

Tendance pluviométrique et compétence du paramètre anémométrique dans l'Est du Bassin Arachidier du Département de Thiès (BADT), Centre-ouest du Sénégal

Abdoulaye SOUGOU¹
Seydou Alassane SOW²
Boubou Aldiouma SY¹

¹Laboratoire Leïdi « Dynamiques des Territoires et Développement » (DTD), Université Gaston Berger (UGB), BP 234 Saint-Louis, Sénégal.

²Laboratoire de géomorphologie, Université Cheikh Anta Diop (UCAD) de Dakar, Sénégal.
ablayesougou14@gmail.com

Résumé

Dans l'Est du Bassin Arachidier du Département de Thiès (BADT), bassin arachidier Nord du Sénégal, le cadre géomorphologique, régi par la pente du bassin versant du Car-Car, est perpendiculaire au secteur de provenance dominant des vents compétents, intensifiant l'action éolienne. À cela s'ajoute le paramètre pluviométrique, qui joue un rôle décisif en permettant de situer la succession des épisodes secs et humides, déterminants de la compétence du paramètre anémométrique. Cet article vise à analyser le lien entre la variabilité pluviométrique récente (1982-2020) et les modifications des données anémométriques dans le BADT-Est. La méthodologie repose sur la segmentation des cumuls pluviométriques annuels au moyen de la méthode d'Hubert et al. (1989). Par la suite, les données des maxima journaliers des vents efficaces ainsi que les fréquences directionnelles associées sont analysées en fonction des occurrences sèches et humides. Les résultats montrent que les séquences sèches correspondent à une intensification des vents érosifs, avec une prédominance des vents provenant du secteur N-E. À l'échelle saisonnière, les vitesses du vent sont généralement faibles entre juillet et septembre, pendant la saison des pluies. Du point de vue morphologique, la classe d'altitude comprise entre 8 et 20 m est plus exposée aux flux éoliens, en raison de son alignement avec l'écoulement des vents issus de l'anticyclone maghrébin, qui soufflent presque continuellement durant la saison sèche.

Mots clés : Est du Bassin Arachidier du Département de Thiès (BADT), vents compétents, paramètre pluviométrique, épisodes secs et humides, paramètre anémométrique

Abstract

In the Eastern part of the Peanut Basin of the Thiès Department (PBTD), in the Northern Peanut basin of Senegal, the geomorphological framework, governed

by the slope of the Car-Car watershed, is oriented perpendicular to the main direction of the dominant competent winds, thereby intensifying aeolian activity. Added to this is the rainfall parameter, which plays a decisive role by marking the succession of dry and wet periods, which in turn determine the effectiveness of wind dynamics. This article aims to analyze the link between recent rainfall variability (1982-2020) and changes in wind data in the Eastern part of the PBTB. The methodology is based on the segmentation of annual rainfall totals using the method developed by Hubert et al. (1989). Subsequently, data on the daily maxima of effective winds, as well as associated directional frequencies, are analyzed according to dry and wet occurrences. The results show that dry sequences correspond to an intensification of erosive winds, with a predominance of winds coming from the N-E sector. On a seasonal scale, wind speeds are generally low between July and September, during the rainy season. From a morphological perspective, the altitude class between 8 and 20 meters is more exposed to wind flows due to its alignment with the airflows originating from the Maghreb high-pressure system, which blow almost continuously during the dry season.

Keywords: Eastern part of the Peanut Basin of the Thiès Department (PBTB), competent winds, rainfall parameter, dry and wet periods, wind dynamics

Introduction

L'érosion éolienne affecte environ 314 millions d'hectares de terres arides en Afrique, dont 83% se situent au Sahel, où elle constitue la principale cause de la dégradation des sols (Tidjani, 2008). À l'échelle continentale, les surfaces touchées par ce phénomène varient selon le degré d'aridité : 143 millions d'hectares dans les zones arides, 42 millions dans les zones semi-arides et 5 millions dans les Régions subhumides sèches (Middleton et Thomas, 1997). Les processus éoliens jouent ainsi un rôle déterminant dans les Régions arides, contribuant fortement à la dégradation des écosystèmes sahéliens (Bielders, Rajot et Michels, 2004 ; Sterk, 1997 ; Ozer, Bodart et Tychon, 2005).

Dans le contexte sénégalais, plusieurs études se sont penchées sur l'érosivité du facteur éolien. Dans le Nord du pays (station de Saint-Louis), Sy B. A. (2008) a consacré une partie de ses travaux à l'analyse du lien entre l'évolution pluviométrique et le comportement du vent, en comparant les phases 1964-1980 et 1981-2000, notamment à travers la distribution des classes de vitesse et des fréquences directionnelles.

Diaw A. T. (1982), en s'inspirant de Thomas Y. F. (1975), identifie un seuil critique de mise en mouvement des sables du Nord-ouest du Sénégal, dont les diamètres médians varient de 0,020 cm pour les dunes anciennes à 0,022 cm pour les dunes vives et jaunes.

Dans la Région de Thiès (Centre-ouest), Cissokho R. (2011) propose un indice de vulnérabilité à l'érosion éolienne. À travers l'analyse d'une station synoptique, il adopte une approche saisonnière centrée sur la dynamique des tranches de vitesse du vent, sans toutefois intégrer les secteurs de provenance.

Cissokho s'inscrit dans la continuité des travaux de Fall O. (2002), qui exploite des données d'observation sur les brumes de poussière et les vents de sable dans les Régions de Louga, Diourbel et Kaolack, limitrophes de Thiès. En croisant ces observations avec les relevés de la Direction nationale de la météorologie d'alors, Fall distingue deux catégories de vents : efficaces et inefficaces.

Malgré ces contributions, rares sont les recherches ayant analysé de manière intégrée les interactions entre la variabilité pluviométrique et le paramètre anémométrique, à l'exception notable de Sy B. A. (2008), dont l'approche demeure toutefois qualitative concernant la discrimination des épisodes pluviométriques.

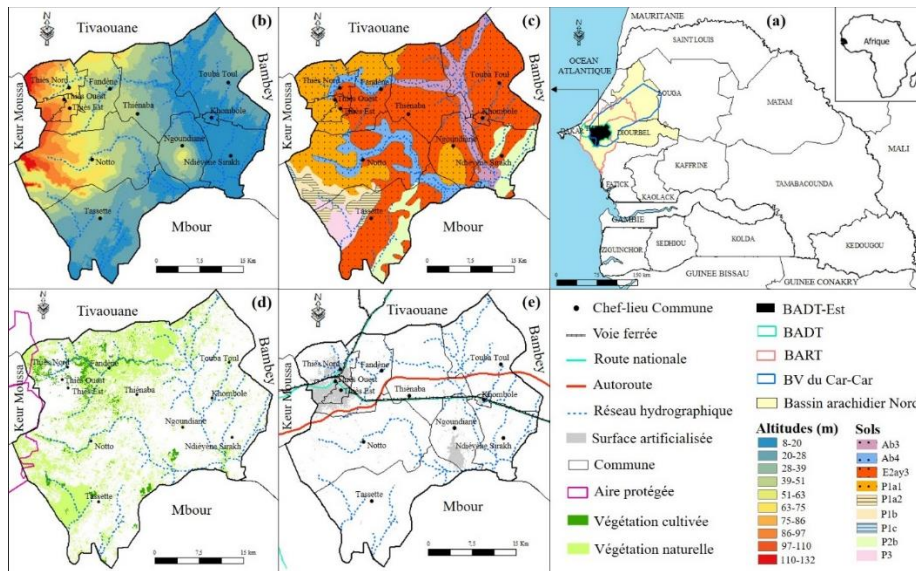
Dans l'Est du Département de Thiès, le présent article propose une lecture conjointe de la tendance pluviométrique et de la compétence du vent. Il repose notamment sur l'identification de séquences humides et sèches à l'aide de la méthode d'Hubert et *al.* (1989), et mobilise la morphométrie pour appréhender la répartition spatiale dudit agent morphogénique.

