

EVOLUTION DES DIRECTIONS ET DES VITESSES DES VENTS DE 1951 À 1994 SUR LA FAÇADE ATLANTIQUE DE L'AFRIQUE DE L'OUEST DU SUD DU SENEGAL AU NORD DE LA MAURITANIE

P. OZER

*Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Genova
Corso Europa, 26; I-16132 GENOVA*

Résumé:

Le Sahel est affecté par la "grande sécheresse" depuis la fin des années soixante. Pendant une période de 44 ans (1951-1994), les fluctuations du vent sur la façade atlantique de l'Afrique de l'Ouest sont analysées. Les changements de direction du vent paraissent témoigner de modifications à l'échelle synoptique tandis que les variations de la vitesse observée ne semblent pas montrer d'augmentation liée à l'aridification prolongée.

Abstract:

The whole Sahelian area is affected by a severe drought since the late 60's. The present paper analyses the potential fluctuations of wind on a 44-year period (1951-1994) on the Atlantic coast of West Africa. The change in wind direction could be a witness of a modification on a synoptic scale. The wind velocity recorded in four meteorological stations does not show any rise which could be linked with a continuous aridification.

Mots-clés: Vent, changement climatique, Mauritanie, Sénégal

Key-words: Wind, Climatic change, Mauritania, Senegal

Introduction

La problématique de la sécheresse qui sévit au Sahel depuis la fin des années soixante a été extrêmement bien étudiée et suivie depuis le début des années soixante-dix du point de vue de l'aridification, soit par l'évolution des précipitations (Lamb, 1982; Nicholson, 1989; Demarée et Nicolis, 1990; Morel, 1995; Ozer, 1995;...).

Malheureusement, peu d'attention a été accordée aux autres paramètres climatiques et ceci surtout à cause du manque de données informatisées. Néanmoins, depuis quelques années, de gros efforts sont fournis par les différents Services Météorologiques nationaux et le travail de l'AGRHYMET qui a abouti à la publication de l'Atlas agro-climatique des pays de la zone du CILSS (Morel, 1992).

Cependant, on n'a guère porté d'intérêt aux valeurs de vitesse et direction du vent. Pourtant, la méconnaissance de ces paramètres a conduit à bien des incompréhensions. Ainsi, par exemple, Kalu (1979) et McTainsh (1980), étudiant tous deux la provenance des lithométéores affectant le nord du Nigeria en hiver, affirmaient que les poussières en suspension dans l'air étaient transportées par des vents du secteur NNE-NE. Depuis la fin des années quatre-vingt, de nouvelles recherches sur cette même problématique, réalisées sur de courtes séries d'enregistrement des vents ou à partir du suivi des nuages de poussières par imagerie satellitaire, ont infirmé les écrits précédents en affirmant que le vent dominant était alors de direction est durant la saison sèche (Fode *et al.*, 1994).

D'autre part, l'augmentation des lithométéores en région sahélienne a souvent

été liée à la grande sécheresse s'appuyant sur le fait que l'aridification, évidemment couplée à d'autres causes comme le surpâturage, la coupe du bois de chauffe et du bois d'oeuvre..., réduisait la couverture végétale ce qui engendrait une rugosité au sol moindre et donc provoquait une augmentation significative de la vitesse du vent, ce qui le rendait donc plus efficace (Coudé-Gausson, 1994).

Aussi, l'analyse de l'évolution et des directions des vents de 1951 à 1994 sur la façade atlantique de l'Afrique de l'Ouest devrait permettre de répondre en partie à ces questions. Cette étude se base sur les enregistrements de quatre stations: Ziguinchor et Dakar au Sénégal et Nouakchott et Nouadhibou en Mauritanie.

