

LES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES TÉMOINS DE LA DÉGRADATION DU COUVERT LIGNEUX DANS UN GÉOSYSTÈME SAHÉLIEN SÉNÉGALAIS

Influence de la proximité d'un forage

G. de WISPELAERE

Géographe, IEMVT, 10, rue Pierre-Curie, 94704 Maisons-Alfort Cedex

RÉSUMÉ

Dans le sahel gravillonnaire du Ferlo sénégalais, la sécheresse, aggravée par le surpâturage a provoqué, autour d'un forage, la dénudation de vastes surfaces avec disparition de la strate herbacée et de très nombreux ligneux. La comparaison de deux photographies aériennes à 25 ans d'intervalle, témoigne de l'importante transformation de la physionomie du couvert végétal.

MOTS-CLÉS : Dégradation du couvert végétal. Sécheresse. Photographies aériennes. Sahel sénégalais.

ABSTRACT

AERIAL PHOTOGRAPHS SHOWING THE DEGRADATION OF THE WOODY COVER IN A SENEGALESE - SAHELIAN GEOSYSTEM. INFLUENCE OF THE PROXIMITY OF A DRILLING

In the gravelly Sahel of the Senegalese Ferlo, drought intensified by overgrazing has led to the denudation of large areas around a bore-hole along with the disappearance of the herbaceous stratum and numerous woody species. The comparison between two aerial photographs taken 25 years apart shows the considerable transformation undergone by the plant cover.

KEY WORDS: Degradation of the plant cover. Drought. Aerial photographs. Senegalese Sahel.

INTRODUCTION

Après les grandes sécheresses des années 1972 et 1973 dans les pays du Sahel et leurs conséquences dramatiques, de nombreux travaux de recherches ont été entrepris pour étudier les moyens de lutte contre les effets de l'aridité en milieu tropical.

Ces effets se traduisent notamment par une diminution plus ou moins importante du tapis herbacé et un dépérissement des ligneux.

S'il est évident que la sécheresse est en grande partie responsable de cette modification du couvert végétal, quelle est la part de l'action de l'homme ? Quels sont les types de paysages les plus vulnérables

et quelles étendues présentent des modifications majeures ?

Les problèmes sont d'autant plus aigus qu'après les déficits pluviométriques catastrophiques des années 1972 et 1973, les pluies sont demeurées, à quelques exceptions près, dans la zone d'étude en dessous de la moyenne générale.

Dans le cadre d'une action complémentaire concertée de lutte contre l'aridité en milieu tropical, de la D.G.R.S.T. française, des recherches pluridisciplinaires sur les « Systèmes de production d'élevage dans le Sahel sénégalais » ont été entreprises conjointement par l'O.R.S.T.O.M. et le G.E.R.D.A.T. (I.E.M.V.T. et C.T.F.T.).

Au cours des observations de première année (octobre à décembre 1979), d'importantes modifications dans la physionomie du paysage végétal tant au niveau des ligneux que de la strate herbacée, ont été remarquées sur le terrain et détectées sur des photographies aériennes de l'année précédente.

Caractéristiques générales de la zone d'étude

Le forage de Révane (N'Diayène Fouta) est situé par $15^{\circ}36' N$ et $14^{\circ}35' O$ dans le Ferlo sénégalais entre Linguère à 80 km et Matam à 125 km (fig. 1).

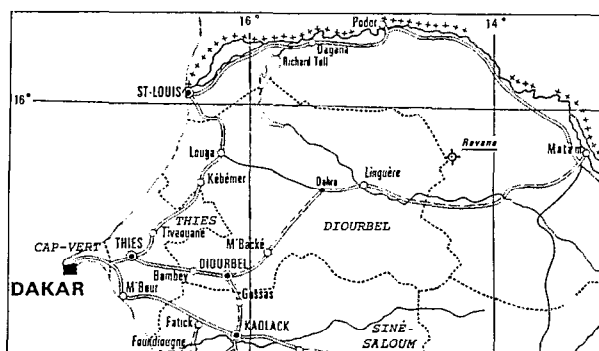


Fig. 1. — Carte de localisation du site de Révane.

Pluviosité

La pluviosité de la zone du forage proprement dite est inconnue et les seules stations pour lesquelles on dispose de relevés pluviométriques en nombre suffisant sont celles de Podor à 130 km au Nord et celles de Linguère et Matam.

La pluviosité moyenne générale en mm (tabl. I et annexe) de Linguère est de $476,7 \pm 39,3$, celle de Matam de $481,6 \pm 44,3$ et enfin celle de Podor de $291,1 \pm 32,1$.

L'analyse des pluviosités annuelles et des diagrammes pluviométriques des trois stations (fig. 2) montre qu'il y a toujours eu dans le passé des années dont la pluviosité était sensiblement inférieure de 25 à 30 % à la moyenne générale (Podor 1923, 1924, 1931, 1942, 1948, 1954, 1962, 1968 ; Linguère 1941, 1956, 1962, 1968 ; Matam 1926, 1941, 1944, 1968). Ces années étaient isolées dans des séries d'années où la pluviosité était généralement supérieure à la moyenne. Depuis 1970, on constate une succession d'années déficitaires entrecoupées d'années se rapprochant à peine de la moyenne.

Années déficitaires

PODOR.....	1971, 1972, 1973, 1974, 1977, 1979
LINGUERE.....	1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1976, 1978
MATAM.....	1970, 1972, 1973, 1974, 1978, 1979

TABEAU I

STATIONS	Moyenne jusqu'en 1969			Moyenne 1970-1979			Moyenne générale		
	Nombre d'années	Période	Valeurs* en mm	Nombre d'années	Période	Valeurs* en mm	Nombre d'années	Période	Valeurs* en mm
Podor.....	44	1923-1969	$313,0 \pm 35,3$	10	1970-1979	$194,4 \pm 44,8$	54	1923-1979	$291,1 \pm 32,1$
Linguère.....	36	1934-1969	$517,4 \pm 40$	10	1970-1979	$330,0 \pm 42,8$	46	1934-1979	$476,7 \pm 39,3$
Matam.....	42	1922-1969	$519,5 \pm 44,9$	9	1970-1979	$304,4 \pm 63,5$	51	1922-1979	$481,6 \pm 44,3$

Cette constance du déficit pluviométrique depuis 1970 permet de séparer d'une part, une phase « normale », de l'origine des données à 1969, avec des alternances d'années sèches et d'années pluvieuses et d'autre part, une phase sèche qui dure maintenant, dans cette région, depuis dix ans.

