

Revue de géographie du Laboratoire Leïd

Dynamiques des territoires et développement



N°23
Juillet
2020

Université Gaston Berger – Sénégal



Revue de géographie du laboratoire Leïdi ISSN 0851-2515

« Dynamiques des territoires et développement »

Université Gaston Berger. BP 234 Saint-Louis du Sénégal

Courriel : revuedegeographieugb@gmail.com

Président d'honneur :

Pr Mamadou Moustapha SALL, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Ancien Président du CTS de LSH et Secrétaire général du CAMES

Rédacteur en chef :

M. Cheikh Samba WADE : Professeur Titulaire de géographie, Université Gaston Berger de Saint-Louis (Sénégal)

Courriel : cheikh-samba.wade@ugb.edu.sn Tél +221 781823222

Secrétaire de rédaction : Dr. Aliou NDAO

Courriel : ndao.aliou@ugb.edu.sn Tel : 77 4549591

1. Comité scientifique et de lecture

- Pr. Alioune KANE (géographe), Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)
- Pr. Alphonse YAPI-DIAHOU (géographe), Université de Paris 8, Vincennes -Saint-Denis (France)
- Pr. Amadou Tahirou DIAW (géographe), Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)
- Pr. Boubou Aldiouma SY (géographe), Université Gaston Berger de Saint-Louis (Sénégal)
- Pr. Charlery de la MASSELIERE (Emérite, géographe), UTLM/Institut Français de Recherche en Afrique (France)
- Pr. Cheikh Samba WADE, (géographe), Université Gaston Berger de Saint-Louis (Sénégal)
- Pr. Constant HOUNDÉNOU (Agroclimatologie), Univ. Abomey-Calavi (Bénin)
- Pr. Edinam KOLA (géographe), Université de Lomé (Togo)
- Pr. El Hadji Salif DIOP (géographe), Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)
- Pr. Famagan-Oulé KONATÉ (Démographe, environnementaliste), Université de Bamako (Mali)
- Pr. Géraud MAGRIN (géographe), HDR Paris Panthéon Sorbonne (France)
- Pr. Ibrahima Bouzou MOUSSA (géographe), UAM (Niger)
- Pr. Jean Luc PIERMAY (Emérite, géographe), Université Louis Pasteur (ULP), Strasbourg (France)
- Pr. Lat Soucabé MBOW (géographe), Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)
- Pr. Mamadou Moustapha SALL (géographe), Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)
- Pr. Mouhamadou Mawloud DIAKHATE (géographe), Université Gaston Berger de Saint-Louis (Sénégal)
- Pr. Moussa GIBIGAYE (géographe), Université Abomey-Calavi (Bénin)
- Pr. Oumar Diop (géographe), Université Gaston Berger de Saint-Louis (Sénégal)
- Pr. Roméo Farinella (géographe), Université de Ferrera (Italie)
- Pr. Thierry JOLIVEAU (géographe), SIG, Saint-Etienne (France)
- Pr. Wilfried WISSIN (géographe), Université Abomey-Calavi (Bénin)
- Dr ALLA Della André (Géographe), Maître de Conférences. Institut de Géographie Tropicale (IGT) Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)
- Dr. Ibrahima MBAYE (géographe), Maître de Conférences, Université Assane SECK, Ziguinchor (Sénégal)
- Dr. Oumar SY (géographe), Maître de Conférences, Université Assane SECK, Ziguinchor (Sénégal)
- Dr. Papa SAKHO (géographe), Maître de Conférences, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)
- Dr. Sidy Mohamed SECK (géographe), Maître de Conférences, Université Gaston Berger de Saint-Louis (Sénégal)
- Dr. Tidiane SANE (géographe), Maître de Conférences, Université Assane SECK, Ziguinchor (Sénégal)



Revue de géographie du laboratoire Leïdi ISSN 0851-2515

« Dynamiques des territoires et développement »

Université Gaston Berger. BP 234 Saint-Louis du Sénégal

Courriel : revuedegeographieugb@gmail.com

2. Note et recommandations aux auteurs

La Revue de Géographie du Laboratoire Leïdi « Dynamiques des territoires et développement » (DTD) est fondée en 2000. Elle est éditée par l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) de Lettres et Sciences Humaines (LSH) de l'Université Gaston Berger (UGB) de Saint-Louis. La RGLL est un espace de diffusion de travaux originaux de géographie qui relèvent du domaine des « Sciences de l'homme et de la société ».

Elle publie des articles originaux, rédigés en français, non publiés auparavant et non soumis pour publication dans une autre revue. Les normes qui suivent sont conformes à celles adoptées par le Comité Technique Spécialisé (CTS) de Lettres et sciences humaines/CAMES (cf. dispositions de la 38^e session des consultations des CCI, tenue à Bamako du 11 au 20 juillet 2016). Les contributeurs doivent s'y conformer.

2.1. Les manuscrits

Un projet de texte soumis à évaluation, doit comporter un titre (Times New Romans, taille 12, Lettres capitales, Gras), la signature (Prénom(s) et NOM (s) de l'auteur ou des auteurs, l'institution d'attache), l'adresse électronique de (des) auteur(s), le résumé en français (250 mots), les mots-clés (keywords) au nombre de 5, le résumé en anglais (abstract). Le résumé synthétise la problématique, la méthodologie et les principaux résultats.

Le manuscrit doit respecter la structuration habituelle du texte scientifique : Introduction (Problématique ; Hypothèse compris) ; Approche (Méthodologie) ; Résultats ; Analyse des Résultats ; Discussion ; Conclusion ; Références bibliographiques (s'il s'agit d'une recherche expérimentale ou empirique).

Les notes infrapaginales, numérotées en chiffres arabes, sont rédigées en taille 10 (Times New Roman). Réduire au maximum le nombre de notes infrapaginales. Ecrire les noms scientifiques et les mots empruntés à d'autres langues que celle de l'article en italique (*Adansonia digitata*).

Le volume du projet d'article (texte à rédiger dans le logiciel word, Times New Romans, taille 12, interligne 1.5) doit être de 30 000 à 40 000 caractères (espaces compris).

Les titres des sections du texte doivent être numérotés de la façon suivante :

1. Premier niveau, premier titre (Times 12 gras)

1.1. Deuxième niveau (Times 12 gras italique)

1.2.1. Troisième niveau (Times 12 italique sans le gras)

2.2. Les illustrations

Les tableaux, les cartes, les figures, les graphiques, les schémas et les photos doivent être numérotés (numérotation continue) en chiffres arabes selon l'ordre de leur apparition dans le texte. Ils doivent comporter un titre concis, placé au-dessus de l'élément d'illustration (centré). La source (centrée) est indiquée au-dessous de l'élément d'illustration (Taille 10). Ces éléments d'illustration doivent être : **i.** annoncés, **ii.** Insérés, **iii.** Commentés dans le corps du texte.

La présentation des illustrations : figures, cartes, graphiques, etc. doit respecter le miroir de la revue. Ces documents doivent porter la mention de la source, de l'année et de l'échelle (pour les cartes).

3. Notes et références

- 3.1. Les passages cités sont présentés entre guillemets. Lorsque la phrase citant et la citation dépasse trois lignes, il faut aller à la ligne, pour présenter la citation (interligne 1) en retrait, en diminuant la taille de police d'un point.
- 3.2. Les références de citation sont intégrées au texte citant, selon les cas, ainsi qu'il suit :
 - Initiale (s) du Prénom ou des Prénoms et Nom de l'auteur, année de publication, pages citées (B. A. SY. 2008, p. 18) ;
 - Initiale (s) du Prénom ou des Prénoms et Nom de l'Auteur (année de publication, pages citées).



Revue de géographie du laboratoire Leïdi ISSN 0851-2515

« Dynamiques des territoires et développement »

Université Gaston Berger. BP 234 Saint-Louis du Sénégal

Courriel : revuedegeographieugb@gmail.com

Exemples : En effet, le but poursuivi par M. ASCHER (1998, p. 223), est « d'élargir l'histoire des mathématiques de telle sorte qu'elle acquière une perspective multiculturelle et globale (...) »

- Pour dire plus amplement ce qu'est cette capacité de la société civile, qui dans son déploiement effectif, atteste qu'elle peut porter le développement et l'histoire, S. B. DIAGNE (1991, p. 2) écrit :

Qu'on ne s'y trompe pas : de toute manière, les populations ont toujours su opposer à la philosophie de l'encadrement et à son volontarisme leurs propres stratégies de contournements. Celles-là, par exemple, sont lisibles dans le dynamisme, ou à tout le moins, dans la créativité dont fait preuve ce que l'on désigne sous le nom de secteur informel et à qui il faudra donner l'appellation positive d'économie populaire.