1. Etat de l'art

La région étudiée est influencée par l'anticyclone océanique des Açores, très stable, qui apporte un vent de direction constante (NNW à NNE) et souvent de vitesse élevée sur la côte Atlantique du Sahara depuis le Maroc jusqu'à Dakar (Leroux, 1983) et, dans une moindre mesure, par l'anticyclone saharo-libyen. Ces alizés influencent la zone côtière étudiée la majeure partie de l'année. Par contre, dès les premiers kilomètres à l'intérieur des terres, c'est un vent de secteur NE à ENE qui domine en saison sèche, l'harmattan, et ce depuis le Sahara Occidental jusqu'à la Guinée-Bissau. En été, par contre, la Casamance est soumise à un régime de mousson de dominance SW pendant que la Mauritanie est influencée par des vents de secteur N parfois perturbés par des vents de secteurs W à SW suivant la progression du front intertropical (Fig. 1).

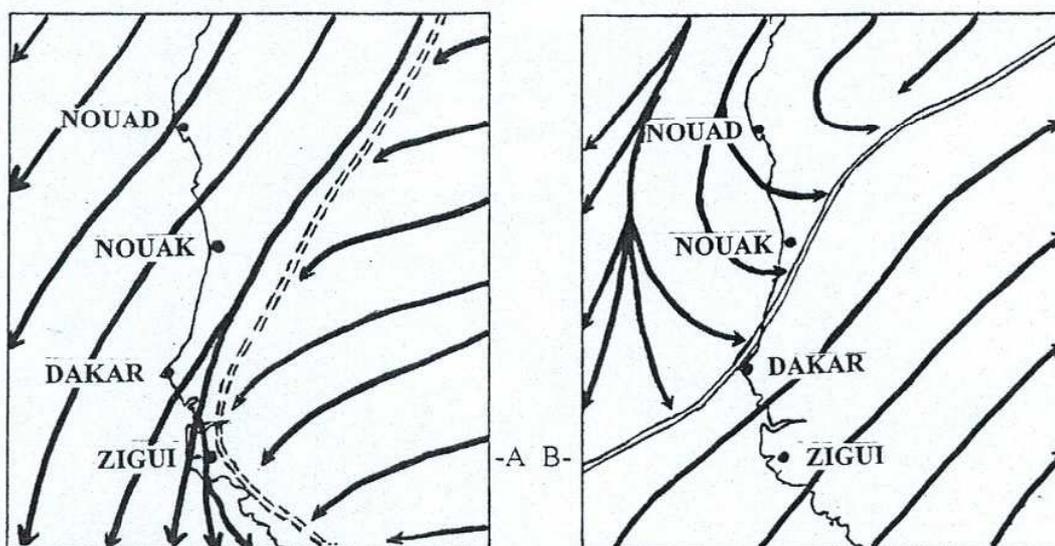


Figure 1: Régime des vents sur la façade atlantique de l'Afrique de l'Ouest en janvier (A) et en août (B) (d'après Leroux, 1983)

Peu de renseignements sont disponibles sur les variations de vitesse ou de direction des vents; cependant, tous les auteurs soulignent leur grande variabilité inter-annuelle. Ainsi, Chamard et Courel (1988) ont noté des écarts atteignant plus de 20° dans la direction du vent d'une année à l'autre à Nouadhibou. De plus, Courel et Chamard (1988) ont montré qu'un "*net changement de direction*" avait eu lieu entre la période 1968-1975 et la période 1976-1986 au Mali: il était de l'ordre de 15° . Par contre aucune augmentation significative de la vitesse des vents n'avait été détectée. De la même manière, nous avons montré que les changements de direction

pouvaient atteindre jusqu'à 60° durant la saison sèche dans certaines stations au Niger pendant la période 1969-1974 par rapport à la moyenne calculée sur les données de 1951 à 1994 (Ozer, 1997).

