

Yaoundé

NOTES D'ÉCOLOGIE SOUDANO-SAHELIENNE QUELQUES RELATIONS SOLS-VEGETATION DANS LE PARC NATIONAL DE WAZA (NORD CAMEROUN)

Charles TOBIAS*
et
Charles VANPRAET**

1982

RESUME

La répartition des formations végétales dans le Parc National de Waza est très étroitement liée aux conditions physiques du milieu. Dans un contexte climatique de type tropical semi-aride à deux saisons très tranchées, les facteurs principaux qui interviennent dans cette répartition sont le régime hydrique particulier des zones basses à inondation plus ou moins prolongée, et, de façon plus générale, la nature des sols où les trois processus de pédogénèse dominants sont l'hydromorphie, le lessivage et l'alcalisation.

On peut ainsi mettre en évidence cinq formations végétales caractéristiques. Une action anthropique récente (feux de brousse, défrichements périphériques et interventions sur l'alimentation en eau des zones inondables) peut modifier profondément l'équilibre naturel.

On cite quelques exemples de l'utilisation du milieu par la faune.

ABSTRACT

The distribution of vegetal plants in the Waza national park is very closely linked with the physical conditions of the environment.

In a tropical semi-arid climatological context with two different seasons, the main factors which intervene in this distribution are the hydric regime peculiar in lower zones, with more or less prolonged floods; and more generally, the nature of soils where the three processes of dominant pedogenesis are hydromorphy, bleaching and alkalization.

Thus one can bring forth five groups of vegetal characteristics. A recent anthropic action (bush fires, peripheric land clearings and interventions on water supply in the zones of floods) can deeply modify the natural balance.

One can quote some examples of the environmental utilization by the fauna.

INTRODUCTION

Le Parc National de Waza est situé dans le Nord-Cameroun (Fig. 1), entre 11° et 11,5° de latitude Nord, dans la zone écologique soudano-sahélienne à saisons très contrastées formant une longue bande s'étalant depuis l'Afrique Occidentale jus-

* Pédologue de l'ORSTOM, Institut de la Recherche Agronomique - Centre de Nkolbisson, B.P. 2067 YAOUNDE (Cameroun).

** Ecologiste, PNUD/FAO - Projet des Parcs Nationaux - Cameroun, C/O FAO-FO, Rome (Italie).

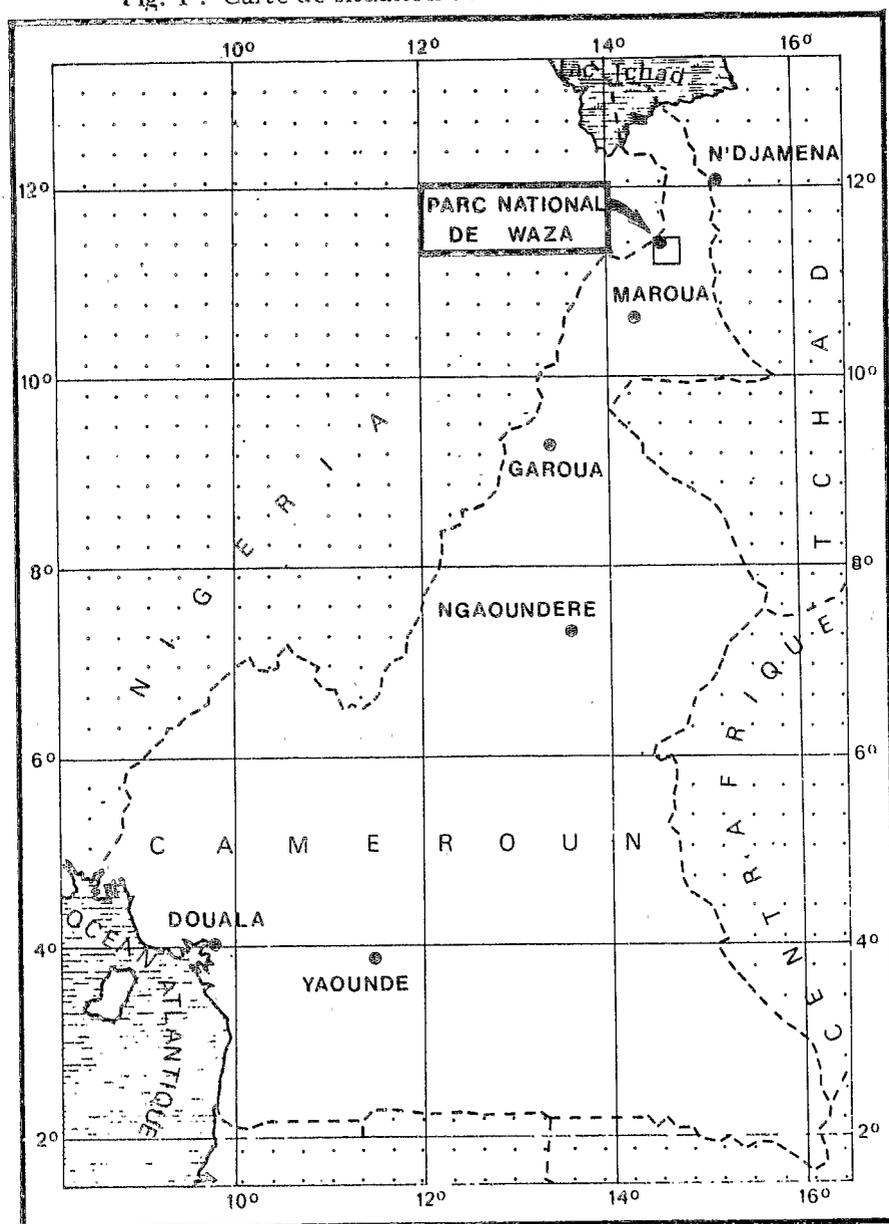
JH

qu'au Soudan. Malgré une apparente monotonie d'ensemble, les conditions du milieu y sont assez diversifiées et montrent en particulier une répartition précise de la végétation en fonction des données physiques du milieu. On y trouve notamment, concentrés sur un territoire relativement restreint, plusieurs types de sols souvent associés en séquences, qui ont été étudiés isolément dans d'autres pays sous des conditions écologiques analogues (Soudan, Tchad, Nigeria, Niger, etc...), et qui portent chacun des types de végétation caractéristiques.

La réserve a été créée en 1934, et érigée en Parc National en 1968 ; son aménagement, bien que relativement récent, a permis d'améliorer les mesures de protection de site tant au point de vue flore que faune, en interdisant ou en contrôlant l'intervention de l'homme, très fréquente dans ces régions où les conditions de vie sont souvent précaires (feux de brousse, défrichements excessifs, surpâturage, etc...)

Le but de cette note est de présenter quelques observations effectuées en des points précis du parc, où les relations entre la végétation et les conditions physiques du milieu apparaissent particulièrement caractéristiques.

Fig. 1 : Carte de situation du Parc National de Waza.



LES PRINCIPALES DONNEES DU MILIEU

LE CLIMAT

Le climat est de type tropical semi-aride, caractérisé par un cycle annuel à deux saisons très tranchées ; on a une saison humide de juin à octobre, à laquelle succède une saison chaude et sèche de novembre à mai. En l'absence de données météorologiques précises sur le parc lui-même, on se référera surtout aux deux stations de Maroua (Nord-Cameroun) et N'Djaména (Tchad).

Les précipitations annuelles dans le parc sont intermédiaires entre celles de N'Djaména (600 mm/an) et Maroua (un peu supérieures à 800 mm/an). Il est important de souligner le caractère variable de ces précipitations, aussi bien en ce qui concerne la pluviosité totale annuelle que la répartition des pluies dans le temps. On peut citer comme exemple les variations interannuelles notées à N'Djaména : on a enregistré 602,8 mm en 1972, 314,7 mm en 1973, et 990,1 mm en 1959.

La température moyenne annuelle est de 28,1° à N'Djaména (avec un maximum de 35,8° et un minimum de 20,4°), de 28,6° à Maroua (avec un maximum de 35,3° et un minimum de 22,0°). Les écarts moyens de température, qui sont une caractéristique de ce climat, sont variables au cours de l'année : les écarts maxima se situent entre janvier et mars (voisins de 19° à N'Djaména), puis diminuent en avril et mai alors que les températures moyennes absolues atteignent les valeurs les plus élevées.

L'humidité atmosphérique est élevée pendant la saison pluvieuse ; elle atteint par contre des valeurs très basses pendant la saison sèche, notamment entre février et avril. L'humidité relative peut alors atteindre la valeur de 10 % à Waza.

Dans ce contexte climatique général, les possibilités de reconstitution de la réserve d'eau dans les sols et les conditions d'alimentation en eau des plantes se situent dans un cadre très strict. Globalement, le bilan hydrique annuel laisse apparaître un déficit très important entre l'évapotranspiration potentielle (E.T.P. Thornthwaite mesurée à N'Djaména : 1 900 mm) et le volume des précipitations annuelles (que l'on peut estimer à 850 mm à Waza) concentrées pratiquement sur quatre mois (de mi-juin à mi-octobre).

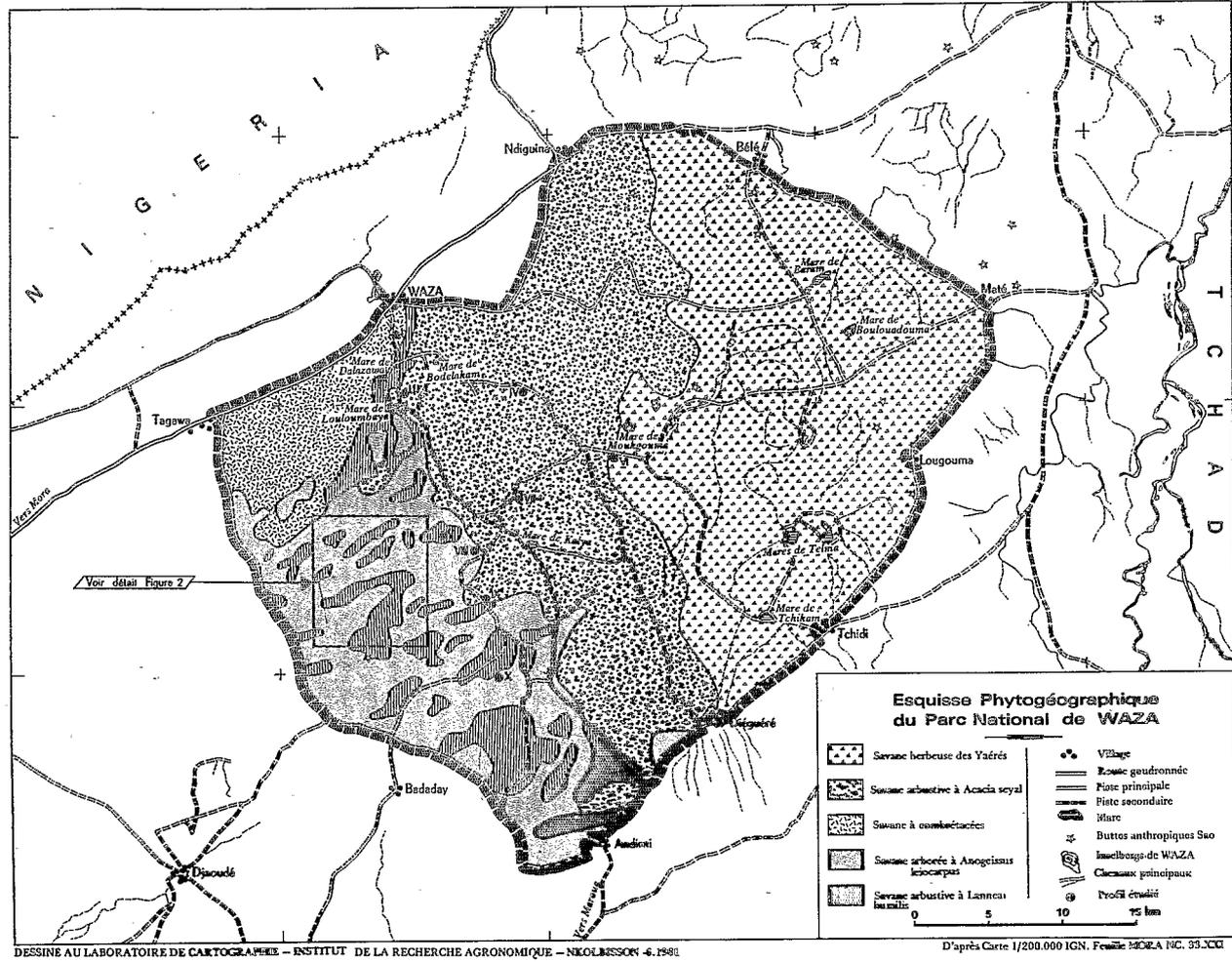
Cette situation climatique impose un cycle biologique annuel en deux phases très tranchées :

