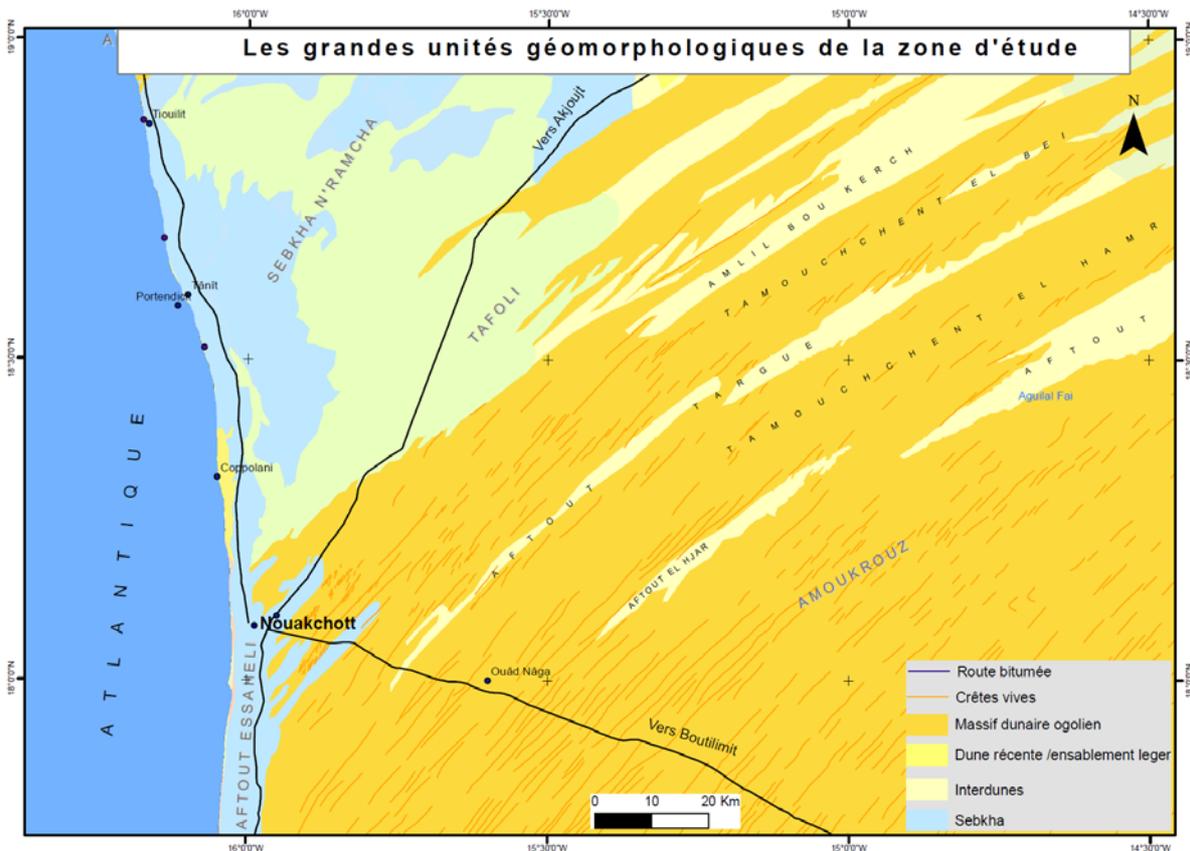


Figure 5 : Les grands ensembles dunaires autour de Nouakchott.

Les dunes actuelles sont le résultat des sécheresses passées. Au nord-ouest et au sud-ouest de la ville on observe de grands champs d'ergs. Avant les années 1960, la végétation dans cette zone était faible mais assez visible notamment sur les photographies satellitales CORONA de 1965 (voir Fig. 2). La fin de la décennie 1960 marque le point de départ d'une longue période de dégradation de la végétation autour de Nouakchott. Ces dunes actuelles constituent des facteurs aggravant l'ensablement de la ville de Nouakchott (Fig. 5) du fait de leur mobilité. Le seuil de dégradation maximale a été atteint au début des années 1990 même si l'amélioration des conditions pluviométriques à partir de 1994 a contribué à ralentir la dégradation environnementale (OZER, 2002 ; MAINGUET *et al.*, 2008). Ainsi, Nouakchott enregistre un nombre de jours de vent de sable supérieur à la moyenne nationale (Fig. 6).