Si l'on compare les moyennes de la phase « normale » avec celles de la phase « sèche » pour les trois stations considérées, on constate une diminution de la pluviosité moyenne de près de 38 % pour Podor, de 36 % pour Linguère et de 41 %

pour Matam. Cependant, en raison de la répartition très irrégulière des pluies, les variations constatées ne sont qu'indicatrices faute de postes pluviométriques plus nombreux.

Cette persistance de la sécheresse depuis 1970 a provoqué une rupture majeure de l'équilibre écologique et cette région qui appartenait autrefois au secteur éco-climatique sahélo-soudanien et qui présente maintenant des caractères climatiques identiques au secteur sahélien type, autrefois localisé à 150 km au nord.

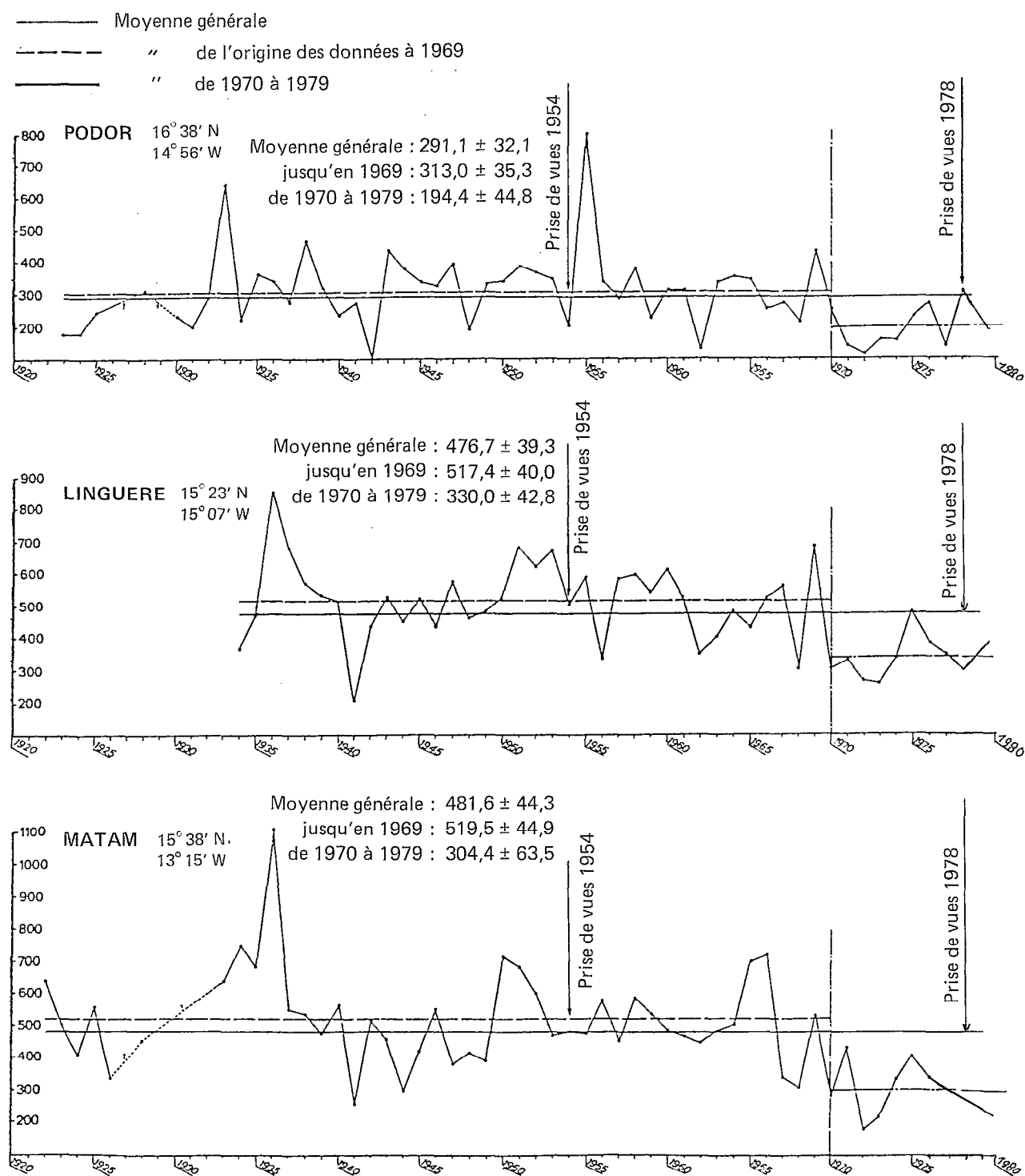


Fig. 2. — Diagrammes pluviométriques.

LE SITE DE REVANE

Le substrat géologique de cette région est entièrement constitué par les formations grés-argileuses du Continental Terminal, recouvertes d'une cuirasse ferrugineuse plus ou moins démantelée et recimentée en une cuirasse gravillonnaire sur laquelle reposent parfois les sables du quaternaire.

Les sols qui s'y développent sont peu profonds et reposent sur la cuirasse ou sur le gravillon qui affleurent tous deux fréquemment. Localement on rencontre des sols ferrugineux tropicaux lessivés et des sols brun rouge modaux sur les placages plus ou moins dunaires.

Cette région est occupée par les pasteurs nomades peul. Avant l'implantation des forages ils pratiquaient un élevage de type extensif avec transhumance de saison des pluies. Depuis la mise en service des forages (1957 pour Révane), on constate une nette tendance à la sédentarisation et les troupeaux ne se déplacent plus que sur de faibles distances.

