Télédétection, 2001, Vol. 2, n° 2, p. 129-136
Des tirés à part sont disponibles auprès de l'éditeur
Droit de photocopie soumis à l'autorisation

© 2001 CONTEMPORARY PUBLISHING INTERNATIONAL
Publié sous l'enseigne *GB Science Publisher*
Imprimé en France

Diagnostic par la télédétection d'un changement de rythme de la dynamique éolienne : période d'amorce de la désertification en Mauritanie saharo-sahélienne

MONIQUE MAINGUET[a*] FRÉDÉRIC DUMAY[a] MOHAMED LÉMINE OULD EL HACEN[b] et AHMEDOU MAEFOUDH[c]

[a] *Laboratoire de géographie zonale pour le développement (LGZD)*
Université de Reims Champagne-Ardenne, 57 rue Pierre Taittinger, 511000 Reims, France ;
téléphone : 03 26 91 36 85 ; télécopieur : 03 26 9180 65 ; courriel : monique.mainguet@univ-reims.fr
[b] *Faculté des lettres et sciences humaines,*
Université de Nouakchott, République Islamique de Mauritanie ; B.P. 3329, Nouakchott ;
courriel : dine@univ-nkc.mr
[c] *Faculté des sciences et techniques, Université de Nouakchott,*
République Islamique de Mauritanie ; B.P. 5026, Nouakchott, télécopieur : 222 253997 ;
courriel : amahfoud@univ-nkc.mr

(soumis le 1er mai 2000 ; révisé le 12 décembre 2000 ; accepté le 30 mars 2001)

L'érosion éolienne dans la zone saharo-sahélienne de Mauritanie est devenue, au début des années 1960, le processus déterminant de la désertification, prenant le relais brutal d'une ère de stabilité caractérisée par une érosion hydrique modérée amorcée sur les versants du système de cordons longitudinaux sableux vêtus, fixés par des paléosols. Le diagnostic des mécanismes de dégradation repose sur l'examen diachronique de six missions de photographies aériennes de 1954 à 1991, des images satellitaires MSS de Landsat et HRV de SPOT de 1973 à 1997, le tout validé par des missions sur le terrain. La localisation saharo-sahélienne de la Mauritanie, à l'aval-vent, du système global d'action d'échelle synoptique balayant toute l'Afrique nord-équatoriale et surtout à l'aire de convergence des deux courants éoliens harmattan (zonal) et littoral (méridien), y explique la sévérité de la désertification. Les dates et les indicateurs d'amorce de l'agression éolienne seront établis par une approche multi-échelle, spatiale (synoptique, régionale, locale) et multidate, puis les dynamiques de dégradation à partir de formes spécifiques de « mitage » de la steppe. La Mauritanie est ainsi le siège de rythmes accélérés de dégradation. La déflation y est devenue, en une génération, un phénomène géologique, par réactivation des cordons dunaires et par genèse de dunes vives (sifs) qui recoupent les couloirs interdunaires, envahissent les campements nomades et les puits, ensablent les pâturages, la capitale Nouakchott et ses environs.

Mots-clefs : télédétection ; érosion éolienne ; système global d'action éolienne ; échelles spatiales emboîtées ; désertification.

Diagnosis by remote sensing of the change of the rythm of wind erosion : date of the starting point of desertification in the Saharo-Sahelian zone of Mauretania

Wind erosion in the Saharo-Sahelian zone of Mauretania became at the beginning of the 1960's the main process of desertification, just after a moderate wet period during which gullies have appeared on the slopes of the vegetated and fixed by a paleosoil sandridges. The diagnostic of an extreme rapid acceleration of the degradation is based on a diachronic analysis of six aerial photographs missions from 1954 to 1991 and satellite images of Landsat TM and SPOT HRV from 1973 and 1997 ; the informations were field controlled. Mauretania, located downstream of the synoptic global wind action system (GWAS), which crosses the Sahara desert and the Sahel is also at the convergence of the two main aeolian streams, the Harmattan one which is zonal and the coastal one which has a northsouth direction. A multiscale approach (synoptic, regional, local) and a multidate approach combined with the indicators of wind erosion, allowed to assess the rhythms of land degradation and to fix in 1980 the starting point of desertification. Mauritania became in one generation the craddle of a speeded up deflation which at a geological rhythm transformed a landscape of fixed sandridges in an active sandy area with sand encroachment through the aeolian natural corricors, burrying the wells, the nomadic camps and the grazing areas and aggressing Nouakchott, the capital.

Keywords : remote sensing ; wind erosion ; global wind action system ; embodied scales ; desertification.

* Correspond principal

1. INTRODUCTION

Le rythme d'aggravation de la dégradation durant les quatre dernières décennies dans les pays du Sahel et en particulier dans la zone semi-aride de Mauritanie (figure 1) crée des mutations environnementales (Toupet et Pitte, 1977 ; Pitte, 1977). Celles-ci imposent aux populations locales un effort constant d'adaptation et de nouvelles contraintes, d'où l'intérêt de déterminer, à l'aide des outils objectifs que sont les photographies aériennes et les images satellitaires, doublées de travaux sur le terrain, des indicateurs incontestables de l'amorce du processus de désertification.