Le philosophe ivoirien a raison, dans une certaine mesure, de lire, dans ce choc déstabilisateur, le processus du sous-développement. Ainsi qu'il le dit : Le processus du sous-développement résultant de ce choc est vécu concrètement par les populations concernées comme une crise globale : crise socio-économique (exploitation brutale, chômage permanent, exode accéléré et douloureux), mais aussi crise socioculturelle et de civilisation traduisant une impréparation socio-historique et une inadéquation des cultures et des comportements humains aux formes de vie imposées par les technologies étrangères. (S. DIAKITÉ, 1985, p. 105).

3.3. Les sources historiques, les références d'informations orales et les notes explicatives sont numérotées en continue et présentées en bas de page.

3.4. Les divers éléments d'une référence bibliographique sont présentés comme suit :

Nom et Prénom (s) de l'auteur, Année de publication, Titre, Lieu de publication, Editeur, pages (p.) *pour les articles et les chapitres d'ouvrage.*

Le titre d'un article est présenté entre guillemets, celui d'un ouvrage, d'un mémoire ou d'une thèse, d'un rapport, d'une revue ou d'un journal est présenté en italique. Dans la zone Editeur, on indique la Maison d'édition (pour un ouvrage), le Nom et le numéro/volume de la revue (pour un article). Au cas où un ouvrage est une traduction et/ou une réédition, il faut préciser après le titre le nom du traducteur et/ou l'édition (ex : 2nde éd.).

3.5. Les références bibliographiques sont présentées par ordre alphabétique des noms d'auteur. Exemples :

- ALBARELLO L., (2007), *Apprendre à chercher : l'acteur social et la recherche scientifique*, De Boeck, 3^{ème} éd, 201 p
- ALISSOUTIN R. L., (2008), *Les défis du développement local au Sénégal*, CODESRIA, Dakar 189 p
- ALOKO-N'GUESSAN J., DIALLO A. et MOTCHO H. K., (2010), *Villes et organisation de l'espace en Afrique*, Paris, Karthala, 221 p
- ALVERGNE C., (2008), *Le défi des territoires : comment dépasser les disparités spatiales en Afrique de l'Ouest et du centre*, Paris, Karthala-PDM, 259 p
- ANTHENAUME, B. et GIRAULT F (sous la direction)., (2005), *Le territoire est mort- vive les territoires* IRD, Paris, 384 p.
- BELLINA S., MAGRO H. et de Villemeur V., (2008), *La gouvernance démocratique, un nouveau paradigme pour le développement ?* Karthala, Paris, 583 p
- BOCQUER P. et TRAORÉ S., (2000), *Urbanisation et dynamique migratoire en Afrique de l'Ouest. La croissance urbaine en panne*, l'Harmattan villes et entreprises, Paris, 148 p.
- DIAKHATÉ M. M., (2011), *L'Aménagement du territoire au Sénégal : Principes, pratiques et devoirs pour le XXI^e siècle*, NEA, Paris, 230 p.
- IGUÉ J., (1983), « L'officiel, le parallèle et le clandestin : commerce et intégration en Afrique de l'Ouest », in *politique Africaine*, n° 9, Karthala, p 29-51.
- KASSI I., (2010), « Espaces publics : enjeux sociaux d'appropriation de l'espace urbain à Abidjan », in *Villes et organisation de l'espace en Afrique* p 135-147
- PIERMAY J. et SARR C., (2007), *La ville Sénégalaise une invention aux frontières du monde*, Paris, Karthala, 243 p
- SECK A., (1965), « Les escales du fleuve Sénégal, in *Revue de géographie de l'Afrique Occidentale* », N° 1-2, p 71-118.



Revue de géographie du laboratoire Leïdi ISSN 0851-2515

« Dynamiques des territoires et développement »

Université Gaston Berger. BP 234 Saint-Louis du Sénégal

Courriel : revuedegeographieugb@gmail.com

- WADE C. S., (2014), *Croissance urbaine, dynamique territoriale et gouvernance de la ville de Saint-Louis et de sa périphérie, la commune de Gandon*, Doctorat d'Etat de géographie, Université Gaston Berger de Saint-Louis, 448 p.

4. Nota bene

- 4.1. Le non-respect des normes éditoriales entraîne le rejet d'un projet d'article.
- 4.2. Tous les prénoms des auteurs doivent être entièrement écrits dans la bibliographie.
- 4.3. Pour la pagination des articles et chapitres d'ouvrage, écrire p. 2-45.
- 4.4. En cas de co-publication, citer tous les co-auteurs.
- 4.5. Éviter de faire des retraits au moment de débiter les paragraphes, observer plutôt un espace.

Pour les travaux en ligne ajouter l'adresse électronique (URL).

4.6. Plan : Introduction (Problématique, Hypothèse), Méthodologie (Approche), Résultats, Analyse des résultats, Discussion, Conclusion, Références Bibliographiques

Résumé : dans le résumé, l'auteur fera apparaître le contexte, l'objectif, faire une esquisse de la méthode et des résultats obtenus. Traduire le résumé en Anglais (**y compris le titre de l'article**)

Introduction : doit comporter un bon croquis de localisation du secteur de l'étude, etc.

Outils et méthodes : (Méthodologie), l'auteur expose uniquement ce qui est outils et méthodes.

Résultats : l'auteur expose ses résultats, qui sont issus de la méthodologie annoncée dans **Outils et méthodes** (pas les résultats d'autres chercheurs). L'Analyse des résultats traduit l'explication de la relation entre les différentes variables objet de l'article ; le point "R" présente le résultat issu de l'élaboration (traitement) de l'information sur les variables.

Discussion : la discussion est placée avant la conclusion ; la conclusion devra alors être courte. Dans cette discussion, confronter les résultats de votre étude avec ceux des travaux antérieurs, pour dégager différences et similitudes, dans le sens d'une validation scientifique de vos résultats. La discussion est le lieu où le contributeur dit ce qu'il pense des résultats obtenus, il discute les résultats ; c'est une partie importante qui peut occuper jusqu'à plus deux pages. Les auteurs sont entièrement responsables du contenu de leurs contributions.

5. Conditions de publication

La Revue de Géographie du Laboratoire Leïdi reçoit en continu les contributions et paraît deux fois dans l'année : juillet et décembre. Les textes reçus sont soumis en double instruction e aveugle. Dans certains cas le recours à une troisième évaluation est indispensable et nécessaire avant acceptation. L'ordre de publication dépend du dépôt du texte, du retour de l'instruction, de la prise en charge des corrections et du respect de la ligne éditoriale de la revue et de son acceptation par les réviseurs.

6. Frais d'instruction et de publication

Des frais d'instruction et de publication de 30.000 F.CFA (45Euros) sont demandés aux auteurs qui veulent publier dans la RGLL. La contribution est remise dès notification de l'accusée de réception du texte proposé.



TABLE DES MATIÈRES

Synergie entre microfinance et promotion d'activités du tourisme rural à l'ouest du Cameroun.....	8
<i>Dieudonné LEKANE TSOBGOU</i>	
Réseaux migratoires entre la Côte d'Ivoire et le Maghreb : une lecture selon l'approche <i>ird</i> (informations – ressources – départ).....	18
<i>Talibet Kouacou Yves-Rhodrigue KONAN et Jérôme N'Guessan ALOKO</i>	
Vieillesse de la population d'origine immigrante et enjeux sociaux en Estrie au Canada	40
<i>Ibou NDAO</i>	
Variations sociodémographiques de la mortalité maternelle au centre hospitalier universitaire de Bouaké (Côte d'Ivoire)	56
<i>Bi Tozan ZAH</i>	
Les enjeux de la planification urbaine et du développement urbain durable : le pôle urbain de Diamniadio aux portes de la métropole dakaroise.....	70
<i>Modou NDIAYE</i>	
Diagnostic des contraintes et stratégies de développement touristique dans le département de Tiassalé (sud de la Côte d'Ivoire)	82
<i>Kouakou Abraham KOUADIO et Téré GOGBE</i>	
Incidences sociale et environnementale d'un aménagement hydro-agricole intégré dans l'arrondissement d'Aplahoue au Bénin	101
<i>Romarc OGOUWALE et Mama-Sani ISSA</i>	
Impacts environnementaux et socio-économiques de l'orpillage dans la région centrale du Togo	117
<i>ZIMARI Tchagnirou, Abdel-Nazif et BOUKPESSI Tchaa</i>	
L'impact de la dynamique de la cacaoculture sur le développement rural de la sous-préfecture de Kouibly (Côte d'Ivoire)	136
<i>YOUAN Louis Gerson, GNAMBA-Yao Jean-Baptiste et ALOKO N'Guessan Jérôme</i>	
Élevage, aménagement spatial et problématique foncière dans l'environnement du Lac de Guiers	156
<i>Mame Arame SOUMARE</i>	
Approche descriptive des conflits opposant agriculteurs et pasteurs dans la commune rurale de Sio (république du Mali).....	173
<i>Abdou BALLO, Bréhima DIARRA et Noumou DIAKITE</i>	
Acquisitions foraines des terres rurales, une forme locale d'accaparement foncier au Togo	187
<i>KONLANI Nayondjoa</i>	