Ce travail constitue donc une contribution à la compréhension de l'interdépendance entre la variabilité des précipitations et les dynamiques anémométriques dans l'Est du Bassin Arachidier du Département de Thiès (BADT) sur la séquence 1982-2020. De manière spécifique, il vise à :

- identifier et caractériser la variabilité interannuelle des précipitations ;
- évaluer la dynamique spatio-temporelle du facteur éolien (direction et vitesse du vent), au regard du comportement pluviométrique.

La planche 1 présente la localisation et les caractéristiques de l'espace échantillon (Latitude : 14,7571 ; Longitude : -16,8368).

Planche 1 : Localisation et présentation de l'espace étudié



Lire : **Ab3** = sols hydromorphes sur matériau sableux ; **Ab4** = sols hydromorphes sur matériau très humifère ; **E2ay3** = sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés ; **P1a1** = sols ferrugineux tropicaux rouges ou lithosols, sur cuirasse à moins d'un mètre de profondeur ; **P1a2** = sols ferrugineux tropicaux rouge bruns, sur cuirasse à plus d'un mètre de profondeur ; **P1b** = sols d'éboulis de pente, colluvium, affleurements ; **P1c** = sols hydromorphes, sur matériaux divers ; **P2b** = sols calcimorphes ou sols bruns hydromorphes, sur matériau à lits gravillonnaires ; **P3** = sols hydromorphes de profondeur, sur alluvions argilo-sableuses ; **BART** = Bassin Arachidier de la Région de Thiès ; **BADT** = Bassin Arachidier du Département de Thiès ; **BV** = Bassin Versant.

Le BADT-Est correspond à la partie légèrement inclinée du plateau de Thiès. Il est caractérisé par des sédiments éoliens, des alluvions et des croûtes latéritiques (IRD, 1988). Situé dans le Bassin sédimentaire Sénégal-Mauritanien (BSM), ce plateau repose sur un substratum constitué de dépôts du Crétacé et du Tertiaire. Il a été façonné par plusieurs crises tectoniques remontant à l'Éocène, notamment avec l'apparition d'une faille

orientée Nord-Sud durant l'Yprésien et le soulèvement progressif du plateau de Thiès au Lutétien (Sy et Kabo, 2013).

Le BADT-Est comprend les limites des Communes administratives de Thiès Nord, Thiès Ouest, Thiès Est, Fandène, Notto, Tassette, Thiénaba, Ngoundiane, Ndiéyène Sirakh, Khombole et Touba Toul. Cet ensemble couvre les sous bassins versants de Fandène et de Kissane, s'étendant dans le Car-Car, qui se jette dans le complexe fluvial et maritime du Sine-Saloum.

À l'exception de la frange exclusivement dédiée au plateau, associée aux sols ferrugineux tropicaux rouges ou lithosols, sur cuirasse à une profondeur inférieure ou supérieure à un mètre (P1a1 et P1a2), issus des formations sur roches marno-calcaires des premières périodes du Tertiaire (Paléocène, Éocène), la majeure partie du BADT-Est est constituée de dunes de l'intérieur avec des mares non alignées. Ces dunes présentent des sols de type ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés (E2ay3), issus des formations éoliennes (ergs récents) sur terrains quaternaires. Les principaux cours d'eau des bassins versants de Fandène, de Kissane et du Car-Car sont des vallées mortes issues des formations sur dépôts alluviaux et colluviaux en terrains quaternaires : tandis que les deux premiers sont caractérisés par des sols hydromorphes sur matériau très humifère (Ab4), le dernier possède des sols hydromorphes sur matériau sableux (Ab3).

Dans ce cadre spatial, où les sédiments sont meubles et la pente est perpendiculaire aux flux des vents de l'alizé continental, ce papier se propose d'examiner, faut-il le rappeler, les interactions entre situation pluviométrique et comportement des vitesses et directions des vents. Cela passe par une approche méthodologique appropriée.

1. Méthodologie

Il s'agit de la détection des ruptures dans les données pluviométriques annuelles et de l'analyse du paramètre anémométrique.

1.1. Détection des ruptures dans les données pluviométriques annuelles

Les données pluviométriques sont obtenues auprès de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM) du Sénégal. L'étude du paramètre pluviométrique permet d'isoler les séquences sèches et les occurrences humides. Leur fréquence et leur continuité temporelle permettent de caractériser la sévérité des sécheresses qui constituent les facteurs explicatifs essentiels de l'érosion éolienne (Sy, 2008).

La détection des ruptures pluviométriques repose sur la méthode de segmentation d'Hubert et *al.* (1989). Cette méthode consiste à diviser la série en segments, de manière à ce que la moyenne calculée pour un segment soit significativement différente de celle du ou des segments voisins par application du test de Scheffé qui repose sur le concept de contraste (Dagnélie, 1970). Les auteurs de cette méthode la considèrent comme une approche similaire à un test de stationnarité. Si la procédure ne parvient pas à produire une segmentation acceptable (composée d'au moins deux segments), l'hypothèse nulle de stationnarité est alors acceptée.

Chronologiquement, la méthode de segmentation d'Hubert est utilisée dans de nombreuses études, notamment par Hubert P. et Bendjoudi H. (1996), Hubert P. et *al.* (1998), Hubert P., Bader J. C. et Bendjoudi H. (2007), Bodian A. (2011), Bodian A. (2014), entre autres. Les segments ainsi décelés guident l'analyse du paramètre anémométrique.

1.2. Analyse du paramètre anémométrique

Les données anémométriques utilisées dans ce travail sont obtenues à une hauteur de 10 mètres (m)¹ du sol, conformément aux recommandations de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM, 2005) pour les études de morphodynamique éolienne. Elles sont accessibles via le portail de services web de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) dans le cadre de son projet Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER², <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

¹ Le facteur éolien quantifié à moins (2 m notamment) de 10 m du sol peut être manipulé par les forces de frottement en place.

² La NASA, par le biais de son programme de recherche Earth Science, soutient depuis longtemps les systèmes satellitaires et les recherches fournissant des données importantes pour l'étude du climat et des processus climatiques dans des Régions où les mesures de surface sont rares voire inexistantes. Le projet POWER vient être un prolongement, ajoutant deux nouveaux ensembles de données applicables aux industries architecturales et à l'agroclimatologie (<https://power.larc.nasa.gov/docs/methodology/>, consulté le 09/06/2021).