FIGURE 1 Localisation générale de la Mauritanie, à l'ouest de l'Afrique. *1* - Isohyète 100 mm (moyenne de 1970 à 1990), *2* - Villes principales, *3* - Route de l'Espoir, *4* - Routes ou pistes, *5* - Voie ferrée, *6* - Limite du Parc National du Banc d'Arguin. *General location of Maurinania, on the West Africa. 1 – Isohyète 100 mm (average from 1970 till 1990), 2-, main Cities 3 - Road of the Hope, 4 - Roads or tracks, 5 – Railroad, 6 - Limit of the National park of Arguin's bench.*

Sachant évaluer, par la télédétection, les mécanismes naturels et anthropiques de dégradation générateurs de désertification, nous proposons, après un inventaire des documents utilisés, une chronologie des événements depuis 1954. Le but est de saisir les premiers symptômes de mise en marche de la déflation, mécanisme majeur de la dégradation et de suivre sa progression, en faisant le point de la naissance dans le temps et dans l'espace du système de sifs envahissant la capitale. Il s'agit aussi de replacer ce terminus continental de l'érosion éolienne en Afrique de l'Ouest dans le système régional d'action éolienne (SRAE). Cette étude locale se place dans un examen plus général de détermination de l'amorce de la désertification dans le Sahel.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1. Secteur d'étude

Le secteur d'étude est la ville de Nouakchott et sa périphérie, replacées dans une aire plus vaste, c'est-à-dire le SRAE mauritanien. Nous proposons d'appréhender la progression de l'ensablement et la dynamique de croissance du tissu urbain de Nouakchott, des pâturages à sa périphérie et le long de la « Route de l'espoir ».

2.2. Les documents analysés

Le travail est fondé sur l'analyse diachronique de 6 missions de photographies aériennes de 1954 à 1991 du secteur de Nouakchott dont la couverture au 1 : 50 000 de 1954, point dans le temps à partir duquel toutes les analyses comparatives et l'état des lieux ont été réalisés et la durée des étapes de l'évolution calculée. L'analyse bénéficie aussi de l'examen visuel d'images satellitaires, d'une mosaïque MSS de Landsat de 1972-1974 de l'ensemble de la Mauritanie et du sud algérien (tableau 1). De nombreux secteurs des photographies aériennes ont été ramenés aux mêmes échelles par recalages d'amers avec le logiciel TERAVUE. Les images HRV de SPOT en fausses couleurs de 1988 et de 1995 ont été analysées de façon visuelle.

TABLEAU 1 Documents analysés. *Analyzed documents*

Photographies aériennes Institut Géographique National, Paris, France			
Missions analysées		Dates	Échelles
1. AOF 096		1954	1 : 50 000
2. AO 628 / 60		1963-1964	1 : 6 000
3. AO 628 /125		1963-1964	1 : 12 500
4. AO 692 /100		1965	1 : 10 000
5. MAU 4 /125		1980	1 : 12 500
6. MAU 12 1150		1991	1 : 15 000
Images satellitaires		Dates	Échelle
Mosaïque d'images MSS de Landsat		1972-1974	1 : 1000 000
Images satellitaires de SPOT			
HRV 1 P	023-307	10-03-1988	1 : 100 000
HRV 2 P	026-307	13-01-1988	1 : 100 000
HRV 2 P	026-306	13-01-1988	1 : 100 000
HRV 1 P	026-307	13-01-1988	1 : 100 000
HRV2XS	050-316	17-10-1988	1 : 100 000
HRV 2 P	018-307	12-12-1987	1 : 100 000
HRV 2 P	024-307	10-03-1988	1 : 100 000
HRV 1 P	025-306	13-01-1988	1 : 100 000
HRV 1 P	019-307	02-01-1988	1 : 100 000
P+XS	021-314	04-02-1995	1 : 200 000

2.3. Approche théorique

Il est maintenant admis que la désertification, c'est-à-dire une dégradation irréversible à l'échelle humaine de temps d'une génération, résulte de la combinaison de mécanismes traumatisants naturels et humains (Mainguet, 1994 et 1995). Dans la zone saharo-sahélienne de la Mauritanie, les causes naturelles de la désertification sont : *1)* la vulnérabilité inhérente aux milieux secs sableux semi-arides, saharo-sahélien et sahélien ; *2)* les crises de sécheresse de 1971-1975 et de 1984-1985, accélérateurs de la dégradation sur cette base de vulnérabilité, à lorigine d'une augmentation de l'exportation de la fraction fine et des nutriments de la surface du sol, simultanément à l'augmentation des vents de poussières ; 3) la place particulière de la Mauritanie dans le système global d'actions éoliennes (SGAE), à la fois dans l'aire à l'aval du SGAE synoptique balayant toute l'Afrique nord-équatoriale et dans l'aire de convergence (Mainguet, 1992 et 1996) des deux flux éoliens (Mainguet and Dumay, 1995). Ces deux flux sont d'une part, l'harmattan, courant continental zonal qui, en Mauritanie, de direction NNE-SSO, est responsable du façonnement des cordons longitudinaux dits « ogoliens » (phase sèche datée d'il y a 20 000 ans, de ogol cordelette pour chameaux), signature d'une phase éolienne paléoclimatique, encore fixés en 1954, de l'Amoukrouz (figure 2), erg sur lequel a été établi Nouakchott (Toupet et Pitte, 1977) et, d'autre part, le courant N-S à NNO-SSE, méridien, qui débute au Maroc environ à la latitude d'Essaouira (32°N) et balaie la côte mauritanienne sur une bande de 60 km jusqu'à la latitude du cap Mirik (18°N) (figure 1) (Mainguet *et al.*, 1980). Les causes humaines révèlent et majorent les effets des causes naturelles ; recherchées sur les documents aériens et satellitaires, elles sont analysées plus loin.