La végétation de l'ensemble du Nord Sénégal a été étudiée et cartographiée au 1/200 000 entre 1970 et 1972 par J. VALENZA, A. K. DIALLO (11)*. La nomenclature utilisée pour décrire le site est extraite de cette étude (voir fig. 3 et 4).

Description du site

Dans le paysage, la savane arbustive à *Pterocarpus lucens* (G1) que les Peul appellent « Sangaré », domine largement. Elle correspond à un plateau sur sol peu profond reposant sur la cuirasse démantelée ou gravillonnaire.

En 1972, J. VALENZA et A. K. DIALLO la décrivent avec la composition floristique suivante :

— pour la strate ligneuse :

Pterocarpus lucens très abondant
Combretum nigricans abondant
Grewia bicolor assez abondant
Combretum micranthum assez abondant
Acacia macrostachya assez abondant
Guiera senegalensis assez abondant

— pour la strate herbacée :

Loudetia togoensis dominant
Zornia glochidiata très nombreux
Andropogon auriculatus
Diheteropogon hagerupii

L'unité G2 appelée « Niargo » correspond aux versants à sol plus profond des plateaux gravillonnaires. La végétation se présente également sous la forme d'une savane arbustive mais plus ouverte que celle de l'unité G1. Sur le plan floristique on rencontre :

— pour la strate ligneuse :

Commiphora africana abondant
Combretum nigricans assez abondant
Combretum glutinosum assez abondant
Pterocarpus lucens peu abondant
Guiera senegalensis peu abondant
Combretum micranthum peu abondant

— pour la strate herbacée :

Schoenefeldia gracilis
Zornia glochidiata
Diheteropogon hagerupii
Andropogon pseudapricus

L'unité PS7 est un placage sableux sur la cuirasse gravillonnaire où se développent des sols ferrugineux lessivés. C'est une savane arbustive claire souvent cultivée, dominée par :

— pour la strate ligneuse :

Combretum glutinosum
Commiphora africana
Guiera senegalensis
Balanites aegyptiaca

— pour la strate herbacée :

Cenchrus biflorus
Eragrostis tremula
Schoenefeldia gracilis
Tephrosia purpurea

— et très rarement...

Andropogon gayanus

L'unité Dia correspond aux reliefs dunaires continentaux bien marqués dont la végétation est constituée d'une steppe arbustive claire, proche de celle de l'unité PS7, dominée par :

— strate ligneuse :

Combretum glutinosum très abondant
Guiera senegalensis assez abondant
Balanites aegyptiaca peu abondant

— strate herbacée :

Aristida mutabilis
Cenchrus biflorus
Aristida stipoides

(*) (1 à 12) voir bibliographie en fin d'article.

L'unité A2b « Baldioul » caractérise les vallées argileuses des plateaux gravillonnaires colonisés par une végétation très fermée dont la strate ligneuse est dominée par *Acacia seyal* tandis que la strate herbacée, en général très pauvre, ne comporte que des espèces ombrophiles et rudérales.

Principes de l'interprétation des photographies aériennes

A l'intérieur des unités paysages précédemment décrites et à partir des observations effectuées sur le terrain, quatre états physionomiques du couvert végétal ont été définis.

ÉTAT 1 : Bon état du tapis herbacé et de la strate ligneuse

Il correspond à un couvert végétal apparemment continu ou homogène, pouvant être localement clair, mais ne présentant pas de signes importants de dénudation ni d'érosion.

ÉTAT 2 : Début de dénudation

- tapis herbacé éclairci,
- strate ligneuse stable.

Cet état désigne une strate herbacée en majorité claire, qui présente de nombreuses plages dénudées. La population ligneuse paraît stable.

ÉTAT 3 : Dénudation importante

- tapis herbacé très discontinu,
- mort de nombreux ligneux.

Cet état caractérise les unités où les plages nues dominent et dans lesquelles la proportion d'arbres morts est élevée.

ÉTAT 4 : Zone totalement dénudée

- absence presque totale de strate herbacée,
- ligneux morts à plus de 80 %.

Cet état désigne les endroits où la presque totalité de la végétation, tant herbacée que ligneuse a disparu.

État du couvert végétal en 1954

La photographie aérienne prise le 14 mars 1954 (photo 1), dans la phase pluviométrique normale, est antérieure à la mise en service du forage de Révane (1957).

A cette époque, l'alimentation en eau semblait assurée par un puits à proximité du village dans un point bas de la dune. Les champs occupaient 370 ha environ répartis sur l'unité PS7 moins sableuse que les reliefs dunaires D1a.

Sur le Sangaré (G1), la présence de très nombreuses petites taches gris clair à blanc, est caractéristique. Elles correspondent à des plages nues, souvent circulaires sans aucune végétation, au centre desquelles on rencontre très fréquemment des termitières fonctionnelles ou abandonnées souvent colonisées par *Grewia bicolor* (Kelli en Peul).

Cette unité que l'on nomme « brousse tachetée » présente de nombreuses analogies avec la brousse tigrée (*).

En effet, les deux unités se composent généralement des mêmes espèces (*Pterocarpus lucens*, *Combretum micranthum*, *Grewia bicolor*, etc.) et se développent sur les mêmes sols squelettiques sur cuirasses ferrugineuses démantelées ou gravillonnaires.

Sur la moitié gauche de l'image, le Sangaré G1 est ceinturé par le Niargo (G2) peu différent de l'unité précédente.

Une vallée argileuse « Baldioul » (A2b) partage l'image en deux. Souvent impenétrable par la densité d'*Acacia seyal* (Boubi), ce type de vallée est bordé par des pistes à bétails qui convergent vers le puits. C'est à leur niveau, et au contact du « Baldioul » (A2b) et du Sangaré (G1) que l'on remarque les seuls signes majeurs de dénudation de quelque importance (les zones en états 3 et 4 couvrent environ 65 ha).

Dans l'ensemble, le couvert végétal paraît en bon état (état 1 dominant) mis à part quelques zones « plus claires » (état 2) dans le Sangaré au nord-est du village (fig. 3).