Ces données de réanalyse représentent une alternative précieuse dans les pays en voie de développement, où l'acquisition de données continues pour plusieurs saisons est souvent difficile, en raison de leur coût élevé pour les institutions universitaires et des lacunes fréquentes dans les séries de données. En outre, les variables climatiques issues des observations *in situ* proviennent principalement de stations synoptiques, dont la faible densité spatiale limite les possibilités d'analyse spatio-temporelle détaillée.

Les données de réanalyse sont donc produites comme palliatives aux données observées. Elles se basent sur le principe de croisement de données observées et des modèles d'assimilation afin de pouvoir déterminer des champs atmosphériques complets répartis en grilles de points à l'échelle du globe. Ndiaye P. M. (2021) a démontré une bonne concordance temporelle entre les données observées et les réanalyses dans le bassin du fleuve Sénégal, renforçant ainsi notre choix.

En fonction de la topographie de l'espace d'étude, les vitesses de vent considérées ici correspondent aux maxima instantanés journaliers, extraits des Stations Virtuelles (SV) SV1 (20-132 m) et SV2 (8-20 m). Le champ de données couvert par la classe d'altitude 20-132 m utilise le même maillage spatial (0,5° Lat./Long. ou 55 km Lat./Long.). L'analyse de la variabilité temporelle des vents efficaces a permis de considérer les données de vent sous forme de séquences mensuelles, permettant ainsi d'observer la variation à l'échelle annuelle du paramètre anémométrique sur une longue série chronologique.

La classification des vitesses de vent est orientée par le seuil critique d'initiation du transport éolien défini pour le BADT-Est, soit 6 m/s (Cissokho, 2011 ; Fall, 2002 ; Diaw, 1982 ; Thomas, 1975 ; Sy et Kabo, 2013 ; Sougou, 2024). Les valeurs inférieures à ce seuil sont qualifiées de calmes. Pour chaque station, l'épisode étudié s'étend de 1982 à 2020, avec une attention particulière aux phases correspondant aux différentes ruptures pluviométriques. Les vents compétents sont ensuite spécifiés, et leurs secteurs de provenance sont quantifiés.

L'établissement de la rose des vents permet de définir l'orientation générale des mouvements sédimentaires. La rose des vents identifie la fréquence directionnelle des vents, c'est-à-dire

la direction de provenance des vents soufflant sur le Site étudié pendant la phase d'observation. Les trajectoires ainsi établies orientent le suivi du processus de colmatage autour des brise-vent.

Au total, l'approche méthodologique déployée a permis de produire des résultats significatifs dans le contexte du BADT-Est, quant à l'analyse de la relation entre tendance pluviométrique et compétence du paramètre anémométrique.

2. Résultats

Les résultats regroupent : l'évolution des ruptures dans les données pluviométriques et le comportement anémométrique selon les occurrences sèches et humides (typologie des limites de classes de vents et dynamique spatio-temporelle des vents efficaces).

2.1. Évolution des ruptures dans les données pluviométriques

Les variations cycliques dans le cumul des précipitations sont mieux traduites par la segmentation d'Hubert. La figure 1 est le résultat de la segmentation de la série pluviométrique 1980-2020 de la station de Thiès, selon la méthode d'Hubert et *al.* (1989).

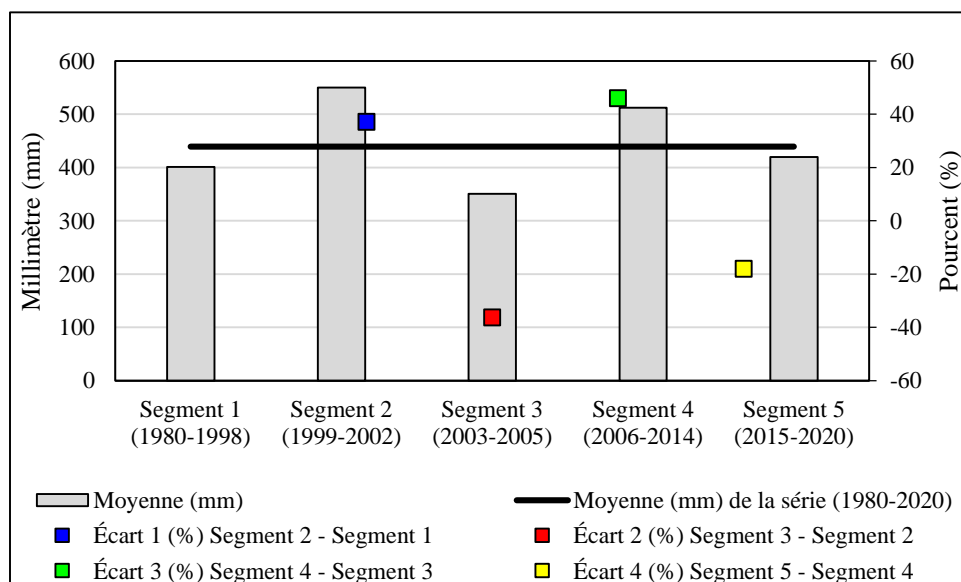


Figure 1 : Segmentation de la série pluviométrique 1980-2020, station de Thiès

Source : ANACIM, traitement des auteurs

La segmentation de la série pluviométrique de 1980 à 2020, enregistrée à la station de Thiès, conduit à la formation de cinq sous-ensembles distincts en raison de leurs moyennes respectives. Deux sous-ensembles sont mis en évidence avec des excédents pluviométriques de 37,1 et 46,05% (entre 1999-2002 et 1980-1998, ainsi qu'entre 2006-2014 et 2003-2005), tandis que les deux autres présentent des déficits de l'ordre de 36,22 et 18,03% (entre 2003-2005 et 1999-2002, ainsi qu'entre 2015-2020 et 2006-2014). Cette segmentation révèle une variation pluviométrique en dents de scie, avec trois segments sur cinq (1980-1998, 2003-2005 et 2015-2020) comptabilisant des précipitations inférieures à la moyenne (439,09 mm). Selon les occurrences sèches et humides, la compétence du paramètre anémométrique est analysée.

2.2. Le paramètre anémométrique selon les occurrences sèches et humides

Cette partie vise le découpage des individus anémométriques et l'établissement de la dynamique spatio-temporelle des vents compétents. Le classement des vents en fonction du seuil critique de déplacement des débits solides éoliens défini pour le BADT-Est (6 m/s) discrimine les vents efficaces dont la détermination des fréquences directionnelles informe sur la rose sédimentaire.

2.2.1. Évolution des limites de classes de vents

Les données anémométriques sont réparties entre les épisodes 1982-2020, 1982-1998, 1999-2002, 2003-2005, 2006-2014 et 2015-2020 ; la séquence 1982-2020 correspond à la chronique étudiée et le reste aux ruptures pluviométriques décelées par la segmentation d'Hubert et *al.* (1989), faut-il le rappeler. Le caractère meuble des sédiments de l'espace étudié justifie la finesse du découpage adopté.