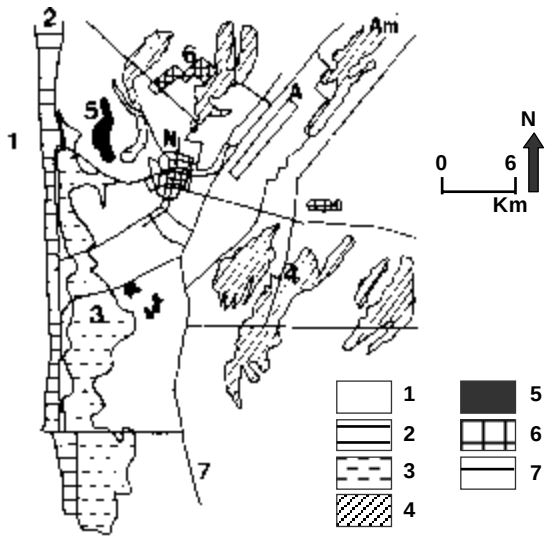


FIGURE 2 Plan de situation de la ville de Nouakchott. *N* Nouakchott, *A* Aéroport, *Am* Amoukrouz, *1* – Océan Atlantique, *2* – Cordon littoral de sable blanc, *3* – Sebkha de l'Aftout Sahéli, *4* – Cordons longitudinaux fixés, *5* – Carrières, *6* – Espaces verts, *7* – Routes**.** *Plan of situation of the city of Nouakchott. N Nouakchott, In Airport, Am Amoukrouz, 1 – the Atlantic Ocean, 2 – Offshore bar of, white sand 3 – Sebkha de l'Aftout Sahéli, 4 – fixed longitudinal Cords 5 – Careers, 6 – green Spaces 7 – Roads.*

2.4. Les outils photographiques utilisés comparativement

Une chronologie de l'amorce et de l'évolution de la désertification a pu être établie à partir de l'analyse visuelle des six missions de photographies aériennes. Les photographies 073 à 076 de la première mission analysée, celle de 1954, couvrent le site de Nouakchott, à 5 km de la côte atlantique, à la limite nord de la dépression de l'Aftout (18°7 N, 15°5 0) (figure 2). La ville est balayée par le système régional d'actions éoliennes (SRAE).

Les trois années à pluviosité excédentaire, de 1953 à 1955, furent appelées « années de vaches grasses » (figure 3). En 1954, les cordons longitudinaux sont fixés par une végétation steppique mais une génération ancienne de sifs dégradés et fixés y est néanmoins décelable. Le fond des dépressions est tapissé de matière organique. Le fait majeur tiré de l'analyse des photographies aériennes de 1954 est l'absence de toute réactivation éolienne antérieure à cette date. En revanche, des ravines d'érosion hydrique, colonisées par une végétation buissonnante et arbustive, incisent les versants des cordons. Des traces d'érosion pelliculaire et d'érosion en nappes locales érodent préférentiellement la face orientée vers le SO, battue par les pluies de mousson. Des photographies aériennes de 1954, il ressort que la décennie 1950 est une période de calme éolien et d'activité hydrique modérée.

La deuxième mission analysée, celle de 1963-1964, est immédiatement postérieure à l'indépendance de la Mauritanie, en 1962. Sur les photographies 009 à 011, les premiers signes de dégradation anthropique sont décelables, accentués par l'ouverture de carrières de matériel de construction dans les faluns au nord (à l'amont-vent de la ville, sur l'axe des vents soufflant du nord), et par la mutiplication des pistes du bétail. En 1963-1964, la densité de la végétation steppique a régressé par rapport à 1954. Cette observation est corroborée par la disparition de la végétation du fond des ravines existant en 1954.