État du couvert végétal en 1978

Prise le 29 octobre 1978, soit 25 ans après le cliché précédent dans la phase « sèche » (voir le diagramme pluviométrique), la photographie aérienne (photo 2) témoigne de l'importante transformation du paysage durant ce laps de temps.

Les plages blanches correspondent à des surfaces dépourvues de végétation. Ainsi, près du relevé 29a (fig. 4), effectué le 7 novembre 1979 sur 1 ha à 1,5 km du forage, la strate herbacée était complètement absente et sur les 658 ligneux dénombrés, 279 étaient morts (photo 3) dont la presque totalité des *Pterocarpus lucens* et des *Combretum micranthum* (tabl. II), caractérisant l'état 4 (totalement dénudé). L'érosion en nappe a provoqué l'ablation de l'horizon de sur-

(*) Ainsi dénommée par CLOS ARCEDUC en 1956 (4) et dont la formation a été étudiée par divers auteurs : AUDRY (P.), ROSSETI (Ch.) 1962 (1), WHITE (L. P.), 1970 (12), BOUDET (G.) 1971 (2) et LEPRUN (J. G.) 1976 (8).

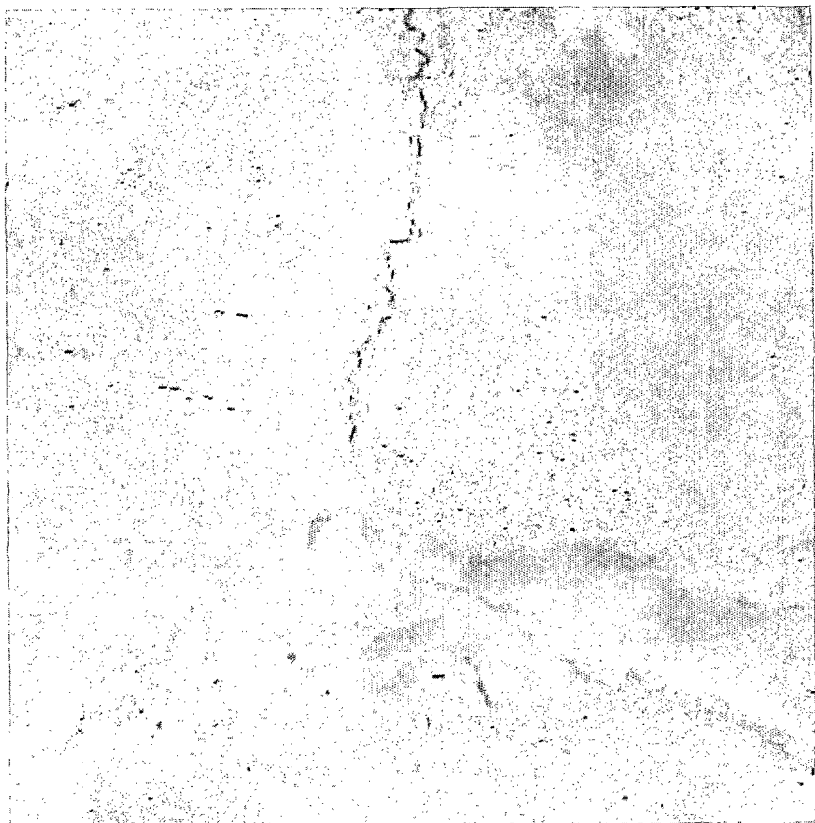


Photo 1. — Photographie aérienne IGN. Mission AOF 085.
n° 313. 1/50 000. 14.3.54.

1954

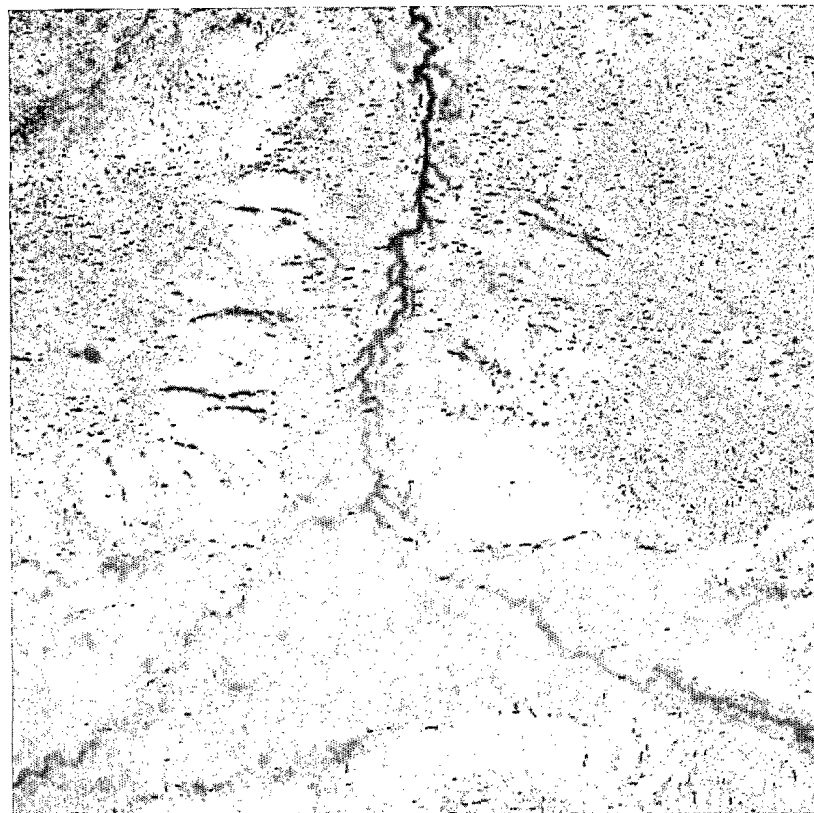


Photo 2. — Photographie aérienne IGN. Mission 1978 ND 28 XX XXII/600,
n° 201. 1/50 000. 29.10.78.