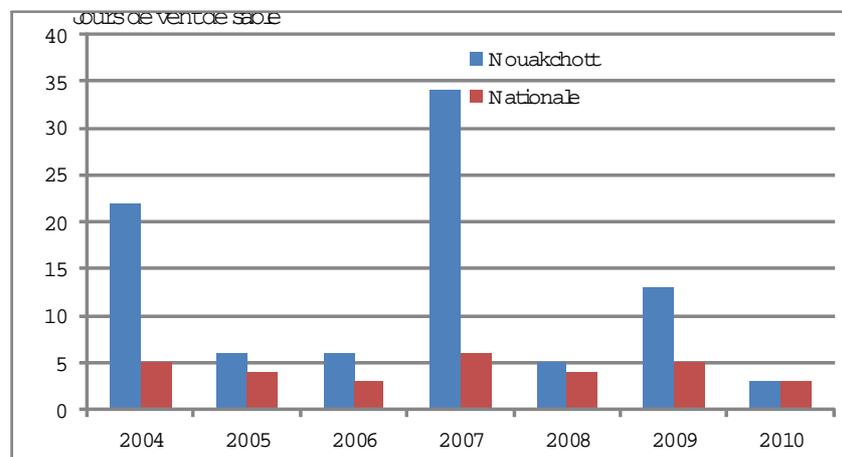


Figure 6 : Evolution du nombre de jours avec vents de sable à Nouakchott par rapport au reste du pays.



Figure 7 : Avancée des dunes vives autour de Nouakchott en 2006.

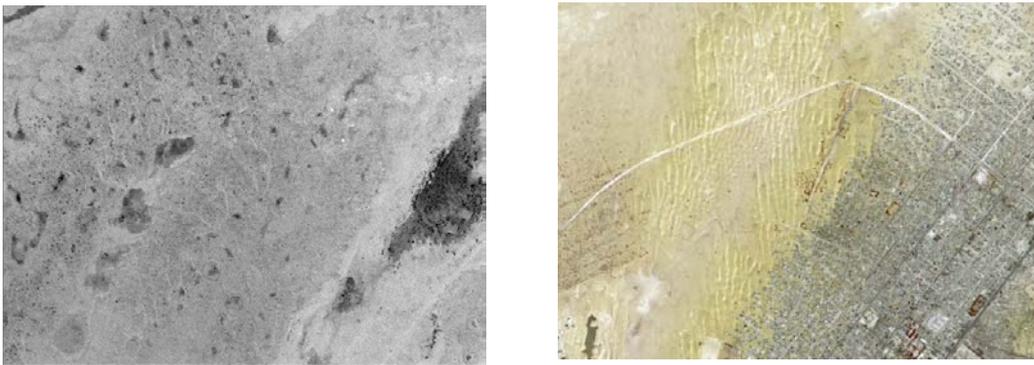


Figure 8 : Remobilisation des sables dunaires entre 1965 (image satellitale Corona, à gauche) et 2006 (image SPOT 5).



Photo 3 : Fixation des dunes par reboisement (source Agence Mauritanienne d'Information).

Pour mieux appréhender la mobilité des sables à Nouakchott nous avons réalisé une étude diachronique par comparaison des photographies aériennes de 1963, 1980 et 1991.