Transport des débits massiques éoliens dans la zone des Niayes : cas du secteur de Mboro littoral nord sénégalais	203
<i>Mouhamadou Bassirou Seck, Amadou Abou Sy et Boubou Aldiouma Sy</i>	
Dynamique côtière de Gbetsogbe a Kossi-Agbavi (côte du Togo) à la suite de nouveaux aménagements portuaires et des effets du changement climatique.....	218
<i>ADJOUSI Pessièzoum</i>	
Variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie au Bénin.....	233
<i>OYEDE INÈS, ALAMOU Eric, CHABI Ayédèguê Biaou Philippe, YABI Ibouiraïma et SAGNA Pascal</i>	
Dynamique de la végétation naturelle lacustre et ses effets sur le lac de Léré (Mayo-Kebbi au Tchad).....	243
<i>Passinring Kedeu et Kebta Massanone</i>	
Accessibilité géographique et socioéconomique à l'eau potable dans une localité rurale : Gregbeu (centre-ouest, Côte d'Ivoire).....	259
<i>KOUKOUGNON Wilfried Gautier et AKE-AWOMON Djaliah Florence</i>	

TRANSPORT DES DEBITS MASSIQUES EOLIENS DANS LA ZONE DES NIAYES : CAS DU SECTEUR DE MBORO LITTORAL NORD SENEGALAIS

Mouhamadou Bassirou Seck, Laboratoire Leïdi, Université Gaston Berger de Saint-Louis. Amadou Abou Sy, Département de géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar Boubou Aldiouma Sy, Laboratoire Leïdi, Université Gaston Berger de Saint-Louis

Résumé

La déflation éolienne s'exerce sur la côte de Mboro avec une masse importante de débits solides entraînés en direction des Niayes qui sont des bas-fonds assurant la transition entre les dunes rouges continentales et les dunes jaunes semi-fixées. Ces espaces maraîchers subissent une dynamique d'ensablement dans un contexte où la population de plus en plus croissante est en quête permanente de terres cultivables.

L'objectif de cet article est de quantifier les débits massiques éoliens transportés par le vent le long de la côte de Mboro. Ce qui justifie la méthodologie adoptée. La méthode repose essentiellement sur l'utilisation d'un dispositif artisanal de trappes à sable sur le flanc dunaire. Les échantillons collectés des directions préférentielles des flux éoliens (NW, NE, SW et SE) ont été traités, analysés et discutés.

Les résultats obtenus indiquent une quantité importante de sédiments en transit entre la dune et les Niayes de Mboro. Les débits massiques mobilisés témoignent du risque d'ensablement des Niayes et des habitats à travers une intensité éolienne de secteur N et NW susceptible de déloger et d'entraîner un granulat fin et très fin en saison sèche chaude de déflation.

Mots-clés : *Mboro - débits solides - quantification - dynamique d'ensablement - risque morphogénique.*

TRANSPORT OF MASS WIND FLOWS IN THE NIAYES AREA: CASE OF THE MBORO SECTOR, NORTHERN SENEGAL AREA

Abstract

Wind deflation is exerted on the coast of Mboro with a large mass of solid flows driven towards the Niayes which are shallows ensuring the transition between the continental red dunes and the semi-fixed yellow dunes. These market garden areas are undergoing a dynamic of silting in a context where the growing population is in permanent search of cultivable land.

The objective of this article is to quantify the wind mass flows carried by the wind along the coast of Mboro. This justifies the methodology adopted.

The method is essentially based on the use of an artisanal device of sand traps on the side of the dune. The samples collected from the preferential directions of wind flows (NW, NE, SW and SE) were processed, analyzed and discussed.

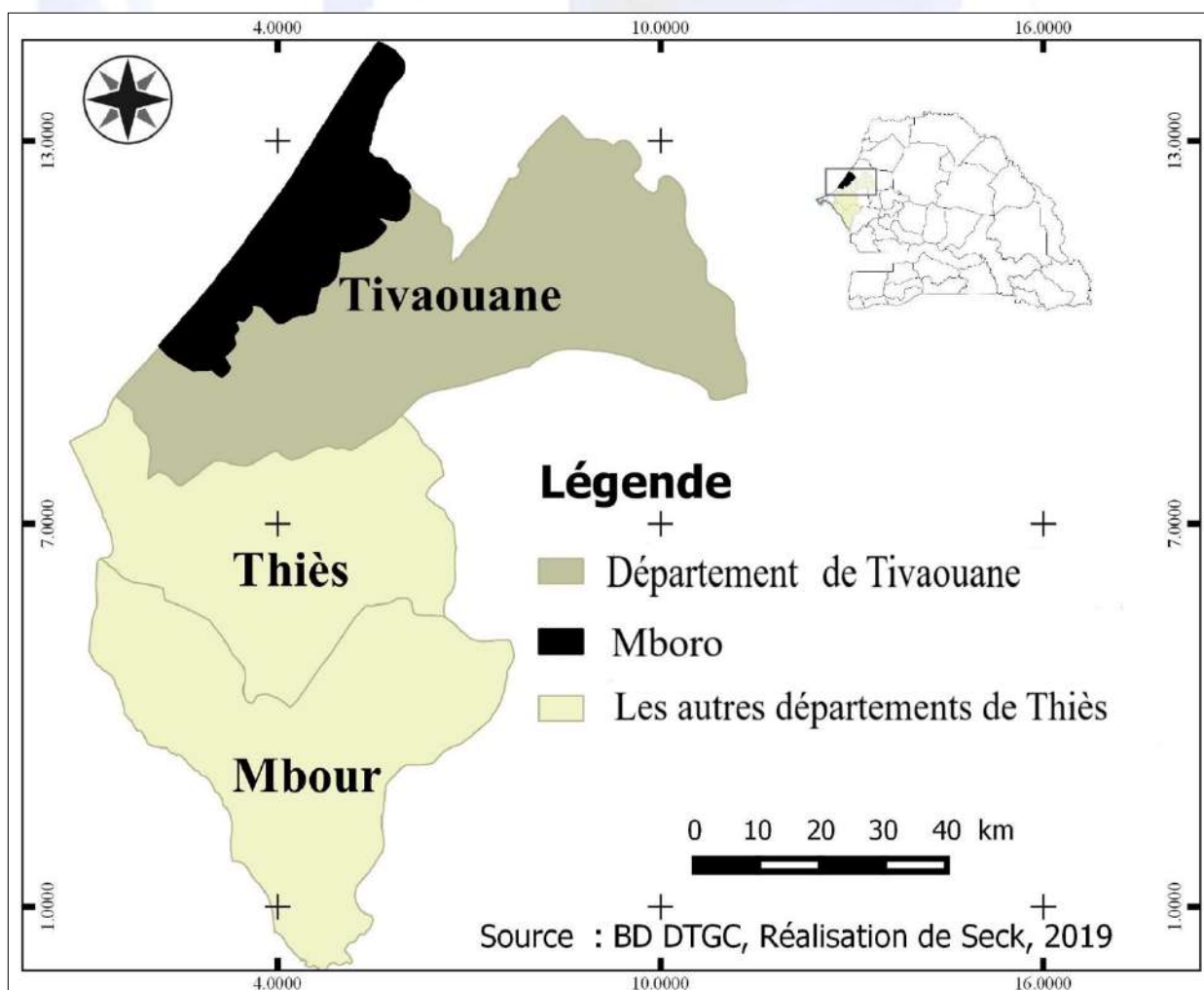
The results obtained indicate a significant amount of sediment in transit between the dune and the Niayes of Mboro. The mass flows mobilized testify to the risk of silting up of Niayes and habitats through a wind intensity of sector N and NW likely to dislodge and cause fine and very fine aggregate in the hot dry deflation season.

Keywords: *Mboro - solid flows - quantification - sanding dynamic - morphogenic risk*

Introduction

Le Sénégal présente une frange côtière de 718 km de long dont 300 km de côtes sableuses appelées Grande Côte ou Côte Nord (Faye Ibrahima, 2010), dans laquelle s'insère le secteur côtier de Mboro. C'est un secteur caractérisé par une succession de générations de dunes entre lesquelles se logent des bas-fonds : les Niayes. Les Niayes forment un écosystème plutôt humide hérité du Pluvial Tchadien (12 000 à 8 000 ans BP). Ce sont des dépôts meubles du Quaternaire récent constitués de sols hydromorphes organiques très propices à l'agriculture maraîchère (Fall Mamadou, 1986). Les caractéristiques physiques de la zone des Niayes expliquent son intérêt économique au Sénégal avec 80 % de la production maraîchère du pays (Ndao Mariétou, 2012).