2. Evolution pluviométrique

Les quatre stations synoptiques utilisées représentent chacune une zone bioclimatique bien particulière. Ainsi, du sud au nord, le transect débute en climat soudanien (Ziguinchor: $\bar{m} = 1407$ mm), se prolonge au coeur du Sahel (Dakar: $\bar{m} = 479$ mm) puis vers le nord du Sahel pastoral (Nouakchott: $\bar{m} = 110$ mm) et prend fin en climat désertique (Nouadhibou: $\bar{m} = 25$ mm).

Les fluctuations pluviométriques de 1931 à 1987 sont représentées à la figure 2. Le transect pluviométrique spatio-temporel annuel (Ozer, 1995; Ozer et Erpicum, 1995) est fondé sur les données des quatre stations étudiées plus celles de Saint-Louis et couvre une distance de 980 km. Ce graphique montre l'absence de tendance durant la période 1931-1967 caractérisée par une répartition moyenne relativement constante des précipitations suivant la latitude. Dès 1968, par contre, la sécheresse se fait durement ressentir partout, depuis la zone soudanienne où la courbe isohyète temporelle de 1200 mm n'apparaît plus qu'un an sur deux jusqu'à la courbe de 100 mm qui migre en moyenne de plus de 200 km vers le sud. On soulignera les périodes fortement déficitaires de 1971 à 1974 et de 1980 à 1984.

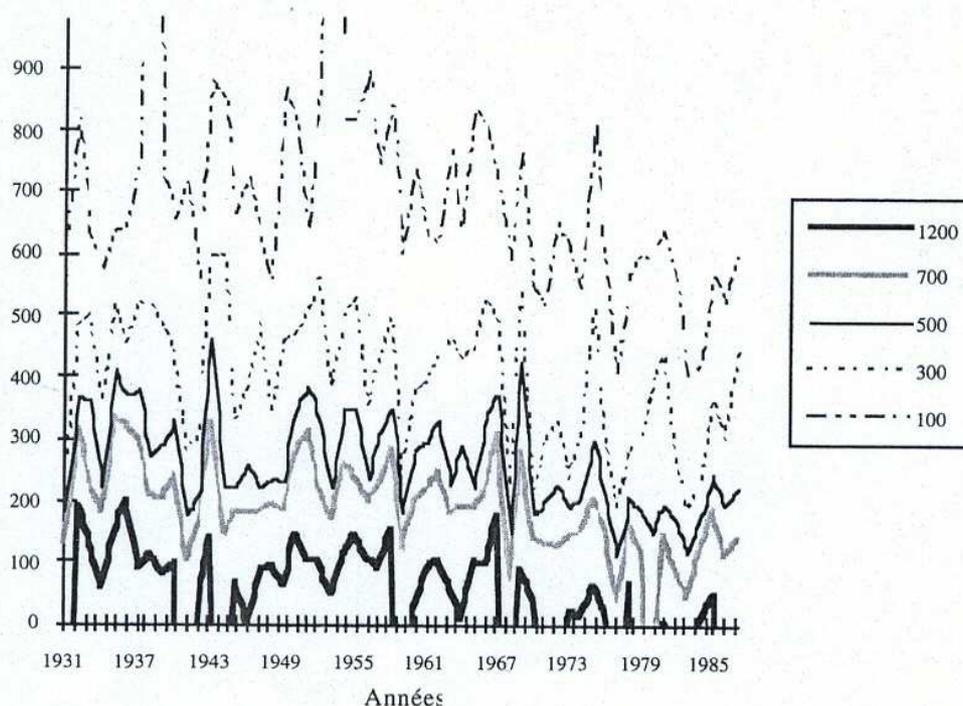


Figure 2: Transect pluviométrique spatio-temporel de Ziguinchor à Nouadhibou de 1931 à 1987

