

**TRAVAUX
ET DOCUMENTS
DE L'O.R.S.T.O.M.**

LA VÉGÉTATION DU TCHAD

Ses rapports avec les sols
Variations paléobotaniques
au Quaternaire



J. PIAS

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DU BASSIN TCHADIEN

TRAVAUX ET DOCUMENTS DE L'O.R.S.T.O.M.
N° 6

O. R. S. T. O. M.

PARIS

1970

J. PIAS

Directeur de recherches de l'O.R.S.T.O.M.

LA VÉGÉTATION DU TCHAD

SES RAPPORTS AVEC LES SOLS

VARIATIONS PALÉOBOTANIQUES AU QUATERNAIRE

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DU BASSIN TCHADIEN

sommaire

	p.
INTRODUCTION	5
I - LE CLIMAT	5
II - RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DE LA FLORE AVEC LA LATITUDE	7
III - PRINCIPAUX GROUPEMENTS VÉGÉTAUX EN LIAISON AVEC LES FACTEURS ÉCOLOGIQUES	8
III.1 - La savane arborée forestière soudano-guinéenne	8
III.2 - La savane arborée soudanienne à Combrétacées	10
Variantes de la savane arborée	12
III.3 - La savane arbustive boisée du domaine sahélo- soudanien	14
III.4 - La pseudo-steppe et ses prolongements au nord du 16ème parallèle en zone prédésertique et désertique	16
III.4.1 - Rivages sud-est et nord du lac Tchad	16
III.4.2 - Plaines de piedmont à l'ouest des massifs du Ouaddaï jusqu'à la dépression du Bahr el Ghazal	17
III.4.3 - La région au nord du 16ème parallèle jusqu'à la dépression du Borkou. Massif de l'Ennedi	18
III.4.4 - La dépression du Borkou	19
III.5 - Les étagements de la végétation dans les ouadis au voisinage du lac.....	20
III.6 - La végétation des ouadis natronés de la bordure du lac Tchad	23
III.7 - La végétation aquatique de la bordure des lacs	24
III.8 - La rônèraie	25
III.9 - La végétation des sols de "naga" et des "regs"	27
III.10 - La savane arbustive des zones d'inondation	29
III.10.1 - Groupement à <i>Piliostigma reticulata</i> - <i>Combretum glutinosum</i> .	29
III.10.2 - Groupement à <i>Terminalia macroptera</i>	29
III.10.3 - Groupement à <i>Piliostigma reticulata</i> , <i>Gardenia ternifolia</i> , <i>Mitragyna inermis</i> , <i>Nauclea latifolia</i>	30
III.10.4 - Groupement à <i>Pseudocedrela kotschyi</i> , <i>Piliostigma reticulata</i> , <i>Combretum glutinosum</i>	30
III.10.5 - Groupement à <i>Acacia seyal</i> , <i>Piliostigma reticulata</i>	30
III.10.6 - Groupement en îlots	30
III.11 - La savane arbustive armée	31
III.12 - La prairie marécageuse	32
III.13 - La galerie forestière	33
IV - APERÇU PALEOBOTANIQUE A LA FIN DE L'ÈRE TERTIAIRE ET AU QUATERNAIRE	34
CONCLUSIONS	41
BIBLIOGRAPHIE	45

Les limites géographiques de cette étude sont celles de la République du Tchad pour la partie sud du territoire, tandis qu'au nord elles s'arrêtent au voisinage du 18ème parallèle, englobant la dépression du Borkou, les régions montagneuses situées sur le pourtour de la cuvette tchadienne (contrefort de l'Adamaoua - Ouaddaï - Ennedi).

I - Le climat

L'originalité climatique de cette région tient dans le fait de sa zonalité qui nous conduira progressivement, en 1 000 km environ, d'un climat tropical semi-humide (pluviométrie : 1 300 mm) à un climat désertique (pluviométrie inférieure à 200 mm).

Nous avons distingué avec A. AUBREVILLE (1950) quatre types de climats caractérisés par des pluviométries très différentes alors que la température moyenne annuelle change assez peu, tandis que la moyenne des minimums et maximums mensuels, les minimums et maximums absolus, reflètent mieux les différences pouvant exister avec la latitude.

Climat soudano-guinéen

Au sud, pluviométries supérieures à 950 mm ; saison des pluies : 6 à 7 mois (mai à novembre) ; température moyenne annuelle à Fort -Archambault : 28° 1 (minimum absolu 10° - maximum absolu 45°) ; évaporation annuelle à l'appareil Piche : 2 027 mm en 1961.

Climat sahélo-soudanien

Pluviométries annuelles comprises entre 950 et 500 mm ; saison des pluies de 4 à 5 mois, de mai-juin à septembre ; température moyenne annuelle à Fort-Lamy : 28° 1 (minimum absolu 8° 2 - maximum absolu 47°) ; évaporation annuelle à l'appareil Piche : 3 222 mm en 1961.

Climat sahélo-saharien

Pluviométries annuelles comprises entre 500 et 200 mm ; saison des pluies de 3 mois de juillet à septembre ; température moyenne annuelle à Abéché : 28° 3 (minimum absolu 8° 3 - maximum absolu 49° 5) ; évaporation annuelle à l'appareil Piche : 4 465 mm en 1959-1961.

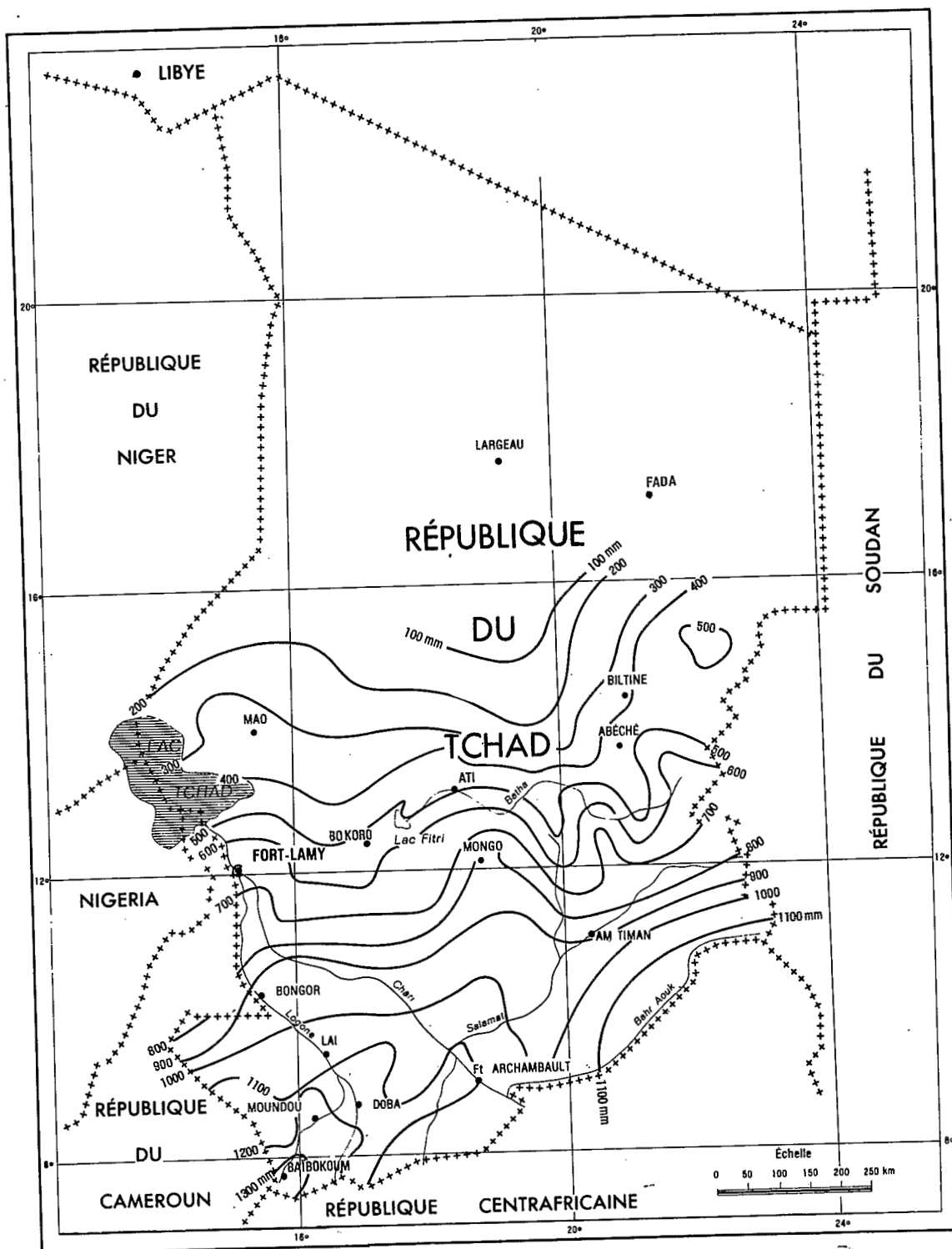


Figure 1 - Moyennes pluviométriques annuelles.

Climat saharien

Pluviométries annuelles comprises entre 0 et 200 mm ; saison des pluies de 2 mois, de juillet à août et quelques rares pluies en mai-juin-septembre ; température moyenne annuelle à Faya-Largeau : 28° 3 (minimum absolu 4° 5 - maximum absolu 49° 7) ; évaporation annuelle à l'appareil Piche : 6 420 mm en 1961.

Ces différents climats forment géographiquement des bandes orientées ouest-est qui se redressent vers le nord avec l'altitude au contact du Massif central tchadien et du Massif du Ouaddaï.

Le modelé, la présence de réseaux hydrographiques variés, anciens ou actuels, la nature de la roche-mère et des sédiments, le passé géologique de ceux-ci vont interférer avec le climat pour donner aux paysages des aspects qui ne sont pas toujours ceux que l'on pourrait s'attendre à trouver aux latitudes correspondantes.

II - Répartition géographique de la flore avec la latitude

Il convient de distinguer schématiquement plusieurs grandes unités.

Dans la partie sud du Tchad, la plus arrosée, au climat tropical semi-humide, viennent interférer les espèces limites des domaines soudano-guinéen et sahélo-soudanien.

Le premier domaine est caractérisé par la prépondérance des légumineuses : *Burkea*, *Prosopis*, *Parkia*, *Pterocarpus*, *Amblygonocarpus*, *Swartzia*, *Isoberlinia*, *Daniellia*, *Monotes*, *Uapaca*, *Cassia*, *Parinari*, *Butyrospermum*, *Lophira* ... dont la plupart d'entre elles remontent difficilement au-delà de l'isohyète 1 000-1 100 mm. Elles sont remplacées progressivement par des Combrétacées (*Combretum* - *Terminalia* - *Anogeissus*) et une Anacardiacee (*Sclerocarya*). Ce phénomène de substitution est parfaitement visible après cultures ayant été précédées d'un intensif défrichement.

Plus au nord, la dominance de ces dernières espèces va devenir moins grande et leur remplacement va s'opérer par des plantes plus typiquement sahéliennes en même temps que le couvert s'éclaircira et que la prépondérance reviendra aux arbustes et arbrisseaux : *Capparis*, *Acacia*, *Cadaba*, *Piliostigma rufescens*, *Combretum aculeatum*, *Boscia*, *Calotropis*, *Hyphaene*, *Balanites*, ...

Cette forme de savane boisée fera le passage progressif à la pseudo-steppe vers l'isohyète 500 mm, pseudo-steppe d'abord à Andropogonées puis ensuite à Aristidées dominantes. Ce passage se marque par l'introduction de nouvelles espèces arborées ou arbustives : *Commiphora africana*, *Leptadenia spartium*, *Capparis decidua*, *Acacia raddiana*, *Maerua crassifolia*.

Plus au nord, vers l'isohyète 100 à 200 mm, on assistera progressivement à la contraction du tapis graminéen qui se distribuera alors par touffes, souvent déchaussées par le vent, en même temps que les espèces demeurant en présence diminueront en nombre : *Panicum turgidum*, *Aristida pallida*...

C'est là un schéma très général et très condensé de la succession des différents groupements végétaux en fonction des domaines climatiques. Nous n'avons pas tenu compte ici des facteurs fondamentaux, tels la nature du sol, la présence de nappe phréatique proche de la surface, les variations en altitude pour une latitude donnée. C'est ce que nous allons voir en suivant.

III - Principaux groupements végétaux en liaison avec les facteurs écologiques

Des facteurs d'ordre pédologique (texture, structure, pH, salinité, degré de saturation du complexe absorbant des sols...) ou d'ordre hydrologique (inondation, profondeur de la nappe phréatique...) vont venir s'ajouter aux facteurs climatiques et c'est la composante de ces différentes données qui va déterminer la répartition des groupements végétaux.

III.1

LA SAVANE ARBORÉE FORESTIÈRE SOUDANO-GUINÉENNE

Elle occupe une large bande dans la partie sud du Tchad et son aire d'extension correspond à celle des surfaces ferrallitiques anciennes à actuelles, c'est-à-dire que la limite nord passe par Tikem - Kélo - Guidari - Niellim - Kyabé. Elle se développe sur des sols de couleur rouge (7,5 R - 10 R du Code Munsell), de texture uniformément argilo-sableuse à argileuse sur une forte épaisseur (5.6...8.10 m), à pH légèrement acide en surface (6 - 6,5), très acide en profondeur (4 - 5), à complexe fortement désaturé (V souvent inférieur à 40%), à fraction colloïdale riche en kaolinite et hydroxydes de fer (10 à 12%) parfois avec de légères quantités d'illite. L'aire d'extension de cette savane s'étend aussi aux sols beiges ferrugineux lessivés qui s'associent à ces sols rouges. Ces sols beiges généralement plus sableux ont des affinités physico-chimiques avec les précédents. Dans les deux cas, il s'agit de sols très évolués qui ont subi et subissent encore d'importants phénomènes de lessivage en bases et qui sont également peu riches en matière organique. Ces sols pauvres mais bien drainants se régénèrent assez difficilement après des cycles de culture de 3-4 ans. Les jachères sont de l'ordre de 5 à 6 années.

Cette savane arborée forestière atteint 8 à 10 m de haut, elle est facilement pénétrable malgré un sous-bois assez densément garni et un couvert de hautes *Andropogonées*.

Les principales espèces en sont :

ARBRES

<i>Isoberlinia doka</i>	<i>Bombax costatum</i>
<i>Prosopis africana</i>	<i>Butyrospermum parkii</i>
<i>Khaya senegalensis</i>	<i>Parkia biglobosa</i>
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	<i>Uapaca togoensis</i>
<i>Pterocarpus lucens</i>	<i>Lannea barteri</i>
<i>Swartzia madagascariensis</i>	<i>Monotes kerstingii</i>
<i>Afzelia africana</i>	<i>Maerua angolensis</i>
<i>Burkea africana</i>	<i>Vitex cuneata</i>
<i>Daniellia oliveri</i>	<i>Lonchocarpus laxiflorus</i>
<i>Sterculia setigera</i>	<i>Anogeissus leiocarpus</i>
<i>Amblygonocarpus andongensis</i>	<i>Sclerocarya birrea</i>
<i>Lophira alata</i>	

ARBUSTES - ARBRISSEAUX ET REPOUSSES D'ARBRES

<i>Piliostigma reticulata</i>	<i>Capparis tomentosa</i>
<i>Piliostigma thonningii</i>	<i>Albizia chevalieri</i>
<i>Hymenocardia acida</i>	<i>Acacia ataxacantha</i>
<i>Grewia villosa</i>	<i>Euphorbia</i> sp.
<i>Grewia mollis</i>	<i>Hexalobus monopetalus</i>
<i>Strychnos spinosa</i>	<i>Ximenia americana</i>
<i>Guiera senegalensis</i>	<i>Detarium microcarpum</i>
<i>Bridelia</i> sp.	<i>Entada oubanguiensis</i>
<i>Gymnosporia senegalensis</i>	<i>Securidaca longipediculata</i>
<i>Crossopteryx febrifuga</i>	<i>Cassia sieberiana</i>
<i>Parinari curatellaefolia</i>	<i>Combretum nigricans</i>
<i>Feretia canthioides</i>	<i>Combretum velutinum</i>
<i>Dichrostachys glomerata</i>	<i>Combretum hypopilinum</i>
<i>Capparis corymbosa</i>	

Ces savanes forestières peuvent présenter des dominantes variables.

Les peuplements relativement purs d'*Isoberlinia doka* sont fréquents. Ce dernier s'associe à *Prosopis africana*, *Anogeissus leiocarpus*, *Burkea africana*, avec en sous-bois *Opilia amentacea*, *Afrormosia laxiflora*, *Hymenocardia acida*, ... et *Hyparrhenia diplandra* qui constitue un important tapis graminéen (H. GILLET, 1964 a).

On trouve aussi des peuplements à *Burkea africana* accompagné de *Butyrospermum parkii*, *Swartzia madagascariensis* et *Pseudocedrela kotschy* avec une strate arbustive de *Parinari*, *Hymenocardia*, *Piliostigma thonningii*, *Detarium microcarpum*, *Bridelia ferruginea*, *Afrormosia laxiflora*, *Gymnosporia senegalensis*, *Strychnos innocua*.. et un tapis graminéen d'*Andropogon gayanus*. Ce genre de peuplement est fréquent sur les sols beiges ferrugineux tropicaux lessivés tandis que celui à *Isoberlinia* colonise plus fréquemment des sols rouges ferrallitiques.

Des peuplements à *Amblygonocarpus andongensis* associé à *Burkea africana*, *Anogeissus leiocarpus*, *Daniellia oliveri* avec un sous bois de *Detarium microcarpum*, *Hymenocardia acida*, *Terminalia laxiflora*, *Strychnos spinosa*, *Combretum hypopilinum*, *Parinari curatellaefolia*, *Piliostigma thonningii*, s'observent également sur des sols rouges.

Des associations d'*Isoberlinia doka* et bambous (*Oxyanthera abyssinica*) mais alors sans couvert graminéen d'Andropogonées se développent aussi dans ces régions, accompagnées d'un cortège de *Monotes kerstingii*, *Uapaca togoensis*, *Azelia*, *Prosopis*, *Daniellia*, ...

Tous ces peuplements sont morcelés d'affleurements de cuirasses ferrugineuses qui occupent soit les points bas des plateaux où les eaux vont se rassembler et qui portent alors une prairie basse à *Eragrostis cambessiadana* (cuirasse actuelle) - H. GILLET 1964 a - ; soit des parties relativement bien drainées où s'observent des savanes basses et clairsemées à *Hymenocardia acida*, *Combretum nigricans*, ... (cuirasse ancienne).

Des dépressions où l'eau séjourne de courtes périodes sont occupées par des rideaux de *Randia nilotica*, *Nauclea latifolia*, *Gardenia erubescens*, tandis que les cours d'eau ont leurs terrasses colonisées par des galeries forestières à *Syzygium guineense*. Une forêt sèche à *Anogeissus leiocarpus* fait le passage entre ces galeries et la savane forestière mixte.