- une période d'activité végétative très intense de cinq mois. La constitution de la réserve d'eau dans les sols se fera essentiellement pendant les mois de juillet et août, au cours desquels les précipitations sont supérieures à ETP ; on ne dispose pas de mesures d'ETP à Waza, mais il est certain que cette réserve d'eau sera rapidement épuisée.
- à la saison humide succède une longue saison sèche, pendant laquelle l'activité physiologique des plantes est extrêmement limitée.

On doit noter que dans le contexte précis du parc de Waza, la période sèche est moins astreignante qu'à N'Djaména ou Maroua : la présence de zones d'inondations modifie de manière notable les conditions locales de l'ETP grâce à une humidité atmosphérique plus élevée qui se maintient jusqu'à la fin du mois de novembre.

LA GEOLOGIE

La région étudiée s'étend sur la frange sud du bassin sédimentaire de la cuvette tchadienne, dont le Lac Tchad constitue le centre. Elle forme jusqu'à l'extrémité nord du territoire camerounais une vaste plaine très caractéristique au relief faible à nul. La plus grande partie du parc s'étend sur des formations sédimentaires fluvio-lacustres sableuses et argileuses, mises en place à la faveur de divers mouvements de



transgression et régression du Lac Tchad à la fin du Tertiaire et pendant le Quaternaire.

Les formations sableuses et argileuses qui constituent le substratum de la région ont été mises en place à la faveur de cycles climatiques complexes, au cours desquels des phases arides ont succédé à des périodes plus humides.

L'une de ces transgressions, datée de 8 000 à 9 000 ans BP, a laissé un cordon littoral bien visible entre Limani et Yagoua, orienté NW-SE. Quelques reliquats de ces formations dunaires se rencontrent dans la partie occidentale du parc, au sud de Waza. La troisième transgression datée de 12 000 ans BP, au cours de laquelle le lac atteint la cote 320 m, a permis la mise en place du réseau hydrographique et le dépôt de matériau sédimentaire fin dans ce qui est l'actuelle zone inondable (Mathieu, 1976).

L'apport terrigène se poursuit actuellement à partir de deux «*mayos*» Motor-solo et Tsanaga issus des Monts Mandara au sud-ouest du parc, et à partir des eaux d'inondation du Logone collectant les sédiments arrachés dans les hauts-bassins de ce fleuve.

Cet ensemble sédimentaire, donnant au paysage une physionomie de plaine inondable assez monotone appelée localement «*yaéré*», est percée à l'ouest par un complexe d'inselbergs culminant à 525 m et visible à grande distance, sur lequel se trouve le campement touristique de Waza.

LES GRANDES UNITES NATURELLES

On présente dans le texte une esquisse phytogéographique du Parc National de Waza, indiquant l'extension des principales formations végétales et la localisation des profils pédologiques qui ont été étudiés et analysés.

On peut diviser le parc en deux grandes régions naturelles bien distinctes suivant les conditions topographiques et le régime hydrique annuel auquel elles sont soumises :

- la partie centrale et orientale du parc, dont la cote varie entre 299 et 305 m, est inondée pendant une période plus ou moins longue de l'année ;
- la partie occidentale du parc, située à une cote un peu plus élevée oscillant entre 305 et 311 m, n'est jamais inondée.

La plaine inondable constitue un biotope très particulier entièrement développé sur des sédiments fins argilolimoneux, où le minéral argileux dominant est la montmorillonite. C'est le domaine des vertisols, bien connus localement sous les noms de *Karal* au Nord-Cameroun et *Berbéré* au Tchad.

L'aspect de surface de ces sols est très variable au cours de l'année ; pendant la saison sèche, la dessiccation des minéraux argileux gonflants conduit à la formation d'un réseau polygonal de fentes de retrait très larges, isolant des prismes à cohésion extrêmement élevée à l'état sec. On note également par endroits des plages présentant un micro-relief de type *gilgāi*.

L'eau des premières pluies peut pénétrer en profondeur grâce aux fentes, et permet ainsi la reconstitution rapide du stock d'eau ; on peut estimer qu'après un apport d'eau de 150 à 200 mm et par le jeu du gonflement des minéraux argileux présents, les fentes se referment et l'ensemble du profil de vertisol devient quasiment imperméable. Dans des zones à relief peu marqué comme c'est le cas ici, l'eau de pluie qui vient s'ajouter s'accumule en surface : les sols perdent toute structure organisée dans les horizons de surface et se transforment alors en bourniers.

La réserve minérale de ces sols est importante : ils sont de ce fait activement cultivés, au-delà de la limite nord du parc, en sorgho repiqué (*muskwari*). La pra-

tique du repiquage de ce sorgho (*Sorghum durra*) est un exemple admirable de culture adaptée aux conditions physique du milieu : il permet la mise en culture de ces sols immédiatement après le retrait des eaux, et l'utilisation de leur réserve en eau utile avant la saison sèche.

On distingue dans ces plaines inondables deux formations végétales dominantes :

- une savane herbeuse dans la partie centrale et orientale du parc ;
- en bordure occidentale de cette formation, une savane arbustive épineuse à *Acacia seyal*.

Dans la zone exondée, le relief, bien que très mou, est marqué par quelques ondulations faibles qui permettent une différenciation pédologique bien marquée en fonction des conditions topographiques. La dynamique de l'eau y est caractérisée par la formation d'une nappe superficielle pendant la saison humide, avec engorgement temporaire, migration latérale de l'eau et alcalisation des horizons profonds pendant la saison sèche. La répartition des formations végétales est très étroitement liée aux types de sols :

- en position haute, on a la savane à combrétacées sur sols ferrugineux ;
- en position basse, au voisinage des sols inondables à caractères vertiques, se développent des solonetz solodisés bien connus dans cette bande climatique sous les noms de *Hardés* au Nord-Cameroun et *Nagas* au Tchad (terme arabe signifiant «stérile») ; on y trouve une savane très clairsemée (pseudo-steppe) où l'espèce caractéristique est *Lannea humilis* ;
- en position intermédiaire, une savane arborée à combrétacées, où l'élément caractéristique est *Anogeissus leiocarpus*, développée sur sols lessivés.

Un certain nombre d'observations pédologiques ont été effectuées dans les zones les plus caractéristiques ; la description des profils les plus représentatifs et les résultats analytiques sont présentés en annexe à ce texte.

LES PRINCIPALES FORMATIONS VEGETALES EN RELATIONS AVEC LES FACTEURS EDAPHIQUES.

LA SAVANE A COMBRETACEES SUR SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

Cette formation, qui occupe la partie topographiquement la plus élevée du parc, se développe sur un matériau homogène très sableux, d'origine dunaire, dans lequel se différencient les sols ferrugineux tropicaux lessivés.

Le profil type I est décrit à environ 1,5 km de l'entrée nord du parc, dans une zone plane à microrelief très uniforme. La composition texturale du profil est très homogène, sableuse (sables totaux = 90 %) avec dominance de sables fins ; on note une très légère augmentation du taux d'argile jusque vers 100 cm. La structure est peu différenciée, dans un matériau très peu cohérent. Le coefficient de perméabilité est moyen, et on ne note aucun niveau de blocage de l'eau. *Le régime hydrique est celui de sols bien drainés, non saturés* ; la réserve en eau utile est très faible et oscille autour de 2 % : elle constitue le facteur limitant majeur pour la production végétale. Le niveau de fertilité est très bas : la somme des bases échangeables ne dépasse jamais 2 milliéquivalents pour 100 g de sol, et le pH est moyennement acide.

Ce type de sol présente un pédoclimat très sec dans sa partie supérieure pendant une grande partie de l'année : l'activité végétale, concentrée presque essentiellement pendant la saison des pluies, concerne d'une part des espèces graminéennes souvent annuelles qui exploitent pendant une courte période la partie supérieure du profil, et des espèces ligneuses capables d'exploiter pendant toute l'année sur une grande épaisseur du profil une réserve hydrique faible ; cette dernière possibilité est favorisée

dans certains cas par un niveau plus argileux profond, où la rétention de l'eau est plus élevée.

Les espèces arborescentes caractéristiques de cette formation sont :

Sclerocarya birrea
Terminalia avicennioides
Combretum glutinosum
Stereospermum kunthianum

associées à

Piliostigma reticulatum
Balanites aegyptiaca
Guiera senegalensis
Combretum aculeatum
Commiphora pedunculata

Les espèces caractéristiques de la strate herbacée sont :

Andropogon gayanus, *A. pseudapricus*
Diheteropogon hagerupii

associées à

Ctenium elegans
Aristida longiflora
Loudetia hordeiformis
Brachiaria spp (dont *B. xantholeuca* et *B. hagerupii*)
Eragrostis spp (dont *E. tremula*)
Blepharis linearifolia
Polycarpaea linearifolia
Borreria radiata
Tephrosia linearis

La plupart des espèces arborescentes présentes sont pyrorésistantes, notamment *Terminalia avicennioides* et *Combretum aculeatum* : elles caractérisent un pyroclimax propre à cette région dans les mêmes conditions édaphiques, et constituent un faciès de dégradation dû à l'intervention de l'homme. Le stade ultime de cette dégradation, où les effets du défrichement s'ajoutent à ceux des feux, est une végétation extrêmement appauvrie à *Guiera senegalensis*, que l'on retrouve fréquemment dans les zones limitrophes du parc et tout particulièrement sur le cordon dunaire allant de Limani à Yagoua.