Figure 1 : Croquis de localisation de l'espace d'étude de Mboro



Dans ce secteur, les particules de sable migrent pour ensabler les cuvettes maraîchères. La mobilisation massive des débits solides est facilitée par une compétence des vents dont le seuil est établi à 4,4 m/s (Tangara Abdourahmane, 2010) et à 5,63 m/s (Sy Amadou Abou, 2013 ; Niang Souleymane, 2017) sur une granulométrie souvent fine (Seck Mouhamadou Bassirou, 2019). Cette dynamique s'accroît en saison sèche chaude. Ce qui se traduit par un ensablement des cuvettes affectant la composition granulométrique du profil pédologique, donc du potentiel de fertilité des terres agricoles (espaces maraîchers). Elle intervient dans un

contexte où une population agricole de plus en plus nombreuse s'installe à la recherche de terres plus productives.

Les données recueillies sur le terrain ont permis de vérifier l'hypothèse selon laquelle la quantification des débits solides éoliens et l'étude de la sensibilité granulométrique indiquent un risque d'ensablement des Niayes de Mboro.

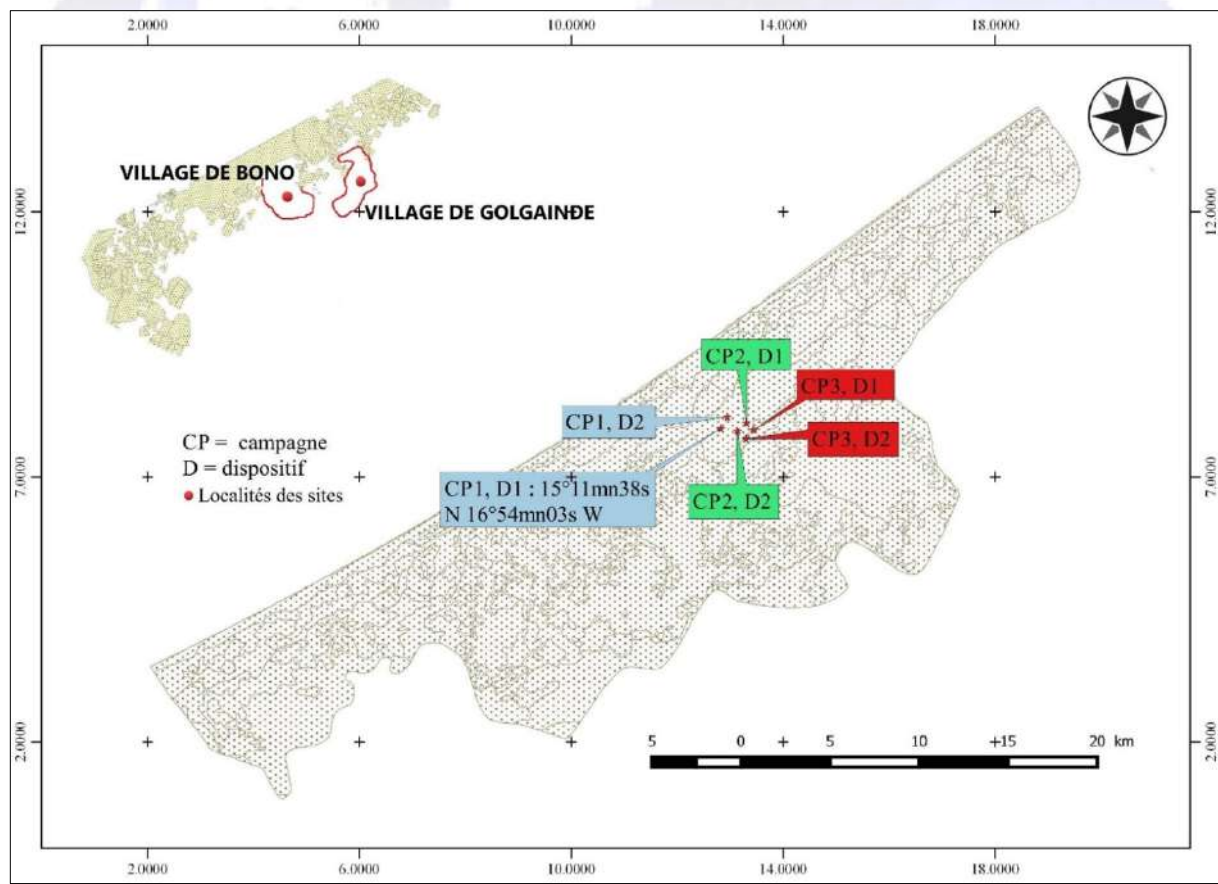
Méthodologie

La méthodologie utilisée s'appuie sur des expériences *in situ* de piégeage et de collecte des débits solides éoliens. A cet effet, deux (02) dispositifs mécaniques de trappes à sédiments ont été installés sur la dune afin de piéger les sédiments en transit. Chaque dispositif est formé d'un support de 42 cm de longueur et de 30 cm de largeur (soit une surface de 1260 cm²) et contient quatre pièges orientés NW, NE, SW et SE : directions préférentielles des vents efficaces.

Photo 1 : Dispositifs de trappes à sédiments à Golgaïndé (Seck M. Bassirou, 04-03-2019)



Trois campagnes ont été réalisées à Bono et à Golgaïndé en fonction des saisons de déflation sèche chaude et sèche froide. La première campagne est effectuée sur le site de Bono le 04 novembre 2018, début de la saison sèche froide. Une deuxième campagne le même mois de novembre (11/11/2018) à Golgaïndé confirme l'impact des conditions climatiques sur la cohésion et le transport des particules de sable. La troisième campagne à Golgaïndé a permis de mieux apprécier l'enjeu du contexte climatique sur la dynamique sédimentaire. Elle s'est déroulée le 04 mars 2019, en début de la saison sèche chaude.

Figure 2 : Sites de localisation des campagnes de trappes

Les sédiments sont piégés selon des intervalles de temps de 3 heures (de 9h à 18h). Les trois (03) campagnes totalisent 72 échantillons. Les débits massiques éoliens journaliers à la surface de la trappe (sur 0,1260 m²) sont ainsi déterminés au laboratoire par pesage à la balance électrique de précision. Il est aussi procédé des conversions sur un ha/jr (10 000 m²/jr), sur un mois (30 jours), sur un ha/mois (10 000 m²/30jr).

Une analyse granulométrique par sédimentométrie a révélé la distribution des calibres des sédiments, permettant de faire ressortir les indices et d'établir les courbes granulométriques indicatrices de la compétence éolienne sur le substrat sableux.

L'indice de classement Trask ou Storting-Index So^{41} s'exprime comme suit :

$So \text{ (mm)} = \sqrt{\frac{Q_{25}(\text{mm})}{Q_{75}(\text{mm})}}$; si So correspond à 1, le classement est parfait et plus la valeur est élevée, moins le classement est parfait.

L'indice d'asymétrie de Trask⁴² est défini par : $ast = \frac{Q_{25}(\text{mm}) \times Q_{75}(\text{mm})}{Q_{50}^2(\text{mm})}$; les valeurs négatives rendent compte de la dominance des sédiments fins et les valeurs positives de celle des sédiments grossiers. Les données ont été traitées au Labosol actuel AGTS. Cette méthodologie a produit les résultats qui suivent.

⁴¹ (Fournier J. et al., 2012), c'est un paramètre de dispersion qui indique le plus ou moins bon classement.

⁴² (Fournier J. et al., 2012), c'est un paramètre de distribution qui mesure l'allure de la courbe.

Résultats et analyse

La quantification des débits solides éoliens a permis de réaliser un bilan massique du transport sédimentaire sur la côte de Mboro. Les deux premières campagnes réalisées en début de saison sèche froide ont fourni des informations résiduelles. Les échantillons piégés sont très infimes. Loin d'être négligeable ou anodine, cette donnée est importante dans l'interprétation de la dynamique d'ensablement par rapport aux conditions liées au temps. En effet, entre autres paramètres de rugosité, la forte humidité pendant la saison sèche froide cimente les particules de sable qui deviennent plus résistantes au flux éolien. Les rosées et les embruns marins contribuent à humecter le sol et consolident la résistance face à l'énergie éolienne. Cependant, la troisième campagne de trappes à sable a permis d'établir un bilan massique conséquent témoignant une mobilisation de sédiments plus importante.