Des savanes dégradées par l'action de l'homme sont nombreuses. Il y demeure quelques grands arbres que l'autochtone a conservés lors du défrichement antérieur : *Butyrospermum parkii*, *Daniellia oliveri*, *Khaya senegalensis* avec des arbustes nouvellement développés *Entada oubanguiensis*, *Strychnos spinosa*, *Bridelia ferruginea*, *Detarium microcarpum* et une strate herbacée à *Hyparrhenia rufa*, *Andropogon gayanus*, ... Ce sont là des jachères relativement anciennes, tandis que de plus récentes, très dégradées, ne vont présenter que quelques

rare grands arbres avec des repousses de *Detarium microcarpum*, *Bridelia ferruginea*, *Piliostigma thonningii* et un couvert graminéen d'*Eragrostis tremula*, *Pennisetum pedicellatum*.

Quelques arbres de cette savane arborée forestière méritent une attention particulière :

- *Uapaca togoensis*, peu représenté, paraît à son entrée au Tchad à la limite nord de son aire d'extension.
- *Monotes kerstingii* prend un particulier développement dans les endroits où affleurent les roches (grès de Pala, quartzites, gneiss des Monts de Lam - A. GRONDARD 1964 - grès et cuirasses en buttes témoins au nord de Baïbokoum). Il semble alors l'élément le plus résistant de ces sols pierreux tandis que *Isobertia* a disparu.
- *Isobertia doka* se maintient principalement dans la partie sud de cette bande. Plus au nord, il choisira plus particulièrement les stations les plus humides pour se développer.
- *Daniellia oliveri* - *Azelia africana* - *Amblygonocarpus andongensis* - *Butyrospermum parkii* - *Lophira alata* - *Swartzia madagascariensis* vont disparaître presque totalement au sortir de cette région sud. Bien sûr, l'on pourra trouver quelques éléments isolés plus au nord, comme *Butyrospermum* au sud de Bongor, mais c'est assez exceptionnel.

D'autres arbres, à l'inverse, vont commencer à faire leur apparition dans la partie sud pour ne prendre une grande extension que plus au nord. On les observera dans les stations climatiques les plus sèches :

- Affleurements de cuirasse ancienne bien drainée (*Combretum velutinum*, *Combretum hypopilinum* - *Hexalobus monopetalus*, ... - H. GILLET 1964 a -).
- Sols rouges très sableux vers Gounou-Gaya (jachère : *Prosopis africana* - *Amblygonocarpus andongensis* - *Detarium microcarpum* en repousses nombreuses, mais aussi *Guiera senegalensis*, *Annona senegalensis*, *Hymenocardia acida*, *Asparagus africanus*...).

La limite nord de ce domaine forestier soudano-guinéen est marquée par l'importance de plus en plus grande prise par les *Combretum*, les *Terminalia* et surtout par *Anogeissus leiocarpus*. L'envahissement par ces plantes, à la suite de défrichement, ne semble pouvoir s'expliquer que par le fait d'un déséquilibre entre la végétation et le climat actuel plus sec qu'au cours des derniers millénaires. Nous avons montré par ailleurs que c'est également ce qu'indique le type de matière organique des sols rouges qui est nullement comparable à celui des sols ferrallitiques de régions plus humides.

III.2

LA SAVANE ARBORÉE SOUDANIENNE A COMBRÉTACÉES

Au Tchad, la savane arborée occupe de longues bandes de terrain diversement orientées:

- N-S et E-O le long du Chari de Miltou à Fort-Lamy,
- N-S dans la dépression du Moyen Logone,
- N-E - S-O dans la dépression des Bahrs Salamat-Aouk-Keita.

Ces bandes se situent au milieu de dépressions inondées chaque année par la crue des fleuves ou de défluent. Cette savane forme également un vaste ensemble dans le triangle (premier delta du Chari) Bouso-Bokoro-Fort Lamy et des flots plus modestes le long des rives de la Loka et de la Kabia.

Elle se développe sur des sédiments d'âge beaucoup plus récent que les précédents (quaternaire moyen à récent) qui ont évolué vers des sols ferrugineux tropicaux lessivés modaux ou à pseudo-gley ou des sols hydromorphes dans la partie la plus septentrionale et dans les plaines d'inondation, vers des sols ferrugineux peu lessivés et de texture très sableuse pour la région du premier delta du Chari.

Des variantes assez courantes se développent sur des sols différents. Une de celles-ci est particulièrement importante : il s'agit de la savane arborée en flots qui colonise des sols ferrugineux ou hydromorphes reposant sur des horizons ou niveaux de cuirasse.

Les éléments dominants de la savane arborée classique en sont *Anogeissus leiocarpus* et *Sclerocarya birrea*, plus fréquent dans la partie nord, associés à :

<i>Combretum glutinosum</i> var. <i>passargei</i>	
<i>Prosopis africana</i>	<i>Celtis integrifolia</i>
<i>Boswellia dalzielii</i>	<i>Acacia sieberiana</i>
<i>Khaya senegalensis</i>	<i>Pterocarpus lucens</i>
<i>Bombax costatum</i>	<i>Lannea barteri</i>
<i>Stereospermum kunthianum</i>	<i>Vitex cuneata</i>
<i>Faidherbia albida</i>	<i>Parkia biglobosa</i>
<i>Cordia abyssinica</i>	<i>Acacia caffra</i> var. <i>campylacantha</i>
<i>Balanites aegyptiaca</i>	<i>Borassus aethiopum</i>
<i>Pseudocedrela kotschy</i>	<i>Sterculia setigera</i>
<i>Lonchocarpus laxiflorus</i>	<i>Terminalia macroptera</i>

Dans la partie sud :

<i>Isoberlinia doka</i>	<i>Afzelia africana</i>
<i>Daniellia oliveri</i>	<i>Amblygonocarpus andongensis</i>
<i>Swartzia madagascariensis</i>	

A ces arbres vont s'ajouter des arbustes et épineux :

<i>Piliostigma reticulata</i>	<i>Entada oubanguiensis</i>
<i>Combretum velutinum</i>	<i>Lannea humilis</i>
<i>Combretum hypopilinum</i>	<i>Acacia seyal</i>
<i>Hymenocardia acida</i>	<i>Gardenia ternifolia</i>
<i>Grewia villosa</i>	<i>Annona senegalensis</i>
<i>Strychnos spinosa</i>	<i>Gymnosporia senegalensis</i>
<i>Guiera senegalensis</i>	<i>Crossopteryx febrifuga</i>
<i>Cassia sieberiana</i>	<i>Feretia canthioides</i>
<i>Ziziphus mucronata</i>	<i>Capparis corymbosa</i>
<i>Ziziphus mauritiana</i>	<i>Capparis tomentosa</i>
<i>Dalbergia melanoxydon</i>	<i>Dichrostachys glomerata</i>
<i>Acacia scorpioides</i>	<i>Albizia chevalieri</i>
<i>Acacia ataxacantha</i>	<i>Detarium microcarpum</i>
<i>Asparagus africanus</i>	<i>Ampelocissus grantii</i>
<i>Acacia hebecladoides</i>	<i>Ampelocissus pentaphylla</i>
<i>Ximenia americana</i>	<i>Cochlospermum tinctorium</i>
<i>Hexalobus monopetalus</i>	

Vers le nord :

<i>Boscia senegalensis</i>	<i>Combretum aculeatum</i>
<i>Piliostigma rufescens</i>	<i>Cadaba farinosa</i>

Du sud vers le nord, le tapis graminéen passe progressivement d'un couvert d'*Andropogon gayanus* et *Pennisetum pedicellatum* dominant à celui d'*Hyparrhenia rufa*, *Ctenium elegans*...

Dans la partie sud de la région occupée par cette savane arborée, vont venir se mêler aux espèces arborées ou arbustives classiques celles du domaine soudano-guinéen. Progressivement mais assez rapidement, elles vont disparaître, ne se maintenant çà et là que dans l'intérieur des massifs en stations élevées.

Variantes de la savane arborée

Cette savane arborée peut prendre des formes particulières en certains endroits.

a - Dans les parties basses relativement mal drainées en sol sableux à sablo-argileux, à hydromorphie d'assez faible profondeur, le couvert végétal s'éclaircit en même temps que la diversité des espèces diminue.

On trouve alors souvent : *Combretum glutinosum*, *Ziziphus mauritiana*, *Terminalia avicennioides*, *Detarium microcarpum*, *Piliostigma reticulata*, *Gardenia ternifolia*, ...

Sur les sols inondés ou proches d'inondation, de texture identique, se note une raréfaction plus grande encore : *Combretum glutinosum*, *Terminalia macroptera*, *Piliostigma reticulata*.

Ces parties basses mal drainées sont fréquemment ceinturées d'une auréole à végétation clairsemée caractéristique de la "naga" dont nous parlerons plus loin.

Le tapis graminéen qui accompagne arbres et arbustes est à base d'Andropogonées.

b - Les peuplements de bambous (*Oxyanthera abyssinica*) que nous avons observés dans la savane arborée forestière se poursuivent ici mais en flots de moins en moins étendus. On les trouve ainsi sur les coupures I.G.N. au 1/200 000° de Miltou-Guéra-Mongo. Sur cette première feuille, ils se développent sur des sols rouges à niveau gravillonnaire de faible profondeur. Etaient là associés à ces bambous : *Combretum nigricans*, *Detarium microcarpum*, *Stereospermum kunthianum*, *Butyrospermum parkii*, *Prosopis africana*, *Grewia mollis*, ...

Nous les avons aussi observés sur des sols hydromorphes proches d'inondation, associés à *Anogeissus leiocarpus* et *Tamarindus indica*. Ils semblent d'une façon générale marquer des stations plus humides que la moyenne de l'environnement.

c - Sur des sols rouges, formant des taches résiduelles de faible étendue autour de certains petits massifs montagneux (Bon - Zan - Ibir - ... Djember - Dar, ..., feuilles lac Iro et Miltou), se développe une végétation abondante : *Combretum nigricans*, *Detarium microcarpum*, *Butyrospermum parkii*, *Piliostigma reticulata*, *Terminalia avicennioides*, *Guiera senegalensis*, *Grewia mollis*, ...

De beaux peuplements de *Combretum nigricans* existent à l'état presque pur sur ces sols. Ils forment des savanes boisées, basses et denses, et peuvent être assimilés à des jachères anciennes.

d - La savane arborée prend parfois un aspect particulier et se distribue en îlots denses et buissonnants, séparés par des espaces nus. Ces flots de végétation se groupent fréquemment autour d'anciennes termitières. Ils sont touffus et difficilement pénétrables par suite de la présence d'épineux bien que de faible étendue, 10 à 20 m². On y observe principalement les espèces suivantes : *Dalbergia melanoxylon*, *Ziziphus mauritiana*, *Dichrostachys glomerata*, *Grewia mollis*, *Albizia chevalieri*, *Acacia ataxacantha*, *Lanea humilis*, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma rufescens*, *Capparis corymbosa*, *Cissus quadrangularis*, ... accompagnées de quelques plus grands arbres : *Anogeissus leiocarpus*, *Balanites aegyptiaca*, *Sclerocarya birrea*, ...

Dans la partie la plus septentrionale vont apparaître *Acacia mellifera*, *Acacia senegal*.

Le tapis graminéen est à base de *Pennisetum pedicellatum*, d'*Hyparrhenia rufa* au voisinage des îlots buissonnants. Il forme des plages rases à *Schoenefeldia gracilis* dans les espaces nus.

Ces formations, appelées en Afrique occidentale "brousse tigrée", sont caractéristiques de sols de texture diverse (sablo-argileuse, argilo-sableuse) peu épais sur cuirasse fer-

rugineuse ou niveau gravillonnaire. Dans les endroits où ces niveaux affleurent, la végétation se clairsème : *Gardenia sp.* et surtout *Lanea humilis*, *Dichrostachys glomerata* deviennent des éléments dominants.

Dans les dépressions où la cuirasse crée un niveau imperméable où les eaux de ruissellement viennent s'accumuler, le sol est dépourvu d'espèces arborées ou arbustives à l'exception de quelques *Gardenia sp.*, *Piliostigma reticulata*. Il se forme dans ces endroits, en saison des pluies, des mares semi-permanentes dans lesquelles se développent des Andropogonées.

Quand le sol recouvrant la cuirasse est plus profond, la savane tend alors vers le type arboré classique qui correspond à celui poussant sur des sols sableux à sablo-argileux, *Anogeissus leiocarpus* en est alors l'élément essentiel.

Ces savanes en flots se perçoivent principalement sur tout le pourtour du Massif central tchadien.

e - Dans l'intérieur des massifs granitiques, la savane arborée occupe une place importante sur des sols d'arène non en culture. Il s'agit là d'une savane claire à grands arbres et sous-bois peu important (feuilles de Guéra et Mongo). On y observe : *Anogeissus leiocarpus*, *Albizia chevalieri*, *Combretum glutinosum*, *Sclerocarya birrea*, *Balanites aegyptiaca*, *Ficus gnaphalocarpa*, *Tamarindus indica*, *Terminalia laxiflora*, *Butyrospermum parkii*, *Acacia sieberiana*, *Acacia scorpioides*, *Faidherbia albida*, *Dichrostachys glomerata*, *Grewia sp.*,...

Sur des sols arénacés, relativement profonds, s'observent parfois aussi de beaux peuplements de *Combretum nigricans* (feuilles de Guéra et Mongo).

Autour des villages, le couvert arboré se réduit à quelques arbres que l'autochtone a conservés lors du défrichement : *Balanites aegyptiaca*, *Faidherbia albida*. Ces derniers sont particulièrement nombreux. Les jachères sont là denses et buissonnantes : *Ziziphus mauritiana*, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulata*, *Piliostigma rufescens*, *Grewia sp.*,... Le tapis herbacé est épais, à dominance de *Pennisetum pedicellatum* accompagné d'*Aristida stipoides*, *Chloris sp.*, *Schizachyrium exile*, *Achyranthes aspera*,...

Dès que la roche affleure, la savane boisée s'éclaircit. On trouve alors des peuplements de *Boswellia dalzielii* accompagnés de *Sterculia tomentosa*, *Gardenia sp.*, *Erythrina sp.*, *Terminalia brownii*, *Cassia sieberiana*,... et toujours une forte densité d'*Anogeissus leiocarpus*.

Associés à *Boswellia*, sur des sols squelettiques, nous avons également observé à l'ouest de M'Bourao (feuilles de Fianga-Léré) des peuplements d'*Acacia hebecladoides*.

f - La limite nord de cette savane arborée est marquée par un net éclaircissement des arbres et arbustes, en même temps que certaines espèces disparaissent totalement, tandis que d'autres sont plus rarement observées (*Prosopis africana*, *Khaya senegalensis*, *Vitex cuneata*, *Combretum hypopilinum*, *Combretum velutinum*, *Anogeissus leiocarpus*,...).

La savane a alors pour éléments dominants : *Terminalia avicennioides*, *Sclerocarya birrea*, *Combretum glutinosum* avec un tapis graminéen, soit à dominance d'Andropogonées (*Cymbopogon proximus*, *Hyparrhenia sp.*), soit sans dominance et aux multiples espèces (*Aristida stipoides*, *Chloris priurii*, *Cenchrus biflorus*, *Eragrostis tremula*, *Ctenium elegans*,...).

Ce changement commence à s'opérer pour les isohyètes moyens compris entre 600 et 700 mm et est particulièrement visible au sud de Fort-Lamy.

III.3

LA SAVANE ARBUSTIVE BOISÉE DU DOMAINE SAHÉLO-SOUDANIEN

Elle se localise à la limite nord de la savane arborée précédente et a une très faible étendue en latitude. Elle fait la transition entre cette dernière et la pseudo-steppe qui ne prendra son plein développement qu'entre les isohyètes 400 et 500 mm. En fonction de la texture des sols, de leur régime hydrique, de leur position au voisinage d'étendue d'eau ou de fleuves, la savane arborée pourra s'étendre exceptionnellement encore plus au nord. Ainsi entre Hadjer el Hamis et Tourba, dans le voisinage immédiat du lac Tchad, une savane-parc aux grands arbres se maintient dans les parties humides. Elle est accompagnée d'un sous-bois clairsemé. On y trouve : *Faidherbia albida*, *Tamarindus indica*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia scorpioides* var. *nilotica*, *Hyphaene thebaica*, *Acacia seyal*, *Acacia senegal*, *Piliostigma reticulata*, ...

De même, la savane arbustive va remonter dans le domaine de la pseudo-steppe. Sur la bordure est du lac Tchad, basse et dense, elle colonise les pentes des dunes et est marquée par la codominance d'*Acacia raddiana*, *Commiphora africana*. A ces deux espèces vont s'ajouter parfois *Acacia senegal*, *Balanites aegyptiaca*, *Leptadenia spartium*, *Maerua crassifolia*. L'extension de cette savane arbustive ne se limite qu'au voisinage immédiat du lac. Dans l'intérieur des terres, elle n'atteint plus le sommet des dunes envahi par la pseudo-steppe et se maintient sur les pentes douces ou dans les bas-fonds.

D'une façon plus générale, la savane arbustive du domaine sahélo-soudanien est formée d'une végétation basse de petits arbres ou arbustes. L'ensemble facilement pénétrable occupe des sols hydromorphes, des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, des sols bruns ou brun-rouge subarides. Tous ces sols sont essentiellement sableux. Les espèces les plus fréquemment observées sont *Acacia senegal*, *Acacia scorpioides* var. *adstringens*, *Piliostigma rufescens*, *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*, *Cadaba farinosa*, *Acacia seyal*, ... Elles sont accompagnées d'un haut tapis graminéen d'Andropogonées (*Cymbopogon proximus*).

Des formes basses, buissonnantes, peuvent exister et correspondent peut-être alors à d'anciennes jachères. Ceci est fréquent au nord de Fort-Lamy. *Hyphaene thebaica* est l'élément dominant, associé à *Calotropis procera*, *Salvadora persica*, *Cordia abyssinica*, *Cadaba farinosa*, *Acacia scorpioides* var. *adstringens*.

Dans l'est de la feuille de Fort-Lamy, dans la région du second delta fossile du Chari, la végétation se distribue en fonction de la topographie comme le montre le schéma ci-dessous :

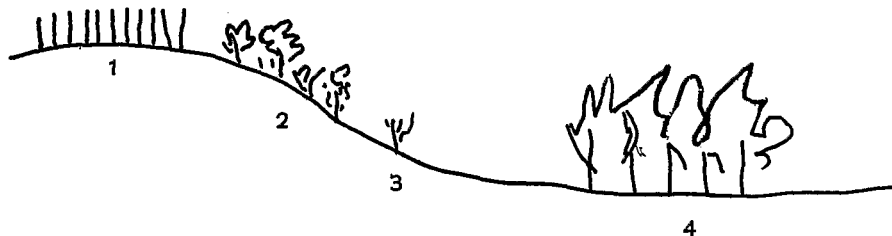


Figure 2 - Associations végétales à l'est et au nord-est de Fort-Lamy.