LES FORMATIONS VEGETALES SUR SOLS LESSIVES ET ALCALISES

Elles se développent le long de la bordure sud-occidentale du parc, sur une dorsale très peu marquée grossièrement orientée nord-sud, à texture d'ensemble plus argileuse que dans le cas présent. Cette dorsale est sillonnée par des dépressions peu marquées conservant la direction NE-SW de l'axe dunaire principal bordant le parc au sud ; c'est à la faveur de ces variations très faibles du relief, où les différences de niveau sont de l'ordre du mètre, que se fait l'essentiel de la différenciation pédologique et de la répartition des formations végétales.

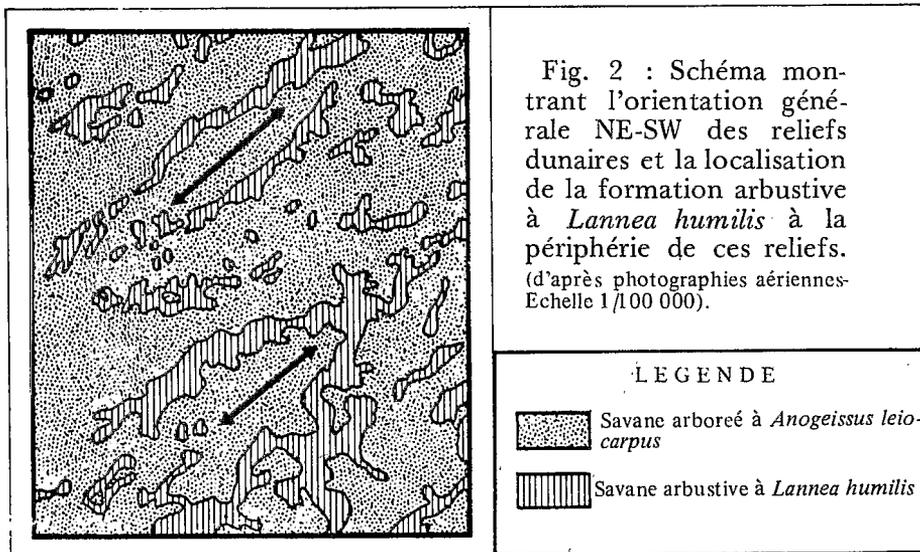
Les processus pédologiques dominants sont le lessivage et l'alcalisation des sols, et on peut observer la séquence de sols suivante :

- sols lessivés en position haute avec hydromorphie de profondeur plus ou moins marquée, passant latéralement et de manière très progressive au type suivant ;

- solonetz solodisés, fréquemment disposés en auréoles autour des zones précédentes (fig. 2) ;
- le troisième terme de cette séquence n'est pas très représenté dans cette zone exondée : ce sont les vertisols qui n'apparaissent que dans certains dépressions mieux marquées de la bordure Est de la zone exondée, en relation plus ou moins directe avec la plaine inondable où ces sols ont leur plus grande extension.

L'évolution de ces types de sols est déterminée par la dynamique saisonnière de l'eau : pendant la saison des pluies, la présence d'une *nappe superficielle temporaire* avec engorgement permet la dispersion des argiles à complexe sodique et magnésien et l'élimination latérale des produits de la dispersion et de l'altération des minéraux argileux : il s'individualise un horizon A_2 par concentration relative du squelette sableux résiduel. Pendant la saison sèche, les remontées capillaires concentrent les éléments alcalins dans le B_t argileux qui acquiert des caractères physiques de cohésion et chimiques d'alcalinité très accusés.

Les horizons A sont de texture sableuse et structure particulière : leur épaisseur et le mode de passage à l'horizon B est variable ; ce sont les sols planosoliques de la classification américaine.



- Dans les sols lessivés, l'horizon A peut être épais et atteindre 40 à 50 cm ; il s'y différencie progressivement un A₂ clair qui passe au B_t argileux par un niveau hydromorphe d'épaisseur variable, souvent taché par les oxydes de fer.
- Dans les solonetz, l'horizon A est peu épais (avec un A₂ blanchi de quelques millimètres), parfois absent. On passe très rapidement à un matériau argileux à cohésion extrêmement élevée et surface fréquemment mamelonnée.

Réserves hydriques faibles, horizon argileux remarquablement compact et alcalisation prononcée de l'horizon B_t sont des facteurs édaphiques extrêmement limitants, et seules quelques espèces végétales très spécifiques peuvent s'adapter à ces sols, si justement dénommés «nagas» ou «hardés» pour leur utilisation agronomique.

Il faut noter que la continuité que l'on observe dans le passage des sols lessivés aux solonetz ne s'observe pas de la même manière en ce qui concerne la répartition des formations végétales : en particulier, les formations sur solonetz déterminent des îlots ou bandes parfaitement délimités, aisément repérables sur photographies aériennes, correspondant au passage de seuils édaphiques précis pour la végétation.

La savane arborée à *Anogeissus leiocarpus* sur sols lessivés.

Cette formation se localise sur des zones planes, sableuses en surface et argileuses en profondeur, légèrement relevées par rapport au relief environnant. L'analyse de la répartition dans le paysage de cette formation, et plus particulièrement de l'*Anogeissus* lui-même, montre une relation très étroite avec le degré d'évolution de ce type de sols.

Trois profils ont été étudiés, sous couvert végétal différent :

- le profil IX est situé sous la formation typique,
- les deux profils VIII et X présentent des caractères différents du profil-type : on peut y suivre la régression de l'*Anogeissus* (VIII) et la disparition de cette espèce (X).

Les principaux caractères morphologiques et analytiques du profil IX sont les suivants :

- en surface, un horizon A peu humifère, de couleur claire, à texture sableuse faiblement argileuse, passant rapidement à un horizon B_t plus foncé sablo-argileux. Le fer y est très bien individualisé sous forme de taches nombreuses, et on note la présence de trainées verticales de sables blanchis. A la base du profil, la diminution du taux d'argile annonce le passage progressif au substratum sableux profond présent dans toute la région. Le réserve en eau utile est moyennement élevée : la perméabilité très faible à la base de l'horizon B_t se traduit par un engorgement partiel avec développement d'un pseudo-gley typique ;
- le pH est légèrement acide en surface, et augmente un peu en profondeur où il est voisin de la neutralité. Le complexe absorbant est faiblement désaturé en surface, saturé en profondeur : l'ion échangeable dominant est le calcium, associé à un peu de magnésium et de sodium.

La strate ligneuse est très bien développée, avec
Anogeissus leiocarpus dominant

associé à

Balanites aegyptiaca
Ptilostigma reticulatum

Tamarindus indica
Combretum aculeatum
Acacia ataxacantha

La strate herbacée a une densité très variable, avec

Andropogon gayanus
Rottboelia exaltata
Hyparrhenia sp
Setaria pallide-fusca
Panicum sp
Cassia mimosoides
Hibiscus sp

Les deux profils VIII et X montrent une évolution régulière à partir de ce profil type, portant sur l'intensité du lessivage et sur l'alcalisation du profil :

- le profil VIII est situé en bordure d'un peuplement à Anogeissus, dans une zone plane à très faible pente.

Les espèces ligneuses sont *Anogeissus leiocarpus* mal développé, associé à *Balanites aegyptiaca*, *Hyphaene thebaica*, *Capparis sp.*

La différenciation texturale de l'horizon A lessivé est marquée, et un sous-horizon A₂ s'annonce sous forme de plages sableuses blanchies au contact de l'horizon B_t. La texture, sableuse en surface, devient franchement sablo-argileuse dans un horizon B_t dont la limite supérieure est de type planique caractéristique. Le caractère hydromorphe de cet horizon augmente : la structure est massive, la porosité est faible et la cohésion d'ensemble très élevée. Le pH, voisin de la neutralité en surface, devient légèrement alcalin en profondeur.

- le profil X est localisé dans une dépression très faiblement marquée, à proximité d'une zone à Anogeissus. La végétation est identique à celle du cas précédent, mais les Anogeissus sont absents. L'horizon lessivé est également très bien individualisé, mais le complexe absorbant est alcalisé : le calcium échangeable est très faible et le sodium nettement prédominant. Le pH atteint des valeurs très élevées en profondeur et la circulation de l'eau apparaît bloquée à la base de l'horizon B.

Ce profil présente certains caractères analytiques d'un solonetz solodisé, mais n'en a pas acquis les caractères morphologiques typiques.

La savane arborée à Anogeissus, n'est pas une unité simple, mais constitue en fait une mosaïque d'associations végétales à limites peu nettes, complexes dans leur composition floristique, qui ne seront pas analysées dans le cadre de cette étude.

Les espèces arborescentes caractéristiques sont :

Anogeissus leiocarpus
Stereospermum kunthianum
Sclerocarya birrea

associées à

Balanites aegyptiaca
Hyphaene thebaica
Piliostigma reticulatum
Tamarindus indica
Commiphora pedunculata
Kigelia africana

Mitragyna inermis
Acacia sieberiana

La répartition de ces espèces est très variable ; c'est ainsi que l'on peut rencontrer des cas extrêmes de peuplements purs d'Anogeissus et des palmeraies presque pures d'Hyphaene.

Dans cet ensemble hétérogène, où le seul élément constant est la présence de l'Anogeissus, on peut mettre en évidence les différents facteurs conditionnant la répartition et l'évolution actuelle de ces peuplements végétaux ; citons parmi ceux qui apparaissent les plus évidents :

- présence humaine ancienne (anciens villages) et intervention actuelle de l'homme (feux de brousse contrôlés) : à l'extérieur du parc, le surpâturage réduit beaucoup la strate graminéenne, et empêche la propagation des feux ; l'Anogeissus peut alors se développer, et on arrive alors à un climax de paisage (grazing-climax des auteurs anglais) ;
- variations locales de texture, perméabilité, alcalinité des sols ;
- aridification d'ensemble du milieu, liée en particulier à l'alimentation déficitaire en eau des plaines inondables voisines (endiguement du Logone en amont du parc, baisse importante du niveau des crues pendant les années de sécheresse), qui se traduit par une dégradation d'ensemble du couvert végétal, et une évolution pédologique rapide allant vers l'alcalisation des sols : les nouvelles formations végétales qui se substituent aux anciennes recouvrent très mal le sol, et le processus amorcé s'amplifie de lui-même.

L'Anogeissus joue un grand rôle dans cette région du parc, non comme espèce fourragère (elle n'est pas appréciée par les brouteurs), mais comme élément de couvert, composante importante dans l'habitat de plusieurs espèces animales. Elle intervient également de manière fondamentale dans la protection des sols, qui se trouvant en équilibre précaire avec le milieu, sont très sensibles à l'érosion et susceptibles d'une évolution actuelle rapide.

Différentes observations et analyses de la répartition des classes d'âge montrent que cette espèce subit actuellement une régression alarmante, qui se manifeste notamment par l'absence de régénération depuis les quinze à vingt dernières années et le dépérissement précoce des sujets adultes ; il a été trouvé une seule station dans le parc présentant de jeunes arbres dont l'état physiologique est extrêmement mauvais (VANPRAET, 1976-2). Il est à prévoir que les changements intervenant dans cette formation, progressivement remplacée par une végétation secondaire très dégradée à combrétacées (notamment *Guiera*) et même *Lannea humilis*, auront des conséquences graves sur l'écologie générale du parc. Ce problème n'est pas spécifique au parc de Waza, mais concerne l'ensemble du Nord-Cameroun :

La savane arbustive à *Lannea humilis* sur solonetz solodisés.