2.2.1.1. Typologie des limites de classes de vents de la station SV1 (20-132 m)

Le tableau 1 décrit les limites de classes de vents de la station SV1 sur la séquence 1982-2020.

Tableau 1 : Typologie des limites de classes des vents de la station SV1 (1982-2020)

Vit. m/s	Séquences mensuelles en %											
	Janv	Fév	Mar	Avri	Ma	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Dé
0-6	21	13	18	14	25	52	73	83	92	91	66	37
6-8	55	60	60	61	59	46	26	16	8	8	30	49
8-10	20	25	20	23	15	2	2	1	1	0	3	13
>10	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1

Source : POWER NASA, traitement des auteurs

Au niveau de la station SV1, sur l'intervalle 1982-2020, les vents compétents (> 6 m/s) sont de 51,17%. La classe de vitesse faible (0-6 m/s) est globalement élevée pendant toute l'année, avec un pic important en septembre (92%) et une moyenne de 48,83%. La phase allant de juin à septembre présente une forte dominance de cette classe, indiquant que les vents sont généralement calmes pendant la saison des pluies. Les vents modérément efficaces (6-8 m/s) sont majoritaires, en particulier entre janvier et avril (entre 55 et 61%), avec une moyenne de 39,90%. Cependant, à partir de mai, ce pourcentage diminue régulièrement pour atteindre son point le plus bas en août (16%), avant de remonter en fin d'année. Cela montre une prévalence des vents modérément compétents en début et fin d'année, avec une chute pendant l'hivernage. La tranche de vitesse 8-10 m/s, vents forts, est relativement constante au début de l'année (20 à 25%) avant de diminuer drastiquement à partir de mai, pour atteindre presque 0% en saison pluvieuse. Il est remarqué donc que ces vitesses sont plus fréquentes pendant les mois de la saison sèche, avec une moyenne de 10,43%. Les vents très forts (> 10 m/s) sont extrêmement rares, avec des valeurs proches de 0% pendant la majeure partie de l'année et une moyenne de

0,83%. Les seuls mois où on en observe sont janvier (3%), février (2%), mars (2%), et un léger retour en novembre et décembre (1%). Cela suggère que les vents très forts sont une exception, survenant principalement en début et fin d'année.

Grosso modo, pour la tendance saisonnière, les mois allant de juin à septembre se caractérisent par des vents faibles (0-6 m/s) qui dominent largement, alors que le reste de l'année connaît des vents modérément forts (6-8 m/s). Se référant aux caractéristiques de faciès et à la vitesse seuil d'initiation du transport éolien, cela révèle un fort potentiel érosif, avec février, mars et avril comme mois les plus potentiellement érosifs. Les vents forts (> 8 m/s) sont rares, concentrés principalement au début et à la fin de l'année. S'agissant de la distribution annuelle, la répartition montre une transition nette des vents modérés à des vents beaucoup plus calmes en hivernage, avec une certaine remontée des vents modérés à partir de décembre.

Bien qu'adoptant la même ossature saisonnière que la série 1982-2020, les sous-séquences 1982-1998, 1999-2002, 2003-2005, 2006-2014 et 2015-2020 permettent de suivre l'évolution des moyennes des limites de classes de vents efficaces par rapport aux ruptures pluviométriques. Le tableau 2 renseigne sur la typologie des limites de classes de vents de la station SV1 durant la phase sèche 1982-1998.

Tableau 2 : Typologie des limites de classes des vents de la station SV1 (1982-1998)

Vit. m/s	Séquences mensuelles en %											
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
0-6	18	13	17	12	24	51	71	84	90	89	62	28
6-8	52	62	58	60	57	45	27	15	9	11	33	53
8-10	24	23	22	26	18	4	2	2	1	0	4	17
> 10	5	2	2	2	1	0	0	0	0	0	1	2

Source : POWER NASA, traitement des auteurs

En comparaison avec la chronique 1982-2020, l'épisode sec 1982-1998 fait passer les vents compétents de 51,17 à 53,38%. Les vents modérément efficaces (6-8 m/s) atteignent, cette fois-ci, 40,20%, au lieu de 39,90%. Les vents plus forts (8-10 m/s) restent relativement rares, avec une moyenne qui change de

10,43 à 11,93%. Les vents violents (>10 m/s), très inhabituels, se modifient de 0,83 en 1,25%. En somme, toutes les classes de vents érosifs ont connu une hausse. L'intervalle 1999-2002 initie un retour pluviométrique. Le tableau 3 catégorise les vents de ce pas de temps.

Tableau 3 : Typologie des limites de classes des vents de la station SV1 (1999-2002)

	Séquences mensuelles en %											
Vit. m/s	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
0-6	23	15	13	13	19	55	66	83	92	85	63	36
6-8	62	50	64	60	67	45	32	15	8	15	37	57
8-10	15	35	20	24	14	0	2	2	0	0	1	7
> 10	0	0	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0

Source : POWER NASA, traitement des auteurs

Par rapport à la séquence sèche 1982-1998, les vents significatifs comptabilisent une légère diminution, passant de 53,38 à 53,16%. Les vents modérés (6-8 m/s) demeurent plus fréquents en saison sèche, avec une moyenne quittant 40,20 à 42,60%. Les vents plus forts (8-10 m/s) se concentrent aussi sur la même phase, avec une moyenne changeant de 11,93 à 9,98%. Les vents violents (>10 m/s) sont très rares et ne concernent qu'un petit pourcentage de cas pendant quelques mois de l'année, avec une occurrence de 1,25% qui se transforme en 0,58%.

En résumé, le « retour de la pluviométrie » au début des années 2000 s'accompagne d'une baisse et d'une redistribution des classes de vents compétents : les vents modérément forts (6-8 m/s) connaissent une hausse au détriment des vents forts et très forts qui enregistrent une légère chute. De 2003 à 2005, un bref passage de déficit pluviométrique s'installe. Le tableau 4 classe les vents durant cet épisode.

Tableau 4 : Typologie des limites de classes des vents de la station SV1 (2003-2005)

Vit. m/s	Séquences mensuelles en %											
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
0-6	18	16	18	13	29	50	78	84	96	92	67	46
6-8	62	62	66	62	59	50	22	15	4	6	28	46
8-10	17	20	14	24	11	0	0	1	0	1	6	9
> 10	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Source : POWER NASA, traitement des auteurs

Se référant à l'intervalle humide 1999-2002, la brève phase sèche 2003-2005 fait chuter la proportion des vents potentiellement érosifs. Ces derniers passent de 53,16 à 49,29%. Les classes de vents efficaces suivent le même rythme : les vents modérés (6-8 m/s), forts (8-10 m/s) et très forts (>10 m/s) changent respectivement de 42,60, 9,98 et 0,58% en 40,27, 8,60 et 0,42%. La séquence humide qui succède est plus élargie et va de 2006 à 2014. Le tableau 5 individualise les limites de classes des vents de la station SV1 de 2006 à 2014.