- 1 - Sur les buttes en élévation de quelques mètres par rapport aux dépressions en contre-bas : pseudo-steppe à *Cymbopogon proximus* sur des sols bruns steppiques sableux.
- 2 - Sur pente : savane arborée à arbustive sur sable (sol brun steppique) aux espèces indiquées précédemment, auxquelles s'ajoutent *Anogeissus leiocarpus*, *Lamnea humilis*. Le tapis graminéen est constitué d'Aristidées diverses et de *Schoenefeldia gracilis*, *Eragrostis tremula*.

- 3 - En bas de pente : végétation très clairsemée sur un sol sablo-argileux à argilo-sableux recouvert d'une pellicule de sable superficielle. Les espèces sont ici les suivantes : *Acacia seyal*, *Lannea humilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Capparis decidua*, *Maerua crassifolia*. Le tapis graminéen est ras, discontinu : *Schoenefeldia gracilis*, *Aristida stipoides*.
- 4 - Les bas-fonds sont diversement boisés suivant la texture du sol mais la végétation y est généralement dense :
- flots de grands arbres sur des sols sablo-argileux, argilo-sableux hydromorphes : *Anogeissus leiocarpus*, *Celtis integrifolia*, *Acacia seyal*,... avec sous-bois très fourni de *Salvadora persica*, *Acacia ataxacantha*, *Boscia senegalensis*,... et tapis graminéen de *Cymbopogon giganteus*.
 - savane armée à *Acacia seyal* sur des sols argileux et grandes Andropogonées.

C'est là un paysage classique de ces régions. Parfois aussi, à la pseudo-steppe succède localement dans une dépression à peine marquée une savane boisée dense qui pousse sur des sols sableux peu profonds reposant sur des argiles feuilletées (sud de Ganatir - N.N.E. de Fort-Lamy) : *Sclerocarya birrea*, *Acacia senegal*, *Acacia scorpioides* var. *adstringens*, *Lannea humilis*, *Hyphaene thebaïca*, *Piliostigma reticulata*. Les trois premières espèces dominent.

Dans l'est du Tchad, le voisinage du Batha constitue la limite sud de cette savane arbustive qui se développe sur des surfaces sableuses mamelonnées (sols bruns et brun-rouge subarides). A proximité de ce fleuve, ces surfaces sont encore occupées par une savane arborée assez dense dont le maintien est favorisé par la présence de ce cours d'eau qui, bien qu'à sec en saison sèche, entretient des nappes peu profondes dans son voisinage.

Passé le Batha, vers le nord, la surface sableuse n'est plus occupée que par une végétation arbustive qui se clairseme rapidement et se transforme en une pseudo-steppe aux rares arbres. On assiste à la raréfaction puis à la disparition de certaines espèces (*Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum*,...) qui se maintiendront localement à la faveur des dépressions. La savane arbustive est peu visible car souvent détruite par l'homme qui cultive intensément ces sols sableux. Ce sont souvent des formes très dégradées et très claires que l'on observe avec pour espèces principales celles déjà citées et parfois quelques *Anogeissus leiocarpus*.

L'association *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum* est la plus fréquemment observée, tandis que le tapis graminéen est composé de *Schoenefeldia gracilis*, *Ctenium elegans*, *Eragrostis tremula*, *Cenchrus biflorus*, *Aristida* diverses, auxquelles se mêlent *Chrozophora senegalensis*, *Cassia obovata*, *Blepharis linaraefolia*. *Guiera senegalensis* est l'élément dominant de la jachère et arrive à former des couverts arbustifs très denses (S. O d'Oum Hadjer). Il s'associe parfois à *Boscia senegalensis* et à *Calotropis procera* autour des villages.

Sur les accolements de sables éoliens que portent vers l'est la plupart des massifs granitiques isolés dans les plaines de piedmont, la végétation très clairsemée est composée de *Combretum glutinosum*, *Balanites aegyptiaca* avec un tapis graminéen de *Ctenium elegans*, *Cenchrus biflorus*. Ce boisement annonce déjà les pseudo-steppes du nord ; *Leptadenia spartium* a été ainsi observé sur contrefort sableux à l'est d'Oum Hadjer entre Dop-Dop-Dop et Am Dalam.

Dans l'intérieur du massif du Ouaddai, à latitude égale à celle des plaines de piedmont, la végétation est différente, plus riche en éléments soudaniens. Les cours très encaissés des ouadis portent une végétation dense de grands arbres : *Acacia sieberiana*, *Tamarindus indica*, *Acacia scorpioides* var. *nilotica*, *Faidherbia albida*, *Acacia seyal*,... Ce contraste de la végétation du massif et de celle des plaines de piedmont est le reflet de la plus grande abondance des précipitations. Du sud vers le nord, dans l'intérieur du massif, l'on assiste à une raréfaction de la végétation. Dans le sud (sud et sud-est d'Abéché) la végétation très fournie est souvent celle d'une savane arbustive à arborée : *Acacia scorpioides* var. *adstringens*, *Acacia seyal*, *Acacia mellifera*, *Acacia senegal*, *Dalbergia melanoxylon*, *Piliostigma reticulata*, *Piliostigma rufescens*, *Dichrostachys glomerata*, auxquels s'ajoutent quelques grands arbres : *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*, *Sclerocarya birrea*. Elle pousse sur des sols

sablo-argileux, argilo-sableux, peu épais sur granite ou granito-gneiss. Un abondant cailloutis quartzeux est fréquemment observé en surface. Les pentes sont souvent assez faibles, la topographie peu tourmentée. Dans les parties cultivées la jachère est à *Combretum glutinosum*, *Acacia senegal*, *Piliostigma reticulata*,...

Les surfaces à nombreux affleurements granitiques, les sols squelettiques sur de plus fortes pentes, ont une végétation plus clairsemée où *Dalbergia melanoxylon* et *Albizia sericecephala* sont le plus souvent observés, associés à *Acacia mellifera*, *Acacia senegal*, *Commiphora africana*. *Cymbopogon giganteus* constitue le tapis graminéen.

Les accolements sableux aux massifs granitiques ont dans l'intérieur du massif une végétation un peu plus dense que celle vue dans les plaines dans une position identique. En plus des espèces déjà citées, on trouvera *Acacia scorpioides* var. *adstringens*, *Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*, *Piliostigma rufescens*,...

Cette savane arbustive représente le plus souvent une ancienne jachère.

Toute la région est du Tchad apparaît particulièrement riche en Mimosées avec une dominance d'*Acacia* : *Acacia senegal*, *Acacia mellifera*, *Acacia laeta*, *Acacia scorpioides* var. *adstringens*. Il est difficile de parler pour chacun d'eux d'une affinité particulière pour un sol déterminé. *Acacia senegal* apparaît le plus éclectique et colonise aussi bien les terrains sableux que ceux très caillouteux des massifs. *Acacia mellifera* se plaît sur les sols peu profonds des massifs et aussi sur des terrains relativement imperméables des plaines de piedmont.

III.4

LA PSEUDO-STEPPE ET SES PROLONGEMENTS AU NORD DU 16^{ème} PARALLÈLE EN ZONE PRÉDÉSERTIQUE ET DÉSERTIQUE

Par ce vocable sont définies des étendues herbeuses qui couvrent la partie septentrionale du Tchad au nord du 13^{ème} parallèle sous des pluviométries inférieures à 400-500 mm et poussent sur des sols sableux subarides bruns ou brun-rouge.

Elle s'observe donc :

- à l'est du Tchad, dans un relief parfois assez accusé de dunes et d'interdunes ;
- dans les plaines de piedmont du massif du Ouaddaï qui s'étirent vers l'ouest jusqu'au cordon sableux et alors dans une topographie relativement plus plane.

III.4.1 - Rivages sud-est et nord du Lac Tchad

La pseudo-steppe fait son apparition au sud du lac où elle colonise les parties hautes d'une topographie peu accusée tandis que la végétation arborée et arbustive se réfugie dans les fonds. Cette pseudo-steppe est le plus souvent ici à dominance de *Cymbopogon proximus*, *Aristida funiculata* et *mutabilis*,...

La figure 3 montre la disposition des différentes associations en ces régions sur la bordure est et nord du lac. Dans un relief très accentué, cette pseudo-steppe occupe le sommet des dunes descendant parfois à mi-pente de celles-ci pour faire place ensuite à des formations arbustives ou arborées. La dominance revient encore ici aux mêmes Andropogonées mais auxquelles vont s'ajouter ça et là *Leptadenia spartium*, *Commiphora africana*, *Maerua crassifolia*, *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca*,...

Une certaine répartition des espèces graminéennes s'opère en fonction du relief dunaire.

Les agrostologues de l'I. E. M. V. T. (A. GASTON 1966) distinguent ainsi au Kanem divers types de pâturages :

- pâturages à *Aristida funiculata* et *Cyperus conglomeratus* accompagnant une strate arbustive clairsemée dans les zones sableuses faiblement ondulées tendant à former des plateaux ;
- pâturages à *Aristida funiculata* et *Cymbopogon proximus* à strate arbustive moyennement dense sur des sols sableux, faiblement ondulés, à relief plus marqué que précédemment ;
- pâturages à *Aristida funiculata*, *Aristida mutabilis*, *Cyperus conglomeratus* dans un relief plus accusé où les interdunes deviennent le lieu de rassemblement arbustif. La savane arbustive est moyennement dense à dense ;
- pâturages à *Aristida funiculata*, *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Panicum turgidum* à strate arbustive moyennement dense à dense, observée sur les dunes en bordure du Bahr el Ghazal.

III.4.2 - Plaines de piedmont à l'ouest des massifs du Ouaddaï jusqu'à la dépression du Bahr el Ghazal

Dans cette partie, le relief est beaucoup moins accusé que dans les régions voisines du lac Tchad bien que le système dunaire continue à se manifester par des alignements NO-SE et NS.

Le tapis graminéen qui se développe ici encore sur des sols bruns ou brun-rouge subarides forme un couvert de 40 à 80 cm de hauteur, constitué principalement par des Aristidées diverses : *Aristida mutabilis*, *Aristida pallida*, *Aristida stipoides*, *Aristida papposa*, *Aristida adscensionis* et autres graminées : *Cenchrus biflorus*, *Cenchrus prieurii*, *Eragrostis tremula*, *Panicum turgidum*, *Schmidtia pappophoroides*, *Tracus racemosus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Brachiaria deflexa* et *distichophylla*. A celles-ci s'ajoute une strate herbacée importante à *Chrozophora senegalensis*, *Polycarpaea corymbosa*, *Fimbristylis exilis*, *Blepharis linaraefolia*, *Crotalaria microcarpa*, *Indigofera sp.*, *Aerva tomentosa*, *Borreria radiata*, *Waltheria americana*, *Cassia obovata*, *Tephrosia sp.*, ...

Ce type classique peut présenter des dominances d'une ou plusieurs de ces espèces. C'est fréquemment le cas pour *Cenchrus biflorus*, *Aristida stipoides*, *Aristida pallida*, *Aristida papposa*, *Eragrostis tremula*, ...

Dans cette pseudo-steppe, la végétation arborée et arbustive est très clairsemée, composée essentiellement de *Combretum glutinosum*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal*, *Guiera senegalensis*, *Maerua crassifolia*, *Commiphora africana*, *Capparis decidua*, *Acacia raddiana*, ... Cette végétation malgré de faibles pluviométries peut être encore parfois assez dense ainsi que nous avons pu le constater dans la partie ouest du Ranch de l'Ouadi Rimé (pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 300 à 350 mm tombant principalement en deux mois juillet-août). La dominance revenait là à *Combretum glutinosum*.

D'une façon générale, les arbres sont assez rares, les plus fortes colonies sont installées dans les interdunes sableuses (sol brun subaride). *Acacia scorpioides* var. *adstringens* et *Ziziphus mauritiana* se maintiennent encore dans la partie la plus méridionale.

Différentes variantes à la pseudo-steppe classique existent en cette région (H. GILLET, 1963) :

- type à strate herbacée à *Blepharis linaraefolia*, cette plante forme des tapis ras et denses au milieu desquels poussent de très rares touffes de graminées ;
- type à végétation graminéenne contractée, le type précédent alterne par plages avec des tapis graminéens denses souvent à base d'Aristidées. Ce type est fréquemment à dominance d'*Aristida papposa* dans la partie nord du Ranch de l'Ouadi Rimé ;

- type d'ombre : à l'ombre des arbres, endroits très recherchés du bétail aux heures chaudes de la journée, se développe une végétation graminéenne et herbacée particulière où dominent *Brachiaria ramosa*, *Cenchrus biflorus*, *Achyranthes aspera*, ...
- type de bas-fonds ou cuvettes : dans les parties plus humides, en même temps que la végétation arborée ou arbustive est plus dense, croît une végétation graminéenne souvent particulière. Nous avons observé :
 - *Cymbopogon proximus* par touffes déchaussées, indice d'une érosion pluviale intense sur les pentes de certaines cuvettes ;
 - près de l'Ouadi Rimé, dans les zones inondées, *Echinochloa stagnina* et *Echinochloa pyramidalis*, *Sesbania sp.*, *Cyperus sp.*, *Ipomea sp.*, ... tandis que la végétation arbustive devient dense (*Acacia scorpioides* var. *nilotica*, *Tamarindus indica*, ...).

III.4.3 - La région au nord du 16^{ème} parallèle jusqu'à la dépression du Borkou. Massif de l'Ennedi

En remontant en latitude et très rapidement en même temps que diminue l'intensité des précipitations, le couvert graminéen se contracte, se raréfie, procède par plages, par touffes souvent déchaussées.

Peu après Koro Toro vers le nord, le vaste ensemble sableux du sud fait place à un erg vif (Erg du Djourab) aux multiples prolongements et à des placages de diatomites blanches et nues sur lesquelles se déplacent, sous l'action du vent, une couverture sableuse plus ou moins épaisse, ou des barkhanes. Quelques affleurements de grès ferrugineux noirâtres s'observent ça et là.

Aristida papposa, *Aristida pungens*, *Panicum turgidum* et *Fagonia arabica* sont les rares espèces observées avec *Cornulaca monacantha* (Had des Arabes) excellent pâturage à chameau dont l'apparition au sud correspond à la raréfaction du *Cenchrus biflorus* qui se maintient encore très au nord.

Dans ces parties, les sols sont dépourvus de toute végétation arborée. On observe ça et là, notamment vers l'est en nous rapprochant des contreforts des massifs montagneux (Kapka - Ennedi), quelques arbustes : *Acacia raddiana*, *Capparis decidua*, *Maerua crassifolia*, ... qui se maintiennent à proximité des cours des ouadis. *Cymbopogon proximus* les accompagne, colonisant les ravines des sables. *Aristida plumosa* occupe les plages des vallées ensablées.

Nous sommes ici dans le domaine des sols gris subdésertiques sableux (sables plus ou moins épais fixés par un tapis graminéen sur substratum diatomitique ou gréseux) ; des sols minéraux bruts d'origine climatique (affleurements de diatomite et de grès, erg vif, barkhane).

Ces mêmes sols vont s'observer à l'est, dans le massif de l'Ennedi, malgré une pluviométrie plus importante (pluviométrie estimée à 150 mm dans le sud de l'Ennedi, d'une moyenne annuelle de 90 mm à Fada). Le contraste est frappant entre les plaines de piedmont désolées et nues où dominent des regs caillouteux et l'intérieur du massif. Le démantèlement des grès primaires sous des actions pluviales anciennes ou éoliennes a donné naissance dans les cuvettes, les vallées, parfois les pentes, à des sols sableux d'épaisseur très variable (sols squelettiques - sols gris ou roses subdésertiques). Les sols limoneux alluviaux sont plus rares, limités à d'étroits sillons qui constituent les cours ou les terrasses des enneris (N'Dou, Archéi, ...). Des fosses argileuses, comme la mare d'Edié, peuvent jalonner ces parcours. Les premiers portent une végétation très clairsemée où *Salvadora persica* est souvent abondant associé à *Capparis decidua* qui devient l'élément dominant des pourtours de mares temporaires sur des sols argileux.

Quand la nature le permet, là où exceptionnellement une nappe phréatique se tient toute

l'année à faible profondeur, on assiste au maintien de formation arbustive ou arborée dense.

C'est le cas du site de Fada où la nappe, proche du sol, a favorisé l'implantation d'une palmeraie et des cultures irriguées. Dans la vallée du N'Dou, une végétation naturelle arbustive se retrouve sur des sols limono-argileux, argilo-limoneux. La végétation y est dense, composée surtout d'*Acacia raddiana*. *Boscia senegalensis*, *Salvadora persica*, *Balanites aegyptiaca*, *Calotropis procera* s'y ajoutent. La nappe phréatique est ici à 7-8 m.

Mais c'est surtout dans les vallées encaissées que se maintient d'une façon plus homogène un couvert végétal important.

A Archéi, nous avons noté à la sortie des gorges, dans la partie resserrée du cours de l'Enneri, sur une petite terrasse, des peuplements relativement denses d'*Acacia raddiana*.

Plus en aval, sur une terrasse en pente douce, la végétation se clairsème progressivement. On y trouve alors *Capparis decidua* accompagné de *Boscia senegalensis*, *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca*.

Hyphaene thebaïca est fréquemment observé dans ces vallées. *Tamarindus indica*, aux affinités plus soudaniennes, se rencontre très exceptionnellement.

Partout ailleurs la végétation est fonction de la topographie et de l'épaisseur du sol.

Dans les parties planes, sur sols squelettiques ou peu profonds, la végétation arbustive est nulle, limitée à quelques *Acacia raddiana*. Cet arbre qui est un des éléments dominants du paysage devient plus abondant sur des sols sableux plus épais où la roche affleure encore par places en bancs horizontaux. Le couvert graminéen est lâche à *Dactyloctenium aegyptium*, *Cenchrus biflorus*, *Aristida papposa*, *Panicum turgidum*.

Aristida pallida, *Aristida stipoides*, *Aristida mutabilis*, *Cenchrus prieurii* vont s'observer principalement dans l'Ennedi méridional.

En altitude, au-dessus de 800 à 900 m, se maintiennent encore des espèces rencontrées dans le nord du massif du Ouaddal : *Albizia sericocephala*, *Dichrostachys glomerata*. Elles se tiennent le long des ouadis. *Acacia flava*, *Acacia senegal*, *Acacia seyal* s'observent aussi dans des lieux relativement humides mais dans des stations plus basses.

On assiste aussi parfois au maintien d'espèces à caractères plus méridionaux que H. GILLET (1958-1968) signale dans certaines gorges de ce massif. Sur le haut cours de l'Ennedi Erdébéché, dans des rives moyennement encaissées, ont été observées *Diospyros mespiliformis*, *Anogeissus leiocarpus*, *Tamarindus indica*,... ; dans la dépression d'Aoué : *Combretum gallabatense*, *Anogeissus leiocarpus*, *Piliostigma reticulata*,...

Toutes ces espèces témoignent d'un passé récent, au régime climatique très différent de l'actuel et beaucoup moins désertique.

III.4.4 - La dépression du Borkou

Elle s'étire d'ouest en est, principalement entre les 18ème et 19ème degrés de longitude est, et aux alentours du 18ème degré de latitude nord, au pied du massif du Tibesti.