Analyse du bilan massique en transit Dune-Niayes

Le bilan massique est produit par la collecte et le pesage des débits solides éoliens piégés par les deux dispositifs de trappes à sédiments installés à Golgaïndé. Le tableau 1 récapitule l'ensemble de ces informations.

Tableau 1 : Résultats des débits massiques et taille des fractions piégées à Golgaïndé

					Résultats des essais en laboratoire							
					ESSAIS D'IDENTIFICATION							
Sondage		Type	Couches	Nature des échantillons	Granulo			Masse (en g) N°1	Masse (en g) N°2	Masse (en g) N° 3	Masse moyenne (en g)	
						% Passant						
					Ø	Ø	Ø					
					D.max	2	0,08					
Nord-Est (NE)	9h-12h	ER	E1	Sable de dune	-	-	-	9,531	9,529	9,531	6,353	
	12h-15h	ER	E2	Sable de dune	-	-	-	10,592	10,592	10,593	7,061	
	15h-18h	ER	E3	Sable de dune	-	-	-	14,870	14,870	14,871	9,913	
Nord-Ouest (NW)	9h-12h	ER	E4	Sable de dune	-	-	-	4,395	4,395	4,396	2,930	
	12h-15h	ER	E5	Sable de dune	-	-	-	147,400	147,410	147,410	98,270	
	15h-18h	ER	E6	Sable de dune	-	-	-	238,990	239,000	239,000	159,330	
Sud-Est (SE)	9h-12h	ER	E7	Sable de dune	-	-	-	0,280	0,286	0,285	0,189	
	12h-15h	ER	E8	Sable de dune	-	-	-	7,011	7,009	7,010	4,673	
	15h-18h	ER	E9	Sable de dune	-	-	-	8,770	8,772	8,771	5,847	
Sud-Ouest (SW)	9h-12h	ER	E10	Sable de dune	-	-	-	6,263	6,263	6,263	4,175	
	12h-15h	ER	E11	Sable de dune	-	-	-	6,853	6,852	6,850	4,568	
	15h-18h	ER	E12	Sable de dune	-	-	-	5,276	5,276	5,276	3,517	
Dispositif I (T1)												

Dispositif I (T1)

DISPOSITIF I (T1)

DISPOSITIF II (T2)

Mélange N°1				NE+NW+SE+S W	0,315	100	0,6	-	-	-	-
Nord-Est (NE)	9h-12h	ER	E1	Sable de dune	-	-	-	2,538	2,536	2,536	1,691
	12h-15h	ER	E2	Sable de dune	-	-	-	3,427	3,425	3,427	2,284
	15h-18h	ER	E3	Sable de dune	-	-	-	27,917	27,916	27,918	18,611
Nord-Ouest (NW)	9h-12h	ER	E4	Sable de dune	-	-	-	18,613	18,612	18,612	12,408
	12h-15h	ER	E5	Sable de dune	-	-	-	87,472	87,470	87,470	58,314
	15h-18h	ER	E6	Sable de dune	-	-	-	173,500	173,490	173,490	115,663
Sud-Est (SE)	9h-12h	ER	E7	Sable de dune	-	-	-	-	-	-	-
	12h-15h	ER	E8	Sable de dune	-	-	-	7,100	7,101	7,099	4,734
	15h-18h	ER	E9	Sable de dune	-	-	-	14,518	14,517	14,516	9,678
Sud-Ouest (SW)	9h-12h	ER	E10	Sable de dune	-	-	-	5,936	5,935	5,934	3,957
	12h-15h	ER	E11	Sable de dune	-	-	-	1,687	1,687	1,688	1,125
	15h-18h	ER	E12	Sable de dune	-	-	-	3,318	3,316	3,315	2,211
				Dispositif I (T1)							
Mélange N°2				NE+NW+SE+S W	0,315	100	0,5	-	-	-	-

Le tableau 1 présente les débits massiques piégés par les deux dispositifs. Comme il est déjà indiqué, les particules piégées sur chaque cadran dans les deux dispositifs sont vidées dans des sachets périodiquement : à 12h, à 15h et à 18h. Des situations de cumul des différentes informations permettent d'aboutir au tableau 2, qui établit la synthèse du bilan massique des dispositifs I et II de la station de Golgaïndé en saison sèche chaude.

Tableau 2 : Synthèse du bilan massique des dispositifs I et II à Golgaïndé

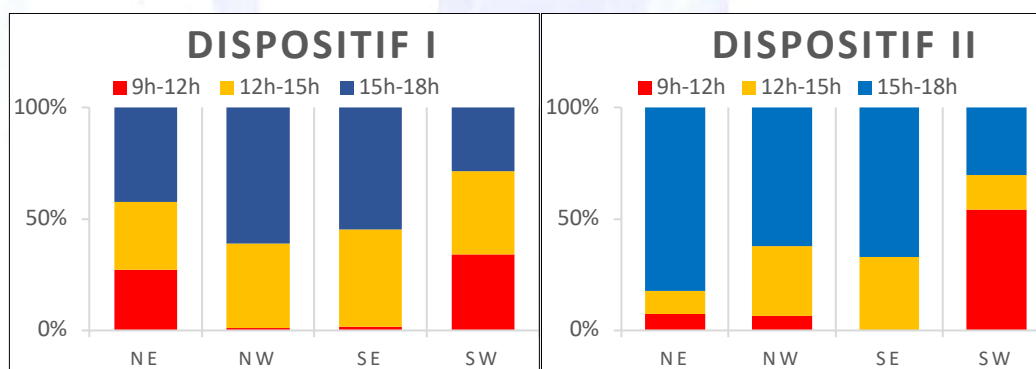
	Dispositif I					Dispositif II				
	NE	NW	SE	SW	Cumul par horaire	NE	NW	SE	SW	Cumul par horaire
9h-12h	6,353	2,930	0,189	4,175	13,647	1,691	12,408	-	3,957	18,056
12h-15h	7,061	98,270	4,673	4,568	114,572	2,284	58,314	4,734	1,125	66,457

15h-18h	9,913	159,330	5,847	3,517	178,607	18,611	115,663	9,678	2,211	146,163
Cumul de 9h à 18h par cadran	23,327 (7,6%)	260,530 (84,9%)	10,709 (3,5%)	12,26 (4%)		22,586 (9,8%)	186,385 (80,8%)	14,421 (6,2%)	7,293 (3,2%)	
Bilan massique journalier		306,826					230,685			

Le tableau 2 présente en synthèse deux grilles d'analyse. La première lecture permet d'apprécier le cumul en fonction des horaires. Pour le dispositif I, de 9h à 12h, le cumul des sédiments piégés par les différents cadrans est estimé à 13,647 g. Cette tranche horaire connaît un faible piégeage comparativement à celle de 12h à 15h où le cumul est de 114,572 g et celle de 15h à 18h qui atteint 178,607 g de sédiments piégés.

Cette augmentation progressive suivant la tranche horaire s'explique par les changements de temps à l'échelle de la journée avec la décohesion progressive des particules de sable ensoleillées. La situation similaire s'est présentée avec le dispositif II qui affiche 18,056 g de sédiments piégés entre 9h et 12h dans les différents cadrans. En évolution constante, le cumul passe à 66,457 g de 12h à 15h et à 146,163 g de 15h à 18h. La figure 3 illustre les résultats en débits massiques selon les horaires de collecte à Golgaïndé en saison sèche chaude.

Figure 3 : Débits massiques à Golgaïndé en saison sèche chaude

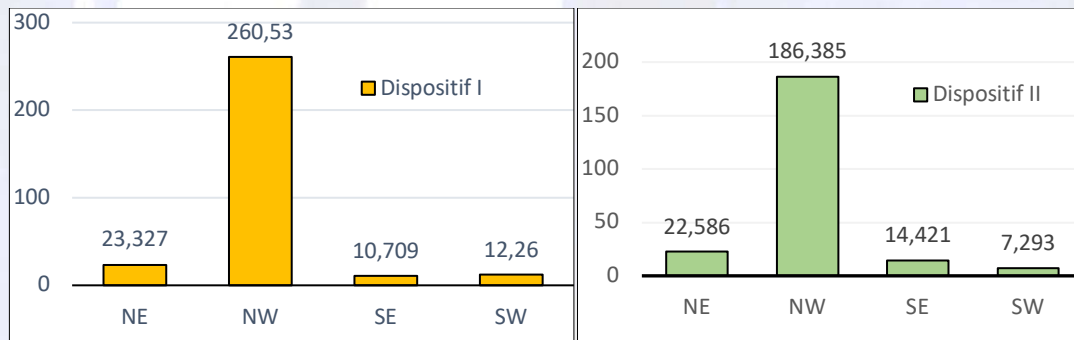


La figure 3 indique l'évolution des débits solides piégés par cadran et selon les différentes heures de la journée. Il est constaté une accélération de la dynamique de mobilisation et de transport des sédiments au fil des heures de la journée à l'exception de la dernière collecte du dispositif II du cadran SW. Cela peut s'expliquer par une force éolienne prédominante de secteur SW les premières heures de la matinée (de 9h à 12h).