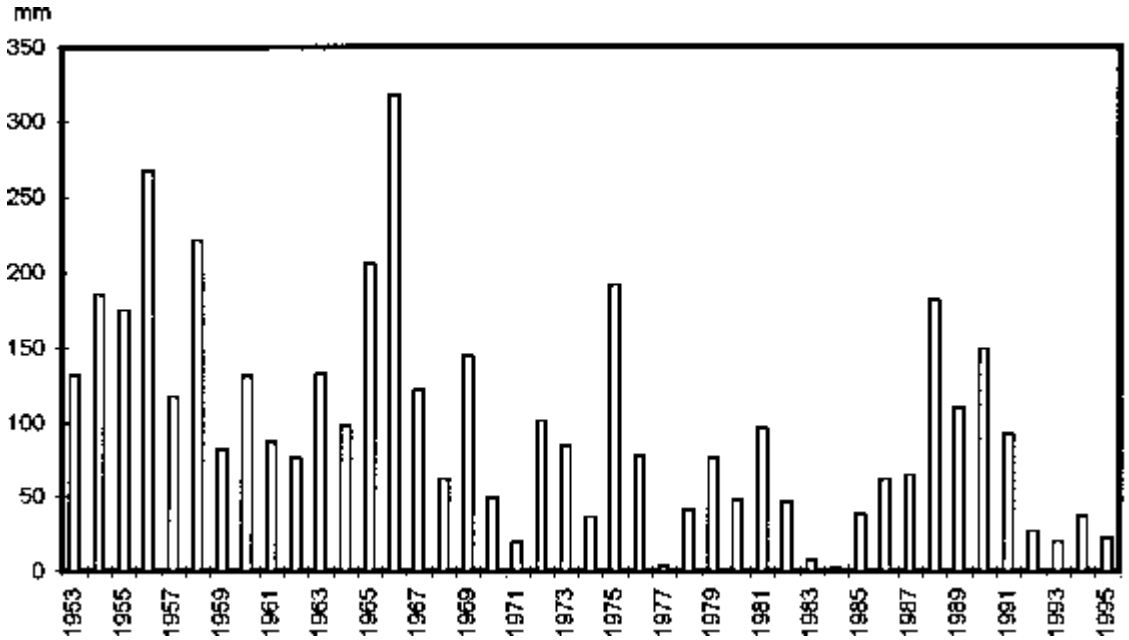


FIGURE 3 Variations interannuelles des précipitations à Nouakchott de 1953 à 1995. *Interannual variations of the precipitation in Nouakchott from 1953 till 1995.*

Toutes les touffes végétales restant sur les cordons bloquent le sable mobilisé en nebkas (petite flèche de sable piégée à l'aval-vent d'une touffe végétale).

Sur les photographies 050 et 051 de cette même mission, une première modification des édifices dunaires est visible. La surface topographique devient plus complexe, bosselée, les cordons sableux sont moins bien délimités et, à leur sommet, s'ébauchent des sifs de réactivation, dont le profil est encore convexe. La couverture steppique se mite davantage.

Sur le couple de photographies aériennes 024-025, l'ouverture d'une carrière au nord de la ville confirme l'erreur humaine par l'ampleur de la déflation déclenchée, démontrant là une des origines de l'ensablement de Nouakchott : les premiers sifs pénétreront dans la partie nord de la ville, en 1965, comme en témoigne la quatrième mission analysée (1965).

L'observation diachronique du site de l'aéroport a été commencée sur la troisième mission, celle de 1963-1964 au 1 : 12 500. Sur les photographies 004 et 005 (figure 4a), l'aire périphérique de l'aéroport est encore vêtue et semi-fixée. Sur le cordon, les creux de la micro-topographie restent tapissés de matière organique, comme l'indique la faible réflectance. L'aéroport, orienté ENE-OSO, en fonction de la ligne du vent dominant, est situé dans un couloir interdunaire qui se referme au sud, où s'amorce la genèse d'un sif. Ce sif n'est pas une menace pour les infrastructures aéroportuaires puisqu'il se trouve en aval-vent mais son apparition, postérieure aux travaux de leur construction, en est une des conséquences.

La quatrième mission, celle de 1965 au 1 : 10 000, est la seconde utilisée pour l'observation diachronique du secteur de l'aéroport (figure 4b) : des aires sableuses vives apparaissent. La réactivation du cordon dunaire immédiatement à l'est de l'aéroport procède par déflation et, évidemment, avec une nette disparition de la végétation sur sa partie ouest et par vannage éolien de la matière organique piégée dans les creux de la microtopographie du cordon observée en 1963. Le sif du sud de l'aéroport, à peine décelable en 1963, est devenu en 1965 un bel édifice de 250 km de long.

En conclusion, le fait marquant en 1965, à proximité de l'aéroport, est la formation du premier vrai sif N-S 10°, oblique par rapport au cordon NNE-SSO 30°(figure 4). Il s'accompagne d'une multiplication, générale dans tout le paysage, de champs de sifs actifs (S sur la figure 4), à sommet anguleux et tous selon la même obliquité, un angle de 20°, par rapport aux cordons. Ce déplacement de gros volumes de sable est responsable de dépôts sur les routes et dans les concessions.