Tableau 5 : Typologie des limites de classes des vents de la station SV1 (2006-2014)

Vit. m/s	Séquences mensuelles en %											
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
0-6	24	13	17	19	26	53	74	84	93	96	70	46
6-8	55	63	62	65	61	46	24	15	7	3	28	41
8-10	18	22	20	16	12	1	1	0	1	1	2	13
> 10	4	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Source : POWER NASA, traitement des auteurs

Les classes de vents potentiellement érosifs passent de 49,29 à 48,79%. Cette modification est soutenue par une redistribution des tranches de vitesses : les vents modérément efficaces (6-8 m/s), opérant presque toute la saison sèche, chutent en faveur des quelques vents forts à très forts. Les vents modérés passent de 40,27 à 39,13% ; les vents forts et très forts changent respectivement de 8,60 et 0,42% à 8,91 et 0,75%. La dernière phase (2015-2020) est sèche. Ses vents sont classés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Typologie des limites de classes des vents de la station SV1 (2015-2020)

Vit. m/s	Séquences mensuelles en %											
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
0-6	27	11	22	12	29	51	75	78	92	94	76	44
6-8	55	54	58	62	57	47	23	20	6	6	24	48
8-10	17	32	19	25	14	2	2	1	2	0	0	7
> 10	1	4	1	2	0	0	0	0	0	0	1	1

Source : POWER NASA, traitement des auteurs

La séquence sèche 2015-2020 intensifie l'action éolienne qui change de 48,79% en 2006-2014 en 49,17%. Cette recrudescence des vents efficaces est marquée par un rétrécissement des vents modérés à l'avantage des vents forts et très forts. Ces derniers passent respectivement de 8,91 et 0,75% à 10,07 et 0,83%.

Somme toute, de 1982 à 2020, la saison non pluvieuse est la plus venteuse. Selon que l'on soit dans un épisode d'arrêt ou de retour de la pluviométrie, les vents compétents (> 6 m/s) constatent des modifications aussi bien dans la moyenne annuelle que dans la distribution des tranches de vitesses. Les vents efficaces varient de 48,79% durant la phase humide 2006-2014 à 53,38% au courant de l'intervalle sec 1982-1998. Les vents forts et très forts enregistrent leur plénitude pendant les pas de temps secs 2015-2020 (10,07 et 0,83%) puis 1982-1998 (11,93 et 1,25%). La station SV2 prend en charge la classe d'altitude située entre 8 et 20 m.

2.2.1.2. Typologie des limites de classes de vents de la station SV2 (8-20 m)

Le tableau 7 procède au classement des vents maxima journaliers de la station SV2 sur la chronique 1982-2020.

Tableau 7 : Typologie des limites de classes des vents de la station SV2 (1982-2020)

Vit. m/s	Séquences mensuelles en %											
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
0-6	17	10	13	8	21	49	68	81	89	85	57	31
6-8	55	59	59	57	54	46	29	17	10	14	39	51
8-10	24	28	27	33	24	5	2	2	1	1	4	17

> 10	4	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	2
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Source : POWER NASA, traitement des auteurs

Sur le pas de temps 1982-2020, les stations SV1 et SV2 adoptent la même tendance saisonnière, sauf que celle-ci est plus nuancée entre vents compétents et incompétents au mois de juin. Du reste, de juillet à novembre, les vents inefficaces sont majoritaires. Par ailleurs, la station SV2 est dotée d'un pouvoir érosif plus important, avec 55,95 contre 51,17%. Quant aux tranches de vitesses, les vents modérément forts (6-8 m/s), forts (8-10 m/s) et très forts (>10 m/s) comptabilisent respectivement 40,80, 13,99 et 1,17%. L'intervalle sec 1982-1998 initie l'analyse du comportement éolien selon les sous-séquences sèches ou humides. Le tableau 8 permet de lire la distribution des classes de vents entre 1982 et 1998.

Tableau 8 : Typologie des limites de classes des vents de la station SV2 (1982-1998)

Vit. m/s	Séquences mensuelles en %											
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
0-6	14	9	13	8	18	47	66	80	86	81	52	24
6-8	52	65	57	55	51	45	32	18	13	18	43	52
8-10	29	23	27	35	29	7	2	2	1	1	5	21
> 10	6	3	3	3	2	0	0	0	1	0	1	3

Source : POWER NASA, traitement des auteurs

L'épisode sec 1982-1998 défie la chronique 1982-2020 en termes de pourcentage de vents compétents. Ces derniers passent de 55,95 à 58,60%. Les classes de vents efficaces répondent à la même règle : les vents modérés, forts et très forts évoluent respectivement de 40,80, 13,99 et 1,17% à 41,65, 15,13 et 1,83%. Qu'en est-il de l'intervalle humide 1999-2002 ? Le tableau 9 segmente les vitesses des vents de la station SV2 durant 1999 et 2002.

Tableau 9 : Typologie des limites de classes des vents de la station SV2 (1999-2002)

Vit. m/s	Séquences mensuelles en %											
	Janv	Fév	Mar	Avri	Ma	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Dé
0-6	12	12	10	11	16	48	62	83	88	78	54	31
6-8	69	44	60	53	61	49	33	14	12	19	44	58

8-10	19	42	28	33	22	3	5	3	1	2	2	10
> 10	0	2	2	3	1	0	0	0	0	0	0	1

Source : POWER NASA, traitement des auteurs

La phase humide 1999-2002 fait baisser le pourcentage de vents efficaces, se basant sur la séquence sèche 1982-1998. Les vents compétents passent de 58,60 à 57,92%. Les vents modérés augmentent aux frais des vents forts et très forts. Ces derniers passent respectivement de 15,13 et 1,83% à 14,17 et 0,75%. Le tableau 10 présente les classes de vitesses de vents sur le pas de temps 2003-2005, sec.

Tableau 10 : Typologie des limites de classes des vents de la station SV2 (2003-2005)

Vit. m/s	Séquences mensuelles en %											
	Janv .	Fév .	Mar s	Avri l	Ma i	Jui n	Juil .	Aoû t	Sept .	Oct .	Nov .	Dé c.
0-6	16	11	18	8	26	53	73	83	92	90	47	41
6-8	60	60	61	56	55	42	26	15	8	8	47	47
8-10	20	27	20	36	19	4	1	2	0	2	7	12
> 10	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Source : POWER NASA, traitement des auteurs

Le bref retour d'une situation de sécheresse entre 2003 et 2005 fait chuter, comme pour la station SV1, le pourcentage occupé par les classes de vents significatifs. Comparé à la phase humide 1999-2002, les vents érosifs passent de 57,92 à 53,50%. De 2006 à 2014, séquence humide, les vents sont discriminés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Typologie des limites de classes des vents de la station SV2 (2006-2014)

Vit. m/s	Séquences mensuelles en %											
	Janv .	Fév .	Mar s	Avri l	Ma i	Jui n	Juil .	Aoû t	Sept .	Oct .	Nov .	Dé c.
0-6	19	11	12	10	20	50	72	84	93	91	64	38
6-8	55	57	60	65	58	46	25	15	7	8	33	42
8-10	21	29	27	24	19	4	3	1	1	1	3	18
> 10	5	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1

Source : POWER NASA, traitement des auteurs

L'intervalle humide 2006-2014 concourt davantage au resserrement du pourcentage des vents potentiellement érosifs. Ces derniers passent de 53,50% entre 2003 et 2005 à 52,96%. La phase allant de 2015 à 2020 marque un déficit pluviométrique. La distribution des classes de vents durant cette séquence est décrite dans le tableau 12.