Le fond de la dépression a une topographie peu marquée. Des bancs rocheux et des alignements de barkhanes la divisent irrégulièrement. Relativement étendue dans ses parties est et ouest, elle ne forme plus qu'une bande étroite dans sa partie médiane. Elle est essentiellement constituée par des affleurements de diatomite qui alternent avec ceux de grès donnant un paysage désert et chaotique aux extrémités duquel se perçoivent deux flots de verdure : la palmeraie de Largeau à l'est et celles, morcelées, d'Elleboye - Ayanga - Ngour Ma - Kirdimi - Yen - Ain Galaka à l'ouest. Partout ailleurs, le sol est nu avec quelques rares arbustes. Le tapis graminéen est réduit à quelques touffes isolées. Très érodées, ces zones subissent l'ac-

tion intensive des vents. Là où la nappe est proche, une végétation naturelle assez dense à base d'*Acacia raddiana* a pu se développer lorsqu'un repli de terrain coupe la violence des vents dominants.

Dans les palmeraies et au voisinage des zones habitées, principalement autour de Largeau, la végétation naturelle a pratiquement disparu, coupée et employée aux usages domestiques. Pour préserver ce qui restait, des interdictions ont été établies par les autorités. On peut voir à Largeau quelques rares spécimens de grands arbres : *Acacia sieberiana*, *Acacia scorpioides*.

D'une façon générale, ce sont toujours les mêmes arbres ou arbustes, la même strate herbacée ou graminéenne que l'on observe :

ARBRES ET ARBUSTES -

En plus des espèces déjà citées : *Hyphaene thebaïca*, *Capparis decidua*, *Maerua crassifolia*, *Salvadora persica*, *Cornulaca monacantha*, *Tamarix gallica*, *Calotropis procera*.

STRATE HERBACÉE

Chrozophora sp., *Geigeria alata*, *Indigofera sp.*, *Achyranthes aspera*, *Fagonia oliveri*, *Tephrosia sp.*, *Mentha viridis*, *Typha australis*, *Juncus maritimus*.

STRATE GRAMINÉENNE

Aristida pungens, *Desmotachya bipinnata*, *Aristida papposa*, *Eragrostis pilosa*, *Panicum turgidum*, . . .

Autour des puits et dans les cuvettes, on rencontre des peuplements lâches et pratiquement purs d'*Hyphaene thebaïca*.

Dans la partie ouest de la dépression, s'observe dans les zones abritées des vents une végétation assez dense où se trouvent *Acacia raddiana*, *Acacia seyal*, *Salvadora persica*, *Calotropis procera*, . . .

Sur les sables fixés on relève surtout *Calotropis procera*, *Fagonia oliveri* et, par touffes, *Aristida pungens*, *Panicum turgidum*.

Autour des sources (Ain Galaka, Chien Maro) et des mares, on trouve *Tamarix gallica*, *Juncus maritimus*, *Typha australis*.

Geigeria alata, souvent en buissons assez étendus, est un indice d'eau proche et donne dans les zones soumises au vent un paysage particulier constitué de buttes moutonnantes en retenant le sable par son système végétatif.

III.5

LES ÉTAGEMENTS DE LA VÉGÉTATION DANS LES OUADIS AU VOISINAGE DU LAC

Au fur et à mesure que l'on se dirige du sud vers le nord sur la bordure est du lac Tchad, la savane arbustive est remplacée progressivement par la steppe sur le sommet des dunes mais arrive encore à se maintenir sur les pentes ou dans les creux des ouadis.

La figure n°3 montre les étagements de la végétation sur la bordure est, le premier se situe dans le sud au nord de Massakory, le second plus au nord près de N'Gouri.

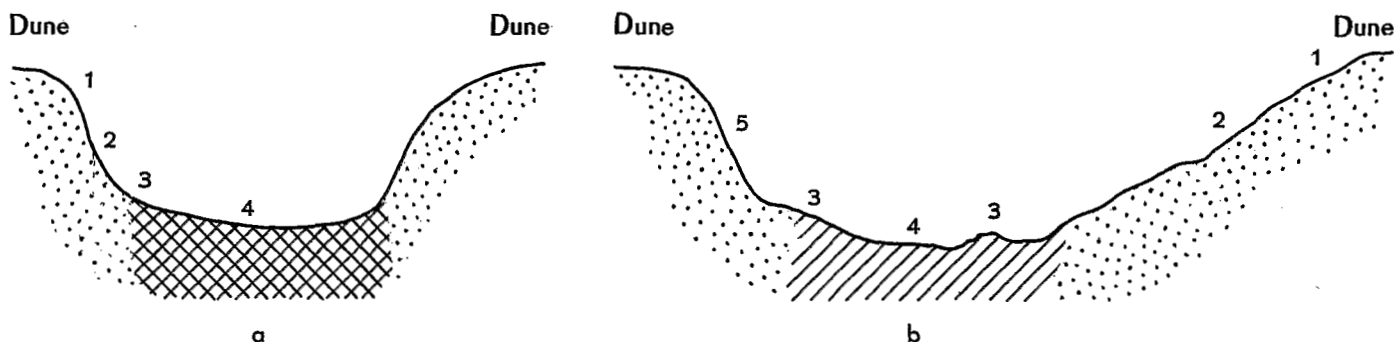


Figure 3 - Etagement de la végétation au voisinage du lac Tchad.

3a -

- 1 - Dune : végétation de hautes Andropogonées et par places touffes de *Leptadenia spartium*.
- 2 - Végétation assez dense sur sable colluvial : *Hyphaene thebaïca* et nombreuses repousses, *Commiphora africana*.
- 3 - Végétation clairsemée à plages nues sur sable et limon : *Ziziphus mauritiana*, repousses buissonnantes d'*Hyphaene thebaïca*, *Commiphora africana*, *Capparis corymbosa*.
- 4 - Boisement dense sur vertisol : *Acacia seyal*, *Dalbergia melanoxylon*, *Acacia scorpioides* var. *nilotica*, *Ziziphus mauritiana*, ...

3b -

- 1 - Dune : végétation graminéenne d'Andropogonées avec quelques arbres et arbustes : *Acacia raddiana*, *Commiphora africana*, *Leptadenia spartium*.
- 2 - Sur pente légère (sable colluvial) : végétation clairsemée d'*Acacia senegal*, *Maerua crassifolia* s'ajoutant aux espèces précédentes.
- 3 - Végétation moins dense avec tapis d'Andropogonées discontinu et plages stériles. En plus des espèces ci-dessus : *Hyphaene thebaïca*, *Balanites aegyptiaca*, *Salvadora persica*.
- 4 - Zone natronée stérile nue avec, en bordure, un tapis ras de *Cynodon dactylon*.
- 5 - Pente abrupte en sable colluvial : *Hyphaene thebaïca* en repousses nombreuses et buissonnantes formant un front difficilement franchissable.

A l'ouest de N'Gouri, la végétation se concentre dans des ouadis non salés à nappes plus profondes (5 à 10 m). On retrouve dans ces fonds beaucoup d'espèces de régions plus méridionales : *Celtis integrifolia*, *Kigelia africana*, *Acacia sieberiana*, *Ficus gnaphalocarpa*, *Pilotigma reticulata*, *Capparis corymbosa*, *Capparis tomentosa*.

D'Issérom à Bol, les ouadis natronés sont nombreux. Une mince bordure est seule parfois cultivée. La végétation se réfugie alors sur les pentes ou les creux d'interdunes. On observe sur sable colluvial (sol brun aride) *Salvadora persica*, *Balanites aegyptiaca*, *Maerua crassifolia*, *Acacia sieberiana*.

A l'est de Bol, vers N'Guéléa et plus au nord, dans la région de Mao, les fonds d'ouadis, lorsque non ou faiblement natronés, portent de belles palmeraies de palmiers dattiers. La nappe phréatique est généralement à faible profondeur (1, 2, 3 m) et peu ou non salée.

Voici un de ces ouadis à palmeraie (Figure 4). L'ouadi de Roumbou, situé au S.O. de Mao, présente une petite mare permanente dans sa partie sud. L'eau de celle-ci est relativement salée (conductivité de 12,8 millimhos), sa profondeur serait de 1,20 m au maximum et ce petit lac contiendrait une faune résiduelle de crocodiles. A l'inverse, l'eau de la nappe phréatique située vers 60-70 cm de profondeur a des conductivités faibles (0,30 à 0,50 millimho).

Autour de la mare se tient, en eau peu profonde, un écran de *Typha australis* au-delà duquel se développe la palmeraie.

Dans la partie nord, le sous-bois de celle-ci porte des cultures associées de blé, ceci autour d'un point bas sans arbre, à végétation clairsemée de *Sporobolus robustus*. Dans le jardin situé au voisinage de la mare permanente poussent : bananiers, papayers, citronniers, kapokiers.

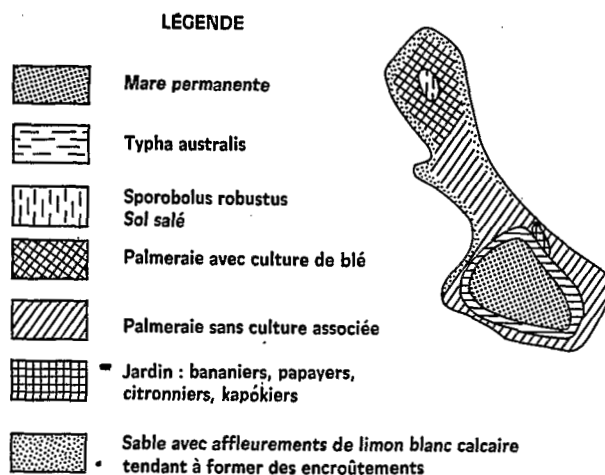


Figure 4 - Végétation dans l'ouadi à mare permanente de Roumbou.

Ce type d'ouadi à mare permanente est assez exceptionnel. En général, la partie la plus basse de l'ouadi est en eau une très courte période de l'année pendant la saison des pluies. En saison sèche, elle est à sec et sans végétation car fortement natronée.

Dans le Bahr el Ghazal, les étagements de la végétation sont nets, dès le nord de Massakory, à partir du village de Boulo, la savane arbustive fait place alors dans un relief plus tourmenté :

- sur dunes (sol brun-rouge - sol brun subaride) à la pseudo-steppe à *Andropogonées* et *Aristidées* accompagnées des espèces arbustives classiques (*Commiphora africana*, *Acacia raddiana*...) et de *Leptadenia spartium* ;
- sur les pentes, à une végétation arbustive clairsemée (*Balanites aegyptiaca*, *Capparis decidua*, *Cadaba farinosa*, *Maerua crassifolia*) qui pousse sur des sols halomorphes à alcalis de texture sablo-limoneuse... argilo-limoneuse ;
- dans les bas-fonds à savanes armées à *Acacia scorpioides* var. *nilotica* (vertisols plus ou moins fortement alcalisés).

Les repousses nombreuses d'*Hyphaene thebaïca* continuent à occuper les pentes abruptes.

Des rôneraies colonisent certains bas-fonds d'ouadis où la nappe phréatique est proche de la surface du sol à l'est de Chédra.

III.6

LA VÉGÉTATION DES OUADIS NATRONÉS DE LA BORDURE DU LAC TCHAD

Ces ouadis natronés sont nombreux sur la bordure est et nord du lac Tchad et ils s'observent très loin dans l'intérieur des terres, notamment en direction de Mao. Certains d'entre eux, tel celui de Kaya, sont utilisés pour l'extraction du natron.

D'une façon très générale, l'ensemble de l'ouadi n'est pas totalement natroné, seules les parties les plus basses le sont. Stériles, elles sont dépourvues de toute végétation. Elles se signalent par leur coloration et forment des taches blanches ou noirâtres suivant la saison et l'humidité du milieu.

Autour de la zone stérile, la salinité des sols décroît progressivement en même temps que la végétation commence à apparaître. *Cynodon dactylon* y forme un mince tapis discontinu. Il peut être accompagné de *Brachiaria sp.*, *Chloris sp.*, *Imperata cylindrica*. Parfois, c'est *Sporobolus robustus* qui occupe par touffes déchaussées les bordures des taches stériles. On peut y trouver aussi en tapis ras *Juncus maritimus*.

Typha australis, *Phragmites communis* colonisent les bordures de mares temporaires ou permanentes qui peuvent exister dans les points bas mais au contact des parties fortement natronées leur couvert graminéen est de moins belle venue et s'éclaircit.

Voici à titre d'exemple quelques conductivités d'extraits de saturation à 25° de différents horizons du sol sous des couverts graminéens variables ainsi que la conductivité de la nappe phréatique qui est à faible profondeur (Tableau ci-après).

Il y a une résistance variable à la salinité de différentes espèces. Les sels solubles du sol sont ici principalement des carbonates et sulfates de sodium, les chlorures sont rares, à l'état de traces. Les pH de tels sols sont élevés 9 - 10,5 dans le cas d'une dominance de carbonates, 8 - 8,5 si ceux-ci sont peu abondants et que dominent les sulfates.

Les plantes halophyles habituelles des sols salins côtiers marins (*Salsola* - *Sueda* - *Arthrocnemum*) ne figurent pas en ces régions.

Le palmier dattier apparaît parmi les espèces cultivées les plus résistantes et semble pouvoir supporter des conductivités de 15 à 20 millimhos. La nappe phréatique ne doit cependant pas se trouver trop près de la surface car les racines ne pénètrent pas dans l'horizon de gley qui précède la nappe et se concentrent juste au-dessus. Des horizons supérieurs mal drainés semblent donc un obstacle majeur à sa venue dans les parties basses de ces ouadis même lorsque celles-ci sont peu salées. *Sporobolus robustus* peut servir de plante indicatrice de la limite supérieure de la salinité que peuvent supporter de jeunes plantations.

Les cultures associées que l'on trouve dans ces palmeraies acceptent des salinités variables :

- élevées pour l'orge (Borkou - Tibesti) : 10 à 15 millimhos ;
- plus faibles pour le blé, le maïs : 6 à 10 millimhos (polders du lac Tchad, ouadis de Mao, palmeraies du B.E.T.).

N°	Profondeur en cm	Conductivité à 25° en millimhos	Observations - origine
H 1 200 1 201 1 202	0 - 2 2 - 20 20 - 45	126,4 78,2 15,1	Tache stérile - NP* à 50 cm (conduct. 28 millimhos) Ouadi de Koonaa
Mao 421 422	0 - 20 50 - 70	39 30,8	Tache stérile NP à 90 cm (conduct. 30,5 millimhos)
Mao 441 442 443 444	0 - 20 40 - 60 80 - 100 110 - 130	32,5 16,2 6,9 7,3	<u>Sporobolus robustus</u> par place NP à 130 cm (conduct. 10,5 millimhos) Ouadi de Légra
Mao 101 102 103	0 - 15 40 - 60 100 - 120	16,5 7,5 3	<u>Sporobolus robustus</u> dense NP à 120 cm (conduct. 2,4 millimhos) Ouadi de Bora
H 1 050	2 - 20	12,5	<u>Phragmites communis</u> et tapis de <u>Cynodon dactylon</u> près d'une tache stérile Ouadi près Issérom
H 1 191 1 192	0 - 15 15 - 25	6,1 2,3	Tamis graminéen bien développé, <u>Cynodon</u> et <u>Phragmites</u> denses NP à 50 cm (conduct. 2,1 millimhos) Ouadi de Koonaa
H 1 291 1 292	0 - 20 40	5,3 1,8	<u>Juncus</u> , <u>Cynodon</u> , quelques touffes de <u>Sporobolus</u> , par endroits <u>Imperata cylindrica</u> NP à 40 cm (conduct. 1,8 millimho) Ouadi nord-est de Ngarangou
* NP = nappe phréatique			

III.7

LA VÉGÉTATION AQUATIQUE DE LA BORDURE DES LACS

Dans le sud du lac Tchad, les eaux libres sont rares et limitées à quelques chenaux. La bordure est colonisée par une végétation de Graminées et de Cypéracées : *Cyperus divers*, *Echinochloa stagnina*, *Echinochloa pyramidalis*, *Oryza barthii*,... auxquelles s'ajoutent des nénuphars (*Nymphaea lotus*). *Polygonum sp.* ...

Vers le nord, sur la bordure est puis nord du lac, le rivage des ouadis en eau ou en cours d'assèchement est couvert par une grande graminée de 3 à 4 m de haut, *Phragmites communis* et par *Typha australis*. On trouve également *Sporobolus robustus*, *Cyperus articulatus*, par place, et des tapis denses mais peu élevés de *Juncus maritimus*.

A la limite des eaux, sur la bordure sud et est, la végétation arborée est assez variée en espèces. A *Herminiera elaphroxylon* en eaux peu profondes, s'ajoutent des espèces exondées: *Acacia sieberiana* très fréquent, *Acacia scorpioïdes* var. *adstringens*, *Hyphaene thebaïca*, *Salvadora persica*, *Acacia senegal*, *Acacia seyal*. Plus au nord, se maintiendront *Acacia senegal*, *Acacia scorpioïdes*, *Hyphaene thebaïca*, *Herminiera elaphroxylon* et, descendus des dunes voisines, *Leptadenia spartium*, *Commiphora africana*.

Les eaux libres du lac Tchad sont colonisées dans la partie nord par des îlots flottants de *Cyperus papyrus* qui, au gré du caprice des vents, viennent boucher les passes ou se coller au rivage, se mêlant alors aux *Phragmites communis*, *Typha australis* vivant en eaux peu profondes.

Le lac Fitri, d'une étendue beaucoup plus modeste (420 km² aux basses eaux), possède de même une surface d'eaux libres importante tandis que ses rives sont colonisées par une prairie inondée à dominance de *Vossia cuspidata* qui est accompagnée par *Echinochloa stagnina* et *pyramidalis*, *Oryza barthii*, *Herminiera elaphroxylon*, *Nymphaea lotus*.

Le lac Iro, plus au sud (95 km²), ceinturé par des cuirasses ferrugineuses sauf dans sa partie sud-ouest, va présenter une végétation aquatique sensiblement analogue.

Tous ces lacs sont des étendues d'eau douce très peu chargée en éléments solubles (conductivité 0,1 millimho, soit 60 mg par litre), à l'exception de certains des bras du lac Tchad en eau seulement lors de la crue de janvier et qui s'assèchent progressivement ensuite, amenant une concentration en sels solubles.

III.8

LA RÔNERAIE

Le rônier (*Borassus aethiopum*) est un arbre assez peu répandu dans la cuvette tchadienne. On le trouve le plus souvent à l'état d'individu isolé ou par groupe de quelques unités dans la partie sud, soit autour des villages, le long des routes ou des cours d'eau. Il disparaît très rapidement au nord du 12^{ème} parallèle en même temps qu'*Hyphaene thebaïca*, déjà bien représenté plus au sud, le remplace progressivement. Cet arbre va cependant former exceptionnellement des colonies denses en certaines régions, partout où s'observe un plan d'eau élevé et une texture légère des sols. Dans ces régions, par ailleurs, la densité de population est faible. Dès qu'il y a accroissement de celle-ci, la rôneraie disparaît progressivement, soit que l'abattage réponde à des fins de culture, soit que le bois de cet arbre soit utilisé à la construction des charpentes des habitations. La rôneraie est alors remplacée par une savane arborée plus ou moins dense à *Anogeissus leiocarpus* et *Prosopis africana* dans la partie sud du pays. L'aire d'extension de ces rôneraies est assez limitée et se tient principalement entre Logone et Chari d'une part, et dans certains ouadis à l'est de la dépression du Bahr el Ghazal à la hauteur de Chédra, d'autre part.