L'analyse des photographies aériennes de 1963 montre que les années 1960 se situent dans une période marquée par une pluviométrie relativement régulière. Ce qui se manifeste sur le plan morphogénique par la fixation des dépôts éoliens. On peut remarquer sur ces prises de vue aériennes que le modelé dunaire hérité des phases arides du Quaternaire est encore fixé : l'inexistence de crêtes vives et d'ensembles dunaires dénudés nous permet de l'affirmer. Par ailleurs, des traces de ruissellement peuvent aussi être décelées sur les flancs des dunes et une végétation bien qu'éparse recouvre les dunes ogoliennes. S'agissant des établissements humains, on peut noter que la ville de Nouakchott ne connaissait pas une grande extension spatiale et l'emprise de l'homme sur le milieu était faible.

L'examen des photographies aériennes de 1980 souligne qu'elles portent les marques de la grande sécheresse qui sévit dans tout le Sahel depuis 1968. Cette péjoration climatique s'est surtout distinguée par son intensité, son ampleur et sa durée. Les précipitations annuelles sont pour la plupart déficitaires et irrégulières, ce qui a provoqué une extension des processus de désertification : destruction de la couverture végétale, aggravation des processus éoliens, remaniement des dunes, etc.

Les impacts de ces conditions environnementales contraignantes sont perceptibles sur les photographies aériennes de 1980 sous plusieurs aspects. Les premiers signes de remodelage des sables et de remise en mouvement des dunes naguère fixées, sont l'apparition de crêtes vives qu'on distingue nettement sur la série de photos. On note également la présence de nebkhas au pied de la plupart des obstacles : les clôtures, les murs. On peut également mentionner la présence de dépôts éoliens sur les inter-dunes et les dépressions, leur avancée vers certaines infrastructures comme la piste de l'aéroport, la déplétion voire la disparition de la couverture végétale.

Cette sécheresse persistante présente également des conséquences néfastes sur les hommes. La pression anthropique accentue la dégradation environnementale. Ici, l'exode rural a eu pour effet l'extension de la ville dont la population a fortement augmenté, d'où l'occupation de certains secteurs très sensibles à l'ensablement.

Le contexte des photographies aériennes de 1991 est celui de l'exacerbation des processus éoliens et des conditions de dégradation du milieu. La durée de la période de sécheresse a fini par instaurer des conditions d'aridité dans la zone sahélienne. La dégradation environnementale est si intense que même le retour d'une pluviométrie normale nécessiterait un temps de réponse plus ou moins long de la part du milieu physique.

Les signes de l'exacerbation des phénomènes de désertification et des actions éoliennes sont prédominants et s'imposent sur tout le secteur étudié. En témoignent la généralisation des dunes vives et leur avancée très significative vers les infrastructures.

Les dépôts de sables deviennent très préoccupants, des tentatives de fixation des dunes n'ont pas donné les résultats escomptés, les dunes vives se retrouvent en pleine ville. Les vents et lithométéores impriment des modifications morphologiques sur les modelés dunaires (Fig. 7).

C'est dans ces conditions que les pouvoirs publics, conscients du problème d'ensablement, ont entrepris une vaste campagne de plantation d'arbres autour de Nouakchott pour créer une ceinture verte afin de lutter contre l'avancée des dunes (Fig. 7 et 8 et photo 3). Rappelons que la Mauritanie abrite le siège de la Grande muraille verte qui est un projet continental de lutte contre l'ensablement dans tout le Sahel.

PROBLEMES LIES A LA CROISSANCE URBAINE DE NOUAKCHOTT

Le début des années 1970 est marqué par la grande sécheresse sahélienne qui a conduit à un exode rural massif qui s'est traduit par un double phénomène de sédentarisation et d'urbanisation, qui fait exploser les populations des villes dans les années 1970 et 1980. La sédentarisation accélérée de la population se manifeste dans le rapport entre la population sédentaire et la population nomade. Cette dernière est passée de plus de 80% au début des années 1960, à moins de 5% actuellement. La croissance urbaine a fait passer les citadins de 4% dans les années 1960 à environ 47% de la population du pays actuellement.