Tableau 12 : Typologie des limites de classes des vents de la station SV2 (2015-2020)

Vit. m/s	Séquences mensuelles en %											
	Janv	Fév	Mar	Avri	Ma	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Dé
.	.	.	s	l	i	n	.	t	.	.	.	c.
0-6	24	9	12	6	28	51	71	78	92	90	66	36
6-8	53	54	61	56	52	47	27	20	6	10	32	55
8-10	22	33	26	37	20	2	2	2	2	0	2	9
> 10	1	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Source : POWER NASA, traitement des auteurs

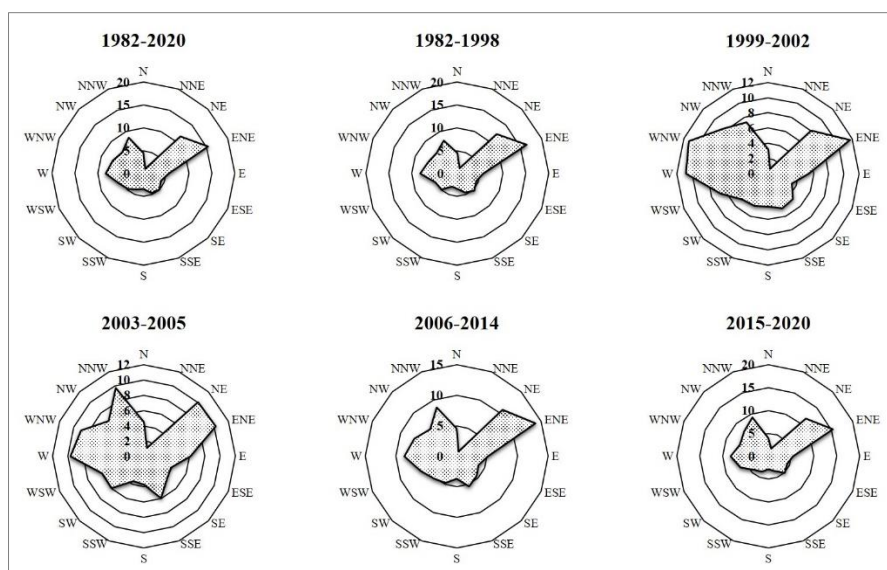
La situation de déficit pluviométrique entre 2015 et 2020 correspond à une légère remontée de la proportion de vents efficaces, se référant à l'épisode humide 2006-2014. Les vents supérieurs à 6 m/s passent de 52,96 à 53,16%.

En général, les vents des Stations SV1 (20-132 m) et SV2 (8-20 m) observent le même comportement, pour ce qui est de la succession de séquences sèche puis humide. Cependant, la station SV2 enregistrent plus de vents compétents qui s'installent jusqu'au mois de juin. Cela s'explique par le fait qu'elle est beaucoup plus ouverte aux flux d'harmattan (anticyclone maghrébin) du fait de sa position harmonisée avec le secteur de provenance (NE) de ces derniers. Par ailleurs, l'appropriation des secteurs de provenance des vents efficaces est cruciale, s'agissant de l'édification sur le sens d'écoulement des particules en transit.

2.2.2. Dynamique spatio-temporelle des vents efficaces suivant les épisodes secs et humides

Il s'agit des roses des vents (> 6 m/s) capables de déloger les débits solides. Cet exercice est nécessaire pour connaître la voie principale qu'empruntent les sédiments engagés par la mécanique du vent. La planche 2 expose les roses des vents compétents de la station SV1 de 1982 à 2020.

Planche 2 : Roses des vents efficaces de la station SV1 (1982 à 2020)



Source : POWER NASA, traitement des auteurs

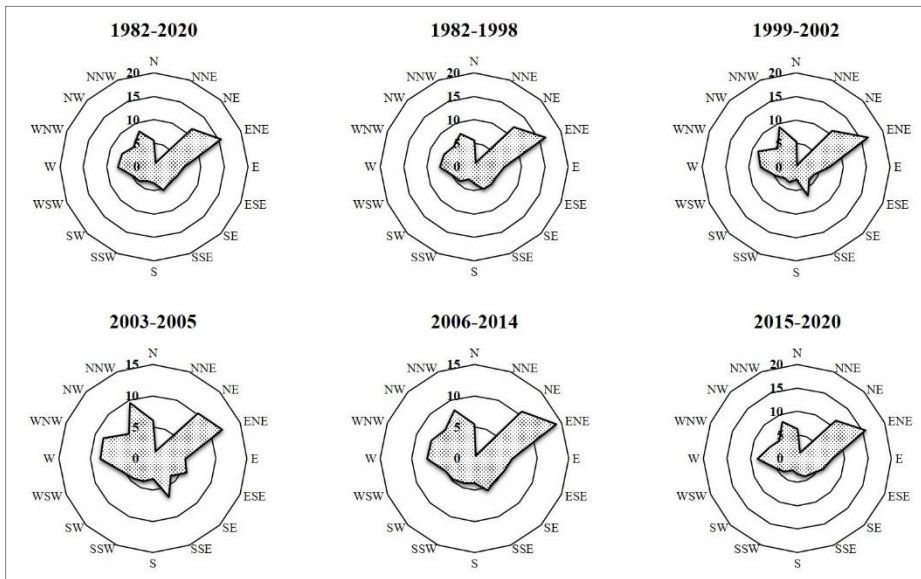
La planche 2 montre la distribution en pourcentage des roses des vents efficaces pour seize directions cardinales à la station SV1 (20-132 m d'altitude) sur différents intervalles de temps, de 1982 à 2020.

Sur l'ensemble de la chronique (1982-2020), les directions Nord à Est (37,96%) et Nord à Ouest (35,21%) dominent largement. Cela signifie que la majorité des vents érosifs viennent de ces

deux directions. Sur la séquence sèche 1982-1998, il est observé une prépondérance des vents de secteur Nord à Est (40,10%) et une diminution des vents provenant du Nord à l'Ouest (33,79%) par rapport au pas de temps global (1982-2020). Une inversion se produit durant la courte séquence humide 1999-2002. Les vents du N-W deviennent supérieurs (40,95%) tandis que ceux du N-E régressent significativement (28,90%). De 2003 à 2005, bref retour de la phase sèche, les vents venant du Nord à l'Ouest restent élevés (39,22%), avec une légère baisse par rapport à l'épisode précédent. Les vents du S-W augmentent également (28,81%), dévoilant une légère redistribution des directions dominantes. Sur l'intervalle humide 2006-2014, les directions des vents se stabilisent avec des valeurs proches de celles de 1982-2020. Les vents du N-W déchoient à 35,55%, au moment où ceux du N-E augmentent à nouveau (35,11%). Entre 2015-2020, marqué par un déficit pluviométrique, les vents venant du N-E retrouvent une suprématie (38,15%), pendant que ceux du N-W se stabilisent à 35,63%. Les autres directions restent relativement constantes, avec une légère chute des vents venant du S-E (21,27%).