3. Evolution des vents

3.1. Données anémométriques

Les données anémométriques utilisées ont été tirées des Tableaux Climatologiques Mensuels (T.C.M.) des quatre stations étudiées. Ces tableaux présentent

trois enregistrements quotidiens (6, 12 et 18 h) dans 16 directions (N, NNE, NE, etc.) de 1951 à 1960 et huit enregistrements tri-horaires journaliers (0, 3, 6, ..., 21 h) selon 18 directions (de 20 en 20 degrés) de 1961 à 1994. D'une part, dans le souci de ne pas devoir informatiser toutes ces données, nous avons, pour chaque jour, sélectionné -dans l'échantillon disponible- la vitesse du vent la plus élevée et la direction qui lui est associée. D'autre part, la hauteur des anémomètres a été modifiée dans certains cas durant les 44 années d'observations. Nous avons donc uniformisé les données de vitesse à une hauteur de 10 mètres au dessus du sol.

3.2. Direction des vents

De l'examen de la figure 3, il ressort directement deux types de régimes anémométriques. Le premier, unimodal, caractérise les stations synoptiques de Dakar (355°) et Nouadhibou (360°). Ces stations sont donc vraisemblablement directement influencées, de par leur position géographique respectivement sur un promontoire et à l'extrémité d'un cap, par les alizés maritimes. Le deuxième est plurimodal et caractérise les stations synoptiques légèrement à l'intérieur des terres. La rose des vents est bidirectionnelle à Nouakchott avec un premier mode centré sur le NW, c'est la brise de mer, et un deuxième, centré sur l'ENE, dû à l'effet de l'harmattan. A Ziguinchor, par contre, elle est tridirectionnelle avec des modes en WNW, ENE et SW, soit respectivement la brise de mer, l'harmattan et le régime de mousson.

Vu l'importante variation interannuelle de la direction des vents, c'est à partir de onze périodes de quatre ans (1951-1954, 1955-1958, ..., 1991-1994) que celle-ci est traitée ici dans le but d'analyser des données déjà moyennées. Le tableau 1 présente les directions des résultantes moyennes ainsi que la subdivision (sur base des