Nouakchott connaît une croissance démographique dépassant toutes les prévisions, se traduisant par une extension considérable de la ville et un habitat précaire. Sa population s'est multipliée par 200

depuis sa création il y a 50 ans, actuellement sa population est estimée à environ 1 million d'habitants. Cette population est répartie entre 9 communes. L'accroissement annuel entre 1965 et 1977 est de 19,4 %, passe à 7,4% entre 1977 et 1988 et à 5,3% entre 1988 et 1999 (Wu C., 2003). Le taux de croissance actuel est de 3.75%.

La ville a connu et connaît encore une urbanisation très rapide et non structurée. Elle s'étend du nord au sud sur près de 20 kilomètres. La périphérie est occupée par un habitat précaire constitué de tentes et de bidonvilles (appelé parfois kebbés), gros consommateur d'espace. On peut également constater que le développement de la ville de Nouakchott est linéaire (le long des axes routiers) et plusieurs quartiers sont bâtis dans des zones inondables.

Les pouvoirs publics ont perdu la maîtrise du développement spatial, la croissance urbaine est déjà plus importante que ce que prévoyait le schéma directeur d'aménagement pour 2010 et certaines zones atteignent déjà ce qui était attendu pour les environs de 2020.

Du point de vue socio-économique, les zones habitées les plus menacées par la submersion sont principalement les quartiers de Sebkhah, d'El Mina-nord et de Riyad, ainsi que la partie occidentale de Tévragh Zeina et on remarque que les quartiers périphériques gagnent de plus en plus sur le domaine côtier, ce qui augmente encore les risques littoraux. Par ailleurs, les autorités ont récemment aménagé des extensions urbaines dans des zones inondables (OZER, 2014).

DISCUSSION ET CONCLUSION

La ville de Nouakchott, par son cadre géomorphologique, est très vulnérable aux changements climatiques qui constituent un défi majeur à son développement urbain voire son existence. Malgré les mesures d'adaptation prises dont certaines visent la protection du cordon littoral qui défend la ville contre la submersion marine, force est de constater que les solutions proposées restent encore insuffisantes.

Les risques encourus par la ville dans le contexte des variations climatiques sont amplifiés par les actions anthropiques. La menace de l'incursion marine qui pèse sur le littoral est en lien étroit avec la modification spectaculaire du trait de côte induite par la construction du port de Nouakchott. Les efforts sont surtout concentrés sur le cordon dunaire situé au nord du port alors que la partie sud où il a complètement disparu n'est protégée que par une digue haute de 2 mètres. Or, même si la mer devait franchir le cordon à 10 ou 15 km au sud l'eau rejoindrait la ville en empruntant la dépression de l'Aftout Chergui. Rappelons que la ville a été inondée en 1950 par l'eau venue du fleuve Sénégal situé à plus de 180 km au sud en passant par la dite dépression (DUCHEMIN, 1951). Dans la partie nord, on peut souligner que la fixation et le rehaussement du cordon sont peu compatibles avec les constructions existantes sur le sommet de la dune.

Le risque d'inondation par les eaux de pluie et de la remontée de la nappe phréatique très ressentie par certains habitants de Nouakchott est renforcé par un aménagement urbain défaillant. Les quartiers inondés appartiennent parfois à la périphérie urbaine mais aussi aux espaces aménagés par la société immobilière nationale. Si un réseau d'assainissement et de collecte des eaux de pluies n'est pas mis en place très rapidement, des quartiers entiers seront inhabitables après chaque hivernage.

L'urbanisation anarchique implique également une dégradation des infrastructures urbaines par le sable, les eaux stagnantes et le sel, rendant certains quartiers inhabitables et occasionnant des dommages économiques et sanitaires notables. L'atténuation des effets néfastes des changements climatiques nécessiterait sans doute des mesures plus appropriées qui nécessitent beaucoup plus de moyens.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARBEY, C., 1989. Etude chronologique de la sédimentation éolienne dans le sud-ouest de la Mauritanie et dans le nord du Sénégal. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 5, (1): 21-24.
- BARRADA, M.F. & DIARRA, EL IDE, 2012. La gouvernance locale comme moyen efficace de la mobilité urbaine, cas de la ville de Nouakchott. Conférence CODATU XV, Le rôle de la mobilité urbaine pour (re)modeller les villes -22 au 25 octobre 2012- Addis Abeba (Ethiopie), 18p.
- BARRY S., 2003. Contribution à l'étude géomorphologique de la côte mauritanienne : cas de Nouakchott et ses environs. DES en géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Département de géographie, 116p.