Trois régions vont ainsi nous montrer des peuplements assez exceptionnels :

Moyen Logone

Les alignements sableux orientés sud-nord de la région de N'Gam et de l'ouest de Deressia portent de superbes rôneraies où se mêlent quelques éléments de la savane arborée : *Anogeissus leiocarpus*, *Prosopis africana*, *Sclerocarya birrea*, *Butyrospermum parkii*, *Terminalia avicennioides*, *Ficus platyphylla*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Piliostigma reticulata*, *Hyphaene thebaïca*.

La nappe phréatique était à 3,4 m à Saïa, 2,6 m à Touatang, 4,3 m à Kibri en saison sèche.

Logone inférieur

Au nord de Mailao, jusqu'à la confluence Logone-Chari, des bourrelets de défluent de texture le plus souvent sableux possèdent de beaux peuplements de *Borassus aethiopum*. Ceux-ci parfois détruits en partie font place à des formations mixtes : *Borassus aethiopum*, *Faidherbia albida*, *Balanites aegyptiaca*, *Stereospermum kunthianum*, *Calotropis procera*.

La nappe phréatique sur les bourrelets variait entre 3 et 5 m en pleine saison sèche.

Est de la dépression du Bahr el Ghazal

Au sud de Moussoro (est de Chédra), dans des ouadis très ensablés au milieu des dunes qui les surplombent de 5 à 10 m, les bas-fonds portent de superbes rôneraies.

L'ouadi de Merguëna reproduit ci-dessous montre l'étagement de la végétation.

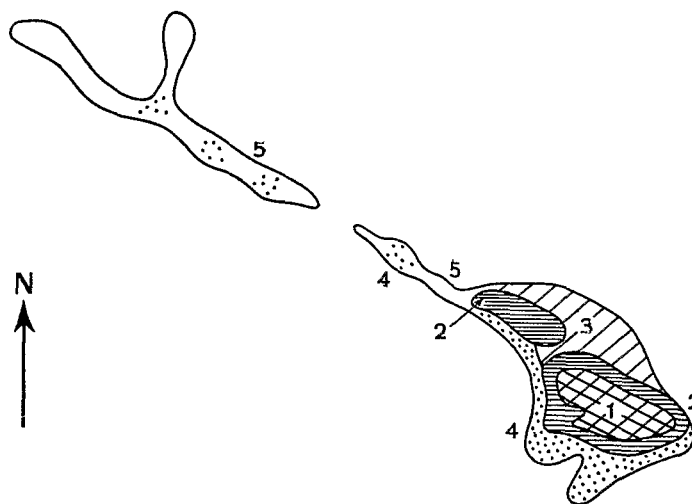


Figure 5 - Végétation dans l'ouadi de Merguëna.

- 1 - Rôneraie, très beaux arbres sur sol limoneux, nappe phréatique à 2 m ;
- 2 - Boisement dense : *Acacia scorpioides* var. *nilotica*, *Acacia sieberiana*, *Acacia seyal*, *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca*, ... (sol limoneux ou plaque d'argile) ;
- 3 - Boisement plus clair sur sol identique mais de couleur blanche et à début d'encroûtement calcaire ;
- 4 - Plots d'*Hyphaene thebaïca* et repousses nombreuses. Végétation dense sur sable avec taches rares de limon ou d'argile ;
- 5 - Végétation claire d'*Hyphaene thebaïca* et de repousses.

III.9

LA VÉGÉTATION DES SOLS DE "NAGA" ET DES "REGS"

Dans les deux cas, il s'agit d'une végétation qui se réduit à quelques arbres et arbustes généralement malingres et clairsemés, séparés par de grands espaces nus. L'aspect est celui d'un paysage sahélien même à des latitudes très méridionales. Il est non pas alors le résultat de facteurs climatiques mais celui de facteurs pédologiques particuliers.

Le terme de "naga" utilisé par les arabes et dont l'équivalent en fulfuldé est "hardé" désigne cet aspect de paysage et caractérise donc aussi bien le sol que la végétation qu'il porte. La monotonie de ce paysage dénudé est parfois interrompue par la végétation dense qui longe les cours d'eau ou occupe les multiples petites mares en eau pendant la saison des pluies. Le sol est de couleur grise ou noire en surface, avec par endroits des plages sableuses claires de faible épaisseur localisées autour des arbres principalement. Dans les parties grises, le sol est couvert de très petits amas calcaires et de concrétions noirâtres ferrugineuses de faibles dimensions moins nombreuses. Ce type de végétation colonise des sols de bourrelets de la série subactuelle à actuelle. Ceux-ci sont de texture limono-argileuse à argilo-limoneuse. Ils sont assez peu répandus dans la partie sud du territoire, beaucoup plus nombreux aux latitudes plus septentrionales notamment au sud et au nord de Fort-Lamy dans la fosse de Massénya, dans celle au nord d'Oum Hadjer.

Le terme "regs" utilisé définit également des sols à végétation très clairsemée qui portent en surface un cailloutis quartzeux roulé de faibles dimensions. Les surfaces couvertes ainsi forment des unités beaucoup plus étendues qui se localisent autour des massifs. Sur le pourtour du Massif central tchadien, le morcellement de ces surfaces est assez important mais disparaît progressivement vers le nord-est où tous les piedmonts du massif du Ouaddaï et de l'Ennedi sont envahis par ce type de végétation. Les sols sont ici de texture argilo-sableuse, exceptionnellement argileuse, couverts très localement par des plages de sable superficiel. Ici encore, le voyageur a l'impression de se trouver en milieu sahélien ou sahélo-saharien même dans des régions où les pluviométries peuvent atteindre 600 à 700 mm.

Malgré leur diversité de texture, les sols de "naga" et de "regs" présentent les caractères communs suivants :

- pH élevé (8,5 - 9) ;
- perméabilité faible à nulle ;
- quantités de sodium échangeable élevées qui en font des sols à alcalis ;
- présence en quantités parfois très importantes de sels solubles (carbonates et sulfates).

On observe très rarement des efflorescences salines, par contre dans les profils se note un pseudo-mycélium en partie calcaire. Il s'agit donc de sols halomorphes à structure dégradée, à alcalis, pouvant être ou non superficiellement lessivés en argile et présenter la structure cubique ou en colonnettes des solonetz et la morphologie des solonetz solodisés (horizon A₂ blanchi, de faible épaisseur, parfois 10 cm).

Les principales espèces végétales que l'on observe sont : *Lannea humilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia seyal*, *Acacia senegal*, *Dalbergia melanoxydon*, *Capparis decidua*, *Maerua crassifolia*, *Boscia senegalensis*, *Combretum aculeatum*, *Capparis corymbosa*, *Capparis tomentosa*, avec une strate graminéenne de *Schoenefeldia gracilis*, *Aristida stipoides*, *Ctenium elegans*.

La répartition de ces différentes espèces va varier du sud vers le nord.

Dans le sud, on assiste partout sur ces sols à une dégradation de la savane arborée avec des taches très clairsemées à *Lannea humilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia seyal*, ...

ceci principalement au voisinage des cours d'eau (feuilles de Djouna - lac Iro - Fort Archambault).

Dans le moyen Logone, entre Lai' et Bongor, ce type de végétation se développe sur des sols argilo-sableux de buttes à la limite de l'inondation. Aux espèces ci-dessus peuvent s'ajouter : *Tamarindus indica*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia senegal*, *Hyphaene thebaïca*, *Acacia sieberiana*, *Dichrostachys glomerata*, *Anogeissus leiocarpus*, ...

Plus au nord, elles vont former des taches plus étendues au milieu de la savane arborée le long du Chari, du Bahr Erguig, du Batha de Lairi. Ces taches constituent dans ce dernier cas des alignements nord-sud qui bordent des formations de savane arborée dense et font le contact avec des dépressions plus ou moins inondées, situées en contre-bas. Ce sont les mêmes espèces que l'on trouve ici, auxquelles s'ajoute *Dalbergia melanoxylon*. Cet arbuste va prendre plus d'importance dès le sud de Fort-Lamy où il va se retrouver associé à *Hyphaene thebaïca* surtout en repousses, *Cadaba farinosa*, *Boscia senegalensis*, *Piliostigma rufescens* et les espèces précédemment citées mais en quantité moindre.

Au nord de Fort-Lamy *Lannea humilis* disparaît presque totalement tandis que *Maerua crassifolia* fera son apparition.

Les mares de la "naga" sont colonisées ici par *Acacia seyal*, *Acacia scorpioides* var. *nilotica* et *Hygrophila spinosa* une petite Acanthacée épineuse.

Nous retrouverons ainsi *Lannea humilis* en quelques éléments isolés jusqu'au voisinage de Massakory. Vers l'est, ce dernier disparaît à la hauteur du lac Fitri.

Sur la bordure sud du lac Tchad, à l'est de Djimtilo, cette formation est rarement observée. On trouve parfois cependant, dans de petites dépressions, une végétation clairsemée composée de repousses d'*Hyphaene thebaïca*, de buissons de *Salvadora persica*, de *Balanites aegyptiaca*.

Dans le Bahr el Ghazal, les sols de "naga" occupent de grandes surfaces et constituent des terrasses argilo-limoneuses reposant sur des argiles feuilletées. On y observe : *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal*, *Capparis decidua*, *Cadaba farinosa*, *Maerua crassifolia* et de nombreuses repousses d'*Hyphaene thebaïca*. Il s'y ajoute parfois *Acacia raddiana*, *Salvadora persica*, *Cordia abyssinica*.

Ce sont des espèces identiques que l'on retrouve dans l'est, le long du Batha.

Au nord du Batha, ces formations occupent souvent de petites buttes isolées au milieu de savanes armées. On y voit principalement *Maerua crassifolia*, *Balanites aegyptiaca*.

Les "regs" du Massif central tchadien en taches discontinues de faible étendue sont essentiellement composés d'un couvert très lâche de *Balanites aegyptiaca*. Sur les piedmonts du massif du Ouaddai, dans le sud, *Acacia seyal* est l'élément dominant de cette formation très clairsemée. Les arbres sont petits sauf dans les points bas souvent plus argileux où le couvert devient plus dense. Il est accompagné parfois de *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal*. Vers l'ouest (sud d'Oum Hadjer), on note des savanes arbustives moins clairsemées. Cet *Acacia* est alors accompagné de *Capparis decidua*, *Cordia gharaf*, *Dichrostachys glomerata*, *Boscia senegalensis*, *Commiphora africana* et *Guiera senegalensis* sur des placages de sable superficiel.

Des associations différentes apparaissent vers le nord. A l'ouest de Biltine, *Maerua crassifolia* est l'élément dominant avec *Capparis decidua*, *Balanites aegyptiaca* qui se raréfie tandis qu'*Acacia flava* colonise les fonds d'ouadis avec *Acacia seyal*. On observe là encore *Acacia mellifera*, *Acacia scorpioides* et même *Anogeissus leiocarpus*, *Faidherbia albida*, *Ziziphus mauritiana*, *Diospyros mespiliformis*.

Au nord d'Arada, jusqu'aux piedmonts de l'Ennedi, ces "regs" ne vont plus porter que de très rares *Maerua crassifolia* dans une topographie plus accidentée où la végétation très lâche se réfugiera dans les thalwegs.

"Naga" et "regs" ont un couvert graminéen ras et discontinu procédant par plages.

Schoenefeldia gracilis y est l'élément dominant auquel s'ajoute *Aristida funiculata* dans l'est. *Cymbopogon proximus* en touffes déchaussées colonise souvent les parties basses des "regs" ou les pentes très légères de ceux-ci.

III. 10

LA SAVANE ARBUSTIVE DES ZONES D'INONDATION

Ces zones d'inondation sont nombreuses au Tchad, principalement localisées au sud du 13ème parallèle plus spécialement dans les bassins du moyen et bas Logone, du bas Chari, le pourtour des lacs Fitri, Iro et Tchad, la dépression Aouk-Kelta-Salamat.

Dès que nous quittons la savane arborée ou arbustive de la zone exondée pour pénétrer dans les plaines d'inondation, la végétation se clairsème en même temps que le couvert graminéen devient plus haut et plus fourni. Dans les zones de contact, il y a assez peu de changements. Certaines espèces sont cependant plus abondantes tandis que de nouvelles commencent à apparaître : ainsi dans le sud *Combretum glutinosum*, *Piliostigma reticulata*, *Pseudocedrela kotschy* dominent tandis que viennent s'ajouter *Terminalia macroptera*, *Mitragyna inermis*, *Gardenia ternifolia*.

Dans les zones inondées, ce sont toujours les mêmes groupements que l'on observe et qui se résument par l'association des plantes suivantes : *Combretum glutinosum*, *Piliostigma reticulata*, *Acacia sieberiana*, *Ziziphus mauritiana*, *Randia nilotica*, *Andira inermis*, *Mitragyna inermis*, *Diospyros mespiliformis*, *Acacia scorpioides* var. *nilotica*, *Acacia seyal*, *Crataeva adansonii*, *Pseudocedrela kotschy*, *Gardenia ternifolia*, ...

Au sud, dans le moyen Logone, dans la dépression Aouk-Kelta-Salamat, la disparition de *Terminalia avicennioides* marque souvent l'extrême limite des sols exondés tandis que *Terminalia macroptera*, *Gardenia ternifolia*, *Mitragyna inermis* annoncent déjà une zone humide subissant une faible inondation. *Piliostigma reticulata*, *Combretum glutinosum* se rencontrent indifféremment en terrains inondés ou exondés.

Divers groupements marquent le passage de la savane arborée forestière aux prairies marécageuses. Ils sont liés à la durée et profondeur des eaux d'inondation et à la nature du terrain.

III.10.1 - Groupement à *Piliostigma reticulata* - *Combretum glutinosum*

Il se rencontre en peuplements presque purs sur des sols hydromorphes sablo-argileux faiblement inondés (région de Migou au nord de Bongor).

III.10.2 - Groupement à *Terminalia macroptera*

Il s'observe en peuplements purs mais souvent assez espacés sur des sols hydromorphes sableux à sablo-argileux. Signalons ceux de la région de N'Gam entre Kourgou et Gaya, les deux bandes parallèles à la dépression du lac Boro sur la rive droite de celui-ci, ceux que l'on observe près d'Haraze dans le Salamat. Cette grande Combrétacée s'accommode assez bien d'une inondation temporaire de l'ordre de 20 à 80 cm sur des sols relativement légers. On l'observe aussi parfois sur des limons (nord-est de Léo Moro et est de la dépression du Boro dans la zone de capture).

III.10.3 - Groupement à *Piliostigma reticulata*, *Gardenia ternifolia*, *Mitragyna inermis*, *Nauclea latifolia*

Ce groupement très clair colonise des bordures de buttes exondées en terrain sablo-argileux hydromorphe déjà marqué par des effondrements. Il est très fréquent dans le moyen Logone (région de Deressia, sud de Pogo sur la rive gauche de la Loka). Les sols portant ce groupement sont faiblement inondés.

III.10.4 - Groupement à *Pseudocedrela kotschy*, *Piliostigma reticulata*, *Combretum glutinosum*

Ce groupement est spécifique de vertisols à nodules calcaires et effondrements soumis à une inondation assez forte. Il se rencontre surtout dans les dépressions du moyen Logone et des bahrs Aouk-Kelta-Salamat.

Les arbres et arbustes sont peu nombreux, souvent réduits à l'état d'individus isolés ou groupés par deux ou trois sur une termitière avec parfois *Mitragyna inermis* ou quelques *Terminalia macroptera* malingres. Quand les profondeurs d'eau sont moins importantes, le peuplement se densifie tout en restant cependant assez clair.

Pseudocedrela kotschy en est l'élément dominant dans le moyen Logone tandis que dans l'est, au sud d'Am Timan, *Combretum glutinosum* arrive à former des peuplements clairs et très purs dans les parties peu inondées qui sont nombreuses en cette région.

Ces mêmes sols, mais alors enclavés dans des affleurements de cuirasse ferrugineuse, sur le pourtour du Massif central tchadien et relativement bien drainés, portent alors une végétation très proche par sa densité de la savane arborée sur sable. Aux espèces ci-dessus vont s'ajouter *Anogeissus leiocarpus*, *Entada oubanguiensis*. Une telle savane s'observe également sur des sols identiques au sud-est du lac Fitri.

Ces zones d'inondation sont cependant avant tout le domaine des grandes Andropogonées qui poussent en juillet-août et sont brûlées en janvier-février par les feux de brousse.

III.10.5 - Groupement à *Acacia seyal*, *Piliostigma reticulata*

Il est caractéristique de zone de contact entre les vertisols sur argiles récentes et les sols hydromorphes sur ces mêmes dépôts. Il fait la transition entre la savane armée et la prairie marécageuse très inondée. Il est observé dans les plaines au nord de Bongor mais beaucoup plus fréquent au Cameroun sur la bordure des Yaérés.

III.10.6 - Groupement en îlots

Ce groupement est surtout visible dans le sud du territoire et semble correspondre à des sols sablo-argileux non inondés mais à mauvais drainage interne, sur lesquels, en saison des pluies, l'eau s'accumule en nombreuses petites mares. On l'observe au nord de Laï vers Banga, Ninga et au nord de Guidari et de Donomanga. Les arbres se groupent en petits boqueteaux très espacés les uns des autres. Chaque bosquet repose sur une plateforme de quelques centimètres de hauteur, formée par les vers et composée de tortillons de terre grise très compacte. Les essences rencontrées y sont peu variées : *Combretum glutinosum*, *Terminalia macroptera*, *Gardenia ternifolia*, *Tamarindus indica*, *Nauclea latifolia*, *Lannea humilis*, *Lannea velutina*, *Combretum aculeatum*, ...

Au pied de ces arbres poussent d'épais buissons de *Ziziphus mauritiana* et de *Cissus quadrangularis* dont les rameaux grimpent aux arbres. Ce groupement est assez voisin de celui observé sur la cuirasse ferrugineuse et assez proche de ceux des sols de "naga".

III.11

LA SAVANE ARBUSTIVE ARMÉE

Elle est assez peu répandue dans la partie méridionale du Tchad et se tient principalement au nord du 12ème parallèle.

Le groupement à *Acacia seyal* est le plus fréquemment observé. Cet arbuste est l'élément dominant des savanes armées qui se développent sur des vertisols très argileux formés sur des argiles récentes. Ces sols à quantité importante de montmorillonite sont bien saturés en bases, ils sont faiblement acides et présentent une très faible perméabilité. Ils subissent une inondation par la crue des fleuves ou une submersion par les eaux de ruissellement en saison des pluies. La lame d'eau est peu importante. En saison sèche, leur surface, craquelée par des fentes de retraits distribuées en polygones, bosselée par un microrelief plus ou moins accusé, présente parfois un aspect chaotique.