Au total, les directions Nord à Est et Nord à Ouest sont dominantes à travers les intervalles. On observe toutefois des variations temporaires, particulièrement en 1999-2002 (épisode humide) où les vents du N-W dominent, ce qui pourrait être lié à des phénomènes climatiques spécifiques, des modifications locales des conditions atmosphériques ou des changements à l'échelle régionale, en tous cas décelés par les différentes phases de ruptures pluviométriques. Ces variations influencent la morphodynamique éolienne et les processus d'érosion ou de sédimentation dans l'espace étudié. La planche 3 établit les roses des vents efficaces de la station SV2 (8-20 m d'altitude) de 1982 à 2020.

Planche 3 : Roses des vents compétents de la station SV2 (1982 à 2020)



Source : POWER NASA, traitement des auteurs

Sur la séquence globale 1982-2020, les vents dominants proviennent du N-E (39,71%), suivis du N-W (34,70%). 1982-1998, épisode sec, se caractérise par des vents encore plus marqués venant du N-E (41,21%) et une légère baisse des vents du N-W (33,40%). La phase humide 1999-2002 reste dominée par le N-E (40,09%) qui diminue légèrement par rapport au pas de temps précédent. Il est aussi constaté une augmentation des vents du N-W (36,30%), marquant une redistribution des vents vers l'Ouest. De 2003 à 2005, intervalle de déficit pluviométrique, une baisse significative des vents du N-E (34,48%) et une forte augmentation des vents du N-W sont notées, indiquant un réajustement dans la dynamique des vents érosifs, avec le N-W nettement plus prononcé. Les vents du S-W augmentent également (25,39%), accentuant la diversité des directions dominantes pendant cette courte séquence. La phase humide 2006-2014 fait remonter légèrement les vents du N-E à 36,65%, pendant que ceux du N-W chutent légèrement (35,39%). Le S-E et le S-W restent relativement stables, comparés aux épisodes antécédents. De 2015 à 2020, intervalle sec, le N-E atteint son pic pour la phase récente (41,97%), retrouvant une dominance similaire à celle observée en 1982-1998 (sec).

En synthèse, comme pour la station SV1, les vents du N-E et du N-W dominent. Cependant, 2003-2005, épisode sec, marque un

changement temporaire avec une redistribution plus prononcée vers l'Ouest. Cette modification d'ensemble reste liée à des variations climatiques spécifiques durant ces années. Les données sur les roses des vents compétents sont importantes pour comprendre l'évolution de la morphodynamique éolienne, car la direction des vents affecte directement les processus de transport de sédiments et de dégradation des sols. Les résultats obtenus offrent des éléments de discussion.

3. Discussion

L'analyse de l'érosivité éolienne dans la Région du BADT-Est repose sur la segmentation des vents maxima journaliers, mettant en évidence que près de 50% des vents annuels, dépassant 6 m/s, sont capables de transporter des sédiments, avec une prédominance du cadran N-E.

D'emblée, Cissokho R. (2011, p. 12) souligne que « l'étude des changements climatiques à long terme offre une meilleure compréhension de l'impact de l'érosion éolienne qu'un instantané des conditions des lieux ne permettrait pas ». Suivant cette approche, l'analyse des séquences pluviométriques selon la méthode d'Hubert et *al.* (1989) identifie des phases humides et sèches, où la vitesse et la direction du vent varient de manière significative. Les épisodes secs montrent une capacité érosive plus accrue, tandis que les séquences humides diminuent l'intensité et modifient les directions préférentielles des vents (planches 2 et 3). Une telle démarche est adoptée par Fresser W. (2019) dans le cas du suivi du flux éolien vertical, quand il se réfère à l'intervalle sec 2014-2019.

Au plan saisonnier dans le BADT-Est, les vents compétents se concentrent de décembre à juin, phase sans précipitations qui coïncide avec le déclin de la végétation herbacée. Cissokho R. (2011) illustre l'évolution saisonnière de l'érosivité éolienne au Sénégal, où les mois de mars, novembre 1988, avril 1994, novembre 1999 et septembre 2002 confirment cette saisonnalité. La faible intensité des vents en 2002 dans le Département de Thiès, attribuée à une phase humide (terme de la phase humide 1999-2002, figure 1), n'a pas permis de percevoir de fortes activités éoliennes, selon l'auteur.

Les tendances pluviométriques jouent, ainsi, un rôle crucial dans l'analyse de la morphodynamique éolienne. Sy B. A. (2008), en comparant deux pas de temps (1964-1980 et 1981-2000) à Saint-Louis du Sénégal, identifie un changement dans les orientations dominantes des vents, passant d'un secteur NNW (29% des fréquences) lors de la première séquence à une prédominance de la direction N-E (65%) lors du second épisode (1981-2000). Ce dernier correspond à notre analyse de l'intervalle 1982-1998 dans le BADT-Est, où les vents de secteur N-E sont dominants (41,21%), tandis que ceux de N-W sont en recul (33,40%) à la station SV2.

Par ailleurs, la morphologie du terrain introduit une nuance dans la compétence du paramètre anémométrique. Dans le cas d'espèce (tableaux 1 et 7), la tranche d'altitude de 8 à 20 m est mieux pourvue en vents efficaces, en comparaison avec le niveau d'altitude de 20 à 132 m. Cette situation s'explique par deux facteurs : la proximité de l'espace étudié de la côte, et l'adaptation de la première classe d'altitude (8-20 m) à la circulation de l'alizé continental.

S'agissant du premier facteur, la station SV1 est davantage influencée par les houles de secteur NW (Sougou, 2024), issues de l'Atlantique Nord et présentes presque toute l'année. L'action de ces houles est ressentie différemment le long de la Petite et de la Grande Côte sénégalaise. Située au Sud de la presqu'île du Cap-Vert, la Petite Côte est faiblement impactée par les houles de direction NW, car celles-ci subissent un phénomène de diffraction à l'approche de la presqu'île, tandis qu'elles connaissent une réfraction au contact du fond de la baie de Gorée. Les altitudes comprises entre 20 et 132 m reçoivent néanmoins l'impact des houles, en raison de leur position surélevée (planche 1).

Concernant le second facteur, le vent, s'écoulant à la surface du sol, voit sa compétence dépendre de la hauteur par rapport au sol et des forces de frottement exercées dans la couche limite atmosphérique (Valentin, 1994). Son pouvoir érosif croît exponentiellement avec la vitesse, elle-même déterminée par la distance parcourue sans obstacle. La topographie perturbe ainsi l'écoulement de l'air, influençant la vitesse des particules au sein d'un volume délimité par le substrat en bas et une frontière supérieure. Dans cette couche limite, le fluide s'organise en

couches glissant parallèlement, provoquant une réaction en chaîne (Mainguet, 1985).