Cette formation occupe toujours dans le parc une position topographique intermédiaire entre la savane arborée à Anogeissus et les formations à Acacia des zones inondables à vertisols ; on l'observe sous forme de plages généralement peu étendues, souvent groupées en auréoles minces autour des reliefs de la partie médiale ; elle forme également dans le nord-ouest une frange continue étroite en bordure de la savane à combrétacées sur sols ferrugineux tropicaux, à la limite des peuplements à Acacia.

Les deux profils II et V qui ont été étudiés, correspondent aux solonetz solodisés décrits en détail par BOCQUIER (1973). Ils présentent un horizon de surface très peu humifère, argilo-sableux à argileux, à structure prismatique mal définie par des fentes verticales peu marquées et tapissées de sables blanchis. Dès la surface, la cohésion de cet horizon est élevée à l'état sec. L'horizon B_t a une teneur en argile variable, qui augmente par rapport à celle de l'horizon A (profil B) ou au contraire diminue (profil E) ; dans les deux cas, la cohésion en profondeur devient extrêmement élevée, malgré une humidité assez importante qui se maintient longtemps dans le profil ; la teneur en eau utile est moyenne et varie toujours entre 10 et 20 %.

Nous n'avons pas rencontré dans le parc de profil complet de solonetz solodisé, présentant un horizon A bien développé : on remarque de façon générale une importante érosion hydrique superficielle qui décape cet horizon sableux, mettant parfois à nu un «pavage» de colonnettes à sommet arrondi (bien visible en bordure de la route de Waza à Maltam).

La caractéristique fondamentale de ces sols est l'état du complexe absorbant ; il est toujours saturé, l'élément dominant est le calcium associé à du magnésium et à du soium en quantité variable. Ces deux derniers éléments jouent un rôle capital dans l'état de la structure par leur action dispersante sur les colloïdes argileux ; la structure générale de ces profils est massive, avec une cohésion extrêmement élevée la perméabilité est faible à nulle. Le profil B correspond typiquement aux «nonsaline alkali soils» définis par les auteurs américains (1954) ; le taux de sodium échangeable est supérieur à 15 % de la totalité des bases échangeables, la conductivité de l'extrait saturé est inférieure à 4 mmhos.cm⁻¹ et le pH compris entre 8,5 et 10.

La physionomie de cette formation, pauvre sur le plan floristique, est très typique : l'arbuste qui la caractérise, *Lansea humilis*, se présente soit à l'état d'individus isolés et chétifs, ou plus fréquemment de touffes d'individus mieux développés, formant des îlots de végétation épars dans des zones par ailleurs très dénudées. L'impression première qui frappe l'observateur est la stérilité de ces zones, que l'on peut très aisément localiser sur les photographies aériennes : la surface du sol est parfois sableuse, très souvent argileuse et extrêmement dure pendant les mois secs de l'année. L'érosion y est active : érosion par l'eau, creusant de petites ravines, et érosion par le vent qui élimine la couverture sableuse superficielle.

Ces conditions édaphiques extrêmement sévères limitent la végétation à quelques rares *Balanites aegyptiaca* en général mal développés, et surtout à *Lansea humilis*, qui semble être une caractéristique exclusive des sols alcalisés dans les climats semi-arides. A ce titre, elle est une aide précieuse pour la cartographie des sols de ces régions.

Ces deux espèces sont associées à d'autres arbustes plus petits : *Capparis polymorpha*, *Cassia mimosoides*, et à des graminées souvent annuelles : *Schoenefeldia gracilis*, *Chloris pilosa*, *Setaria pallidifusca*, *Panicum laetum*.

LES FORMATIONS VEGETALES DES ZONES INONDABLES

On distingue deux types de végétation principaux se développant tous deux sur le même matériau argileux foncé : leur répartition est conditionnée par la durée de la submersion et par l'épaisseur de la nappe d'eau de recouvrement :

- dans les yaérés, une savane herbeuse où l'inondation saisonnière est prolongée (4 mois par an et plus) sous une épaisseur d'eau assez importante pouvant atteindre 1 mètre et plus dans certains chenaux ;
- en bordure de la dépression centrale et le long de la zone exondée, une savane arbustive épineuse à *Acacia seyal*, formant une large bande traversant le parc du nord au sud ; la période d'inondation est plus courte (deux à trois mois sous une épaisseur d'eau faible, d'origine surtout pluviale).

Les sols que l'on observe sont tous à rattacher au type central des vertisols ; les variations que l'on rencontre à l'intérieur de cette unité portent sur deux points :

- l'hydromorphie est toujours présente, et peut être plus ou moins prononcée ; elle ne concerne pratiquement que l'horizon superficiel dans la zone à seyal, mais peut envahir une partie importante du profil dans les régions à submersion prolongée. On arrive à la limite à des sols franchement hydromorphes à gley d'ensemble à proximité des chenaux de la dépression centrale ; ce cas extrême n'a pas été étudié ;
- au contact avec la zone exondée, ces sols représentent le troisième terme de la séquence sols lessivés — solonetz — vertisols. Par leurs caractères structuraux et l'état du complexe absorbant ils conservent des traits communs avec les solonetz solodisés.

Trois profils ont été étudiés dans cette zone, sous un contexte végétal typique.

La savane arbustive à *Acacia seyal*, sur vertisols

Cette formation est caractérisée par un peuplement arbustif plus ou moins dense où l'espèce dominante est *Acacia seyal* ; elle peut être parfois associée à *Acacia polyacantha* var. *campylacantha*.

Le seyal est une espèce héliophile typique ; la couverture herbacée qui lui est associée est variable suivant la densité du peuplement :

- sous les peuplements ouverts, la nappe herbeuse est très développée ; les espèces dominantes sont *Echinochloa pyramidalis* et *Sorghum arundinaceum* en mélange ou en peuplements purs ; cette dernière espèce indique probablement une utilisation ancienne des terres ;
- le recouvrement herbacé est beaucoup moins dense sous les peuplements fermés ; on y rencontre les mêmes espèces, mais la présence d'eau stagnante favorise l'installation d'*Hygrophila spinosa*. Cette espèce est pyrroresistante et son installation peut être favorisée par le passage de feux de brousse répétés ; elle forme alors des peuplements purs très denses qui représentent une forme de dégradation très avancée du pâturage ; de plus, la morphologie de cette plante armée de couronnes d'épines acérées, gêne le passage des animaux. En l'absence de graminées concurrentes pour l'alimentation en eau, elle peut également coloniser des zones moins humides, et même envahir les zones à solonetz.

Le profil IV est caractéristique de la zone à seyal. L'hydromorphie du vertisol se manifeste dans l'horizon supérieur A₁, sous forme de taches et manchons ferrugineux autour des racines. La teneur en basses échangeables est élevée et le complexe saturé, avec nette dominance du calcium ; on note une proportion importante de magnésium et de sodium échangeables. La réserve hydrique en eau utile est élevée, et la perméabilité est pratiquement nulle sur l'ensemble du profil, en relation avec la texture du matériau.

Ce type de sol, à texture lourde et saturation temporaire en eau pendant une période de l'année alternant avec une période sèche très prononcée, semble représenter les conditions édaphiques idéales pour le développement d'*Acacia seyal* : des observations effectuées dans d'autres régions (Sine Saloum au Sénégal, zone inter Logone-Chari au Tchad) montrent que sa localisation est très fréquemment liée à la présence de sodium échangeable ou même chlorure de sodium (région de Kaolack, Sénégal) avec un pH du sol élevé. La croissance de cette espèce est alors rapide : on a mesuré dans le parc qu'un arbre de cinq ans peut avoir un accroissement annuel de 1,5 à 2 cm de diamètre du tronc (VANPRAET, 1976-1).

Le profil VII est un faciès intergrade entre les vertisols et les solonetz solodisés : la texture est faiblement sableuse, la structure prismatique tend à disparaître et on observe un début de lessivage dans l'horizon supérieur ; la capacité de rétention en eau utile est nettement plus faible que pour le profil IV, et l'inondation est beaucoup moins prononcée. Le seyal est rare et mal développé : la strate arbustive est

clairsemée, avec quelques *Balanites aegyptiaca*, *Combretum aculeatum* et *Capparis sp.* ; on peut remarquer que les racines de ces arbustes traversent verticalement le profil pour atteindre le niveau sableux humide de base où elles sont très ramifiées. On retrouve encore dans la strate herbacée *Hygrophila spinosa* et *Echinochloa pyramidalis*.

L'exploitation de la couche sableuse plus ou moins profonde pour l'alimentation en eau peut expliquer des variations dans la composition floristique de cette formation, notamment en ce qui concerne l'abondance du *Piliostigma*.

La savane herbeuse des yaérés, sur vertisols hydromorphes et sols hydromorphes.

Cette formation, qui constitue l'extrémité sud du « Grand Yaéré du Nord » dont la superficie totale atteint environ 5 000 km², recouvre pratiquement la moitié du parc.

Des différences topographiques très faibles, de l'ordre de quelques décimètres, amènent des différences importantes dans la composition floristique de la formation. Cette plaine est constituée d'une mosaïque d'associations dont le développement peut être très variable au cours des années suivant l'importance des inondations.

On peut distinguer trois associations principales :

- dans les zones à haute inondation, les éléments graminéens les plus représentés sont *Oryza longistaminata* et *Echinochloa stagnina* ;
- en zone d'inondation moyenne, l'espèce caractéristique est *Vetiveria nigritana*, associée à *Echinochloa pyramidalis*, *Sporobolus pyramidalis* et *Jardinea congoensis* ;
- les zones peu inondées portent des pâturages à *Hyparrhenia rufa*.

Vetiveria est une graminée pérenne, qui constitue un élément très important du pâturage des animaux. Des mesures effectuées ont montré un taux de recouvrement par la base des touffes de cette espèce variant entre 4 et 13 % et une production de matière sèche variant entre 1 et 3 tonnes/ha ; après le passage de feux précoces, la repousse d'herbe fraîche est élevée.

Le problème majeur qui apparaît depuis quelques années est une évolution rapide de la composition floristique des zones de bordure et des zones faiblement inondées des yaérés, qui sont peu à peu colonisées par des espèces ligneuses. Cette évolution est probablement liée à une variation des conditions du milieu, par assèchement progressif des zones inondables consécutif à l'aménagement des berges du Logone.

- dans la zone de bordure à l'ouest des yaérés, le seyal présente un caractère pionnier net : la colonisation de cette espèce héliophile se fait difficilement dans les prairies denses, où les jeunes plantes ne trouvent pas les conditions d'insolation qui sont nécessaires à leur développement. Par contre, l'implantation est très importante dans les pâturages dégradés, avec recouvrement graminéen faible ; on a pu dénombrer dans ces conditions jusqu'à 2 000 jeunes plants de seyal par hectare ;
- certaines zones au nord-est des yaérés sont envahies par *Piliostigma reticulatum*, *Acacia seyal* et *Acacia polyacantha var. campylacantha* ; on observe également en divers points une invasion par *Calotropis procera*, *Corchorus fascicularis* et *C. olitorius*.