Ces savanes armées, rares dans le sud, forment cependant des alignements orientés NE-SO dans la dépression Aouk-Kelta-Salamat. Ces alignements sont, tantôt en élévations au milieu des prairies très inondées, tantôt, au contraire, dans les parties basses au milieu des peuplements clairsemés de *Combretum glutinosum* où la submersion est faible.

Ces savanes armées représentent au nord et à l'est de Fort-Lamy jusqu'au lac Fitri, ainsi que dans les fosses de Massénya et d'Oum Hadjer, le couvert arbustif classique des vertisols. Les arbres et arbustes qui accompagnent *Acacia seyal* sont *Balanites aegyptiaca*, *Acacia sieberiana*, *Acacia scorpioides* var. *nilotica*, *Mitragyna inermis*, *Ziziphus mauritiana*, *Piliostigma reticulata*, *Crataeva adansonii*.

Dans la strate herbacée figure principalement *Hygrophila spinosa*.

Dans cette savane arbustive armée, la répartition des épineux est fonction de la topographie :

- dans les zones faiblement inondées, *Acacia seyal* domine tantôt en formation dense, tantôt en flots clairs ;
- dans les parties les plus basses, la savane armée est à *Acacia scorpioides* var. *nilotica* auquel s'associent quelques *Acacia seyal*, *Crataeva adansonii*, *Mitragyna inermis*.

Les formations à *Acacia scorpioides* sont fréquentes en bordure du Chari, autour du lac Fitri, dans le delta du Batha ainsi que par taches dans le sillon du Bahr el Ghazal. Dans cette dernière dépression, dès que l'on passe à des vertisols situés topographiquement en légère élévation, donc moins humides, cette dernière espèce s'accompagne de *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal*, *Ziziphus mauritiana*.

La savane armée trouve sa limite nord sur la bordure du lac Tchad où elle se voit encore dans quelques ouadis au nord de Massakory sur des vertisols à tendance halomorphe très marquée. Dans l'est, elle ne dépasse pas le 14ème parallèle et les dépressions argileuses sont alors colonisées par *Acacia flava*.

La savane armée n'est cependant pas l'apanage exclusif des vertisols, c'est ainsi qu'on va la trouver près du Chari sur des sols hydromorphes argilo-limoneux mais elle est là alors plus dense et plus variée en espèces. Ces sols ne subissent pas de submersion mais présentent des horizons d'engorgement à faible profondeur.

III.12

LA PRAIRIE MARÉCAGEUSE

Elle se développe dans les régions inondées en saison des pluies, soit dans des cuvettes intérieures, soit en bordure des cours d'eau. Sa plus grande aire d'extension se situe dans les dépressions du moyen et bas Logone, des bahrs Aouk - Keita - Salamat, ainsi que sur le pourtour immédiat du lac Fitri. Des surfaces plus modestes sont recouvertes par celle-ci en de multiples endroits, dès qu'un plan d'eau assez élevé empêche le développement d'une strate arborée ou arbustive mais favorise celui des graminées aquatiques, cette prairie subit une inondation variable d'août à décembre dans les régions sud et parfois d'août à avril-mai dans les parties basses les plus tardivement asséchées. C'est le cas notamment des régions situées au sud-ouest de Fort-Foureaux au Cameroun où des marécages encore très importants subsistent jusqu'en juin. Ces régions sont très fréquentées des pêcheurs et des pasteurs nomades qui y trouvent refuge avec leur troupeau en pleine saison sèche.

Cette prairie marécageuse est à dominance d'Andropogonées : *Hyparrhenia rufa* y constitue des tapis denses accompagnés d'*Andropogon* et *Cymbopogon* divers, de *Vetiveria nigriflora*. On y observe *Echinochloa pyramidalis*, *Sporobolus pyramidalis*, *Setaria palidifusca*, *Rottboellia exaltata*, *Jardinea congoensis*, *Hemarthria fasciculata*, *Cymbopogon giganteus*, *Andropogon shirensis*, *Andropogon amplexans*, *Juncus maritimus*, *Sesbania* sp., *Desmodium gangeticum*.

Un étagement de la végétation existe en relation avec les profondeurs d'eau. Les parties les plus basses correspondant à des voies d'eau au moment de la crue, forment des mares en pleine saison sèche. Elles sont recouvertes d'*Echinochloa stagnina*, *Oryza barthii*, *Nymphaea lotus*.

Dans toutes les vastes zones d'inondation, aux grandes Andropogonées hautes de 2m, se mêlent quelques arbres au voisinage principalement des rares buttes ou sur des termitières. Dans le moyen Logone et la dépression Aouk-Keita-Salamat, il s'agit de *Pseudocedrela kotschyi*, *Combretum glutinosum*, *Mitragyna inermis*, *Piliostigma reticulata*. Il s'agit là, le plus souvent, de vertisols à abondants nodules calcaires et effondrements dont nous avons déjà parlé.

Dans le bas Logone et sur le pourtour du lac Fitri, les arbres et arbustes sont le plus souvent *Acacia seyal*, *Acacia sieberiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Piliostigma reticulata*, *Ziziphus mauritiana*. Ils poussent sur des vertisols formés sur des argiles récentes ou des sols hydromorphes.

Ces prairies subissent des inondations variables, atteignant en moyenne de 80 à 120 cm au plus fort de la crue. Elles sont détruites par les feux de brousse en janvier-février... parfois beaucoup plus tard, et les jeunes repousses sont pâturées par les troupeaux.

Les buttes exondées que l'on trouve dans l'intérieur des plaines d'inondation sont soit naturelles, soit d'origine humaine. Elles s'élèvent de 5 à 6 m au-dessus de la plaine et sont ceinturées par des mares car les autochtones ont prélevé dans leur voisinage immédiat la terre nécessaire à l'édification des cases. Ces mares subsistent parfois jusqu'en pleine saison sèche (région sud-ouest de Fort-Lamy) et portent du riz sauvage, *Echinochloa stagnina*, *Nymphaea lotus*,...

Sur les buttes habitées, la végétation se limite à quelques arbres préservés lors d'anciens défrichements, à des rudérales, des messicoles : *Ficus* divers, *Borassus aethiopum*, *Faidherbia albida*, *Bombax costatum*, *Tamarindus indica*, *Kigelia africana*, *Hyphaene thebaïca*, *Celtis integrifolia*, *Acacia scorpioïdes*, *Acacia sieberiana*, *Acacia seyal*, *Acacia senegal*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*, *Capparis tomentosa*, *Cassia obovata*, *Ricinus communis*, *Calotropis procera*.

III.13

LA GALERIE FORESTIÈRE

Elle se voit le long des principaux cours d'eau à débit permanent (Chari-Logone) ou semi-permanent (Batha-Batha de Lairi - Bahr Erguig ...). Elle est différente du sud au nord. Dans le sud, elle va occuper des vallées parfois encaissées, des thalwegs. La végétation est assez luxuriante avec, comme espèces, *Vitex cuneata*, *Syzygium guineense*, *Anthocleista oubanguiensis*, *Tricalysia okelensis*, *Ficus capensis*, *Gardenia ternifolia*, *Nauclea latifolia*, *Tamarindus indica*, *Diospyros mespiliformis*, *Terminalia laxiflora* et *macroptera*, *Acacia caffra* var. *campylacantha* avec, en sous-bois, *Sopubia ramosa*, *Arbrus canescens* (dépression du Mandoul, H. GILLET 1964 a).

On passe progressivement de cette galerie forestière à la savane arborée du plateau par une forêt sèche à *Anogeissus leiocarpus* avec *Prosopis africana*, *Lonchocarpus laxiflorus*, *Acacia ataxacantha*, ...

Cette forêt-galerie ne forme pas un réseau continu, elle est souvent interrompue dans les parties très encaissées des fleuves où les berges abruptes s'élèvent largement au-dessus du niveau des hautes eaux.

Au sud et au nord de Fort-Lamy et jusqu'au lac Tchad, les bourrelets du Logone et du Chari portent des boisements denses de faible extension mais difficilement pénétrables. Les espèces principales observées ici sont nombreuses : *Acacia sieberiana*, *Acacia seyal*, *Acacia ataxacantha*, *Acacia caffra* var. *campylacantha*, *Acacia senegal*, *Acacia scorpioides* var. *nilotica*, *Albizia chevalieri*, *Cassia sieberiana*, *Tamarindus indica*, *Diospyros mespiliformis*, *Mitragyna inermis*, *Kigelia africana*, *Khaya senegalensis*, *Balanites aegyptiaca*, *Celtis integrifolia*, *Stereospermum kunthianum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Lansea humilis*, *Combretum glutinosum*.

Le sous-bois est constitué d'arbustes épineux ou non : *Acacia ataxacantha*, *Ziziphus mauritiana*, *Capparis corymbosa*, *Capparis tomentosa*, *Ximenia americana*, *Piliostigma reticulata*, *Piliostigma rufescens*, *Boscia senegalensis*, *Cadaba farinosa*, *Combretum lecardii*, *Combretum aculeatum*, *Cissus quadrangularis*.

En s'éloignant de ces terrasses inondées par la crue, l'on passe rapidement dans les parties exondées : au sud à la savane arborée à *Anogeissus leiocarpus* et *Sclerocarya birrea*, au nord à la savane arbustive à *Acacia scorpioides* var. *adstringens*, *Acacia senegal*, *Cadaba farinosa*, ... et à la pseudo-steppe à Andropogonées.

Ces galeries forestières se développent dans le sud du territoire sur des sols ferrugineux tropicaux lessivés, parfois à caractères hydromorphes très accusés, de texture sablo-argileuse à argilo-sableuse. Dans le nord, il s'agit de sols hydromorphes formés sur des alluvions récentes, à pH légèrement acide, à complexe absorbant assez fortement saturé, de texture limono-argileuse... argilo-limoneuse, à larges fentes de retrait parfois. Ces derniers évoluent après déboisement et cultures intensives vers des sols halomorphes à alcalis. Dans ces zones de galeries s'observent des savanes armées à *Acacia seyal* et *Acacia scorpioides* en formation dense sur des taches plus argileuses de vertisols.

Ces galeries forestières vont s'observer dans l'est, le long du Batha et de la Bitéa.

IV - Aperçu paléobotanique à la fin de l'ère tertiaire et au quaternaire

Les connaissances que nous avons sur la fin de l'ère tertiaire et le quaternaire vont nous permettre de faire un essai de reconstitution paléobotanique dans cette région d'Afrique.

Nous rappellerons tout d'abord très schématiquement l'histoire géologique du Tchad qui se trouve résumée dans le tableau suivant

Age ans BP	Transgressions lacustres	Niveau du lac en m	Sédimentation	Remaniements éoliens Limite inférieure	Mouvements tectoniques ou épigéniques	Surfaces anciennes (sud du Tchad) sur les dépôts continentaux terminaux
	Actuel	282	Dépôts argileux (polder)	erg actuel (16 ^e parallèle)		
1800 3200	4 ^e transgression	287-290	Série argileuse subactuelle à récente. Série alluviale subactuelle à actuelle (3 ^e delta du Chari). Cordon sableux			
				3 ^e me erg (12 ^e parallèle)		
5400 12000	3 ^e transgression	320	Série argileuse récente. Série sableuse récente (2 ^e delta du Chari). Cordon sableux			2 ^e surface ferrallitique plusieurs fois rajeunie
				2 ^e me erg (12 ^e parallèle)		
20000 30000	2 ^e transgression	400-370-350....	Série fluvio-lacustre ancienne			
				1 ^{er} erg (10 ^e parallèle)		
50000?	1 ^{ère} transgression	400	Formations anciennes remaniées (1 ^{er} delta du Chari)		Mouvements faibles de subsidence	
		?	?	?	Mouvements tectoniques	Déformation de la surface cuirassée Surface cuirassée
	Pliocène				2 ^e me tectonique cassante. 2 ^e me phase basaltique (Sonet 1963)	1 ^{ère} surface ferrallitique
	Miocène		Continental Terminal		Mouvements tectoniques	Surface bauxitique de Koro
	Oligocène					
	Eocène				1 ^{ère} tectonique cassante. 1 ^{ère} phase basaltique (Sonet 1963)	

Si la période post-éocène (dépôt des formations Continental Terminal) début quaternaire reste encore complexe et peu connue, nous savons cependant qu'elle a été marquée par une subsidence importante de la cuvette tchadienne accompagnée de surélévation des massifs du

(1) H. FAURE (1966), J. L. SCHNEIDER (1967), M. SERVANT (1967).

pourtour et aussi de volcanisme (Tibesti-Ouaddai-Adamaoua). La partie méridionale du Tchad, ces mêmes massifs, le massif de l'Ennedi, le massif central tchadien, émergeaient alors, tandis que la cuvette était transformée plusieurs fois en un lac ou en vastes marécages. Les parties émergées subirent ainsi plusieurs pédogenèses qui devaient conduire à la formation de sols ferrallitiques et de sols ferrugineux tropicaux lessivés. On note dans le sud du Tchad plusieurs de ces surfaces anciennes :

- surface bauxitique de Koro ;
- première surface ferrallitique ;
- surface cuirassée générale ;
- deuxième surface ferrallitique qui se confond avec la surface actuelle dans la partie la plus méridionale mais qui a subi plusieurs rajeunissements.

Les premières de ces surfaces ont été érodées et ne subsistent plus qu'à l'état de buttes témoins isolées tandis que les produits d'érosion allaient combler la cuvette tchadienne.

Une connaissance plus précise de l'histoire de cette cuvette remonte à un passé plus récent que l'on peut résumer ainsi (J. PIAS, 1967 a, b, c).

Dans une période datant d'environ 50 000 ans BP, un important delta fossile du Chari, le premier, marque les conséquences d'un très fort pluvial au cours duquel le lac Tchad atteignait la cote 400 m (Figure 7). En même temps, au nord du 13ème parallèle se mettait en place une formation deltaïque analogue.

Toutes deux furent remaniées lors de deux arides suivants pour donner finalement deux systèmes dunaires, d'orientation NE-SO et NO-SE. Les marques du premier aride se retrouvent jusqu'au 10ème degré de latitude nord, celles du second jusqu'au 12ème parallèle (Figure 6).

Lors d'un nouveau pluvial, le lac Tchad prend à nouveau une étendue considérable et atteint la cote de 320 m (Figure 8). Pendant cette période se déposent les argiles récentes, la série sableuse récente et se constituent le deuxième delta du Chari et le cordon sableux bordant le lac (12 000 à 5 400 ans BP). Un nouvel aride amène le retrait de celui-ci et un remaniement éolien de certaines surfaces sableuses (5 400 à 3 200 ans BP). Les manifestations de cet aride se retrouvent jusqu'au 12ème parallèle.

De cette dernière date à nos jours, les successions climatiques peuvent se résumer ainsi :

- 3 200 - 1 800 ans BP : nouveau pluvial peu important amenant le lac à la cote 287-290 m (Figure 9), tandis que se forment un troisième delta du Chari et un second cordon sableux sur sa côte sud ;
- 1 800 ans BP à actuel : écoulement du Bahr el Ghazal vers les bas-pays du Tchad puis assèchement progressif ;

Le lac Tchad est actuellement à la cote 282-283 m, l'erg vif au nord du 16ème parallèle.

Nous voyons donc que l'émersion de la cuvette est toute récente et qu'elle a subi jusqu'à une période très proche de la nôtre l'occupation de lacs de vaste étendue.

Si une végétation aquatique ou terrestre a pu se développer sur leurs bordures en eaux peu profondes ou sur les îles que constituaient le Massif central tchadien ou les affleurements isolés de Moïto, Ngoura, Hadjer el Hamis..., la majeure partie de ces lacs était occupée par des eaux libres. Le lac de la cote 320 m avait une profondeur de 40 à 50 m, celui de la cote 287-290 m présentait un fond moyen de 10 à 15 m.

Les terres émergées lors du retrait des lacs subirent-elles une colonisation rapide par la végétation ? Nous ne le pensons pas sauf dans les parties les plus méridionales car ces assèchements se sont produits à la faveur des périodes arides et l'extension des ergs anciens montre l'extrême sécheresse de ces époques.

Les formations sableuses les plus anciennes de la partie centrale de la cuvette (premier delta du Chari - formations nord du 13ème parallèle) n'ont définitivement

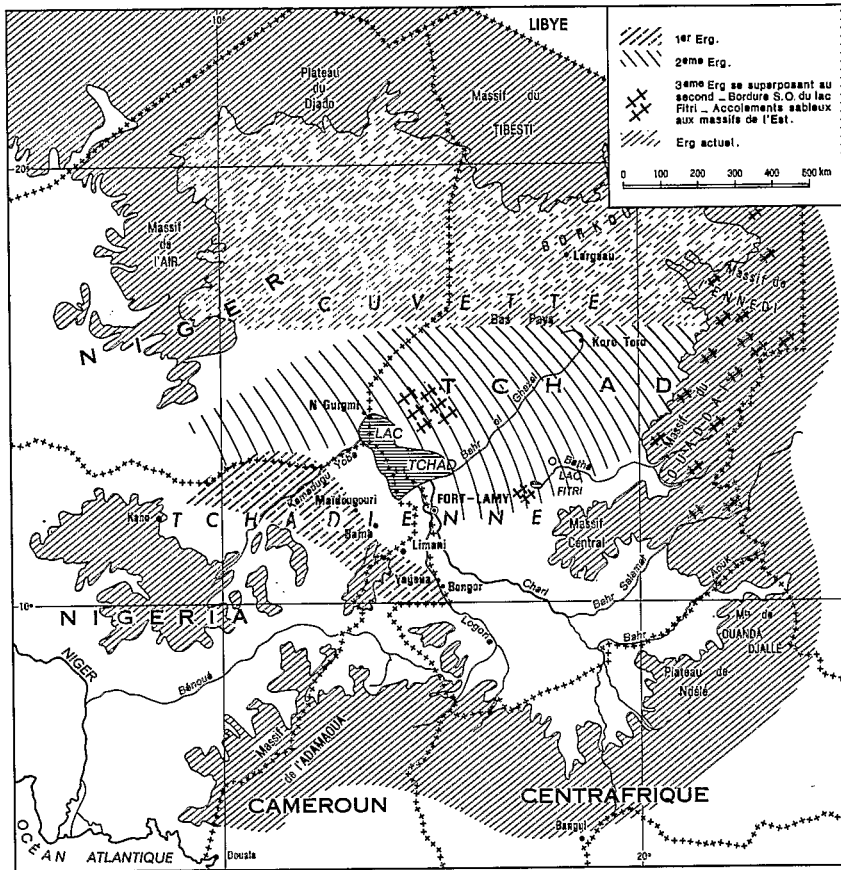


Figure 6
les ergs successifs

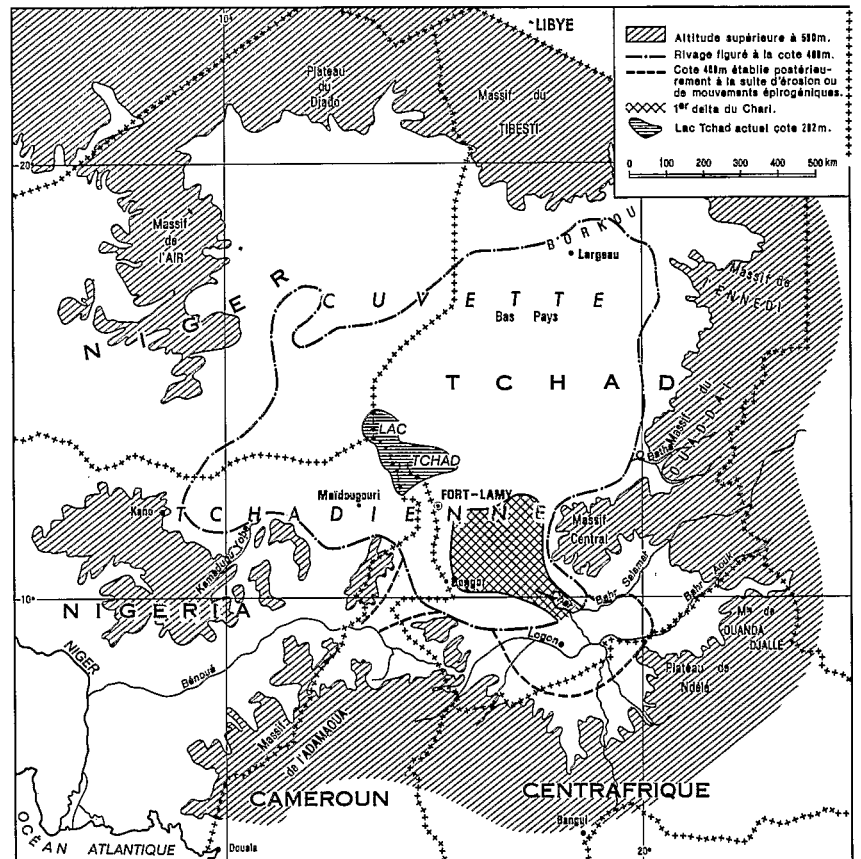


Figure 7
première et deuxième transgressions

émergé qu'il y a environ 20 000 ans, encore que celles au nord du 13ème ont pu se trouver submergées partiellement lors de transgressions suivantes. De cette période à l'actuelle, elles ont subi les manifestations climatiques décrites précédemment.