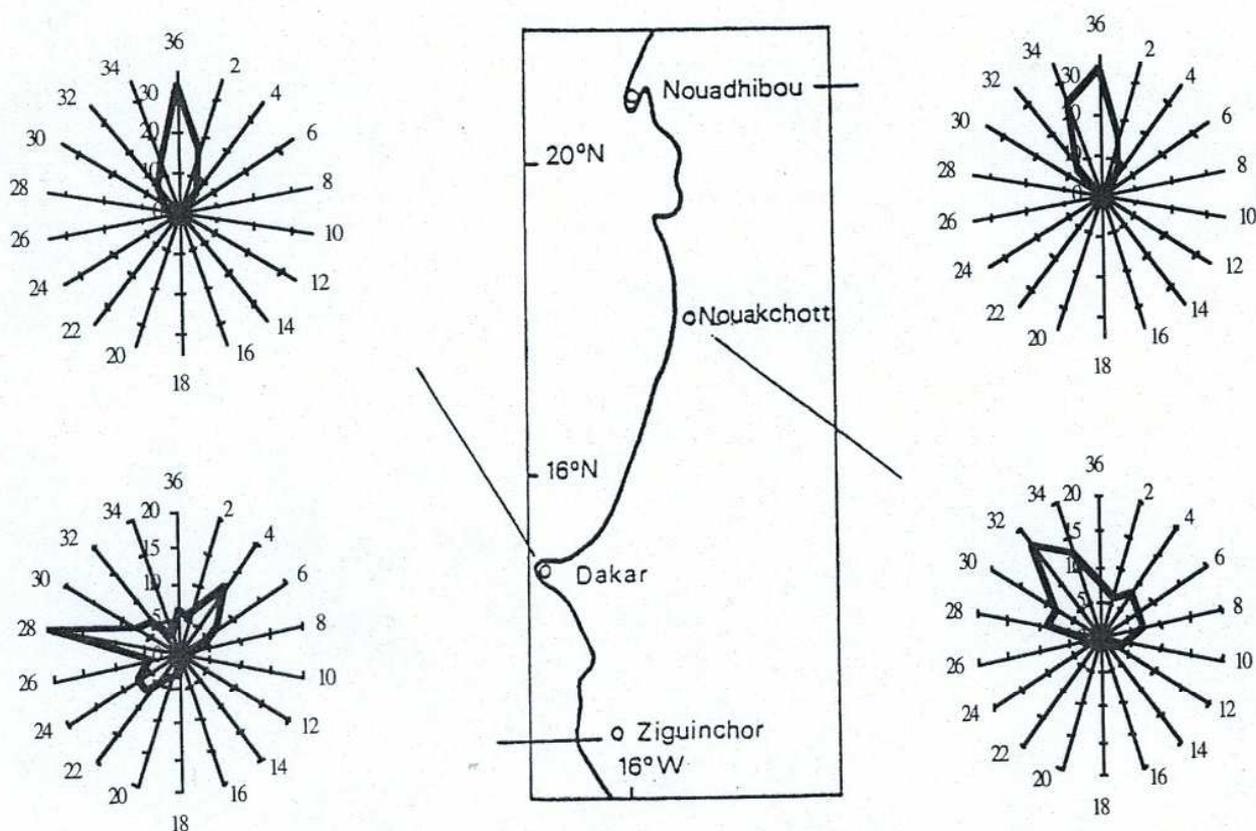


Figure 3: Roses des vents des stations analysées sur la période 1951-1994

Tableau 1: Directions des résultantes moyennes de 1951 à 1994.

a) Résultantes moyennes du vent à la station synoptique de Nouadhibou (Mauritanie).

Période analysée	Résultante moyenne	Résultante saison sèche	Résultante saison des pluies
1951-1954	1°	9°	352°
1955-1958	1°	6°	356°
1959-1962	1°	7°	355°
1963-1966	W 352°	W 356°	W 345°
1967-1970	353°	358°	347°
1971-1974	1°	8°	355°
1975-1978	6°	12°	360°
1979-1982	E 13°	E 20°	E 6°
1983-1986	358°	8°	347°
1987-1990	356°	5°	345°
1991-1994	356°	6°	346°
Ecart maximum	21°	24°	21°

b) Résultantes moyennes du vent à la station synoptique de Nouakchott (Mauritanie).

Période analysée	Résultante moyenne	Résultante saison sèche	Résultante saison des pluies
1951-1954	351°	17°	314°
1955-1958	342°	W 1°	316°
1959-1962	353°	22°	325°
1963-1966	355°	22°	312°
1967-1970	W 336°	11°	W 292°
1971-1974	344°	21°	296°
1975-1978	344°	21°	302°
1979-1982	359°	36°	314°
1983-1986	18°	53°	314°
1987-1990	E 26°	E 54°	E 328°
1991-1994	13°	49°	315°
Ecart maximum	50°	53°	36°

c) Résultantes moyennes du vent à la station synoptique de Dakar (Sénégal).

Période analysée	Résultante moyenne	Résultante saison sèche	Résultante saison des pluies
1951-1954	351°	W 2°	320°
1955-1958	359°	13°	319°
1959-1962	355°	8°	326°
1963-1966	353°	9°	315°
1967-1970	W 349°	6°	W 308°
1971-1974	4°	15°	E 333°
1975-1978	E 5°	E 19°	325°
1979-1982	351°	3°	322°
1983-1986	350°	4°	311°
1987-1990	357°	12°	313°
1991-1994	354°	8°	313°
Ecart maximum	16°	17°	25°

d) Résultantes moyennes du vent à la station synoptique de Ziguinchor (Sénégal).