Il faut enfin noter la présence dans les yaérés de buttes anthropiques utilisées par les anciennes peuplades SAO installées le long des berges du Logone. Ces buttes ont été édifiées sur d'anciennes levées sableuses par des apports de matériau prélevés à leur périphérie pour surélever le plan du terrain et permettre l'édification d'habitations. Elles sont entourées d'une ceinture d'eau permanente, qui était auparavant utilisée pour la pêche ; ces mares, qui constituent les dernières réserves d'eau, sont actuellement utilisées par la faune pendant la fin de la saison sèche. Les observations pédologiques effectuées sur ces emplacements montrent un matériau très perturbé

où l'on trouve les vestiges de l'ancienne civilisation *Sao* (poteries, statuettes en terre cuite, etc...)

Les buttes entourées d'un plan d'eau peu important portent une végétation luxuriante formant de beaux îlots forestiers, avec une composition floristique intéressante comprenant les espèces caractéristiques suivantes : *Tamarindus indica*, *Acacia sieberiana*, *Crataeva religiosa*, *Balanites aegyptiaca*, associées à *Kigelia africana*, *Zizyphus mauritiana* et *Z. mucronata*, *Piliostigma reticulatum*, *Boscia senegalensis*, et *B. salicifolia*, *Cadaba farinosa*, *Marsdenia rubicunda*, *Capparis tomentosa*, etc...

L'approfondissement artificiel récent de certaines mares périphériques pour augmenter les réserves d'eau a conduit à une importante dégradation de ces îlots forestiers par concentration excessive des éléphants autour de ces points d'eau (mare de Telma) amenant une destruction de la strate ligneuse. La composition de la flore résiduelle est alors très réduite, avec *Crataeva religiosa*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia spp*, amenant une érosion extrêmement active du sol avec comblement progressif des mares.

LA FAUNE DANS SES HABITATS NATURELS

Il paraît utile, à l'occasion de cette étude, de donner un aperçu bref des relations qui existent entre le milieu naturel qui a été décrit et les principales espèces animales que l'on rencontre dans le parc.

La répartition de la faune et ses déplacements éventuels sont liés de manière étroite aux conditions écologiques successives au courant de l'année : les deux facteurs principaux qui interviennent sont la disponibilité fourragère et les possibilités d'alimentation en eau.

On doit faire une distinction entre animaux sédentaires, qui occupent une position déterminée dans le parc et arrivent à s'adapter aux variations annuelles du milieu dans lequel ils vivent, et les animaux non sédentaires qui ont des exigences bien définies et sont sujets à des déplacements saisonniers en vue d'une utilisation optimale du milieu.

LES ANIMAUX SEDENTAIRES

Dans les yaérés, on a la faune résidente typique d'herbivores paiseurs des prairies saisonnièrement inondées. Les deux espèces caractéristiques sont le Cobe de Buffon (*Kobus kob kob*) et le Cobe des roseaux (*Redunca redunca*), qui n'ont pas besoin d'un abri végétal arboré. Elles effectuent dans cette zone des déplacements de faible amplitude en fonction des mouvements d'eau d'inondation, des possibilités fourragères et de leur comportement social (période de reproduction).

La savane lâche à *Lannea humilis* est l'habitat exclusif de la gazelle à front roux (*Gazella rufifrons*) ; cette espèce, qui est très indépendante de l'alimentation en eau, se nourrit exclusivement des petits arbustes qu'elle y trouve (*Capparis*, *Cadaba*, etc...). De plus, elle se trouve à l'abri des prédateurs dans ce paysage très ouvert, aux nombreuses plages dénudées.

La girafe, très abondamment représentée dans le parc, n'est pas un sédentaire exclusif : elle séjourne pendant une grande partie de l'année dans la savane arbustive à *Acacia seyal* dont elle broute le feuillage. Mal adaptée aux sols boueux, elle se déplace au plus fort de la saison des pluies vers les zones exondées et consomme alors *Terminalia* et *Balanites*, ainsi qu'après le passage des feux de brousse amenant la chute du feuillage des *seyal*.

Les buttes anthropiques sont les niches habituelles de nombreux singes et de prédateurs comme la panthère qui trouvent leurs proies concentrées à proximité des mares périphériques.

LES ANIMAUX NON SEDENTAIRES

Le cas le plus typique est celui de l'éléphant (*Loxodonta africana*) dont les exigences sont très précises : nécessité de points d'eau et couvert végétal arboré pour

l'ombrage, qui l'amènent à des déplacements quotidiens sur d'assez longues distances pendant la saison sèche ; son régime alimentaire est très varié. Pendant la saison des pluies, il s'éloigne des zones inondées où il se déplace avec difficulté, et se réfugie dans les zones exondées où il est essentiellement herbivore ; en début de saison sèche il exploite surtout la zone à seyal et devient paisseur-brouteur. Au plus fort de la saison sèche, il se réfugie dans les yaérés où il se nourrit de graminées, notamment *Vetiveria* ; il se comporte alors en herbivore au sens large plutôt que paisseur, car les graminées sont consommées en touffes entières arrachées avec leurs racines.

LE CAS DES YAERES

Il faut enfin noter l'importance toute particulière des yaérés, qui constituent un biotope très original et jouent un rôle économique de premier plan (ILTIS, 1975). Pendant les mois d'août et de septembre, c'est une zone de frayère où se reproduisent la plupart des poissons qui seront pêchés après la décrue dans le Logone, le Chari et le Lac Tchad. Par l'importance du stock végétal des peuplements hygrophiles et les divers apports organiques et minéraux d'origine animale, les eaux sont très riches sur le plan nutritionnel et favorisent le développement des jeunes individus ; de plus, ce milieu constitue un abri naturel efficace contre les poissons prédateurs de grande taille.

La production piscicole, qui dépend très étroitement de l'inondation des yaérés, a atteint un maximum de 130 000 tonnes en 1972 ; elle a considérablement baissé depuis notamment par suite de l'assèchement progressif des plans d'eau, conséquence de la récente période de sécheresse. La situation climatique de la dernière décennie a gravement touché ce secteur, dont on doit souligner qu'il est d'une importance primordiale sur le plan économique et pour l'équilibre alimentaire d'un ensemble de populations vivant autour de l'axe Logone-Chari et du Lac Tchad. Est-il utile de recommander la plus grande prudence aux organismes chargés de l'aménagement de ces zones, aménagement qui doit reposer sur une connaissance préalable approfondie des lois qui régissent l'équilibre fragile de ce milieu ?

Ajoutons enfin que les yaérés constituent également un lieu de passage et de concentrations privilégié de nombreux oiseaux migrateurs : pélicans, cormorans, cigognes, oies, canards, ibis, etc...

CONCLUSION

L'analyse d'ensemble des principales formations végétales qui ont été étudiées dans le parc de Waza montre, dans un milieu en équilibre très fragile, l'intervention de différents facteurs écologiques, qui sont surtout d'ordre édaphique et biologique.

Le climat, caractérisé par une saison sèche très marquée impose à l'ensemble de la région sa physionomie de savane, avec une strate herbacée plus ou moins continue à espèces pérennes fréquentes, associés à une strate arbustive où des éléments dominants sont les combrétacées et les acacias.

Des facteurs édaphiques locaux induisent dans ce type de végétation de grandes variations, tant floristiques que physionomiques :

- dans toute la zone inondée des yaérés, la différenciation pédologique est relativement peu marquée ; le facteur écologique dominant est la présence d'une nappe d'eau d'inondation. Celle-ci permet d'établir une distinction entre la savane herbeuse où *Vetiveria* est abondant, qui est proche du climax édaphique, et la savane arbustive à *Acacia seyal*, où des facteurs biologiques actuels peuvent se manifester : action anthropique (feux de brousse) et action de la faune (surpâturage des seyal par les éléphants) ;
- dans toute la zone exondée, par contre, la répartition des trois formations végétales principales est étroitement liée à la nature des sols :
- La savane à combrétacées se développe sur des sols sableux perméables, à pédoclimat très sec pendant une grande partie de l'année : ces conditions ne permettent que l'installation d'espèces arbustives secondaires à enracinement très profond, associées à une couverture graminéenne à base d'annuelles.

- La savane arbustive à *Anogeissus leiocarpus* est un ensemble complexe sur le plan floristique, dont le détail n'a pas été abordé dans ce travail. Elle se développe sur des sols lessivés, à texture sabloargileuse, avec une saturation temporaire de l'horizon de surface pendant la saison des pluies ; les réserves hydriques sont plus importantes que pour les sols précédents.
- La savane arbustive à *Lannea humilis* est exclusivement localisée sur des solonetz solodisés, qui résultent probablement d'une évolution pédologique récente des sols lessivés. Les propriétés physiques y sont très défavorables (teneur en argile très élevées, cohésion extrêmement forte à l'état sec), et le complexe est alcalin, parfois sodique. Dans les cas les plus typiques, la végétation est limitée au *Lannea humilis* associé à des graminées annuelles à recouvrement très faible, laissant de nombreuses plages dénudées sensibles à l'érosion.

Si l'on excepte la savane herbeuse des yaérés, très proche du climax édaphique, toutes les formations végétales décrites sont très secondarisées, et traduisent une intervention anthropique générale, ancienne et actuelle ; celle-ci joue un rôle fondamental dans la composition floristique de ces formations :

- anciens défrichements des zones exondées, suivis d'une mise en culture avec feux répétés ;
- feux pratiqués actuellement, sous forme contrôlée, pour faciliter l'observation des animaux et assurer une repousse graminéenne lorsqu'ils sont pratiqués assez tôt.

Ceci se traduit par la sélection d'espèces arbustives pyrro-résistantes comme *Terminalia avicennioides* et *Combretum glutinosum* ; le terme ultime de cette dégradation anthropique est la formation à *Guiera senegalensis* très abondamment représentée à la périphérie du parc. Il est probable que les feux jouent un rôle important dans l'élimination progressive de l'*Anogeissus*, dont les jeunes repousses sont pyro-sensibles.

Cette action de l'homme se manifeste également dans l'extension et la répartition de certaines formations végétales : l'aménagement des berges du Logone, associé à une période récente de sécheresse limitant les effets de l'inondation, favorise l'extension de la savane épineuse à seyal. Sans pouvoir apporter d'argument décisif, il semble que la régression de l'*Anogeissus* soit également liée à cet assèchement du milieu, créant un pédoclimat plus sec et favorisant l'évolution vers des sols à complexe alcalisé.

Manuscrit déposé le 22 juin 1981.

BIBLIOGRAPHIE

1. BOCQUIER G., 1973 — Genèse et évolution de deux séquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Thèse Doctorat d'Etat, mémoire ORSTOM Paris n° 62, 350 p.
2. GAVAUD M., 1971 — Les sols «hardés» du Nord Cameroun. Mise au point bibliographique. Ronéo ORSTOM Paris. Bulletin de liaison n° 2 du thème B, pp. 55-88.
3. ILTISS A., 1975 — L'ensemble Yaérés — Bas Charï — Lac Tchad et la production piscicole du Tchad. Note technique du Centre ORSTOM de N'Djaména n° 1, ronéo 6 p.