La seconde lecture est l'analyse des cadrans des vents. La quantité des sédiments mobilisés en fonction des cadrans détermine la direction fréquentielle des vents. On constate de ce fait, pour le dispositif I, le cadran prépondérant est celui du NW qui cumule 260,530 grammes de 9h à 18h. S'ensuivent le cadran NE (23,327 g.), ceux du SW et du SE avec respectivement 12,260 et 10,709 g. Pour le dispositif II, l'ensemble est toujours largement dominé par le cadran NW dont le cumul des sédiments piégés est de 186,385 g. Il est suivi par le NE avec

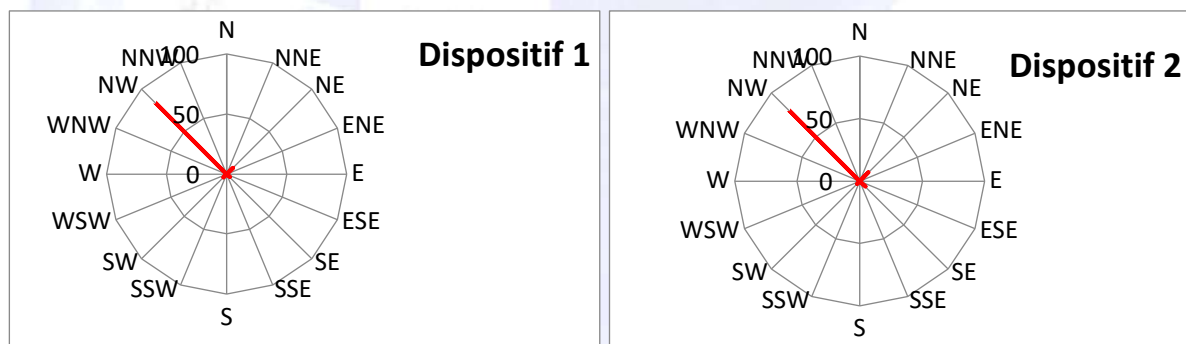
22,586 g de sédiments piégés. Le SE quant à lui est à 14,421 g contre 7,293 g pour le SW. La figure 4 représente cette donnée.

Figure 4. Bilan massique journalier en g. /j./secteur à Golgaïndé en saison sèche chaude



Le bilan massique permet de voir une domination des vents de secteur NW. Le transport des débits massiques éoliens est donc prépondérant à plus de 80 %. Les roses sédimentaires traduisent mieux cette situation (figure 5).

Figure 5 : Roses sédimentaires des dispositifs I et II



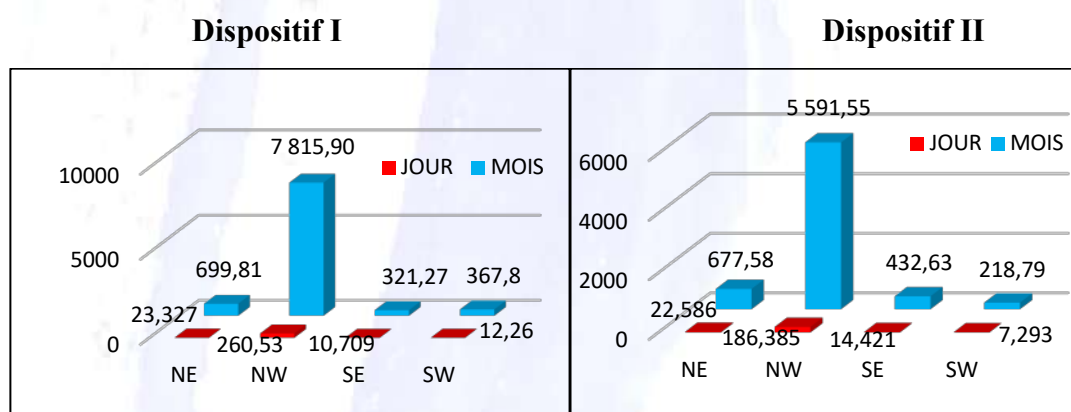
Les roses sédimentaires des dispositifs I et II indiquent la prédominance du cadran NW, soit 84,9 % pour D1 et 80,8 % pour D2. Le cadran NE cumule 7,6 % pour D1 et 9,8 % pour D2 et les cadrans SW et SE totalisent respectivement 4 % et 3,5 % pour D1, 3,2 % et 6,2 % pour D2.

Les vents de secteur Nord sont ainsi de loin plus compétents sur la côte de Mboro. En résumé, le bilan massique journalier sur 0,126 m² s'établit pour le premier dispositif à 306,826 g et pour le second dispositif à 230,685 g. Ces résultats permettent d'estimer les débits massiques par hectare/mois (tableau 3).

Tableau 3 : Bilan massique extrapolé en gr. /ha/mois

	Dispositif I				Dispositif II			
	NE	NW	SE	SW	NE	NW	SE	SW
Jour/0,1260 m ²	23,327	260,530	10,709	12,260	22,586	186,385	14,421	7,293
Mois (x30)/0,1260 m ²	699,81	7 815,9	321,27	367,8	677,58	5 591,55	432,63	218,79
Jour/10 000 m ²	1 851 349,2 06	20 676 98 4,13	849 920,63 49	973 015, 873	1 792 539,68 3	14 792 46 0,32	1 144 523 ,81	578 809, 5238
Mois (x30)/10 000 m ²	55 540 476, 18	620 308 4 43,9	25 497 619, 05	29 190 4 76,19	53 776 190,4 9	443 773 8 09,6	34 335 71 4,3	17 364 2 85,71

Le tableau 3 présente ainsi les données mensuelles potentielles : les cadrans NW les plus représentatifs se retrouveraient avec 7 815,9 g sur une aire de déflation de 0,1260 m² pour le premier dispositif et 5 591,55 g pour le second dispositif. Les quantités obtenues sont importantes : 699,81g et 677,58 g pour le NE du dispositif I et II, 367,8 g pour le SW du dispositif I tandis que celui du dispositif II affiche 218,79 g, moins important que le SE de 432,63 g. Ce dernier cadran est à 321,8 g pour le premier dispositif. La figure 6 illustre le bilan massique journalier rapporté à un mois des dispositifs I et II des trappes à sédiments.

Figure 6 : Bilan massique journalier rapporté à un mois des dispositifs I et II des trappes

La figure 6 traduit les masses extrapolées des sédiments sur un mois. Il affiche l'impact du paramètre « temps » dans la dynamique érosive. Le bilan massique est ainsi considérable. Sur un hectare (ha), soit 10 000 m², les données de la simulation révèlent l'ampleur de la dynamique d'ensablement :

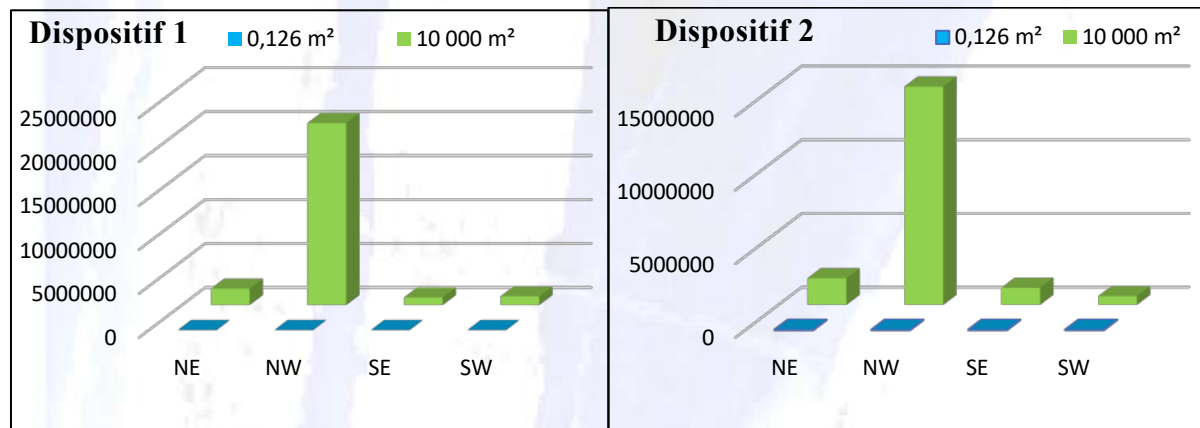
- le NW présente objectivement les données les plus importantes avec 20 676 984,13 g/ha (soit 20,676 tonnes/ha) pour le dispositif I et 14 792 460,32 g/ha (soit 14,792 tonnes/ha) pour le dispositif II.