Période analysée	Résultante moyenne	Résultante saison sèche	Résultante saison des pluies
1951-1954	300°	343°	266°
1955-1958	W 279°	W 320°	255°
1959-1962	302°	354°	272°
1963-1966	302°	349°	W 249°
1967-1970	299°	352°	260°
1971-1974	E 328°	E 17°	E 271°
1975-1978	317°	4°	282°
1979-1982	308°	354°	261°
1983-1986	319°	3°	259°
1987-1990	323°	2°	263°
1991-1994	303°	4°	255°
Ecart maximum	49°	57°	33°

données de Ziguinchor) pour la saison sèche (octobre à avril) et pour la saison des pluies (mai à septembre) pour les quatre stations.

Les stations caractérisées par l'influence unique des alizés ne présentent que peu de variations sur les 44 années analysées. Ainsi, l'écart maximum de direction à Dakar et à Nouadhibou est respectivement de 16° et de 21° (Tab. 1a et 1c). Ces variations se remarquent également en saison sèche et en saison des pluies.

Aux stations de Ziguinchor et Nouakchott, les variations de direction sont beaucoup plus importantes et du même ordre, respectivement de 49° et 50° (Tab. 1b et 1d). Ces changements semblent s'expliquer ici par une modification plus prononcée du régime des vents en saison sèche (57° et 53°) qu'en saison des pluies (33° et 36°).

Si aucune relation directe ne peut être déduite de cette étude sur l'impact des sécheresses plus ou moins sévères sur les directions des vents, il n'en demeure pas moins que, pour toutes les stations, les résultantes moyennes, annuelles ou toutes saisons confondues, présentent une direction plus orientale depuis les années soixante-dix (Tab. 1: *W* = extrême ouest et *E* = extrême est). Ainsi, si ce changement est quasi insignifiant aux stations de Dakar et Nouadhibou (3° et 4°) entre les moyennes annuelles 1951-1970 et 1971-1994, il est par contre important à Ziguinchor et Nouakchott où les directions ont migré vers l'est de 19° et 15° (Tab. 2).

Tableau 2: Variation des directions moyennes entre les périodes 1951-1970 et 1971-1994.

Période analysée	Ziguinchor	Dakar	Nouakchott	Nouadhibou
1951-1994	306°	355°	355°	360°
1951-1970	298°	354°	347°	358°
1971-1994	317°	357°	2°	2°
Ecart total	19°	3°	15°	4°

Ainsi, en admettant qu'aucun changement notable sur les sites d'enregistrement ne soit à déplorer comme cela semble être le cas pour Nouakchott (Courel, communication orale), cela suggérerait une modification des champs de pression avec des déplacements des cellules anticycloniques.

3.3. Vitesse des vents

L'analyse des fluctuations des vents enregistrés aux quatre stations synoptiques montre des variations non simultanées (Fig. 4). De plus, aucune tendance ne se dégage de ce graphique. Elles n'ont, semble-t-il, aucune relation directe avec l'aridification des vingt dernières années. Ainsi, par exemple, si la vitesse moyenne du vent augmente dans les stations septentrionales dans la première moitié des années soixante-dix (pendant laquelle elle n'atteint pas les valeurs des années soixante), elle baisse à Ziguinchor.

Or, ces légères modifications de la vitesse du vent peuvent le rendre efficace ou non, en d'autres termes, peuvent pouvoir décrocher les particules fines du sol. Ainsi, Helgren et Prospero (1987) ont constaté que, suivant différentes stations mauritaniennes, la vitesse minimale nécessaire pour provoquer un vent de sable varie entre 8 et 12,5 m/s. D'autre part, l'augmentation dramatique du nombre de jours affectés par des lithométéores (Middleton, 1985) ne s'accompagne pas forcément de vents dont la vitesse est plus élevée. Or, comme dans des régions désertiques, comme la Mauritanie, on ne peut pas objectivement admettre que la sèche-

resse a dégradé suffisamment le couvert végétal rendant ainsi le matériel mobilisable plus disponible, c'est ailleurs qu'il faudra rechercher les raisons de ces dramatiques augmentations de poussières dans l'atmosphère.