Conclusion

Cet article a essayé de contribuer à la compréhension de la relation entre les tendances pluviométriques et le comportement du facteur éolien dans l'Est du Bassin Arachidier du Département de Thiès (BADT), situé dans le Centre-ouest du Sénégal. L'objectif général était de quantifier les modifications induites par la succession des épisodes secs et humides sur la distribution des seuils de vitesse et les préférences directionnelles des vents potentiellement érosifs. L'analyse des données pluviométriques et anémométriques révèle que les phases sèches sont associées à une intensité éolienne plus accrue, avec des vents majoritairement orientés vers le N-E. Entre juillet et septembre, les vents sont globalement faibles, avec des vitesses comprises entre 0 et 6 m/s. Morphologiquement, la présence de la côte influe sur la classe d'altitude allant de 20 à 132 m ; en aval (8-20 m), les vents de secteur N-E s'écoulent sans obstacle. Ces résultats sont pleinement corroborés par la littérature scientifique spécialisée et enrichissent la compréhension de l'impact de la dynamique du potentiel précipitable post-2000 sur l'érosivité éolienne. Cependant, cette étude repose sur des données de réanalyse, dont la résolution spatiale limitée ne permet pas une densification suffisante des points de collecte. Cela souligne la nécessité, pour les fournisseurs de données, de recourir à des systèmes satellitaires plus sophistiqués. Cette amélioration est particulièrement cruciale pour calibrer les modèles d'érosion éolienne à l'échelle locale, en s'appuyant sur des données anémométriques précises comme paramètres d'entrée.

Références bibliographiques

BIELDERS Charles, RAJOT Jean Louis et MICHELS Karlheinz, 2004, « L'érosion éolienne dans le Sahel nigérien : influence des pratiques culturelles actuelles et méthodes de lutte », in *Sécheresse*, N°15, pp. 19-32

BODIAN Ansoumana, 2011. *Approche par modélisation pluie-débit de la connaissance régionale de la ressource en eau : application au haut bassin du fleuve Sénégal*, Thèse de doctorat en hydrologie continentale, Université Cheikh Anta Diop (UCAD) de Dakar, 288 p.

BODIAN Ansoumana, 2014, « Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'ouest) ». in *Physio-Géo*, Vol. 8, pp. 297-312

CISSOKHO Robert, 2011. *Développement d'un indice de vulnérabilité à l'érosion éolienne à partir d'images satellitaires, dans le bassin arachidier du Sénégal : cas de la Région de Thiès*, Thèse de doctorat de la Faculté des Arts et Sciences (Géographie) de l'Université de Montréal, 275 p.

DAGNELIE Pierre 1970, « Théorie Méthodes Statistiques », in Les Presses Agronomiques de Gembloux, Vol. 2, 451 p.

DIAW Amadou Tahirou, 1982, « Régime des vents et sédiments du Sénégal Nord-occidental », in Annales de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Dakar, N°12, pp. 243-259

FALL Ousmane, 2002. *L'érosion éolienne dans le bassin arachidier du Sénégal : déclenchement, mécanismes et réactions*, Thèse de Doctorat de l'Université de Reims Champagne-Ardenne, 301 p.

FRESSER William, 2019. *Modélisation numérique de l'érosion éolienne en application sur des aires d'entreposage de résidus miniers*, Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Maîtrise ès sciences appliquées, Département de Génies Civil, Géologique et des Mines de Polytechnique Montréal affiliée à l'Université de Montréal, 212 p.

HUBERT Pierre et al., 1998, « La procédure de segmentation, dix ans après », Water Ressources Variability in Africa during the XXth Century (Proceedings of the Abidjan'98 Conference hel at Abidjan, Côte d'Ivoire), in IAHS Publ., N° 252, pp. 267-273

HUBERT Pierre, BADER Jean-Claude et BENDJOUDI Hocine, 2007, « Un siècle de débits annuels du fleuve Sénégal », in Hydrological Sciences Journal, pp. 68-73

HUBERT Pierre et BENDJOUDI Hocine, 1996, « Introduction à l'étude des longues séries pluviométriques », XIIe journées hydrologiques de l'ORSTOM, in IAHS Publ., N° 278, pp. 229-235

HUBERT Pierre, CARBONNEL Jean-Pierre et CHAOUCHE Ali, 1989, « Segmentation des séries hydrométéorologiques : application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest », in *Journal of Hydrology*, N°3, pp. 349-367

Institut de Recherche pour le Développement, 1988. *Cartographie et télédétection des ressources de la République du Sénégal : étude de la géologie, de l'hydrologie, des sols, de la végétation et des potentiels d'utilisation des sols*, Institut de Recherche pour le Développement, CRDO-Dakar N°5873 cot cold STA, 653 p.

MAINGUET Monique, 1985. *Conséquences géomorphologiques de l'action du vent dans les Régions de dunes en zones arides et semi-arides*, WCP N°97, 118 p.

MIDDLETON Nick et THOMAS David, 1997. *World Atlas of desertification*, 2nd édition, United Nations Environnement Program, 182 p.

NDIAYE Papa Malick, 2021. *Évaluation, calibration et analyse des tendances actuelles et futures de l'évapotranspiration de référence dans le bassin du fleuve Sénégal*, thèse de doctorat de Géographie (Hydrologie) de l'Université Gaston Berger (UGB) de Saint-Louis du Sénégal, 169 p.

Organisation Météorologique Mondiale, 2005. *Le climat et la dégradation des sols*, Organisation Météorologique Mondiale, OMM-N°989, 34 p.

OZER Pierre, BODART Catherine et TYCHON Bernard, 2005, « Analyse climatique de la Région de Gouré, Niger oriental : récentes modifications et impacts environnementaux », in *Cybergeo : Revue européenne de géographie*, N°308, pp. 1-24

SOUGOU Abdoulaye, 2024. *Régression des ressources ligneuses feuillues, morphodynamique éolienne et potentiel agronomique des terres dans le bassin arachidier du Sénégal, Est du Département de Thiès (Centre-ouest du Sénégal)*, Thèse de doctorat unique de Géographie (géomorphologie continentale), Université Gaston Berger (UGB) de Saint-Louis du Sénégal, 235 p.

STERK Geert, 1997. *Wind erosion in the Sahelian zone of Niger : Processes, models, and control techniques*, Thèse, Erosion and Soil et Water Conservation Group, Wageningen Agric. Univ., Wageningen, Pays-Bas, 151 p.

SY Boubou Aldiouma, 2008. *Milieux, sécheresse climatique et érosion éolienne : étude géomorphologique du Sahel sénégalais*, Thèse de doctorat d'État Es Lettres et Sciences humaines, 429 p.

SY Boubou Aldiouma et KABO Raymond, 2013, « Le plateau de Thiès : comprendre la fonction et la dynamique actuelle pour un aménagement durable », in *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou*, N°02, pp. 79-101

THOMAS Yves-François, 1975, « Actions éoliennes en milieu littoral : la pointe de la courbe », in *Mémoires du Laboratoire de Géomorphologie*, N°29, pp. 146-56 p.

TIDJANI Adamou Didier, 2008. *Érosion éolienne dans le Damagaram Est (Sud-Est du Niger) : paramétrisation, quantification et moyens de lutte*, Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique de l'Université catholique de Louvain, 193 p.

VALENTIN Christian, 1994. « Sécheresse et érosion au Sahel », in *Sécheresse*, N°3, pp. 191-198