- le NE affiche 1 851 349,206 g/ha (soit 1,851 tonne/ha) et 1 792 539,683 g/ha (soit 1,792 tonne/ha) respectivement pour les dispositifs I et II.
- le SE totalise 1 144 523,81 g/ha (soit 1,114 tonne/ha) pour le premier dispositif et 849 920,6349 g/ha (soit 0,849 tonne/ha) pour le second.
- le SW enregistre 973 015,873 g/ha (soit 0,973 tonne/ha) pour le dispositif I et 578 809,5238 g/ha (0,578 tonne/ha) pour le dispositif II.

Ces valeurs expliquent un ensablement important se traduisant par la dégradation mécanique progressive du potentiel de fertilité des espaces maraichers du littoral Nord du Sénégal.

La figure 7 renseigne sur les débits massiques en grammes extrapolés sur un hectare des dispositifs I et II des trappes à sédiments.

Figure 7 : Débits massiques en grammes extrapolés sur un ha des dispositifs I et II



Les résultats obtenus sur un hectare sont donc très significatifs. L'ampleur de la dynamique sédimentaire devient considérable sur cette hypothèse. Sur un hectare (10 000 m²) et sur un mois de déflation (30 jours), les débits massiques extrapolés deviennent un vrai risque à Mboro. Ce sont des millions de grammes de débits solides éoliens qui sont en transit et/ou stabilisés dans les bas-fonds : les Niayes de Mboro.

Photo 2 : Aire de déflation à Golgaïndé, Mboro (Seck Mouhamadou Bassirou, 04-03-2019)



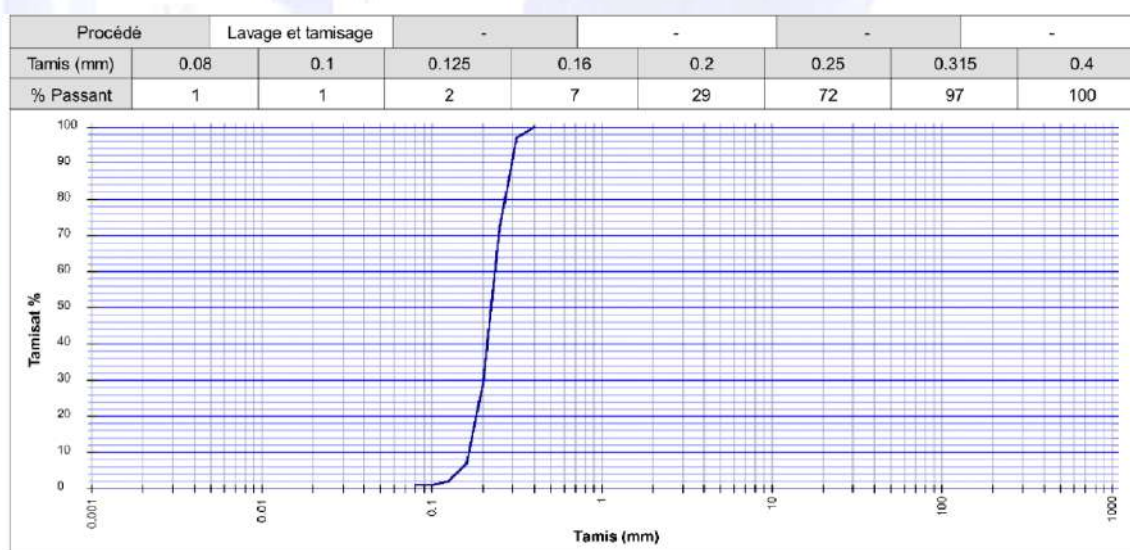
En Synthèse, 620 308 443,9 g/ha/mois (soit 620,308 tonnes) et 443 773 809,6 g/ha/mois (soit 443,773 tonnes) représentent les sédiments probablement piégés dans le cadran NW respectivement pour les dispositifs I et II. Pour la quantité la plus faible, pour un mois et un hectare d'aire de déflation, 17 364 285,71 g (soit 17,364 tonnes) de sédiments sont potentiellement piégés dans le cadran SW par le dispositif II.

Le bilan massique est significatif ; il constitue un potentiel sédimentaire menaçant. Conjugué à la sensibilité des granulats à la déflation éolienne et des conditions anémométriques locales, le risque devient plus inquiétant. L'étude des indices granulométriques vient caractériser ce risque à travers la sensibilité des populations granulométriques à la déflation éolienne à l'image des résultats de la taille des fractions mobilisées par le vent.

Sensibilité des granulats à la déflation

La sensibilité des grains à la déflation éolienne est étudiée par l'analyse granulométrique des débits solides par sédimentométrie⁴³. Les résultats obtenus sont des courbes interprétées par des indices granulométriques (figure 8).

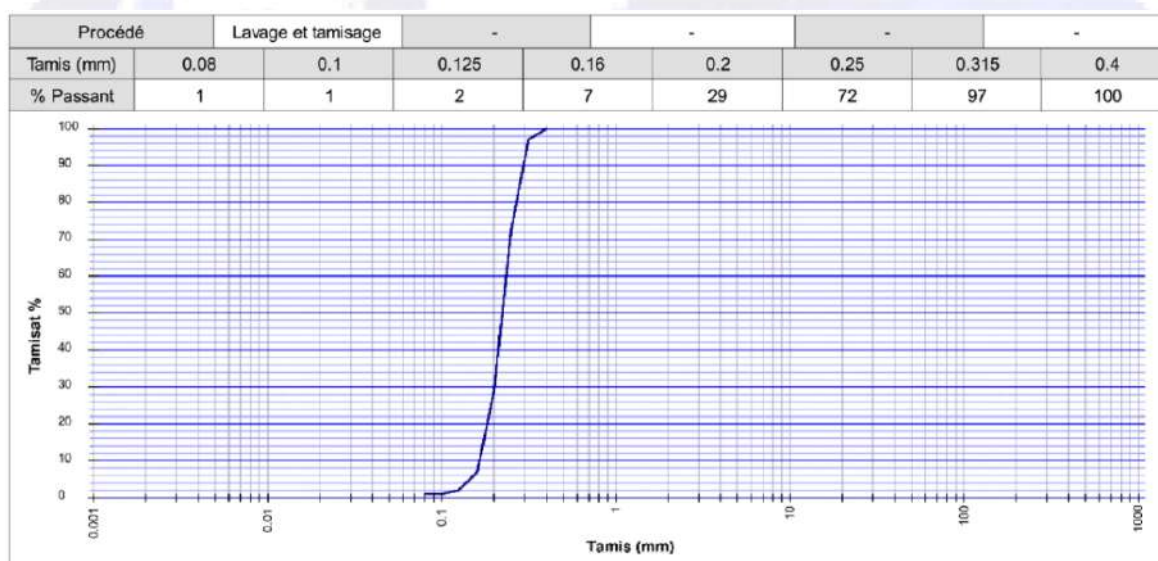
Figure 8 : Courbe granulométrique du dispositif I



La courbe granulométrique est de type sigmoïde. C'est une courbe en « S » qui montre « une structure monoparticulaire des sédiments » (Niang Souleymane, 2017). On peut ainsi en déduire une accumulation libre liée à la variation de la compétence du processus de transport de l'agent érosif. La courbe se déploie dans la maille caractéristique des sédiments fins : 0,125 - 0,16 mm de diamètre. En outre, l'indice de classement de Trask ou Storting-Index S_o est évalué à 0,531 mm ; ce qui indique un bon classement (Fournier Jérôme et *al.*, 2012), très proche d'un échantillon qui résulte d'un meilleur tri d'un matériel éolien (Mainguet Monique, 1984)⁴⁴. L'indice d'asymétrie de Trask est estimé quant à lui à 0,772 mm. C'est une valeur inférieure à 1, ce qui témoigne de la dominance des sédiments fins. Une telle dynamique traduit un mode de tri sélectif.

⁴³ La sédimentométrie est un essai granulométrique appliqué aux sables fins et très fins

⁴⁴ Un indice *Shorting* inférieur ou égal à 0,30 est un tri caractéristique d'un matériel éolien (Mainguet Monique, 1984)

Figure 9 : Courbe granulométrique du Dispositif II

Il en est de même pour l'analyse granulométrique des sédiments du second dispositif. En effet, les courbes sont quasi similaires et les quartiles sont très approximatifs. D'où les mêmes conclusions dans l'analyse des indices granulométriques : une structure fine des granulats qui traduit une sensibilité sédimentaire à la déflation éolienne. La compétence des vents sur un granulat très susceptible confirme le risque d'ensablement des Niayes à potentialité agronomique certaine.