4. MATHIEU P., 1976 — Evolution géologique récente du Bassin du Tchad. Note technique du Centre ORSTOM de N'Djaména n° 12, ronéo 12 p.
5. VANPRAET C., 1976—1 — Ecologie et aménagement du Parc National de Waza. Document FAO Rome. Projet FO : SF/CMR/72.025, 25 p.
6. VANPRAET C., 1976—2 — Changements écologiques dans le bassin du Logone et quelques conséquences sur l'écosystème du Parc National de Waza. Document FAO Rome n° 2. Projet FO : SF/CMR/72/025, 25 p.

Ouvrages consultés à caractère plus général

- Anonyme, 1970 — The climate of Africa, part 1 : Air temperature, precipitation. Hydrometeorological service of the USSR, Israel program for scientific translations, 481 p.
- LEMEE G., 1967 — Précis de biogéographie. 350 p. MASSON et Cie Ed. Paris.
- United States Salinity Laboratory Staff, 1954 — Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture. Agriculture handbook n° 60, 160 p.

ANNEXES

On présente en annexe les descriptions morphologiques des six principaux profils pédologiques qui ont été étudiés, ainsi que les résultats analytiques correspondants. Malgré ce que la lecture de ces descriptions et résultats analytiques peut présenter de fastidieux pour le lecteur non spécialiste, il nous a néanmoins paru nécessaire de publier ces données, qui pourront servir d'éléments de comparaison pour les travaux ultérieurs qui ne manqueront pas d'être menés dans le parc. lui-même et, de façon générale, dans le Nord-Cameroun (problèmes agronomiques posés par l'utilisation des sols hardés qui occupent de vastes surfaces dans cette région).

Les analyses ont été effectuées au Laboratoire Central du Centre ORSTOM de N'Djaména en 1976, suivant les méthodes classiquement utilisées dans cet organisme ; la couleur des sols a été déterminée à l'aide du Munsell Soil Color Chart.

Les résultats concernant l'ensemble des 10 profils étudiés peuvent être demandés ou consultés au Centre I.R.A. de Nkolbisson (Yaoundé).

PROFIL WAZA I

10.12.74

SOL FERRUGINEUX TROPICAL LESSIVE

sur matériau sableux d'origine dunaire.

Situation générale

Topographie : zone sensiblement plane, à microrelief très uniforme (absence de termitières).

Substratum : sables dunaires.

Végétation : savane arborée lâche

- strate arborescente à *Balanites aegyptiaca*, *Sclerocarya birrea*, combrétacées
- strate arbustive très lâche à repousses de combrétacées
- strate herbacée : recouvrement 5 %, à *Hyparrhenia rufa*, *Diheteropogon hagerupii*, *Cenchrus* sp. *Eragrostis tremula*, quelques cypéracées : *Fimbristylis* sp, avec *Pandaka* sp, *Commelina* sp. *Blepharis* sp.

Profil :

0-15 cm

Horizon humifère superficiel, de couleur brun-gris 10 YR 4/2

Texture sableuse fine, très faiblement argileuse. Présence de quelques sables grossiers.

Structure d'ensemble massive à débit en éléments peu anguleux en surface devenant très émoussés vers la base. La cohésion d'ensemble est moyenne à faible, la cohésion des éléments structuraux très faible.

Porosité essentiellement physique intergranulaire. Quelques rares tubes et pores racinaires.

Transition progressive mais nette à

15-60 cm

Horizon de couleur brune 10 YR 5/3, homogène.

Texture sableuse fine, avec quelques sables grossiers.

Structure d'ensemble massive, à débit en éclats émoussés. Cohésion d'ensemble moyenne à faible.

Porosité physique intergranulaire élevée. Porosité d'origine biologique très limitée (rares pores).

Passage très progressif à

60-115 cm

Horizon de couleur de fond homogène brun-jaune clair. Présence de liserés horizontaux plus ou moins festonnés, de 3 à 4 mm d'épaisseur, de couleur brune un peu plus foncée que la masse, espacés de 10 à 20 cm. Cette ségrégation ferrugineuse est de mieux en mieux marquée avec la profondeur, avec parfois un début d'induration de ces raies.

Quelques rares taches rouille, petites à bords diffus.

Texture sableuse fine très faiblement argileuse.

Structure massive à débit très facile en éclats faiblement anguleux, parfois émoussés.

Cohésion d'ensemble très faible.

Porosité de type physique, intergranulaire.

Localement, quelques petites plages peu différenciées de sables blanchis.

Dans les gros canaux d'anciennes racines avec remplissages terreux faiblement organiques.

Passage très distinct par la cohésion à

Horizon de couleur homogène brun-jaune clair 10 YR 6/4

Texture sableuse fine très faiblement argileuse. Les sables semblent un peu plus grossiers que dans l'horizon sus-jacent.

FICHE ANALYTIQUE

TYPE DE SOL	SOL FERRUGINEUX TROPICAL LESSIVE				N° PROFIL : WAZA I			
	SUR MATERIAU SABLEUX D'ORIGINE DUNAIRE							

N° Echantillon	1.1	1.2	1.3	1.4				
Profondeur cm.	0-15	25-45	80-100	160-180				
Refus 2 mm %								
CO ₃ Ca %								
Humidité %	0,5	0,6	0,7	0,7				

ANALYSE MECANIQUE

Argile %	3,25	4,50	5,75	3,25				
Limon fin %	2,25	2,00	2,25	1,25				
Limon grossier %	2,35	2,75	3,10	2,55				
Sable fin %	58,55	60,95	60,75	61,90				
Sable grossier %	33,50	30,10	28,50	30,50				

MATIERE ORGANIQUE

Mat. Org. totale %	0,40	0,24						
Carbone % ^a	2,31	1,41						
Azote % ^o	0,31	0,21						
C/N	7,5	6,7						

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total % ^a								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

FER

Fe ₂ O ₃ libre %								
Fe ₂ O ₃ total % ^o	5,9	6,6	7,1	6,0				
Fer libre/Fer total								

Bases totales ME pour 100 g de sol

Calcium								
Magnésium								
Potassium								
Sodium								

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	1,50	1,20	0,90	0,90				
Magnésium	0,20	0,15	0,06	0,00				
Potassium	0,18	0,11	0,17	0,26				
Sodium	0,02	0,00	0,02	0,03				
S	1,90	1,46	1,15	1,19				
T	2,20	1,50	2,40	1,50				
S/T = V %	86,3	97,3	47,9	79,3				

ACIDITE ALCALINITE

pH eau	6,8	6,3	5,7	6,4				
pH.kcl	5,6	4,7	4,1	4,6				

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Poids spéc. réel								
Poids spéc. appar								
Porosité %								
pF 4,2	1,80	1,76	2,04	1,75				
pF 3								
pF 2,5	4,27	3,52	4,83	4,35				
Eau utile %	2,47	1,76	2,79	2,60				
Instabilité structurale Is								
Perméabilité Kcm/h	1,27	1,75	1,80	1,23				

Analyses terminées le : 15/03/1976

au laboratoire de : N'DJAMENA - ORSTOM.

Structure particulière : l'ensemble de l'horizon est boulant.

Présence, comme dans l'horizon précédent, de lignes horizontales qui semblent mieux marquées. Quelques poches ferruginisées de grande taille, un peu plus brunes, assez bien tranchées de la masse.

Enracinement très réduit dans tout le profil. Profil très sec sur les 150 cm supérieurs, très faiblement humide à la base.

PROFIL WAZA II

10.12.74

SOLONETZ SOLODISE sur matériau argilo-sableux d'origine sédimentaire

Situation générale

Topographie : zone sensiblement plane, absence de termitières.

Substratum : matériau sablo-argileux d'origine dunaire.

Végétation : savane très ouverte à *Balanites aegyptiaca* rares et chétifs et *Lanea humilis* (recouvrements de la strate arborée : inf. à 1 %). Strate herbacée dense (recouvrement 60 %) à *Schoenefeldia gracilis*, *Panicum* sp, avec *Cassia mimosoides*.

Profil :

0-12 cm

Horizon humifère de couleur gris foncé homogène 10 YR 4/1.

Texture argilo-sableuse à sables fins avec quelques limons.

La présence de fentes verticales peu marquées, tapissées de sables fins détermine une structure d'ensemble de type prismatique devenant localement cubique. La structure est plus fine en surface. Les gros éléments structuraux se débitent difficilement en éléments polyédriques de petite taille, très anguleux et à cohésion extrêmement élevée.

Cohésion de l'ensemble de l'horizon extrêmement élevée.

Quelques concrétions calcaires très petites mais bien individualisées.

Porosité très limitée, de type physique (fentes verticales) et biologique (rares pores et tubes racinaires). Horizon sec.

Passage progressif à

12-44 cm

Couleur d'ensemble grise homogène devenant plus claire à la base.

Texture analogue à celle de l'horizon sus-jacent.

L'horizon est assez humide : la structure d'ensemble est massive à débit assez facile en éléments plastiques dans la partie supérieure de l'horizon. Le débit devient plus difficile à la base où la cohésion d'ensemble est extrêmement élevée.

Présence de calcaire diffus dont la proportion augmente vers le bas, et de filonnets sableux blancs verticaux formant parfois de petites plages sableuses.

Porosité très limitée.

Passage progressif à

44-70 cm

Couleur de fond gris clair avec quelques taches diffuses brunes d'oxydes de fer.

Texture d'ensemble argileuse, avec sables fins. Quelques plages argileuses brun clair.

Structure d'ensemble massive à cohésion très élevée. Quelques fentes verticales peu marquées tapissées de sables blancs déterminent des prismes dont les sommets apparaissent parfois arrondis et se débitent avec difficulté en feuilletés horizontaux peu épais où la ségrégation ferrugineuse peut être marquée (taches ocre vif).

Le calcaire est présent sous forme de concrétions friables et nodules très durs (creux, avec méat étoilé) dont la proportion augmente vers le bas de l'horizon où ils forment souvent des amas anastomosés.

Le calcaire forme parfois des manchons autour des racines.

Porosité très limitée : quelques pores et tubes racinaires avec débris organiques, et amas coprogènes.

Passage progressif à

70-150 cm

Horizon de couleur de fond brun clair 10 YR 5/3 devenant plus clair à la base 10 YR 8/3

Texture sablo-argileuse à sables fins dominants.

Structure d'ensemble massive à débit difficile en éléments anguleux de petite taille.

Présence de nombreuses concrétions ferrugineuses et ferro-manganésifères friables, et taches ocre-rouille à contours diffus.

Porosité limitée à des tubes racinaires vides très rares.

Le calcaire est présent sous forme de quelques nodules assez durs, de mycélium blanc qui envahit tout l'horizon et de manchons racinaires.

On ne trouve pratiquement aucune racine vivante dans cet horizon.

Partie supérieure du substratum sableux dunaire rencontré à la tarière à 290 cm.