1978

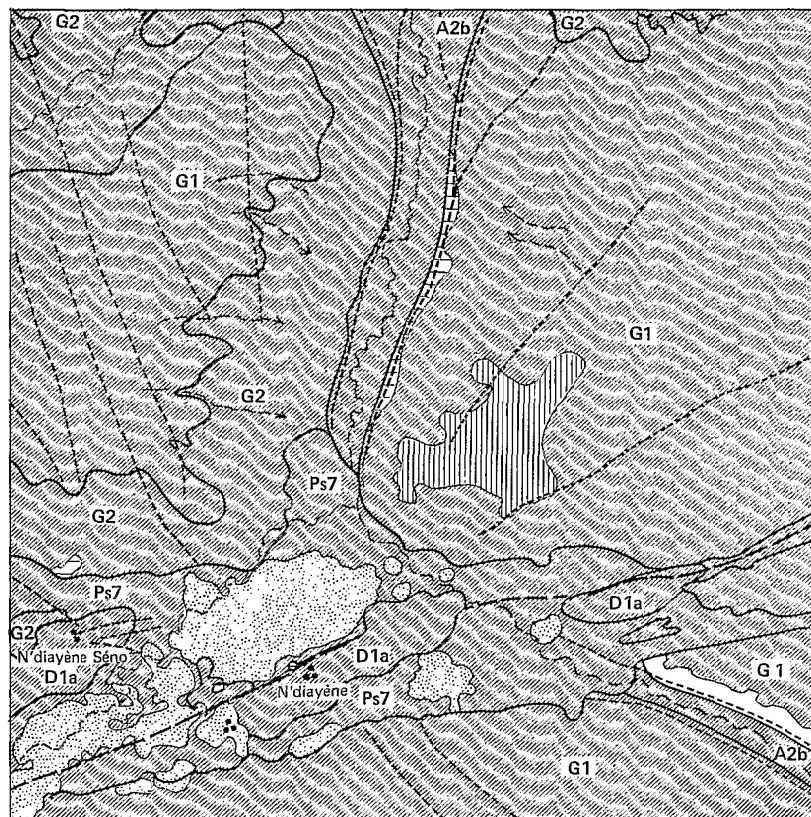


Fig. 3. — Interprétation de la photographie aérienne de 1954 à 1/50 000.

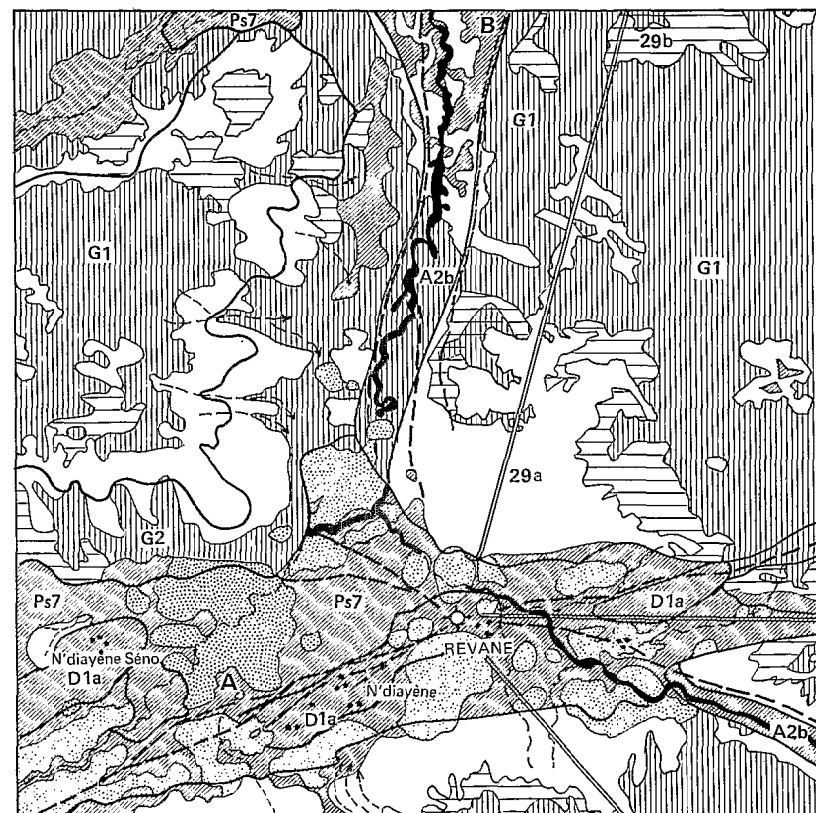
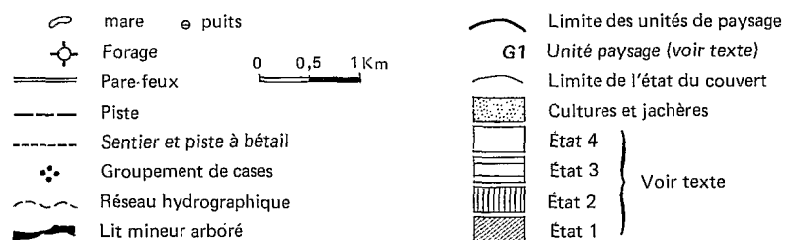


Fig. 4. — Interprétation de la photographie aérienne de 1978 à 1/50 000.



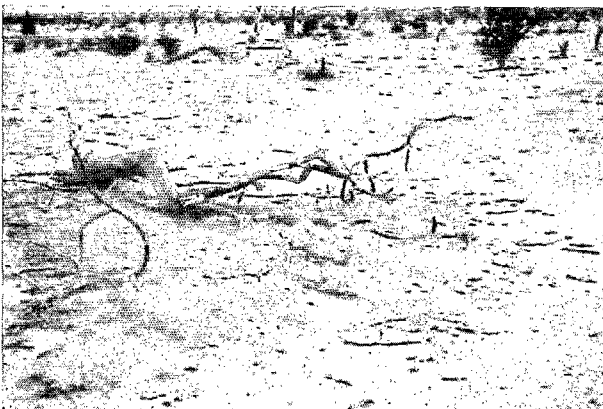
Légende (valable pour les deux années)



3



5



6



8



4

Photo 3. — Relevé 29a à 1,5 km du forage. La totalité des *Pterocarpus lucens* sont morts (état 4). 7 novembre 1979.