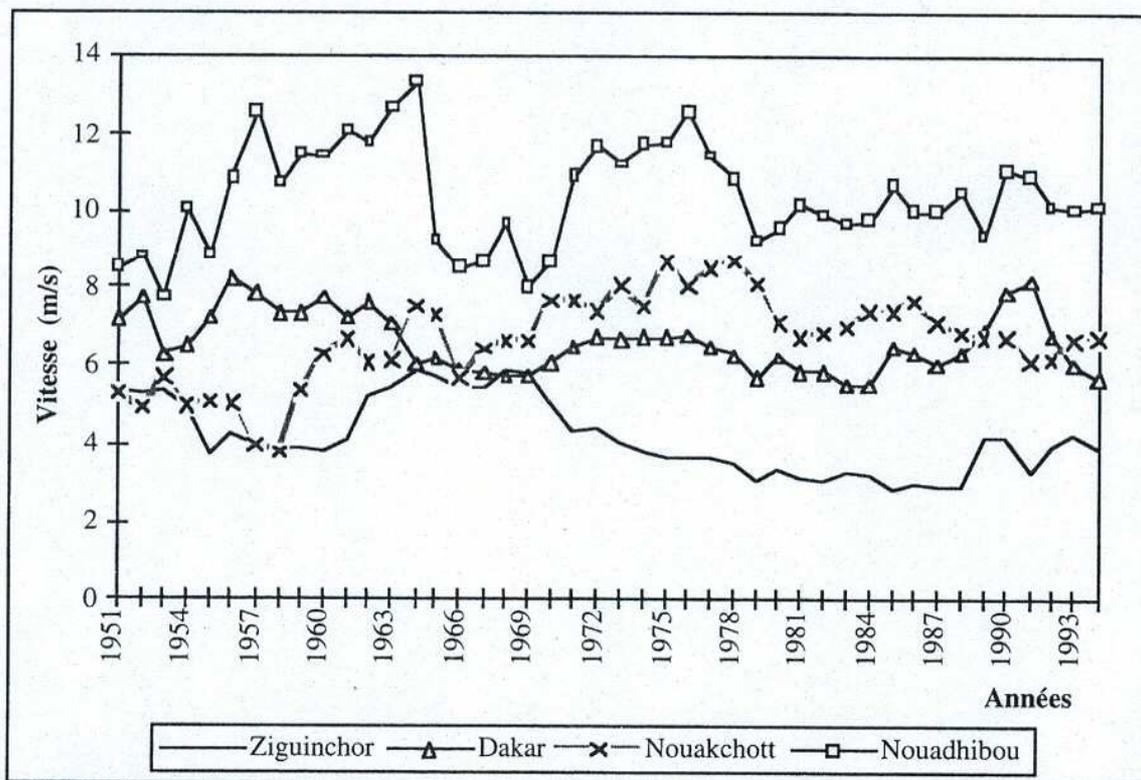


Figure 4: Evolution annuelle de la vitesse des vents aux stations analysées sur la période 1951-1994

Conclusion

Depuis 1968, la façade atlantique de l'Afrique de l'Ouest est, comme toute la zone sahélienne, accablée par la sécheresse.

Il apparaît que ce trop long déficit pluviométrique est également accompagné par un changement significatif de la direction des vents vers l'est balayant cette zone (19° et 15° respectivement à Ziguinchor et à Nouakchott entre 1951-1970 et 1971-1994). Ceci nous incite à émettre l'hypothèse que ces modifications, majoritaires en saison sèche, seraient peut-être dues à un changement à grande échelle de la situation atmosphérique générale.

D'autre part, aucune augmentation significative de la vitesse du vent n'a été observée, ce qui prouverait qu'il n'y a aucune relation directe de cause à effet avec l'aridification dans cette région.

Il est évident que nous ne souhaitons pas généraliser à partir de l'analyse de quatre stations, aussi représentatives soient-elles. Ces tendances doivent encore être confrontées aux valeurs d'autres stations synoptiques environnantes car celles utilisées dans cette étude ne subissent que peu l'influence continentale.