FICHE ANALYTIQUE

TYPE DE SOL	SOLONETZ SOLODISSE					N° PROFIL : WAZA II
	MATERIAU ARGILLO SABLEUX D'ORIGINE SEDIMENTAIRE					

N° Echantillon	II.1	II.2	II.3	II.4	II.5	
Profondeur cm.	0-12	20-40	50-70	80-100	130-150	
Refus 2 mm %						
CO ₃ Ca %	0,32	2,00	3,04	1,52	0,98	
Humidité %	3,9	4,6	4,6	2,2	2,1	

ANALYSE MECANIQUE

Argile %	24,75	25,50	35,25	17,75	14,50	
Limon fin %	19,75	18,00	15,00	5,75	4,50	
Limon grossier %	10,10	9,95	10,95	8,60	5,60	
Sable fin %	28,70	28,80	25,65	45,70	53,40	
Sable grossier %	13,95	15,10	10,10	20,40	20,85	

MATIERE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	0,94	0,37				
Carbone ‰	5,43	2,15				
Azote ‰	8,5	7,2				
C/N						

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total ‰						
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--

FER

Fe ₂ O ₃ libre %						
Fe ₂ O ₃ total ‰	25,7	29,2	36,6	18,0	14,6	
Fer libre/Fer total						

Bases totales ME pour 100 g de sol

Calcium						
Magnésium						
Potassium						
Sodium						

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	13,20	13,80	15,60	11,10	10,50	
Magnésium	4,20	3,60	4,50	4,20	5,40	
Potassium	0,61	0,41	0,39	0,27	0,22	
Sodium	1,51	4,39	6,19	4,95	4,43	
S	19,52	22,20	22,68	20,52	20,55	
T	16,00	12,40	14,30	12,60	19,40	
S/T = V %	sat.	sat.	sat.	sat.	sat.	

ACIDITE ALCALINITE

pH eau	8,0	9,2	9,3	9,5	9,6	
pH kcl	6,5	7,7	7,7	8,2	8,4	

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Poids spéc. réel						
Poids spéc. appar						
Porosité %						
pF 4,2	15,03	14,21	15,66	13,00	13,52	
pF 3						
pF 2,5	26,59	30,85	35,77	30,81	29,15	
Eau utile %	11,56	16,64	20,11	17,81	15,61	
Instabilité structurale Is	4,26		2,20		2,95	
Perméabilité Kcm/h	0,50	0,00	0,39	0,19	0,06	

C.E.S. (en mhos. cm⁻¹) : II.1 : 1,0 - II.2 : 2,8 - II.3 : 3,7 - II.4 : 3,0 - II.5 : 1,2

Analyses terminées le : 15/03/76

au laboratoire de : N'DJAMENA - ORSTOM

VERTISOL A HYDROMORPHIE DE SURFACE SUR MATERIAU SABLEUX D'ORIGINE SEDIMENTAIRE.

Situation générale

Topographie générale plane, à microrelief très accidenté d'ondulations et de fentes de dessiccation nombreuses.

Végétation : savane arbustive ouverte à *Acacia seyal* et nombreuses repousses d'*Acacia seyal*.

Recouvrement graminéen de 30 %, avec *Echinochloa pyramidalis*, *Dinebra* sp., *Elythrophorus spicatus*, *Panicum fluviatile*, *Sorghum aethiopicum*, *Oryza breviligulata*.

Profil :

0-20 cm

Horizon gris 10 YR 4/1 homogène, à texture argilo-limoneuse.

Structure d'ensemble prismatique large avec fentes très larges pouvant atteindre 7 cm d'ouverture. Les prismes se décomposent en éléments de plus petite taille, de type polyédrique large, peu anguleux, à cohésion élevée.

Taches rouille très bien individualisées autour des tubes racinaires (manchons).
Macroporosité élevée, de type physique, porosité biologique de tubes racinaires.

Passage rapide à

20-60 cm

Horizon de couleur grise identique, argilo-limoneux, à structure prismatique typique avec fentes très bien marquées et cohésion des prismes très élevées.

Vers 40 cm, apparition de faces obliques de glissement de petite taille mais localement très rapprochées, donnant un aspect général feuilleté.

A la base de cet horizon, quelques nodules calcaires de petite taille, durs et bien individualisés.

Passage très graduel à

60-135 cm

Horizon de couleur gris brun très foncé 2,5 YR 3/2 à à l'état humide devenant plus gris à sec, texture argilo-limoneuse.

Structure d'ensemble massive, à débit difficile en éléments limités par des faces obliques de glissement de mieux en mieux définies vers le bas.

Dans les 20 derniers cm, apparition de taches rouille peu nombreuses, à contours diffus.

Cohésion d'ensemble peu élevée. Niveau à tendance plastique (horizon humide).

Nodules calcaires peu nombreux, petits.

Passage très rapide à

135-145 cm

Horizon de couleur de fond brun jaune clair 10 YR 7/3 avec de nombreuses taches rouille et marbrure horizontale ocre-brune.

Texture sableuse fine, structure massive, à débit anguleux.

Cohésion de l'horizon assez élevée. Porosité physique, activité biologique limitée.

L'enracinement général du profil est peu dense mais régulier sur les 90 cm supérieurs, et réduit plus bas.

FICHE ANALYTIQUE

TYPE DE SOL	VERTISOL A HYDROMORPHIE SUPERFICIELLE SUR	N° PROFIL : WAZA IV				
	MATERIAU SABLEUX D'ORIGINE SEDIMENTAIRE					

N° Echantillon	IV.1	IV.2	IV.3	IV.4	IV.5			
Profondeur cm.	0-20	40-60	80-100	115-135	135-145			
Refus 2 mm %								
CO ₃ Ca %	0,12	0,36	0,18	0,24	0,16			
Humidité %	8,7	9,7	11,2	12,7	0,6			

ANALYSE MECANIQUE

Argile %	59,75	60,25	62,75	63,50	2,50			
Limon fin %	25,50	24,50	23,00	20,00	6,50			
Limon grossier %	3,50	2,65	2,20	1,65	4,95			
Sable fin %	2,25	2,50	1,45	2,60	61,10			
Sable grossier %	0,95	1,10	0,90	0,85	24,55			

MATIERE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	0,90	0,72						
Carbone ‰	5,20	4,19						
Azote ‰	0,54	0,46						
C/N	9,6	9,1						

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total ‰								
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

FER

Fe ₂ O ₃ libre %								
Fe ₂ O ₃ total ‰	62,4	57,8	58,3	57,2	6,8			
Fer libre/Fer total								

Bases totales ME pour 100 g de sol

Calcium								
Magnésium								
Potassium								
Sodium								

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	21,60	21,60	21,00	21,30	1,80			
Magnésium	10,20	10,80	9,60	11,70	0,00			
Potassium	0,86	1,07	1,07	0,62	0,05			
Sodium	0,99	2,81	3,86	3,94	0,28			
S	33,65	36,28	35,53	37,56	2,13			
T	27,50	26,80	24,80	19,50	2,30			
S/T = V %	sat.	sat.	sat.	sat.	sat.			

ACIDITE ALCALINITE

pH eau	7,7	8,6	8,5	8,4	8,6			
pH KCl	6,0	6,8	6,8	6,7	7,0			

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Poids spéc. réel								
Poids spéc. appar								
Porosité %								
pF 4,2	21,78	22,54	27,30	31,44	4,66			
pF 3								
pF 2,5	35,07	39,36	57,38	70,14	8,52			
Eau utile %	13,29	16,82	30,08	38,70	3,86			
Instabilité structurale Is	1,05		1,27		1,47			
Perméabilité Kcm/h	0,90	0,00	0,00	0,00	0,66			

Analyses terminées le : 15/03/76

au laboratoire de : N'DJAMENA - ORSTOM

SOLONETZ-SOLODISE SUR MATERIAU ARGILLO SABLEUX.
Situation générale

Topographie plane et régulière (absence de termitières).

Végétation de savane lâche à *Lanea humilis* souvent regroupés en touffes. Strate graminéenne dense (recouvrement 90 %) à *Panicum* sp, *Schoenefeldia gracilis*, avec *Cassia mimosoides* ; rares *Balanites aegytiaca*.

Profil :

0-35 cm

Horizon superficiel gris 10 YR 5/1 homogène, texture argilo-limono-sableuse.

Structure d'ensemble massive, avec fentes verticales très bien délimitées, peu ouvertes, limitant des prismes de grande taille à cohésion élevée.

Porosité d'ensemble très limitée : fentes verticales et quelques pores et tubes racinaires rares.

Passage bien marqué à

35-60 cm

Horizon gris-brun clair, devenant plus clair à la base.

Texture un peu plus sableuse que dans l'horizon sus-jacent.

Structure massive (absence de fentes) à cohésion d'ensemble très élevée.

La partie inférieure de l'horizon est un peu plus humide, et tend à devenir plastique.

Porosité très limitée, de type biologique fin (quelques pores).

Quelques plages brun clair d'individualisation du fer et ponctuations blanches calcaires peu nombreuses.

Passage très progressif à

60-95 cm

Horizon de teinte de fond brun-gris clair où la ségrégation ferrugineuse augmente beaucoup, sous forme de taches assez nombreuses, de couleur rouille en leur centre et jaune à la périphérie. Amas calcaires mieux développés parfois indurés sous forme de nodules.

Quelques manchons ferrugineux autour des racines.

Structure d'ensemble massive, à cohésion très élevée avec débit en éléments anguleux très durs.

Porosité mieux développée de type biologique (pores et quelques tubes racinaires).

Passage très marqué à

95-140 cm

Horizon de couleur de fond gris brun clair, à taches et concrétions ferromanganésifères concentrées vers le haut, et diminuant progressivement vers le bas. Les taches sont très contrastées en haut, de couleur ocre-rouille, parfois grandes et indurées avec un cortex manganésifère noir. La proportion d'éléments indurés diminue beaucoup.

Vers 110 cm

Concentration de calcaire sous forme d'amas et de nodules très bien individualisés, de forme irrégulière et très durs, représentant 10 % de l'ensemble.

Texture sablo-argileuse et structure massive à débit difficile en éléments anguleux, de petite taille de type polyédrique.

Porosité et enracinement très limités.

FICHE ANALYTIQUE

TYPE DE SOL	SOLONETZ SOLODISE SUR MATERIAU ARGILO SABLEUX D'ORIGINE SEDIMENTAIRE				N° PROFIL : WAZA V			
-------------	---	--	--	--	--------------------	--	--	--

N° Echantillon	V.1.	V.2.	V.3.	V.4.				
Profondeur cm.	0-35	35-60	60-95	95-140				
Refus 2 mm %								
CO ₃ Ca %	0,20	0,60	0,36	6,48				
Humidité %	4,5	4,7	3,3	3,7				

ANALYSE MECANIQUE

Argile %	31,50	27,75	20,75	20,75				
Limon fin %	16,75	15,50	9,00	10,50				
Limon grossier %	4,45	3,85	3,80	5,35				
Sable fin %	28,45	34,05	43,30	38,15				
Sable grossier %	13,35	14,75	20,75	21,05				

MATIERE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	1,08	0,23						
Carbone % _o	6,24	1,31						
Azote % _o	0,65	0,22						
C/N	9,6	6,0						

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total % _o								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

FER

Fe ₂ O ₃ libre %								
Fe ₂ O ₃ total % _o	34,3	32,6	19,7	24,0				
Fer libre/Fer total								

Bases totales ME pour 100 g de sol

Calcium								
Magnésium								
Potassium								
Sodium								

Bases échangeables ME pour 10 g de sol

Calcium	12,60	16,20	11,70	11,70				
Magnésium	4,80	4,20	4,20	12,30				
Potassium	0,51	0,57	0,60	0,80				
Sodium	1,24	0,50	0,55	0,84				
S	19,15	21,47	17,05	25,64				
T	14,80	13,20	11,60	15,00				
S/T = V %	sat.	sat.	sat.	sat.				