- CAMARA, F.S. 2011. Nouakchott, site aux risques multiples. Mémoire de maîtrise, Université de Nouakchott, 79p.
- CARITE, D., 1989. Géologie en Mauritanie. *Edisud, France*. 284p.
- COUREL, M.F., RUDANT, J.P., LETERRIER, E. & TULLIEZ, G., 1998. Apport de l'imagerie R.S.O. en milieu aride: cas de la région de Nouakchott en Mauritanie. 7^e journées scientifiques de l'AUPELF UREF, Montréal, nov. 97 : 225-232.
- DUCHEMIN, J., 1951. L'inondation de l'Aftout es-Saheli et du poste de Nouakchott (Mauritanie, Trarza occidentale). *Bulletin IFAN*, B, XIII (4) : 1303-1305.
- GIRESE, P., BARUSSEAU, J.P., CAUSSE, C. & DIOUF, B., 2000. Successions of sea-level changes during the Pleistocene in Mauritania and Senegal distinguished by sedimentary facies study and U/Th dating. *Marine Geology*, 170: 123-139.
- GRESARC, 2006. Cartographie des risques d'inondation de Nouakchott. Rapport d'études. 39p.
- HACHEMI, K., THOMAS, Y.F., SENHOURY, A.O.E.M., ACHEK-YOUCHEF, M., OZER, A. & NOUACER H.A., 2014. Etude de l'évolution du trait de côte au niveau du port de Nouakchott (Mauritanie) à partir d'une chronique d'images SAR d'ENVISAT. *Geo-Eco-Trop*, 38: 169-178.
- IRC-Consultant & Saint Martin Paysage, 2004. Etude de l'environnement aux abords de Nouakchott. Programme de Développement Urbain de Nouakchott – PDU. Nouakchott. 189p.
- LEROUX, M., 1987. L'Anticyclone mobile Polaire, relais des échanges méridiens : son importance climatique. *Géodynamique*, 2 : 161-167.
- MAINGUET, M., DUMAY, F., OULD ELHACEN, M.L. & GEORGES, J.C., 2008. Changement de l'état de surface des ergs au nord de Nouakchott (1954 – 2000). Conséquences sur la désertification et l'ensablement de la capitale. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 3 : 143-152.
- MARICO, D., PENNOBER, G., CREUSEVEAU, J.G., THIAM, A., SENHOURY, A. & LEVOY, F., 2006. Préservation des défenses naturelles du littoral mauritanien : démarche de l'Observatoire du Littoral autour du suivi du cordon dunaire. Interactions Nature-Société, analyse et modèles. UMR6554 LETG, La Baule 2006, 7p.
- MARICO, D., THIAM, A. & OULD HOUEIB, M.A.J., 2008. Vulnérabilité et évaluation des impacts des changements climatiques sur la zone côtière et marine de Mauritanie. Rapport final Projet de préparation de la deuxième Communication de la Mauritanie sur les changements climatiques, Nouakchott, 38p.
- NGUER, M. & ROGNON, P., 1989. Homogénéité des caractères sédimentologiques des sables ogoliens entre Nouakchott (Mauritanie) et Mbour (Sénégal). *Géodynamique*, 4 : 19-133.
- NIANG, A.J., OZER, A. & OZER, P., 2008. Fifty years of landscape evolution in Southwestern Mauritania by means of aerial photos. *Journal of Arid Environments*, 72: 97-107.
- NIANG, A.J., SENHOURY & A. KHALIFA, A., 2010. Evolution du littoral de Nouakchott : caractérisations et risques associés. Rapport d'études PRELEC UICN, 38p.
- NICHOLSON, S.E. & FLOHN, H., 1980. African Environmental and Climatic changes and the general atmospheric circulation in late Pleistocene and Holocene. *Climate Change*, 2: 313-348.