Ces alternances climatiques ont amené plusieurs changements marqués de végétation :

- avancée de la savane arborée et arbustive vers le nord en période humide ;
- descente de la pseudo-steppe dans le sud en période sèche.

L'observation des sols de ces formations montre que ceux-ci ont subi au cours de l'avant-dernière période humide une évolution pédogénétique relativement importante (ferruginisation faible sur une épaisseur de 2 à 3 m marquée dans ces sédiments sableux par un léger lessivage de l'argile, une migration et individualisation diffuse du fer dans les horizons profonds). Ces sols s'observent de nos jours jusqu'au 16ème parallèle au-delà duquel nous retrouvons l'erg actuel qui a repris et remanié fortement cette série sableuse, lui faisant perdre la pédogenèse acquise. Pourtant, des témoins de cette période ont été observés, plus au nord semble-t-il, notamment à l'ouest de Largeau près d'Ain Galaka, soit jusqu'au pied du massif du Tibesti.

De tels sols sont actuellement en état d'équilibre dans le centre du Tchad vers les isohyètes 600 à 700 mm et portent la savane arbustive à *Acacia* dominants ou une savane arborée clairsemée à *Combretum glutinosum*, *Terminalia avicennioides*. Les derniers éléments de la première espèce citée s'observent encore de nos jours en formations anormalement denses au nord du Batha (ranch de l'Ouadi Rimé) vers 300 mm.

H. GILLET (1958, 1968) signale de même dans l'Ennedi, dans des stations privilégiées, sous une pluviométrie actuelle de 100 mm, des espèces de la savane arborée sahélo-soudanienne et certaines des domaines soudano-guinéen (*Syzgium guineense*, *Vitex doniana*, *Randia nilotica*, ...) et soudanien (*Stereospermum kunthianum*, *Lannea humilis*, *Guiera senegalensis*, ...).

Les formations sableuses récentes déposées lors de la troisième transgression (lac à 320 m) ont aussi émergé à la fin de celle-ci (environ 5 000 ans BP).

Dans le sud où cette émergence a été définitive, elles sont colonisées par la savane arborée soudanienne qui s'est développée sur des sols évoluant progressivement vers le type ferrugineux tropical lessivé à caractères hydromorphes plus ou moins accusés (taches et concrétions ferrugineuses).

Dans le nord, où elles se sont trouvées partiellement immergées à nouveau lors de la dernière transgression, elles portent la savane arbustive à *Acacia* ou la pseudo-steppe à graminées qui se développe sur des sols bruns subarides.

Les formations alluviales subactuelles à actuelles déposées entre 3 000 ans BP et la période actuelle portent, dans le sud une savane arborée classique avec une légère prédominance d'*Acacia seyal* et, plus au nord une savane arborée à arbustive à *Acacia seyal* souvent dominant.

Ces formations se développent sur des sols hydromorphes ou peu évolués. A l'inverse, les sols halomorphes à alcalis, de plus en plus abondants vers le nord, ont une végétation très caractéristique, décrite sous le nom de "naga". Le passage de la savane arborée ou arbustive à la "naga" semble se faire très rapidement et paraît lié à divers facteurs, dont un défrichement intensif à des fins de cultures qui accentue les phénomènes de remontée des solutions du sol et l'alcalisation.

Des alcalisations anciennes peuvent aussi exister. C'est ainsi que nous avons interprété les surfaces des "regs" comme des plages anciennes d'un ou plusieurs vastes lacs ou marécages remontant au début d'un premier pluvial. La végétation de ces "regs" est très voisine des "naga" et les sols sensiblement identiques.

Les formations lacustres d'âges divers portent des types de végétation différents.

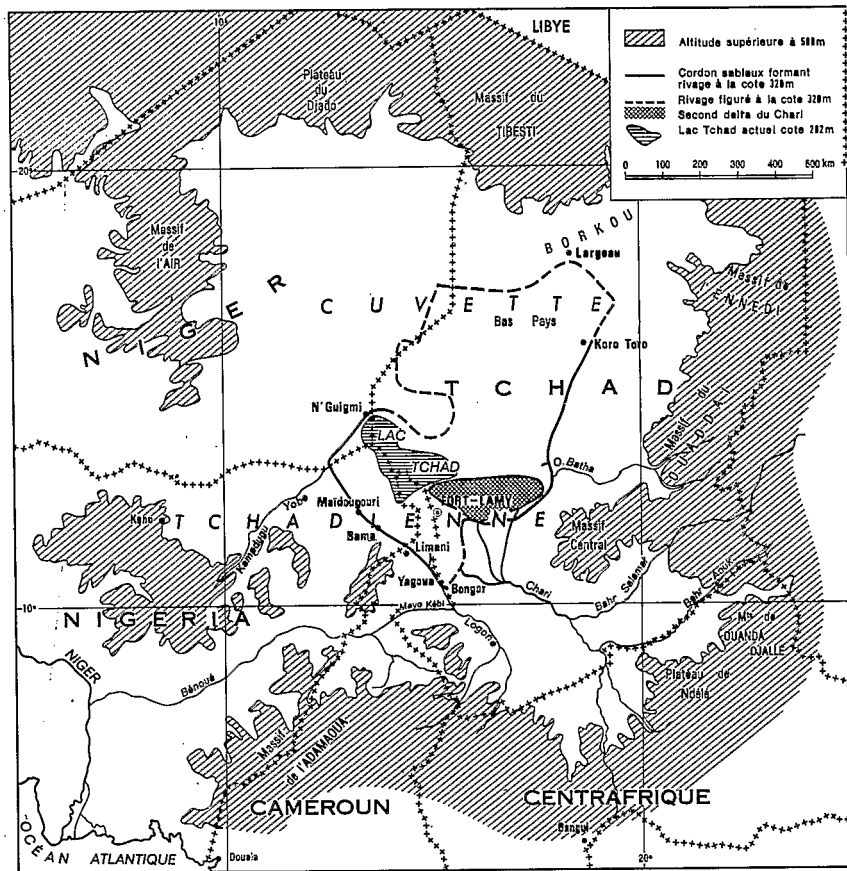


Figure 8
troisième transgression

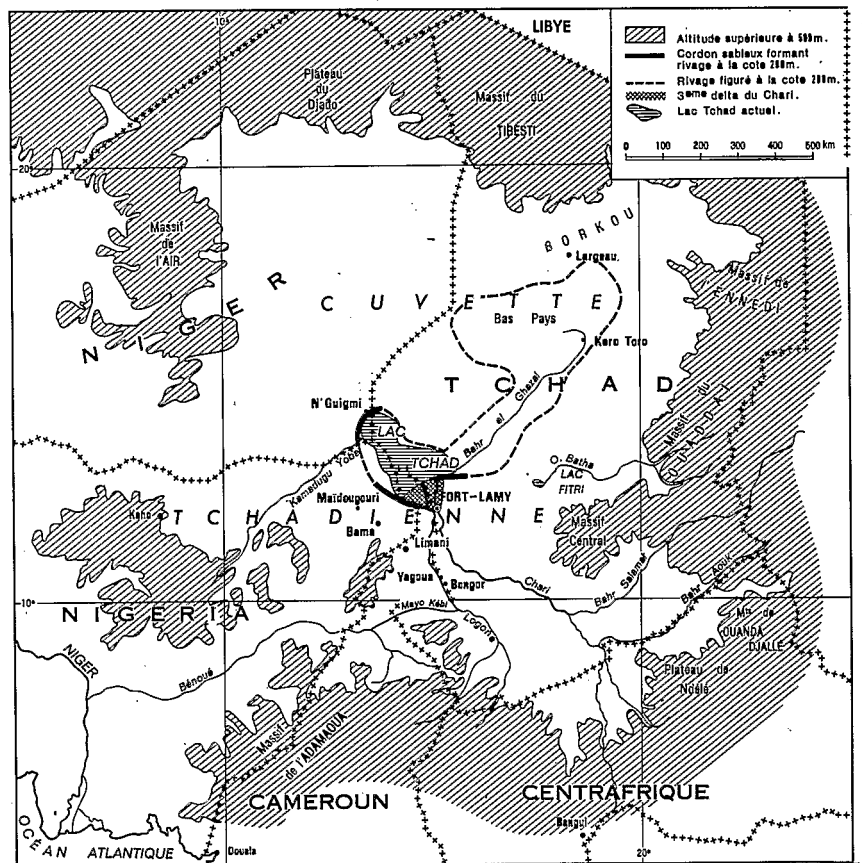


Figure 9
quatrième transgression

La formation fluvio-lacustre la plus ancienne (30 000 à 20 000 ans BP) et aussi la plus étendue (Tchad méridional et pourtour du Massif Central) est colonisée en fonction de l'inondation soit par une prairie marécageuse ou par des groupements divers (*Piliostigma reticulata*, *Combretum glutinosum*, *Pseudocedrela kotschy*, ...), soit par une savane qui tend vers un type arboré assez voisin de celle qui se développe sur les sols ferrugineux tropicaux. Faut-il voir là des vestiges d'une colonisation ancienne de ces sols par ce groupement végétal ?

Ceci est possible si l'on admet que lors de périodes plus sèches que l'actuelle, du fait de leur position méridionale, ces sols ont pu se trouver colonisés par la savane arborée lorsque la submersion était moins importante qu'elle ne l'est aujourd'hui. (1)

La formation lacustre récente à subactuelle beaucoup plus jeune que la précédente, puisque son dépôt a pu s'échelonner d'environ 12 000 ans BP à 1 800 ans BP, est couverte par la prairie marécageuse ou plus fréquemment par la savane armée à *Acacia seyal* qui pousse sur des vertisols présentant d'abondants nodules calcaires dans les parties les plus septentrionales. S'ils ont pu subir plusieurs exondations après leur dépôt, la dernière serait très récente. On peut considérer que l'assèchement progressif (submersion permanente suivie d'une inondation semi-permanente ou temporaire) se traduit sur ces sols par le passage d'une végétation aquatique à une végétation graminéenne à Andropogonées, elle-même suivie par la savane armée.

En conditions semi-désertiques (dépression du Borkou), la transition a dû être sensiblement identique avec cette différence que les sols ont rapidement évolué vers la salinisation, une tendance à des encroûtements calcaires qui ont limité l'implantation de la végétation quand elles ne l'ont pas complètement empêchée, favorisant alors l'érosion éolienne et la désertification.

Ces formations lacustres récentes évoluent sur la bordure du lac et dans les multiples ouadis de l'intérieur des terres vers la salinisation et la disparition de la végétation est totale pour des salinités assez élevées (conductivité de l'extrait de saturation de la pâte de sol supérieure à 10-15 millimhos). Cette salinisation est un phénomène extrêmement rapide sous ces latitudes. On a pu estimer cependant à 300 - 400 mm la hauteur des précipitations annuelles nécessaires pour que s'effectue le lessivage des sols. Annuellement ces sols passent alors par des alternances de salinisation et de désalinisation. Les eaux de lessivage vont se concentrer dans les points bas de ces ouadis qui sont, eux, irrémédiablement perdus. Elles alimentent aussi des nappes qui sont à l'origine de salines (tel l'ouadi de Kaya au nord de Bol). Des preuves de salinisation ancienne d'origine climatique existent mais sont rares. Des forages profonds (70 m) dans le polder de Bol-Guini ont atteint un niveau de nappe d'une salinité anormalement élevée pour ces régions (conductivités de 3 à 6 millimhos (2) alors que la salinité des eaux du lac est égale à 0,1 - 0,15 millimhos (3)). Ceci permet de penser que d'anciennes surfaces ont pu jouer le rôle d'évaporite lors d'un aride antérieur.

La communication entre les deux domaines, méridional (sud du 9ème parallèle) et septentrional (Borkou - Ennedi - Tibesti) s'est effectuée au cours du Quaternaire par l'intermédiaire des seuls massifs de la bordure est (massif du Ouaddai) et le Massif central tchadien durant les pluviaux qui ont transformé la partie centrale de la cuvette en d'immenses lacs.

De même, lors des périodes arides, une flore résiduelle devait coloniser ces montagnes tandis que les parties plus basses étaient soumises à un remaniement éolien intense. C'est

(1) La présence d'abondants nodules calcaires dans ces vertisols est interprétée par certains auteurs (H. ERHART 1943) comme le résultat d'une concentration des solutions du sol autour des racines de végétaux actuels ou disparus (arbres, arbustes, ...).

(2) 2 à 4 g par litre.

(3) 50 à 100 mg par litre.

cette barrière que constituait lac ou désert qui a servi sans doute à délimiter d'une façon bien nette le domaine méditerranéen et le domaine soudanien et la région au nord de celle-ci a servi de lieu d'interférence de ces zones climatiques.

A l'inverse de la partie centrale et nord du Tchad, le sud est occupé par une majorité de vieux sols ou de leurs produits d'érosion venus combler les thalwegs. Il s'agit de sols ferrallitiques épais de 8 à 10 m et plus dont la pédogenèse a réclamé plusieurs dizaines de milliers d'années si l'on s'en tient aux chiffres avancés par G.AUBERT, N. LENEUF (1960) (1). Les espèces actuelles du domaine soudano-guinéen sont-elles celles qui s'observaient très anciennement ? C'est peu probable et il est légitime de penser que la forêt dense ombrophile a remonté très haut à la fin du Tertiaire et au début du Quaternaire. Pour étayer ces dires, nous possédons deux sortes d'arguments :

- le premier, d'ordre botanique. P. BRUNEAU de MIRE, P. QUEZEL (1959) signalent parmi la flore résiduelle du Tibesti des espèces équatoriales, végétaux supérieurs ou mousses (*Selaginella subcordata*, *Oldenlandia caespitosa*, *Oldenlandia toussidana*,...). La présence de ces espèces de la forêt tropicale humide dans les parties les plus profondes, les plus chaudes et humides des fumerolles du Toussidé ne peut être un effet dû au hasard, à un transport par le vent ou les oiseaux. Elle apparaît comme la preuve de l'extension de la forêt équatoriale en ces régions au moins jusqu'au Miocène, date à laquelle aurait débuté le volcanisme. Ces espèces se seraient alors maintenues dans des stations privilégiées que ce volcanisme aurait créées jusqu'à nos jours ;

- le deuxième, d'ordre pédologique, c'est la connaissance d'un sol ferrallitique fossile dans le nord de la Tunisie, près de la frontière algérienne. Les sédiments sur lesquels il s'est formé datent de l'Eocène supérieur. Sa pédogenèse serait postérieure à l'Oligocène, après la dernière transgression marine (2). Ce sol serait peut-être contemporain de la surface bauxitique de Koro au Tchad.

Les sols rouges ferrallitiques de la première surface que l'on voit au Tchad s'observent de nos jours en buttes témoins jusqu'au 13ème parallèle (isohyète 500 mm). Ils portent actuellement la savane arborée ou arbustive et des cultures. Il est évident que ce type de végétation ne correspond pas à celui qui se développait lors de la formation du sol. De même, dans le sud (pluviométrie 1 000 à 1 300 mm) le défrichement intensif actuel a pour résultat le remplacement de la forêt à *Isobertinia doka*, *Monotes kerstingii*, *Daniellia oliveri* ... par celle à *Entada oubanguiensis*, *Detarium microcarpum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Prosopis africana*... C'est là aussi la preuve d'un déséquilibre actuel, peut-être passager, du climat et de la flore. L'étude de ces sols rouges ferrallitiques du sud montre par ailleurs que leur matière organique est différente de celle où, sous de plus fortes pluviométries, de tels sols se voient actuellement en cours de formation.

Nous pensons que le domaine soudano-guinéen est en voie de rétrogradation vers le sud sans doute depuis la fin du dernier pluvial comme ce fut le cas pour la savane arborée et arbustive des régions nord.

(1) 20 000 à 192 000 ans seraient nécessaires à l'élaboration d'un mètre de sol ferrallitique se formant sur un granit calco-alcalin en Côte d'Ivoire suivant l'intensité des précipitations.

(2) C. ARAMBOURG, J. ARENES, G. DEPAPE (1953) signalent en Afrique du nord à Ichkeul parmi la flore fossile de la base du Villafranchien 25 % d'éléments tropicaux disparus aujourd'hui du milieu méditerranéen.

Conclusions

Les variations paléobotaniques à la fin du Tertiaire et au Quaternaire sont le reflet d'alternances climatiques que l'étude des sols aide à comprendre et à situer.

Si l'extension de la forêt ombrophile semble avoir été relativement grande à la fin du Tertiaire, elle a dû cependant se trouver limitée dès cette époque par la présence d'importantes étendues lacustres qui ont permis et favorisé son maintien lors de phases moins humides sur le pourtour d'immenses lacs que ceinturaient les massifs au Tchad, tandis que le Sahara actuel, le bassin méditerranéen pouvaient être le domaine d'une flore tropicale.