Remerciements

Le support financier pour notre recherche est apporté par la Commission des Communautés Européennes par l'intermédiaire de la bourse "Human Capital and Mobility" du Programme Environnement (Climatologie) de la DG XII, contrat de

recherche EV5V-CT-94-5244.

Jamais cette recherche n'aurait vu le jour sans la collaboration des Services de la Météorologie du Sénégal et la Société des Aéroports de Mauritanie. D'autre part, ma reconnaissance va également à M. A. Sarr (ASECNA) et à M. Thirat (ONG) à Dakar ainsi qu'à M. A. Nema (Université de Nouakchott) et M. A. Faust (Terre des Hommes) pour leur support logistique et leur aide. Finalement, nous tenons particulièrement à remercier M. R. Morel pour nous avoir fourni ses fichiers pluviométriques ainsi que Mme. le Prof. M.-F. Courel (Imagéo-CNRS) et M. M. Erpicum (Laboratoire de Climatologie, Département de Géographie Physique, Université de Liège) pour leurs conseils judicieux.

Bibliographie

- CHAMARD, P.C. et COUREL, M.F., 1988: Les vents et leur efficacité morphologique dans la région de Nouadhibou (Mauritanie). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 1: 123-130.
- COUDE-GAUSSIN, G., 1994: Erosion éolienne au Sahel et sécheresse. *Sécheresse*, 5: 199-210.
- COUREL, M.F. et CHAMARD, P.C., 1988: Apparition de nouvelles formes dunaires dans l'Azawad et le Gourma septentrional (Mali). *in*: ERPICUM M. éd., Actes des Journées de Climatologie, Presses Universitaires de Liège, 7-28.
- DEMAREE, G.R. et NICOLIS, C., 1990: Onset of Sahelian drought viewed as fluctuation-induced transition. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 116: 221-238.
- FODE, M., OUSMANE MANGA, A. et ARNAUD, Y., 1994: Detection of dust clouds over West Africa from METEOSAT IR data. *10th METEOSAT Scientific Users Conference*, 383-389.
- HELGREN, D.M. et PROSPERO, J.M., 1987: Wind velocities associated with dust deflation events in the western Sahara. *J. Climate Appl. Meteor.*, 26: 1147-1151.
- KALU, A.E., 1979. The African dust plume: Its characteristics and propagation across West Africa in winter. *in*: MORALES D. Ed., Saharan dust: Mobilization, transport, deposition. Wiley, Scope 14, 95-118.
- LAMB, P.J., 1982: Persistence of subsaharan drought. *Nature*, 299: 46-48.
- LEROUX, M., 1983: Le climat de l'Afrique tropicale. 2 vol., Eds. Champion.
- MCTAINSH, G.H., 1980: Harmattan dust deposition in northern Nigeria. *Nature*, 286: 587-588.
- MIDDLETON, N.J., 1985. Effect of drought on dust production in Sahel. *Nature*, 316: 431-434.
- NICHOLSON, S.E., 1989: Long-term changes in African rainfall. *Weather*, 44, 2: 44-56.
- MOREL, R., 1992: Atlas agro-climatique des pays de la zone du CILSS. Centre AGRHYMET, Niamey. 11 vol.
- MOREL, R., 1995: Pluviométrie 1961-1990 en Afrique de l'Ouest. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 8: 361-368.
- OZER, P., 1995: Application des transects pluviométriques spatio-temporels annuels au territoire sahélien. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 8: 369-377.
- OZER, P. et ERPICUM, M., 1995: Méthodologie pour une meilleure représentation spatio-temporelle des fluctuations pluviométriques observées au Niger depuis 1905. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 6, 1: 103-108.
- OZER, P., 1997: Visibility and wind velocity in relation with increase of lithometeors and desertification in the Sahelian area of Niger. *Bulletin des Séances, Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer*, sous presse.