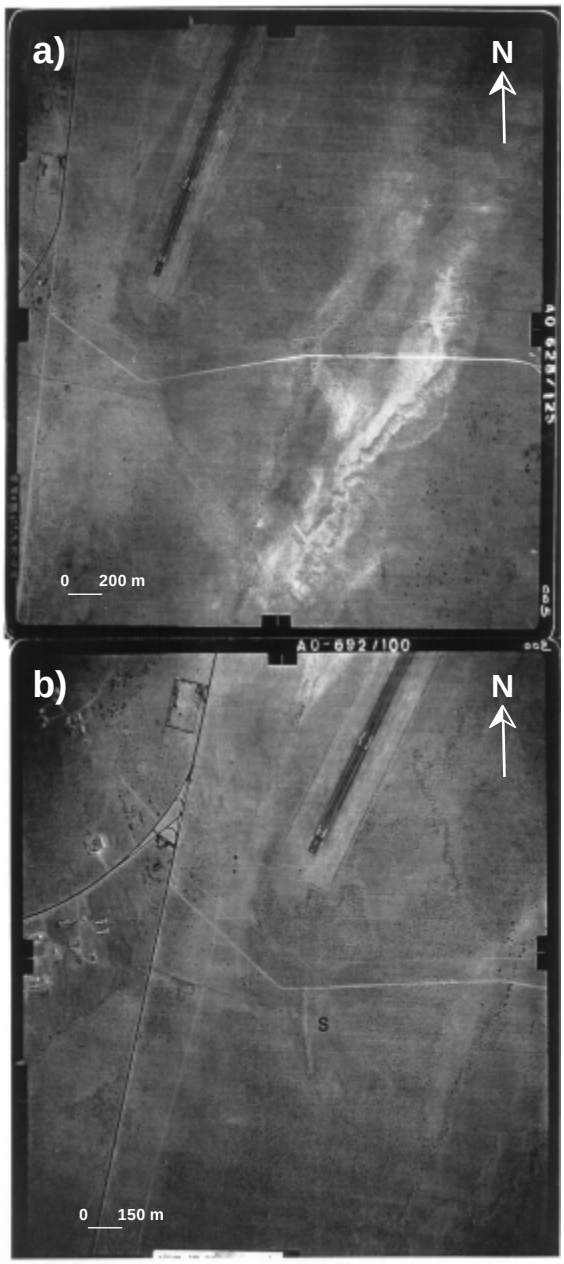


FIGURE 4 Aéroport de la ville de Nouakchott *a)* en 1963 d'après la photographie aérienne AO 1963 628/125 n° 004 ; *b)* en 1965 d'après la photographie aérienne AO 692/100 n° 002. Apparition du premier sif actif (S). *Airport of the city of Nouakchott* a) *in 1963 according to the air photo AO 1963 628/125 N 004;* b) *in 1965 according to the air photo AO 692/100 N 002. Appearance of the first one sif active.*

Sur les photographies 030-03 1, la multiplication des pistes d'animaux (figure 5) et l'abondance des enclos expriment la part primordiale des activités humaines dans la dégradation autour de l'agglomération Sur la cinquième mission, celle de 1980, les marques de réactivation éolienne sont omniprésentes. Les ravines majeures seules restent visibles, les autres marques de ruissellement sont entièrement colmatées par du sable éolien. Partout des sifs à profil anguleux coiffent les anciens cordons et les recoupent. Cette obliquité entre les sifs et les cordons longitudinaux est une donnée permanente de l'Ouest mauritanien, vérifiée sur l'image satellitaire HRV (P + XS) de 1995, jusqu'à la longitude de 15° 30° 0, soit environ 90 km à l'est de Nouakchott.

La comparaison des photographies aériennes 123 et 124 de la sixième mission analysée (MAU 12/150), celle de 1991 au 1 : 15 000, avec les photographies 195 et 196 de la mission précédente (MAU 4/125) au 1 : 12 500, permet une étude diachronique de la banlieue de Tenweich, à 18 km à l'est de Nouakchott. Les remarques clés tirées de cette analyse comparative sont : la forte sédentarisation de la population le long de la « Route de l'espoir », entraînant une urbanisation anarchique qui envahit maintenant couloirs interdunaires et cordons longitudinaux (figure 6).

3. DISCUSSION

À partir de la typologie des édifices éoliens, de leur valeur comme indicateur de dégradation, des changements de dynamique et de l'impact des effets anthropiques sur le milieu physique, l'amorce de plusieurs mécanismes éoliens conduisant à la dégradation a été datée.

En 1954 : les cordons sont fixés et vêtus en totalité par une steppe sahélienne. Le ruissellement suffit à entraîner la matière organique vers les creux. Entre 1963 et 1964 : les cordons sont encore vêtus, leur réflectance est cependant plus forte, quelques prodromes de sifs apparaissent avec des champs de nebkas et des cuvettes de déflation.

En 1965 : la déflation croissante aboutit à un saupoudrage éolien du sable à partir des pistes principales de bétail et des aires de stationnement, où la disparition du couvert végétal est presque totale ; elle aboutit aussi à l'oblitération par du sable éolien des incisions hydriques et à la déflation de la matière organique qui tapissait les creux en 1954.

De 1980 à 1991 : les prodromes de sifs à sommet convexe sinueux, au tracé irrégulier, ont disparu. Les sifs devenus vifs à partir de 1980 se sont multipliés, leur sommet s'est affiné en crête aiguë, leur direction globale est devenue plus rectiligne, tandis que leur dessin est devenu plus onduleux dans le détail car les motifs en croissant qui les constituent se sont courbés. Les nebkas, marques d'une mobilisation massive du sable et indicateurs d'une saltation devenue plus efficace, se généralisent à partir des années 1980.