Photo 4. — Village de Revane : pallissades autour des cases constituées de troncs et de branches de *Pterocarpus lucens* morts. 7 novembre 1979.

Photo 5. — Les bois morts piègent les matériaux transportés par l'érosion où se développe un maigre tapis herbacé (ici *Zornia glochidiata*). 7 novembre 1979.

Photo 6. — R 29a. Les « restes » d'un *Pterocarpus lucens* protègent le sol de l'érosion en nappe.

Photo 7. — R 29b. 8 novembre 1979. Dépérissement de *Pterocarpus lucens* (état 3).

Photo 8. — Les *Pterocarpus lucens* déracinés restent en place.



7

TABLEAU II
Relevé 29A. Comptage des ligneux

ESPÈCES	VIVANTS (h en cm)				MORTS (*)				Pourcentage d'arbres morts
	h < 50	50 < h < 200	h > 200	Total	h < 50	50 < h < 200	h > 200	Total	
<i>Pterocarpus lucens</i>	1	—	1	2	25	26	100	151	99
<i>Combretum micranthum</i>	2	—	1	3	5	19	—	24	89
<i>Guiera senegalensis</i>	221	—	—	230	101	—	—	101	31
<i>Adenium obesum</i>	1	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Grewia bicolor</i>	—	—	—	—	1	1	—	2	—
<i>Commiphora africana</i>	1	—	2	3	—	—	1	1	—
<i>Balanites aegyptiaca</i>	—	1	1	2	—	—	—	—	—
<i>Boscia senegalensis</i>	78	54	6	138	3	—	—	—	—
TOTAUX.....	304	64	11	379	135	46	101	279	

(*) Lorsqu'il ne restait que la souche, la hauteur a été estimée en fonction du diamètre du tronc.

face, tandis que dans l'axe du pare-feu, tracé dans la ligne de plus grande pente, des ravines de 40 à 60 cm entaillent le sol.

Cette abondance de bois mort à proximité du village de Révane a incité les habitants à utiliser les troncs de *Pterocarpus lucens* pour faire des palissades autour des cases (photo 4) supprimant ainsi le dernier obstacle à l'érosion fluviale et éolienne. En effet, les bois morts jouent le rôle de piège (photo 5) en bloquant en partie les matériaux transportés par le vent et par le ruissellement ainsi que les graines des plantes annuelles. Ils contribuent également, en cassant l'énergie cinétique de la lame d'eau, à diminuer le pouvoir érosif du ruissellement (photo 6).

Alors que les jeunes *Pterocarpus lucens* et *Combretum micranthum* sont pratiquement absents, les jeunes *Boscia senegalensis* et *Guiera senegalensis* sont très nombreux mais en raison de leur petite taille, ils ne sont pas visibles sur les photographies aériennes à 1/50 000.

La superficie totale des zones totalement dénudées (état 4) dans la partie de l'image interprétée sur les unités G1 et G2 est de 1 370 ha (fig. 4).

Plus l'on s'éloigne du forage, plus les surfaces totalement dénudées se font rares. A partir du kilomètre 3, la proportion d'arbres morts semble diminuer et les plages de ligneux péris se répartissent principalement au niveau de la rupture de pente.

A 6 km du forage, au N./N.-E. (relevé 29b), la strate herbacée est également absente et de très nombreux

Pterocarpus lucens sont morts ou à un stade de dépérissement très avancé (photo 7). A la différence du relevé 29a, un nombre important d'arbres morts est encore debout tandis que les bois morts sont restés en place (photo 8), ce qui donne une texture particulière à l'image (état 3). La superficie totale des zones en état 3 est de 500 ha. Le reste de l'unité G1 présente un tapis herbacé éclairci (état 2) et les zones à forte mortalité de ligneux sont rares.

Sur la photographie aérienne l'aspect de la végétation de l'unité G1 s'apparente de plus en plus à la brousse tigrée, ce qui confirme l'hypothèse émise par CLOS-ARCEDEC en 1956. Bien que les différentes composantes, étendues plates et nues sans végétation et plages de ligneux distribués en bandes n'atteignent pas les dimensions de celles décrites au Mali, au Niger et en Haute-Volta, les ressemblances sont troublantes. Sommes-nous en présence d'un stade d'évolution vers ce faciès? Tout porte à le croire.

Les deux unités sur sol sableux PS7 et D1a ne présentent pas de traces de dénudation majeure. A 8 km à l'est du forage sur des unités identiques, nous avons cependant pu observer, dans un plateau (*) de 1 ha, 16 *Combretum glutinosum* adultes morts et 38 vivants dont 11 jeunes de moins de 50 cm de hauteur. La disparition de ces ligneux ne se traduit pas sur la photographie aérienne de 1978 par une texture particulière, en raison du couvert herbacé relativement dense et homogène. Sur l'unité PS7, les cultures sont en légère extension puisqu'elles occupent 550 ha (370 en 1954).

(*) Plateau : terme utilisé pour désigner la surface sur laquelle ont été faites les observations.

A l'intérieur du système dunaire, on remarque au pied de l'unité D1a (fig. 4, point A), une concentration des ligneux dans une dépression autour d'une petite mare. Cette mare est alimentée par l'eau de ruissellement qui s'écoule sur le versant gravillonnaire dénudé canalisé par un thalweg de formation récente. Ce phénomène se reproduit à plusieurs endroits et trois autres thalwegs se sont formés depuis 1954 (voir fig. 4).

Les vallées A2b (au N. et au S.-E. du forage) ont évolué de manière différente. Alors que la strate ligneuse s'est élargie et épaissie dans le lit mineur, les bourrelets alluvionnaires se sont éclaircis et d'importantes plages dénudées sont apparues (état 4) couvrant près de 65 ha dans la partie de l'image étudiée. Inversement, les plaines au contact avec les versants du plateau gravillonnaire, qui ont tendance à se colluvionner, présentent un couvert ligneux plus dense qu'autrefois (fig. 4, point B).