- NOUACEUR, Z., 2013. Nouakchott, une capitale au péril des vents de sable, de l'ensablement et des inondations. *Sécheresse*, 24 : 182-193.
- OULD MOHAMEDEN, A., 1995. Aménagement et évolution du littoral, Apports de la télédétection et de la modélisation mathématique: cas du port de Nouakchott (Mauritanie). Thèse. Université de Nice, 149 p.
- OULD SIDI CHEIKH, M.A., OZER, P. & OZER, A., 2007. Risques d'inondations dans la ville de Nouakchott (Mauritanie). *Geo-Eco-Trop*, 31: 19-42
- OZER, P., 1996. Directions des évolutions et des vitesses des vents de 1951 à 1994 sur la façade atlantique de l'Afrique de l'Ouest, du sud du Sénégal au nord de la Mauritanie. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 9 : 474-486.
- OZER, P., 2002. Dust variability and land degradation in the Sahel. *BELGEO*, 2002 (2), 195-209.
- OZER, P., 2014. Catastrophes naturelles et aménagement du territoire: de l'intérêt des images Google Earth dans les pays en développement. *Geo-Eco-Trop*, 38: 209-220.
- OZER, P. & PERRIN, D., 2014. Eau et changement climatique. Tendances et perceptions en Afrique de l'Ouest. In A. BALLOUCHE & A.N. TAIBI (Eds.), Eau, milieux et aménagement. Une recherche au service des territoires. Presses de l'Université d'Angers, Angers, France, pp. 227-245.
- OZER, P., HOUNTONDJI, Y.C., GASSANI, J., DJABY, B. & DE LONGUEVILLE, F., 2014. Evolution récente des extrêmes pluviométriques en Mauritanie (1933-2010). In P., CAMBERLIN & Y., RICHARD (Eds.), Actes du 27^e Colloque International de l'Association Internationale de Climatologie. Dijon, France: Université de Bourgogne, pp. 394-400.
- OZER, P., HOUNTONDJI, Y.C., NIANG, A.J., KARIMOUNE, S., LAMINO MANZO, O. & SALMON, M., 2010. Désertification au Sahel: Historique et perspectives. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 54: 69-84.
- SENHOURY, A.E., 2000. Influence d'un ouvrage portuaire sur l'équilibre d'un littoral soumis à un fort transit sédimentaire, l'exemple du port de Nouakchott. Thèse de Doctorat. Université de Caen., 162p.

- SY, I., KOITA, M., TRAORE, D., KEITA, M., LO, B., TANNER, M. & CISSE, G., 2011. Vulnérabilité sanitaire et environnementale dans les quartiers défavorisés de Nouakchott (Mauritanie) : analyse des conditions d'émergence et de développement de maladies en milieu urbain sahélien. *VertigO*, 11(2), <http://id.erudit.org/iderudit/1009364ar>
- THIAM, A., 2009. Etat des lieux du cordon littoral de Nouakchott. Rapport Site pilote du projet Adaptation aux Changements Climatiques Côtiers, Nouakchott, 38p.
- TREBOSEN, H., 2002. Apport des images RADAR à Synthèse d'Ouverture à la cartographie marine. Thèse à l'Université de Marne la Vallée. Spécialité : Sciences de l'Information Géographique. 161p.
- WU, C., 2003. Application de la géomatique au suivi de la dynamique environnementale en zones arides. Exemples de la région de Nouakchott en Mauritanie, du Ningxia nord et du Shaanxi nord en Chine du nord-ouest. Université de Paris 1-Panthéon-Sorbonne et de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, 217p.