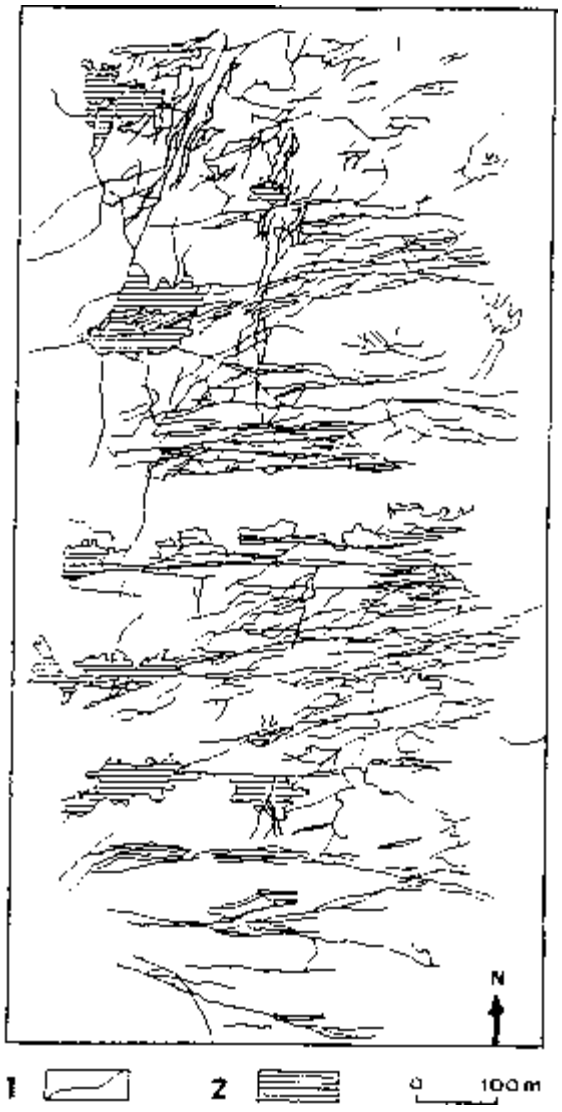


FIGURE 5 Croquis réalisé à partir du montage stéréoscopique des photographies 03 0-03 1 de la mission AO 1965 692/100 mettant en évidence les nombreux chemins de bétails (1) convergeant vers des dépressions dégradées en pyosphères (auréoles de dégradation dues à un piétinement dense par les animaux autour des puits et des forages) (2). *Sketch realized from the stereoscopic assembly of photos 03 0-03 1 of the mission AO 1965 692/100 putting in evidence the numerous roads of cattles* (1) *converging towards depressions degraded in pyosphères (haloes of degradation due to a dense standing about by animals around wells and drillings)* (2).

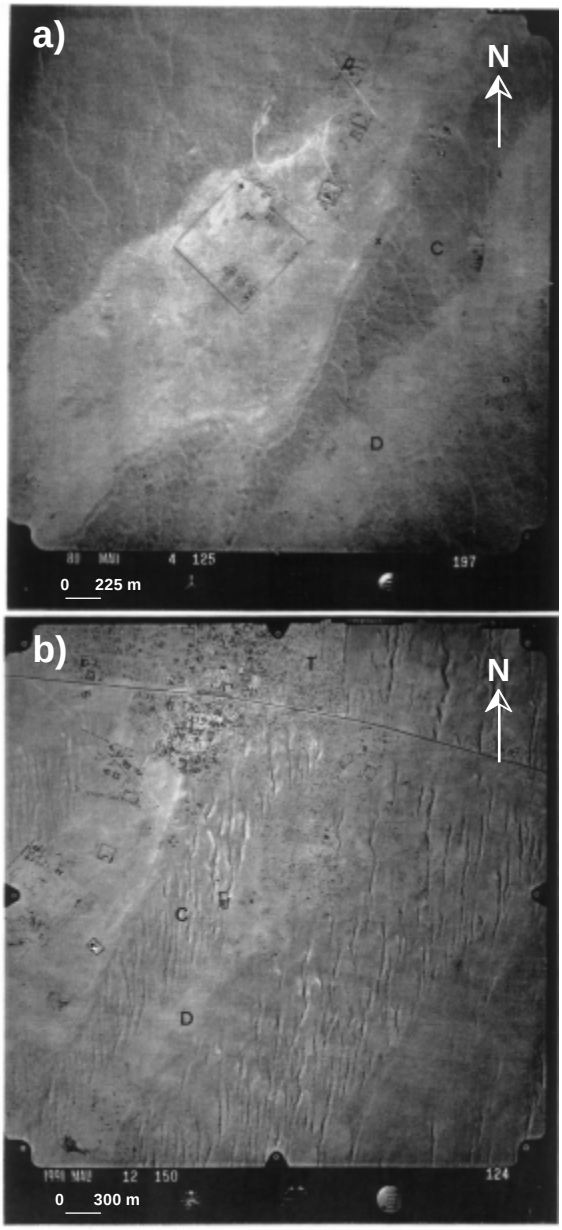


FIGURE 6 Tenweich (7): *a)* en 1980 d'après la photographie aérienne de 1980 MAU 4/125 n° 197, les sifs sont à peine réactivés; *b)* en 1991 d'après la photographie aérienne de 1991 MAU 12/150 n° 124. Des champs de sifs sont apparus sur les cordons (C) et ont commencé à recouper les couloirs (D). *Tenweich (7):* a) *in 1980 according to the air photo of 1980 MAU 4/125 N 197, sifs is hardly reactivated;* b) *in 1991 according to the air photo of 1991 MAU 12/150 N 124. Fields of sifs appeared on cords (C) and began to recut corridors(lanes) (D).*

Un ensablement diffus des couloirs interdunaires entraîne le repli des nomades sur les cordons, pour la première fois visible sur la photographie aérienne en 1991.

De 1980 à 1984, incluant les deux années les plus sèches, 1983 et 1984, le choc morphogénétique de la dégradation est le plus violent, avec une accélération brutale de la genèse des sifs ; toutes les rugosités donnent naissance à des sifs. Sur les photographies aériennes se voient des béliers mécaniques déblayant les rues du tissu urbain.

En 1991, les sifs continuent à se multiplier et à s'organiser en champs de sifs parallèles malgré la bonne pluviosité des trois années 1989 à 1991, qui ont permis, comme en témoignent les photographies aériennes, à la végétation de redémarrer, prouvant sa résilience. Entre 1984 et 1991, des mesures comparées sur photographies aériennes donnent l'allongement des sifs, de 250 à 450 m en sept ans, soit en moyenne de plus de 35 à 65 m par an. En 1991, le phénomène le plus perturbant, devenu fréquent, est le recoupement des couloirs inter-cordons par les sifs en voie d'allongement.