Conclusion : Le mécanisme de dénudation

D'une manière générale, le processus de la dénudation sur les sols à matériau argilo-gravillonnaire semble le suivant.

Le maigre tapis herbacé, résultant d'une pluviosité déficitaire, est rapidement consommé par les animaux qui vont journellement à l'abreuvement. Cette absence de couvert herbacé favorise l'érosion éolienne de saison sèche et l'érosion hydrique de saison des pluies. Elles provoquent l'ablation de l'horizon de surface sur les hauts versants, tandis que les éléments fins vont colmater les bas-versants. Sur les horizons indurés, le ruissellement est accéléré, l'eau ne pénètre plus dans le sol et les arbres finissent par périr d'autant plus vite qu'il pleut moins.

Également constaté dans l'Oudalan en Haute-Volta (B. TOUTAIN, G. de WISPELAERE, 1978) (10) et dans le Gourma malien (G. BOUDET, 1979) (3), ce processus explique la tendance de la végétation à se contracter dans les points bas des toposéquences où les strates ligneuse et herbacée rencontrent de meilleures conditions de développement, tandis que les parties hautes se dénudent.

Cela étant, la présence des zones les plus dénudées dans un rayon de 3 à 6 km autour du forage montre l'importance du surpâturage comme facteur de dénudation sur des sols à matériau argilo-gravillonnaire. À l'inverse, les sols à matériau sableux semblent beaucoup moins vulnérables.

Bien que d'autres exemples du même phénomène aient été rencontrés, aucun ne présentait un tel degré de gravité. Cependant, malgré leur importance (1 500 ha) les zones dénudées de Révane ne constituent qu'un exemple, certes spectaculaire, mais unique en son genre dans la région étudiée.

Les travaux en cours, menés par les chercheurs du C.T.F.T. et de l'I.E.M.V.T., dans le cadre de l'opération D.G.R.S.T., apporteront des informations plus précises sur l'évolution des couverts ligneux et herbacés que celles présentées ici. Mais seule la comparaison des photographies aériennes à 25 ans d'intervalle pourra témoigner de l'évolution à long terme de la physionomie du couvert végétal.

Propositions de lutte contre la dégradation de la végétation

En 25 ans le paysage végétal des sols gravillonnaires s'est radicalement transformé dans un rayon de 4 à 6 km autour du forage. Ce phénomène peut-il s'étendre, nous l'ignorons actuellement, mais on peut le craindre. Le suivi de l'évolution de la végétation par télédétection du programme de lutte contre l'aridité tropicale en cours, permettra, peut-être, de répondre à cette question.

Quoi qu'il en soit, l'évolution constatée indique les dangers que représente pour le milieu, l'absence d'une gestion de forage à fort débit (30 m³/h) adaptant les ressources en eau aux ressources fourragères, surtout lorsque les sols sont sensibles à l'érosion.

Au contact de la dune et du glacis gravillonnaire, la dégradation est telle que la désertisation paraît irréversible puisque l'horizon superficiel meuble a été emporté par les agents d'érosion. Si des tentatives de restauration devaient être envisagées, elles devraient, en premier lieu, minimiser les facteurs anthropiques de dégradation dans le cadre d'une action régionale reposant sur une politique de gestion rigoureuse de l'abreuvement. Pour être efficace, cette action ne peut être entreprise qu'avec l'assentiment et la coopération des populations concernées.

Plusieurs méthodes peuvent être envisagées pour limiter l'extension des zones dégradées et tenter leur restauration.

La méthode la plus radicale consisterait à fermer définitivement le forage. Si cette mesure extrême ne peut être retenue, on peut envisager de réduire le débit d'exploitation de la station de pompage en saison des pluies pour satisfaire les seuls besoins domestiques des populations. Durant cette saison, les troupeaux pourraient s'abreuver à des mares temporaires spécialement aménagées, implantées dans des sites favorables à environ 10 km du forage (G. BOUDET, Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères, p. 133).

En saison sèche, les troupeaux pourraient de nouveau s'abreuver au forage, dont le débit resterait réduit afin de maintenir la charge en bétail en dessous de la charge optimum.

L'application de ces mesures réglementaires, élaborées par le législateur, pourrait être confiée à une société de développement de l'élevage telle que la Société de Développement de la zone Sylvo-Pastorale (S.O.D.E.S.P.) qui assure depuis plusieurs années l'encadrement des éleveurs de quelques forages du Ferlo. Une des tâches prioritaires pour cette société serait de sensibiliser les pasteurs de cette région aux problèmes de la dégradation de leur milieu, accélérée par le mode actuel d'exploitation des ressources végétales.

Parallèlement à la mise en œuvre de ces mesures, des essais de régénération peuvent être tentés. Il s'agirait de favoriser, par un léger travail du sol, perpendiculairement à la pente, la fixation des semences de graminées annuelles spontanées et l'infiltration de l'eau dans le sol.

Ce genre de travail tenté en Haute-Volta (B. TOUTAIN, 1977) (9), sur des glaciis limono-sableux, a montré que l'on obtenait à l'emplacement du

passage des outils la formation d'un tapis graminéen et dans certains cas, la levée de nombreux jeunes arbustes. Mais ce genre de travail doit être accompagné d'une mise en défens de quatre ans minimum des zones traitées, surtout vis-à-vis des chèvres, pour obtenir une régénération de la strate ligneuse.

Cependant, l'expérience prouve que l'efficacité de ces travaux légers, reste limitée et il semble nécessaire pour obtenir des résultats plus durables d'élaborer un programme de défense et de restauration des sols à l'aide de moyens mécaniques plus importants dont le coût élevé peut paraître disproportionné vis-à-vis des résultats escomptés.

Il faudra attendre de nombreuses années pour que les effets des mesures de régénération de la végétation compensent les dégâts constatés surtout si les conditions climatiques demeurent défavorables.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M. le 7 octobre 1980.