ACIDITE ALCALINITE

pH eau	7,2	8,5	8,9	9,3				
pH KCl	5,7	7,3	7,6	8,0				

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Poids spéc. réel								
Poids spéc. appar								
Porosité %								
pF 4,2	13,45	13,88	11,58	11,81				
pF 3								
pF 2,5	24,90	26,09	26,49	27,85				
Eau utile %	11,45	12,21	14,91	16,04				
Instabilité structurale I _s	4,75	5,34		6,14				
Perméabilité K _{cm} /h	0,09	1,07	0,31	0,10				

C.E.S. (m mhos cm⁻¹) : V.1. 0,4 - V.2. : 0,7 - V.3. 1,2 - V.4 : 1,8

Analyses terminées le : 15/3/76

au laboratoire de : N'DJAMENA - ORSTOM

INTERGRADE SOL HYDROMORPHE A PSEUDOGLEY DE PROFONDEUR – SOLONETZ SOLODISE

sur matériau sablo-argileux d'origine sédimentaire.

Situation générale

Topographie : relief faiblement ondulé, microrelief très uniforme.

Substratum : matériau sablo-argileux d'origine sédimentaire.

Végétation : savane arborée moyennement dense à *Anogeissus leiocarpus*.

Strate arborescente bien développée à *Anogeissus leiocarpus*, qui pousse ici dans de bonnes conditions, avec *Balanites aegyptiaca*, *Ptilostigma* sp., *Tamarindus indica* et *Mitragyna inermis*.

Tamarindus indica et *Mitragyna inermis*.

- arbustes rares : *Combretum aculeatum*, *Acacia ataxacantha*

- strate graminéenne bien développée, à *Andropogon gayanus*, *Rottboelia exaltata*, *Hypparrhenia* sp., *Setaria pallide-fusca*, *Chloris pilosa*, *Panicum* sp.

Profil :

0–20 cm

Horizon superficiel de couleur grise 10 YR 5/1 uniforme, avec une discrète ponctuation de taches rouille dans les 10 cm supérieurs.

Texture sableuse fine faiblement argileuse.

Structure d'ensemble massive, avec quelques fentes verticales peu marquées déterminant des prismes de taille moyenne, se débitant aisément entre 10 et 20 en éléments polyédriques de taille moyenne, peu anguleux. Les taches rouille augmentent notablement, atteignent 10 % de l'ensemble.

Cohésion d'ensemble élevée.

Porosité élevée de type physique interparticulaire et biologique de pores, tubes, cavités assez nombreux.

Passage assez bien marqué à

20–70 cm

Horizon de couleur plus foncée 10 YR 3/1, avec taches rouille moins contrastées, diffuses.

Texture sablo-argileuse.

Structure d'ensemble massive avec débit facile en éléments polyédriques de grande taille devenant localement cubique mal individualisée.

Cohésion de l'ensemble et des éléments structuraux élevée.

Porosité très limitée de type physique (rares fentes) et biologique.

D'assez nombreux sables blanchis et quelques recouvrements noirs organiques.

Passage progressif

70–110 cm

Horizon de couleur brun gris foncé 10 YR 4/2, avec taches ferrugineuses de plus petite taille, moins contrastées.

Texture sablo-argileuse à sables fins.

Structure massive à débit difficile en éclats anguleux.

Cohésion d'ensemble élevée.

Porosité physique très réduite, porosité biologique de tubes fins mieux développée que dans l'horizon précédent.

Passage très progressif et régulier à

110–140 cm

Horizon de couleur de fond plus claire, marmorisé, à taches ferrugineuses jaune-brunâtre 10 YR 6/6, dans un fond brun clair 10 YR 5/3 (50 % et plus de taches).

Texture sablo-argileuse avec argiles en diminution.

Structure massive, cohésion d'ensemble élevée.

Porosité physique peu développée, porosité biologique moyennement à bien développée de tubes et pores racinaires, dont certains enrobés de matière organique.

L'enracinement est assez bien développé dans les 30 cm de surface, très réduit par la suite, augmente un peu à la base du profil.

FICHE ANALYTIQUE

TYPE DE SOL	INTERGRADE SOL HYDROMORPHE A PSEUDOGLEY DE PROFONDEUR - SOLONETZ SOLODISE SUR MATERIAU SABLO-ARGILEUX D'ORIGINE SEDIMENTAIRE	N° PROFIL : WAZA IX			
--------------------	---	----------------------------	--	--	--

N° Echantillon	IX.1	IX.2	IX.3	IX.4				
Profondeur cm.	0-20	20-50	80-100	110-130				
Refus 2 mm %								
CO ₃ Ca %								
Humidité %	1,9	3,6	3,8	2,8				

ANALYSE MECANIQUE

Argile %	15,75	27,50	29,00	19,75				
Limon fin %	18,00	9,00	9,25	3,00				
Limon grossier %	12,00	5,10	7,45	4,05				
Sable fin %	39,25	39,35	38,50	52,45				
Sable grossier %	12,70	15,95	13,30	18,75				

MATIERE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	0,96	0,31						
Carbone ‰	5,56	1,82						
Azote ‰	0,54	0,28						
C/N	10,3	6,5						

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total ‰								
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

FER

Fe ₂ O ₃ libre %								
Fe ₂ O ₃ total ‰	18,0	31,2	26,9	24,6				
Fer libre/Fer total								

Bases totales ME pour 100 g de sol

Calcium								
Magnésium								
Potassium								
Sodium								

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	5,10	8,10	8,70	8,20				
Magnésium	2,70	4,80	4,20	3,00				
Potassium	0,29	0,29	0,35	0,31				
Sodium	0,06	0,14	0,21	0,15				
S	8,15	13,33	13,46	10,66				
T	10,50	14,00	12,80	9,50				
S/T = V %	77,6	95,2	sat.	sat.				

ACIDITE ALCALINITE

pH eau	6,0	6,0	6,5	6,6				
pH KCL	4,5	4,3	4,9	4,9				

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Poids spéc. réel								
Poids spéc. appar								
Porosité %								
pl ² 4,2	8,25	7,77	14,42	11,09				
pl ² 3								
pl ² 2,5	19,11	20,31	20,30	16,20				
Eau utile %	10,86	12,54	5,88	5,11				
Instabilité structurale Is	3,14		2,87					
Perméabilité Kcm/h	1,03	1,60	0,62	1,50				

Analyses terminées le : 15/03/76

au laboratoire de : N'DJAMENA - ORSTOM

SOL LESSIVE PLANOSOLIQUE

sur matériau sablo-argileux d'origine sédimentaire.

Situation générale

Topographie : pente faible inférieure à 2 %, microrelief très uniforme.

Végétation : savane arborée très lâche à *Hyphaene thebaica*, *Balanites aegyptiaca*, avec strate arbustive à base de *Combretum aculeatum*. Strate herbacée à *Andropogon gayanus*, *Hyparrhenia* sp. et *Cassia mimosoides*.

Profil :

0-35 cm

Horizon sableux de couleur très claire, légèrement organique dans sa partie supérieure.

Texture sableuse fine.

Structure d'ensemble massive, à débit aisé dans la partie supérieure en éléments grumeleux fragiles de taille moyenne, à cohésion un peu plus élevée à la de l'horizon.

Porosité élevée, de types surtout physique.

Enracinement fin dans les 5 cm supérieurs.

Passage très brutal sur 2 cm à

35-80 cm

Horizon brun gris clair en surface 10 YR 5/2 devenant brun jaune clair à la base 10 YR 6/3, à couleur homogène.

Texture sableuse faiblement argileuse.

Structure d'ensemble massive à cohésion moyenne diminuant vers le bas.

Porosité d'ensemble moyennement développée, de type physique et biologique de quelques pores et canaux souvent remplis de sables blanchis.

Présence de quelques amas calcaires pulvérulents régulièrement répartis dans la masse.

Passage peu marqué à

80-110 cm

Horizon de texture et structure analogues présentant des concrétions ferromanganésifères très dures, à section noire, dont la proportion diminue beaucoup vers la base de l'horizon où elles sont alors très petites.

Quelques amas calcaires blancs pulvérulents.

Porosité essentiellement physique, avec quelques gros canaux remplis de matériau sableux blanchi.

Passage assez traché à

110-160 cm

Horizon à texture sableuse fine faiblement argileuse, avec de nombreuses taches ocre-rouille 7,5 YR 5,5/8 contrastées mais à limites diffuses.

Structure d'ensemble massive, à cohésion plus élevée que dans l'horizon sus-jacent.

Quelques canaux remplis de sables clairs.

Enracinement de type graminéen en surface, très limité dans l'ensemble du profil.

FICHE ANALYTIQUE

TYPE DE SOL	SOL LESSIVE PLANOSOLIQUE				N° PROFIL : WAZA X			
	SUR MATERIAU SABLO-ARGILEUX SEDIMENTAIRE							

N° Echantillon	X.1.	X.2.	X.3.	X.4.				
Profondeur cm.	0-35	35-80	80-110	110-160				
Refus 2 mm %	35	80	110	160				
CO ₃ Ca %	0,00	0,00	0,16	0,26				
Humidité %	0,4	1,3	1,7	2,4				

ANALYSE MECANIQUE

Argile %	2,00	10,00	12,25	15,25				
Limon fin %	3,00	1,50	2,50	1,25				
Limon grossier %	6,85	4,50	11,85	4,15				
Sable fin %	65,70	59,65	49,35	53,95				
Sable grossier %	22,95	23,60	23,70	23,30				

MATIERE ORGANIQUE

Mat. org. totale %	0,32	0,11						
Carbone ‰	1,87	0,65						
Azote ‰	0,26	0,23						
C/N	7,1	2,8						

ACIDE PHOSPHORIQUE

P ₂ O ₅ total ‰								
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

FER

Fe ₂ O ₃ libre %								
Fe ₂ O ₃ total ‰	6,6	13,5	18,4	21,0				
Fer libre/Fer total								

Bases totales ME pour 100 g de sol

Calcium								
Magnésium								
Potassium								
Sodium								

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	10,90	0,60	2,70	3,00				
Magnésium	0,00	0,00	0,00	0,00				
Potassium	0,11	0,53	0,74	0,92				
Sodium	0,11	2,70	4,54	5,51				
S	1,12	3,83	7,98	9,43				
T	1,80	4,50	6,80	8,60				
S/T = V %	62,2	85,1	sat.	sat.				

ACIDITE ALCALINITE

pH eau	7,1	8,6	9,8	9,6				
pH KCl	6,0	6,8	8,9	8,5				

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Poids spéc. réel								
Poids spéc. appar								
Porosité %								
pF 4,2	5,89	11,88	18,66	23,88				
pF 3								
pF 2,5	14,10	20,75	26,19	30,00				
Eau utile %	8,21	8,87	7,53	6,72				
Instabilité structurale Is	0,63		0,89					
Perméabilité Kcm/h	1,55	0,04	0,00	0,05				

Analyses terminées le : 15/3/76

au laboratoire de : N'DJAMENA - ORSTOM

C.E.S. (m mhos cm⁻¹) ; X.1.: 0,2 - X.2.: 1,1 - X.3.: 1,5 - X.4.: 1,3 -