Les causes anthropiques de la dégradation diagnostiquées sont : la création et l'exploitation de carrières, notamment celles qui sont au vent du site urbain ; le surpâturage exprimé par la multiplication des pistes de passage d'animaux, avec piétinement et la multiplication des parcs de stationnement de bête ; les déblais au vent le long de la « Route de l'espoir » ; la concentration de la population et sa sédentarisation ; la construction d'habitations jusqu'au sommet des cordons par extension de la capitale. Pour permettre l'extension périphérique de la ville les sifs sont démantelés par aplanissement.

Toutes ces formes de dégradation engendrées par le vent, aboutissant à une désertification difficilement réversible, se retrouvent dans l'ensemble de la Mauritanie occidentale. Le traumatisme éolien s'exprime par : *1)* une remise en marche du matériel ferruginisé pris en causse lors d'une paléopédogénèse, qui fournit la nouvelle génération de dunes de type barkhanique et de sifs (figure 7) dont le sable est fortement coloré en orangé-rouge ; *2)* le balayage du sable blanc des oueds ou blanchi par hydromorphie dans les couloirs interdunaires, qui participe à la formation des nouvelles dunes barkhaniques ou de sifs blancs ; *3)* un mélange des deux sables précédents, qui alimente des dunes nouvelles orange-clair ; *4)* une extension des ergs sur leur bord sous le vent, alors que leur bordure au vent se démaigrit, situation actuelle inverse de celle du nord du Sahara dans le Grand Erg Oriental et le Grand Erg Occidental, où les ergs gagnent du terrain au vent tandis qu'ils se vident par leur partie sud sous le vent ; *5)* une déflation éolienne accrue, qui évacue les voiles et les nappages sableux. La carte de l'IGN au 1 : 200 000 de 1969 de Moudjeria indique un voile éolien mince, sans état de surface spécifique, disparu par déflation en 1998.

4. CONCLUSION

De 1954 à 1965 la zone saharo-sahélienne de la Mauritanie à la latitude de Nouakchott apparaît stable, le couvert steppique non agressé. Entre 1963 et 1964 des signes précurseurs de réactivation éolienne sont décelables. Entre 1965 et 1980, une nouvelle génération de dunes mobiles de type barkhanique et de type sif se met en place. Leur matériel mobile, discontinu dans l'espace, remplace un manteau dunaire ancien fixé et organisé en une couverture sableuse continue. Ce passage d'un état de surface homogène continu à un état de surface hétérogène discontinu à dunes vives de matériel mobilisable est l'expression même de la désertification. Les mécanismes éoliens procèdent surtout par démaigrissement des ergs anciens et recoupement des couloirs interdunaires par des édifices dunaires nouveaux actifs.

Dans une phase ultérieure de recherche utilisant les résultats de la télédétection comme outils de base, une double démarche s'impose : une analyse sédimentologique (granulométrie, morphoscopie) des échantillons de matériel sableux éolien recueilli lors de quatre missions sur le terrain, pour préciser comment le transport de particules aboutit à l'ensablement de Nouakchott et une réflection sur les méthodes les plus efficaces de protection du tissu urbain de cette capitale.

Remerciements

Nous remercions le Département de géographie de la Faculté des lettres et le Département de géologie de la Faculté des sciences de l'Université de Nouakchott pour leur aide dans l'organisation de deux missions sur le terrain et l'ambassade de France près la République Islamique de Mauritanie d'avoir accordé une bourse doctorale en alternance aux deux chercheurs mauritaniens.

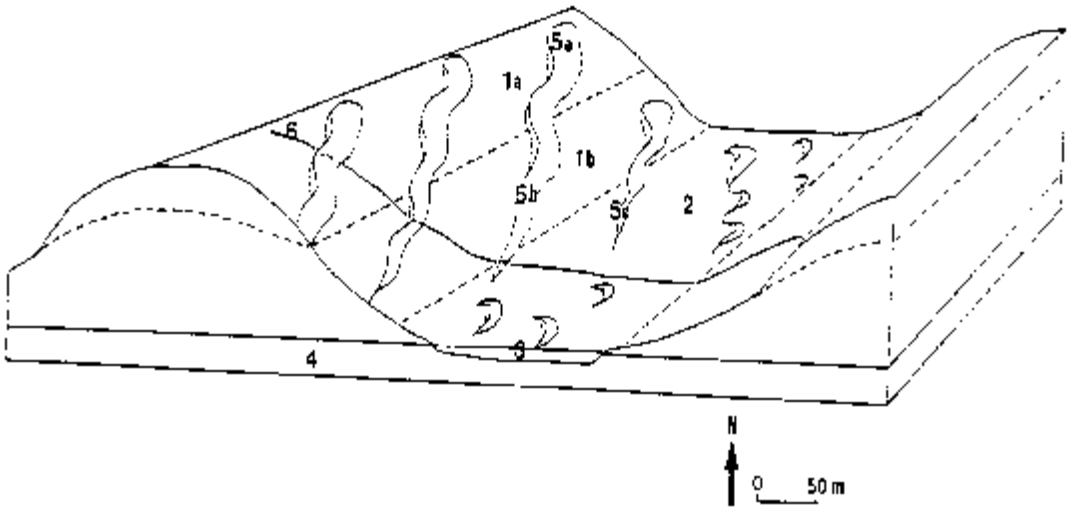


FIGURE 7 Superposition d'un système ouvert de sifs (c'est-à-dire non jointifs) sur un erg continu à cordons longitudinaux. Explication de la juxtaposition de sables multicolores de l'ocre rouge au blanc (dessin et légende modifiés de Raunet 1985). Sur cette figure, on montre le long de la « Route de l'espoir » l'ensablement par des sifs selon une direction grossièrement N-S.