Discussion

La quantification des débits solides éoliens a permis d'apprécier la dynamique sédimentaire dans le secteur côtier de Mboro. Le bilan massique ainsi établi retrace la mobilisation et le transport des débits solides éoliens sur la dune. Un travail mécanique des vents permet de déterminer le processus érosif du fluide éolien.

Les sédiments susceptibles à l'action des vents sont transportés suite à un travail incessant et répétitif du fluide en mouvement qui déloge les particules de sable, sape les formations superficielles à l'aide d'abrasifs et crée une réaction en chaîne (Sy Boubou Aldiouma, 2009). La répétition est mesurée par l'occurrence d'une direction quelconque d'où le terme de fréquence directionnelle.

Le secteur NW est prédominant à plus de 80 % des observations. A une vitesse favorable sur un substrat sableux de texture très fine, le vent répétitif peut provoquer un risque érosif important par suspension et saltation de particules de sable. Des quantités considérables de débits solides sont ainsi mobilisées à la surface de la trappe (0,126 m²) et des millions de grammes sont mobilisables par extrapolation sur un hectare et pendant un mois.

Dans cette perspective de quantification des débits solides, divers auteurs ont établi des bilans massiques qui témoignent de la dynamique sédimentaire sur la côte sableuse sénégalaise. La confrontation avec d'autres travaux permet de conforter les données et la méthodologie utilisée.

Niang S., Sy A. A. et Sy B. A. (2014) ont quantifié les débits solides éoliens et calculé les débits massiques mobilisés par saison de déflation sur la Grande côte du Sénégal. La méthodologie utilisée se base sur l'expérience mécanique des trappes à sédiments dont les résultats prêtent à l'analyse granulométrique et aux divers traitements statistiques. Les masses des débits solides piégés sont estimées d'abord par saison de déflation pour quantifier la dynamique d'ensablement par secteur dans les différentes unités morphologiques. En guise d'exemple, la contribution estime que, sur la dune, le cadran NW mobilise 8 283,7 g de débits solides en saison sèche froide, 8 230,82 g en saison sèche chaude et en saison des pluies un poids de 9 311,7 g. Ces résultats sont ensuite extrapolés sur une superficie d'un ha : sur la dune et dans la cuvette, par exemple, la masse extrapolée des débits solides éoliens sur un ha/mois est respectivement de 1 871 259 259 g et de 10 405 458,09 g pour la saison sèche froide.

Une méthodologie similaire est appliquée par Sy A. A. (2013) dans sa thèse de doctorat et qui conforte nos travaux. Entre autres thématiques, il a étudié l'érosion éolienne dans le système du Gandiolais où le SGAE (Système Global d'Action Eolienne) est ouvert car la mobilité est très dynamique entre érosion, transport, accumulation, réexportation.

Le secteur de Gadga Lahlar, par exemple, est marqué par une compétence avérée de l'agent érosif éolien, une granulométrie sensible au roulage, à la saltation et à la suspension, une insuffisance de forces de frottement, etc. Les campagnes de trappes à sédiments montrent un transport des débits solides éoliens en transit dans le secteur. Elles établissent des roses qui permettent de définir les fréquences directionnelles dominantes (N et NW en saison sèche, S et SE en saison des pluies), quantifient les débits solides massiques mobilisés particulièrement en direction des Niayes (5% des sédiments mobilisés à partir du revers du cordon blanc), etc.

Les quantités de débits solides éoliens obtenues par extrapolation sur un ha et l'effet entonnoir des cuvettes permettent de déduire une altération de la composition organique des sols des Niayes. Elles définissent aussi les saisons de déflation. En termes méthodologiques, cette séquence de la thèse de Sy Amadou Abou confirme la démarche scientifique de ce travail qui caractérise la dynamique d'ensablement par une quantification des débits solides éoliens (analyse granulométrique, débits massiques mobilisés, saisons de déflation, roses sédimentaires).

Niang S. (2017) a abordé dans le même sens en travaillant sur le système morphogénique mécanique qui agit sur l'écosystème des dunes et des Niayes du Gandiolais. Il s'agit de la problématique de l'ensablement et d'accrétion des unités morphopédologiques des Niayes. Les résultats des trappes à sédiments ont abouti à des débits massiques quantifiés, à des analyses granulométriques qui confirment la compétence des vents dont le seuil critique de mobilisation des débits solides éoliens est établi à 5,63 m/s.

Tangara A. (2010) a mesuré le charriage de sable par le vent sur la côte Nord, précisément à Mboro. La dynamique sédimentaire permet de mesurer la menace d'ensablement sur les Niayes et les Ndioukis. Des mesures *in situ* par trappes à sédiments sont faites sur la côte Nord du Sénégal et permettent de disposer des mesures quantifiées. Par exemple, 155,7 kg/m de largeur du courant éolien sont charriés par le fluide éolien en 1988 dont 80,6 kg/m pour le

mois de janvier ; en novembre 1989 les sédiments charriés s'élèvent à 30,6 kg/m de largeur du courant éolien et 46,5 kg/m au mois de décembre.

A la lumière de ces travaux, la méthodologie utilisée est cohérente avec les objectifs de quantification des débits solides éoliens et les données recueillies sont des mises à jour de la dynamique sédimentaire le long de la côte de Mboro.

Conclusion

En définitive, des quantités considérables sont mobilisées ou mobilisables par la déflation éolienne à Mboro. Cela est dû à la granulométrie fine à très fine d'un substrat dunaire fortement érodable par la force éolienne en période de saison sèche chaude. Un matériau quartzueux en transit sur la dune est donc mobilisé par saltation et suspension vers les secteurs de bas-fonds : les Niayes. Ce sont les Niayes où les particules de sable peu évolué sont susceptibles d'altérer la composition de sols hydromorphes organiques. L'accrétion du sol des Niayes par le matériau dunaire est une agression de la teneur et de la valeur agronomique des cuvettes maraîchères. Le résultat est alors une érosion des sols et un ensablement des champs à côté de l'ensevelissement de l'habitat et des infrastructures. Cette dynamique est portée donc sur un territoire côtier très attractif et anthropisé. Cette vulnérabilité de la côte de Mboro justifie les aménagements forestiers entrepris depuis 1981.

Références bibliographiques

- Fall Mamadou, (1986), *Environnements sédimentaires quaternaires et actuels des tourbières des Niayes de la Grande Côte du Sénégal*, Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, Géologie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 153 p.
- Faye Ibrahima, (2010), *Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest) : Approche régionale et locale par photo-interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes*, Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Volume 1, 321 p.
- Fournier Jérôme et al., (2012), *Analyses granulométriques, principes et méthodes*. CNRS, Dinard, 99 p.
- Mainguet Monique, (1984), « *Le vent, mécanisme d'érosion, de dégradation, de désertification* », Trav.Inst. Géogr.Reims, p. 59-60.
- Ndao Mariétou, (2012), *Dynamiques et gestions 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, Université de Toulouse 2 Le Mirail, cotutelle internationale Université Gaston Berger de Saint-Louis, 371 p.
- Niang Souleymane, Sy Amadou Abou et Sy Boubou Aldiouma, (2014), « *Dynamique d'ensablement des Niayes du Gandiol : approche par la quantification des débits solides éoliens et conséquences sur les cuvettes agricoles* », in *Revue de Géographie du Laboratoire Leïdi*, N°12, p. 66-83.
- Niang Souleymane, (2017), *Dégradation chimique et mécanique des terres agricoles du Gandiolais (littoral Nord du Sénégal) et analyse des dynamiques actuelles d'adaptation*, Thèse de doctorat de géographie, Université Gaston Berger de Saint-Louis, 357 pages.

Seck Mouhamadou Bassirou, (2019), *Dynamique de l'ensablement et protection des Niayes de Mboro. Quantification des débits solides éoliens et cartographie des aménagements de protection*, Thèse de doctorat de géographie, Université Gaston Berger de Saint-Louis, 238 pages.

Sy Boubou Aldiouma, (2009), *Roches et processus sédimentaire*, Université Gaston Berger de Saint-Louis, UFR des Lettres et Sciences Humaines, 90 p.

Sy Amadou Abou, (2013), *Dynamiques sédimentaires et risques actuels dans l'axe Saint-Louis-Gandioul, littoral Nord du Sénégal*, Thèse de doctorat de Géographie, UGB, 333 pages.

Tangara Abdourahmane, (2010), « Données anémométriques et charriage de sable sur la côte Nord du Sénégal cas des secteurs de Kayar et de Mboro », in *Revue de Géographie du Laboratoire Leïdi*, n° 08, p. 145-153.