BIBLIOGRAPHIE

1. AUDRY (P.), ROSSETI (Ch.), 1962. — Observations sur les sols et la végétation en Mauritanie du Sud-Est et sur la bordure adjacente du Mali (1959-1961). Rome, F.A.O., 24 067/F/1.
2. BOUDET (G.), 1972. — Désertification de l'Afrique tropicale sèche. *Adansonia Ser.* 2, 12 (4) : 505-524.
3. BOUDET (G.), 1979. — Quelques observations sur les fluctuations du couvert végétal sahélien au Gourma malien et leurs conséquences pour une stratégie de gestion sylvo-pastorale. *Bois et Forêts des Tropiques*, 184 : 31-44.
4. CLOS-ARCEDEC (M.), 1956. — Étude sur photographies aériennes d'une formation végétale sahélienne : la brousse tigrée. *Bull. IFAN*, 18 ; 3 : 677-684.
5. DELWAULLE (J. C.), 1977. — La situation forestière dans le Sahel. *Bois et Forêts des Tropiques*, 173 : 3-25.
6. DE WISPELAERE (G.), TOUTAIN (B.), 1976. — Un exemple de dégradation du couvert végétal dans le Sahel voltaïque entre 1955 et 1976. Paris, *Rev. Photo-Interprétation*. Éd. Technip., 3/1.
7. DE WISPELAERE (G.), TOUTAIN (B.), 1976. — Estimation de l'évolution du couvert végétal en 20 ans consécutivement à la sécheresse dans le Sahel voltaïque. Paris, *Rev. Photo-Interprétation*, 3/2.
8. LEPRUN (J. C.), 1976. — Rapport préliminaire de la mission pédologique dans le Gourma du Mali. A.C.C. D.G.R.S.T. — Lutte contre l'aridité « Étude de l'évolution d'un système d'exploitation sahélien au Mali ». O.R.S.T.O.M., Dakar, 25 p., *multigr.*
9. TOUTAIN (B.), 1977. — Essais de régénération mécanique de quelques parcours sahéliens dégradés. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 30 (2) : 191-198.
10. TOUTAIN (B.), DE WISPELAERE (G.), 1977-78. — Étude et cartographie des pâturages de l'O.R.D. du Sahel et de la zone de delisage au Nord-Est de Fada N'Gourma (Haute-Volta). Maisons-Alfort, I.E.M.V.T., Étude Agropastorale n° 51. Tome I. Les pâturages naturels et leur mise en valeur 134 p.+annexes 168 p. Tome II. Les plantes. Écologie, noms vernaculaires, intérêt fourrager. 120 p.+annexes 12 p. Tome III. Cartographie. Synthèse de l'étude. Principes de réalisation. Guide pratique d'utilisation. Exploitation des résultats. 239 p.+annexe, 12 ph. relief ; Atlas. 19 cartes couleurs (15 feuilles à 1/200 000 4 à 1/1 000 000).
11. VALENZA (J.), DIALLO (A. K.) *et coll.*, 1972. — Étude des pâturages naturels du Nord Sénégal. Maisons-Alfort, I.E.M.V.T. Étude agrostologique n° 34, *Mimeogr.* 311 p., 1 c. coul., 3 feuilles 1/200 000.
12. WHITE (L. B.), 1970. — Brousse tigrée patterns in Southern Niger. *Journ. Ecol.*, 58 : 549-553.

ANNEXE

Pluviosités moyennes annuelles en millimètres

Années	PODOR	LINGUERE	MATAM
1922.....			
1923.....	180,2	—	503,3
1924.....	182,2	—	405,0
1925.....	244,3	—	557,4
1926.....	—	—	334,5
1927.....	—	—	—
1928.....	310,0	—	452,1
1929.....	—	—	—
1930.....	236,9	—	—
1931.....	200,4	—	—
1932.....	291,8	—	—
1933.....	633,2	—	640,0
1934.....	220,3	371,1	743,1
1935.....	361,4	478,4	679,5
1936.....	338,8	<i>853,6</i>	<i>1111,9</i>
1937.....	272,2	680,5	550,7
1938.....	466,4	570,2	537,8
1939.....	316,2	522,3	474,7
1940.....	233,5	517,8	562,7
1941.....	269,0	204,7	255,2
1942.....	98,4	437,2	515,7
1943.....	433,2	529,2	455,8
1944.....	375,2	452,9	295,4
1945.....	332,0	526,5	419,2
1946.....	321,2	434,5	549,9
1947.....	388,3	575,5	379,6
1948.....	186,9	460,3	414,4
1949.....	329,0	479,6	389,0
1950.....	335,7	575,9	713,8

Années	PODOR	LINGUERE	MATAM
1951.....	383,4	677,5	681,2
1952.....	366,2	619,4	603,1
1953.....	337,4	669,2	470,5
1954.....	198,7	506,4	482,0
1955.....	<i>793,4</i>	586,4	477,0
1956.....	333,8	333,2	583,4
1957.....	279,0	585,1	452,4
1958.....	375,3	595,8	688,9
1959.....	223,4	538,0	531,7
1960.....	309,9	611,9	484,8
1961.....	308,8	523,5	479,7
1962.....	124,9	341,3	444,7
1963.....	329,2	399,6	486,3
1964.....	352,4	482,6	506,6
1965.....	341,9	426,3	700,6
1966.....	246,9	518,4	623,7
1967.....	271,0	556,0	341,0
1968.....	209,8	301,7	308,0
1969.....	431,4	679,0	534,0
1970.....	255,1	297,1	281,1
1971.....	136,7	328,3	431,0
1972.....	109,7	264,4	175,0
1973.....	153,0	255,4	219,5
1974.....	151,1	330,6	327,5
1975.....	225,0	477,3	407,5
1976.....	264,0	334,5	378,4
1977.....	132,4	340,0	—
1978.....	301,3	297,8	272,1
1979.....	216,2	374,4	247,1

En italique : maximum de pluie ; en caractère gras : minimum de pluie.