1 – Cordon dunaire longitudinal à sommet convexe ; *1a* – Sable éolien fortement rubéfié et pris en masse des ergs Amoukrouz et Trarza ; *1b* – Sable éolien beige à blanc (dit sable « paradis ») décoloré par hydromorphie probablement au contact d'une ancienne nappe phréatique perchée ; 2 – Couloir interdunaire ou Goude parfois à tapissage de dépôts lacustres quaternaires ; *3* – Remblaiement lacustre sablo-calcaire noirâtre Tarouss dit « Tchadien » ; *4* – Plancher de l'erg, celui-ci constitue une couverture sableuse continue ; *5* – Sif de réactivation ; *5a* – Tête du sif sur le haut du cordon longitudinal en sable rubéfié du cordon réactivé ; *5b* – Partie médiane de l'édifice en sable beige clair à orange de réactivation du matériel sableux décoloré par hydromorphie se mélangeant progressivement au sable rouge remanié du sommet ; *5c* – Terminaison du sif toujours en sable clair blanc beige orange et édifices barkhaniques blancs encore isolés, rattrapés et incorporés aux sifs lors de leur allongement ; *6* – « Route de l'espoir. »

Superimposing of a system opened by sifs (that is not jointifs) on a continuous erg to longitudinal cords. Explanation of the juxtaposition of multicolored sands of the red ochre to the white (drawing and legend modified by Raunet on 1985). On this figure, one shows along the " Road of the hope " the blocking with sand by sifs according to a direction(management) boorishly N-S.

1 – Cordon dunaire longitudinal in convex summit ; 1a – éolien Sand strongly rubéfié and taken en masse ergs Amoukrouz and Trarza ; 1b – Sand beige éolien to white (said "paradise" grits) discolored by hydromorphie probably in the contact of an ancient(former) perched groundwater; 2 – Corridor(lane) interdunaire or Goude sometimes in tapissage of quaternary lakeside deposits(warehouses); 3 – Remblaiement lakeside blackish sablo-limestone Tarouss says "Chadian"; 4 – Floor of the erg, this one establishes(constitutes) a sandy continuous coverage; 5 – Sif of reactivation ; 5a – Head of the sif on the height of the longitudinal cordon grits it rubéfié of the reactivated cordon ; 5b – Left median of the building in clear beige sand with orange of reactivation of the sandy material discolored by hydromorphie mixing gradually in the red sand reshaped by the summit ; 5c – Ending of the sif always in sand clear orange-coloured beige white and buildings barkhaniques white still isolated, caught up and incorporated into sifs during their elongation; 6 – " Road of the hope. "

Références

Mainguet, M. Cossus, L. et Chapelle, A-M. (1980) Utilisation des images Météosat pour préciser les trajectoires éoliennes au sol au Sahara et sur les marges sahéliennes : interprétation des documents Météosat du 28 mai 1978 au 9 février 1979. Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection, Bulletin n° 78 (1980-2), p. 1-12 + 3 images de METEOSAT.

Mainguet, M. (1992) A Global Open Wind Action System : the Sahara and the Sahel. p. 33-42, in A. Sadek (éd.) The first International Confèrence on Geology of the Arab World. Remote Sensing Session, Le Caire, Janv. 1992. vol. 2, 548 p.

Mainguet, M. (1994) Desertification. Natural Background and Human Mismanagement. 2nde édition, Springer Study Edition, Springer-Verlag, Heidelberg, 314 p.

Mainguet, M. (1995) L'Homme et la Sécheresse. Masson, Paris, 355 p.

Mainguet, M. (1996) The Saharo-Sahefian Global Wind Action System : One Facet of Wind Erosion Analysed at a Synoptic Scale. In Proceedings of the International Symposium 'Vind Erosion in West Afiica : The Problem and its Control", B. Buerkert, B. E. Allison and M. von Oppen (ed), University Hohenheim, Germany, 5-7 déc. 1994, Margraf Verlag, Weikersheim, Gennany, p. 7-22.

Mainguet, M. (1999) Aridity, Droughts and Human Development. Springer-Verlag, Heidelberg, 302 p.

Mainguet, M. and Dumay, F. (1995) Transaharan Wind Flows analysed on Meteosat 4 satellite imagery. Ressources, urban, sand & wind, Desert Technology HI, Oct 15-20, 1995, Lake Motosu, Japan. Journal of Arid Land Studies, vol. 53, p. 89-94.

Pitte J.R. (1977) Nouakchott capitale de la Mauritanie. Publication du Département de Géographie de l'Université de Paris-Sorbonne, Paris, 198 p.

Toupet, Ch. et Pitte, J.R. (1977) La Mauritanie. *Que sais-je ?* PUF, Paris, 125 p.