La fin du Tertiaire semble marquer la limite extrême de cette extension puisque la croûte calcaire villafranchienne d'Afrique du nord, la consolidation de la surface cuirassée générale au Tchad, évoquent des climats beaucoup plus secs.

Au Quaternaire ancien, peu de faits valables sont connus sinon que des mouvements de subsidence ou tectoniques ont affecté la cuvette tchadienne et ses massifs de bordure.

Par contre la connaissance que nous avons du Quaternaire récent postérieur à 50 000 ans BP va nous permettre un essai de reconstitution paléobotanique en liaison avec les types de sols observés. Dans le sud du Tchad, les sols ferrallitiques étaient occupés par une forêt ombrophile ou de type soudano-guinéen qui s'est conservée jusqu'à une période très récente à la faveur des différents pluviaux tandis qu'au cours des épisodes plus secs elle régressait vers le sud comme il semble que ce soit le cas aujourd'hui.

Dans la partie centrale du pays, les sols ferrugineux tropicaux étaient le domaine, soit de la savane arborée soudanienne (partie sud) ou de la savane arbustive sahélo-soudanienne (partie nord) au cours des pluviaux, soit de cette dernière ou de la pseudo-steppe au cours des périodes plus sèches. Une partie plus ou moins grande des terres était immergée au plus fort des pluviaux (lacs des cotes 400 - 320 - 287 m), à l'inverse, en cours d'arides, se constituaient des ergs.

Dans la partie la plus septentrionale du Tchad, au pied des massifs de l'Ennedi et du Tibesti, les périodes pluviales vont se trouver marquées par des avancées de la savane arborée (voir tableau ci-après) ou arbustive qui ceinturaient d'importants lacs Tchad aux cotes 400 puis 320 m. C'est au cours de ces avancées lacustres que se sont produites aussi les incursions de la flore méditerranéenne en ces régions.

Sahara nord-occidental		Age (ans BP)		Tchad (Tibesti et bordure côté Tchad)		
Sols	Végétation			Végétation	Sols	Climat P (3)
Minéraux bruts (erg)	désertique	4500	1 800	désertique	Minéraux bruts (erg actuel)	< 100 mm
	sahélienne		3 200	méditerranéenne et sahélo-soudanien.	Isohumiques	300-500 mm
Isohumiques	méditerranéenne	6500	5 400	désertique	Minéraux bruts (3ème erg)	< 100 mm
			12 000	méditerranéenne et soudanienne	ferrugineux tropicaux	> 500 mm
Minéraux bruts (erg)	désertique	14 500	20 000	désertique	Minéraux bruts (2ème erg)	< 100 mm
	sahélienne			sahélienne		
	(2)					
	méditerranéenne (1)		30 000	méditerranéenne et soudanienne	ferrugineux tropicaux	> 500 mm
		32 000				
		38 000			Minéraux bruts (1er erg)	< 100 mm

(1) Pins, graminées, cypéracées, *Ephedra* (élément xérophytique).
(2) *Taxus*, *Juniperus*, *Cupressus*, *Quercus ilex*, *Aulus*, *Platanus*, *Salix* et espèces méditerranéennes (*Olea*, quelques pins).
(3) Pluviométrie
----- Pluvial.
----- Interpluvial ou aride.

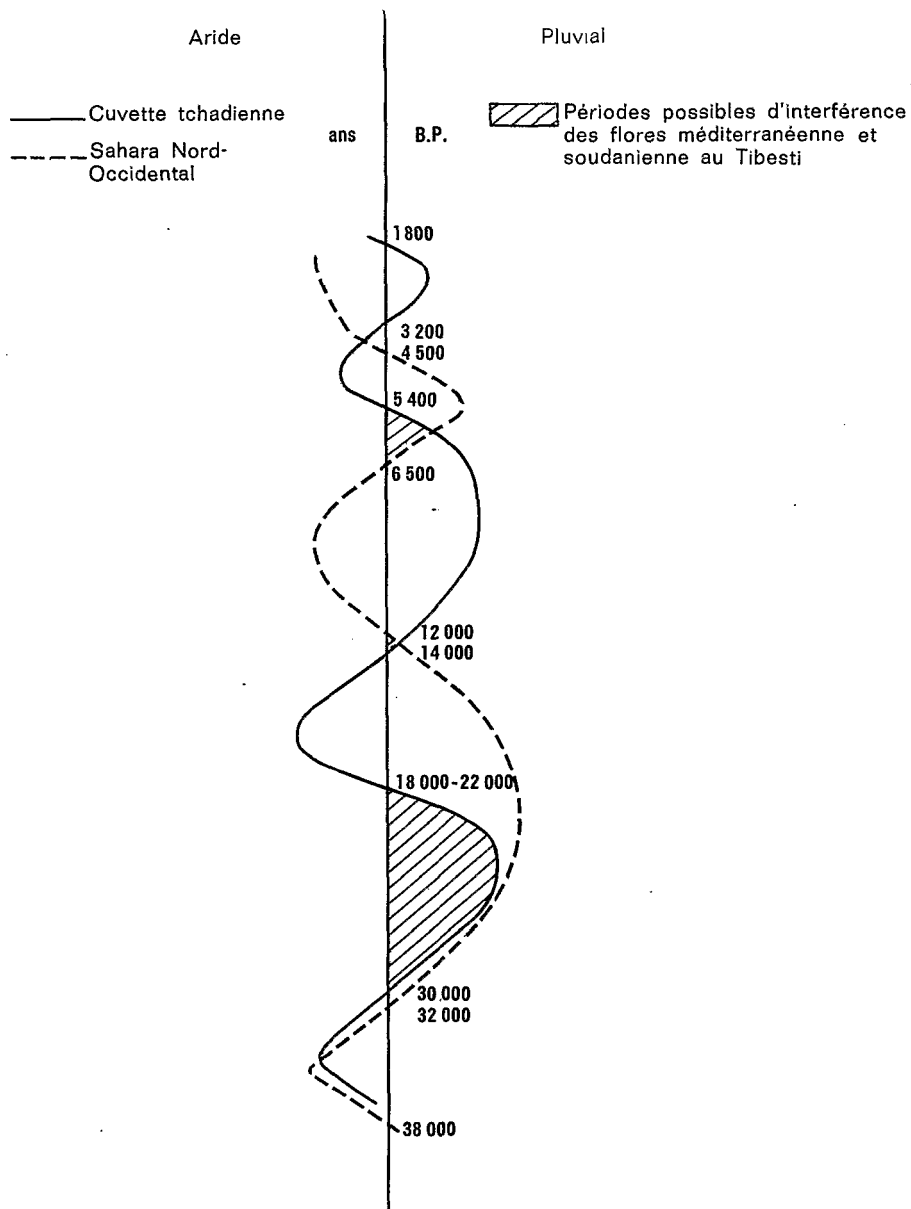


Figure 10

La figure 10 schématise l'alternance des périodes pluviales et arides de part et d'autre du Sahara (Sahara nord occidental - Cuvette tchadienne). Nous voyons ainsi qu'à la période pluviale comprise entre 6 500 et 4 500 ans BP (G. CONRAD, 1967) au Sahara correspond dans la cuvette tchadienne la fin du pluvial ayant conduit le lac Tchad à la cote 320 m (12 000 - 5 400 ans BP). Au début de la récurrence sèche suivante, le maintien d'une végétation sahélienne sera favorisé au Tchad par la présence du lac en régression. Cette végétation suivra par la suite le retrait de la flore méditerranéenne à travers le Sahara où elle la remplacera avant de disparaître elle-même dans des conditions plus arides pour faire place au désert. De la même façon cette végétation sahélienne suivra vers le sud le retrait du lac Tchad.

Au pluvial suivant (3 200 - 1 800 ans BP) les nouvelles conditions climatiques vont amener au Tchad un redémarrage de la flore méditerranéenne réfugiée sur les massifs comme elle l'est encore aujourd'hui ou tout au moins de ses éléments les plus résistants, alors que le Sahara restera soumis à des conditions désertiques.

Dans une période antérieure à ces deux derniers pluviaux et plus précisément au Wurm si l'on en croit P. QUEZEL (1960), le front polaire serait descendu très loin dans le sud du Sahara qui aurait été alors couvert par la steppe (Graminées et Salsolacées). H. ALIMEN *et al.* (1966) indiquent pour cette même période (32 000 - 14 500 ans BP) au Sahara une abondance de pins accompagnés de graminées et cypéracées, puis une flore plus riche en espèces arborescentes et arbustives (*Taxus*, *Juniperus*, *Quercus*, ...).

Au Tchad, dans un laps de temps voisin (30 000 - 20 000 ans BP) subsiste une étendue lacustre importante (lac en régression, deuxième transgression, cote 400 m - 370 m - 350 m...) avant que se manifestent des conditions arides (deuxième erg). Nous voyons que dès cette période ont pu se produire dans la cuvette tchadienne des avancées de la flore méditerranéenne, avancées limitées à la bordure nord des étendues lacustres. Il a pu en être de même au cours des différentes glaciations du Quaternaire.

Ces échanges entre domaines tropical et méditerranéen sont très bien reflétés par les migrations de la faune au cours du Quaternaire (G. BEAUDET, G. MAURER, A. RUELLAN, 1967).

Lors de la glaciation Mindel (étage Maarifien de la stratigraphie marine méditerranéenne) dans le nord de l'Afrique, la faune chaude marine "chilo-péruvienne" ou "sénégalienne" est remplacée par la faune froide "norvégienne" qui se maintient pendant une partie de l'interpluvial Riss-Wurm. A cette même époque, la faune continentale qui était constituée jusqu'alors par l'éléphant, le rhinocéros, l'hippopotame, la gazelle, est remplacée par une faune différente d'ours, de bovidés et de cervidés qui font de la glaciation Mindel une des plus importantes.

La flore fossile d'Afrique du Nord à Maison Carrée, sans doute contemporaine de cette glaciation, révèle de même 42% d'éléments boréaux dont plusieurs espèces aujourd'hui disparues de cette région. Dans cette flore, aucun élément tropical ne figure tandis que les méditerranéens sont abondants, représentés surtout par les chênes (P. QUEZEL, 1965)

Au Riss, la réapparition du rhinocéros, des gazelles, des antilopes, des autruches en Afrique du Nord indique que le front tropical de cette époque doit remonter très au nord. Au Wurm, à l'inverse, s'observent en Afrique du Nord les mêmes espèces que lors de la glaciation Mindel. Au Tchad, l'étendue lacustre a alors une surface considérable (lac à la cote 400 m - premier delta du Chari) mais au maximum de la glaciation se produit une période aride importante. Cette alternance pluvial-aride puis à nouveau pluvial au cours de la glaciation Wurm montre par ailleurs que le postulat glaciation-interpluvial au sud du Sahara est une notion très simplifiée d'évènements climatiques plus complexes.

Après le Wurm, les pulsations climatiques, vues à l'échelle humaine, paraissent avoir pris un rythme accéléré et ceci avec une nette tendance à la désertification.

Bibliographie

- ALIMEN (H.), BEUCHER (F.), CONRAD (G.) - 1966 - Chronologie du dernier cycle pluvial-aride au Sahara nord-occidental. *C.R.Acad.Sc.*, Paris, T. 26-30, pp. 5-8.
- ARAMBOURG (C.), ARENES (J.), DEPAPE (G.) - 1953 - Contribution à l'étude des flores fossiles quaternaires de l'Afrique du Nord. *Arch. Mus. nat. Hist. nat.*, 86 p.
- AUBERT (G.), LENEUF (N.) - 1960 - Essai d'évaluation de la vitesse de ferrallitisation. *Int Congr. Soil Sci.*, 7, Madison, vol. IV, pp. 225-228.
- AUBREVILLE (A.) - 1948 - Etude sur les forêts de l'A.E.F. et du Cameroun. *S.T.A.T. Bull. scient.* n° 2, 132 p.
- AUBREVILLE (A.) - 1949 a - Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. *Soc. Ed. Géogr. Mar. et Col.*, Paris, 352 p.
- AUBREVILLE (A.) - 1949 b - Contribution à la paléohistoire des forêts de l'Afrique tropicale. *Soc. Ed. Géogr. Mar. et Col.*, Paris, 99 p.
- AUBREVILLE (A.) - 1950 - Flore forestière soudano-guinéenne A.O.F. - Cameroun - A.E.F. *Soc. Ed. Géogr. Mar. et Col.*, Paris, 523 p.
- BEAUDET (G.), MAURER (G.), RUELLAN (A.) - 1967 - Le Quaternaire marocain. Observations et hypothèses nouvelles. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, vol. IX, fasc. 4, pp. 269-310.
- BRUNEAU de MIRE (P.), QUEZEL (P.) - 1959 - Sur quelques aspects de la flore résiduelle du Tibesti : les fumerolles du Toussidé et les lappiaz volcaniques culminaux de l'Emi Koussi. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N.*, t. 50, pp. 126-145.
- BUTZER (K.W.) - 1961 - Les changements climatiques dans les régions arides depuis le Pliocène. *in* : Histoire de l'utilisation des terres des régions arides. *Recherches sur la zone aride*. XVII. UNESCO, Paris, pp. 35-64.
- CARVALHO (G.), GILLET (H.) - 1960 - Catalogue raisonné et commenté des plantes de l'Ennedi (Tchad septentrional). *Lab. Agron. trop. Mus. nat. Hist. nat. et Lab. Centr. Off. Anti-acridien*. Bull. hors. sér., janv.-août, 158 p.
- CHEVALIER (A.) - 1903 - Mission scientifique au Chari et au Tchad. *Bull. Soc. Géogr.*, t. VII, pp. 354-360.
- CHEVALIER (A.) - 1907 - L'Afrique centrale française. *Mission Chari-Tchad (1902-1904)*. Challamel, Paris, 776 p., 7 pl., 1 carte 1/3 000 000.
- CHEVALIER (A.) - 1928 - L'assèchement de l'Afrique occidentale et centrale, les irrigations et le reboisement. *Rev. Bot. appl.*, n° 33, pp. 212-214.
- CONRAD (G.) - 1967 - Les fluctuations climatiques récentes dans l'est du Sahara occidental algérien. *Congr. int. Panafr. Préh. Et. Quat.*, 6, 1967, Dakar, 11 p., multigr., 7 fig.
- ERHART (H.) - 1943 - Sur les terres à nodules calcaires et à pisolithes ferrugineux du delta central nigérien. *C.R.Acad. Sci.*, Paris, t. 217, pp. 455-456.
- FAURE (H.) - 1966 - Reconnaissance géologique des formations sédimentaires post-paléozoïques du Niger oriental. *Mém. B.R.G.M.*, n° 47, 630 p., 12 pl., carte.

- GASTON (A.) - 1966 - Etude agrostologique du Kanem (République du Tchad). I.E.M.V.T., Etudes agrostologiques n° 11, Maisons-Alfort, 177 p., multigr., carte 1/400 000 h.t.
- GILLET (H.) - 1957 - Compte-rendu sommaire d'une mission dans le massif de l'Ennedi (nord-Tchad) et au Djebel Marrah (Soudan). *J. Agric. trop. Bot. appl.*, vol. IV, pp. 458-464.
- GILLET (H.) - 1958 - Rapport sur une mission scientifique dans l'Ennedi et au Mourdi (nord-Tchad). *J. Agric. trop. Bot. appl.*, vol. V, pp. 768-782.
- GILLET (H.) - 1959 - Une mission scientifique dans l'Ennedi (nord Tchad) et en Oubangui. *J. Agric. trop. Bot. appl.*, vol. VI, pp. 505-573.
- GILLET (H.) - 1963 - Etude des pâturages du Ranch de l'Ouadi Rimé. O.R.S.T.O.M. -C.R.T., Fort-Lamy, 158 p.
- GILLET (H.) - 1964 a - Agriculture, végétation et sol du centre et du sud-Tchad. Feuilles de Miltou-Dagéla-Koumra-Moussafoyo. O.R.S.T.O.M. -C.R.T., Fort-Lamy, 108 p.
- GILLET (H.) - 1964 b - Agriculture, végétation et sol du centre Tchad. Feuilles de Mongo-Melfi-Bokoro-Guéra. O.R.S.T.O.M. -C.R.T., Fort-Lamy, 51 p.
- GILLET (H.) - 1968 - Le peuplement végétal du massif de l'Ennedi (Tchad). *Mém. Mus. Hist. nat.*, 206 p., 23 pl., carte.
- GRONDART (A.) - 1964 - La végétation forestière au Tchad. *Bois forêts trop.*, n° 93, pp. 15-34.
- HUTCHINSON (J.), DALZIEL (J.M.) - 1927-1936 - *Flora of West tropical Africa*. Crown Agents for the Colonies, London, 2 vol. (1927-1928 - 1931-1936), 523 et 651 p.
- KOECHLIN (J.) - 1956 - Rapport de mission botanique dans le territoire du Tchad (novembre-décembre 1955). *Bull. Inst. Et. centrafr.*, n° 12, pp. 133-199.
- MOSNIER (M.) - 1963 - Etude agrostologique des fermes du service de l'agriculture de la République du Tchad. I.E.M.V.T. Etudes agrostologiques n° 4, Maisons-Alfort, 80 p., multigr.
- MURAT (M.) - 1937 - Végétation de la zone pré-désertique en Afrique centrale (Région du Tchad). *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N.*, t. 28, pp. 19-83, 9 pl., carte.
- PIAS (J.) - 1958 - Transgressions et régressions du lac Tchad à la fin de l'ère tertiaire et au quaternaire. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 246, pp. 800-803.
- PIAS (J.) - 1962 - Les sols du Moyen et Bas Logone, du Bas Chari, des régions riveraines du lac Tchad et du Bahr el Ghazal. *Mém. O.R.S.T.O.M.*, n° 2, Paris, 438 p., 8 cartes, 1/200 000, 2 cartes 1/1 000 000, 5 cartes 1/100 000.
- PIAS (J.) - 1964 a - Notice explicative. *Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuilles d'Abéché, Biltine, Oum Hadjer*. O.R.S.T.O.M., n° 13, Paris, 105 p., 3 cartes h.t.
- PIAS (J.) - 1964 b - Notice explicative. *Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuilles de Fort-Lamy, Massénya, Mogroum*. O.R.S.T.O.M., n° 14, Paris, 103 p., 3 cartes h.t.
- PIAS (J.) - 1967 a - Quatre deltas successifs du Chari au Quaternaire (Républiques du Tchad et du Cameroun). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 264, sér. D, pp. 2357-2360.
- PIAS (J.) - 1967 b - Chronologie du dépôt des sédiments tertiaires et quaternaires dans la cuvette tchadienne (République du Tchad). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 264, sér. D, pp. 2432-2435.
- PIAS (J.) - 1967 c - Les formations tertiaires et quaternaires de la cuvette tchadienne. Présentation de l'esquisse géologique au 1/1 000 000. *Congr. Panafr. Préh. Et. Quat.*, 6, Dakar, 13 p., multigr., 4 fig.

- PIAS (J.), BARBERY (J.) - 1964 - Notice explicative. *Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuille de Miltou*. O.R.S.T.O.M., n° 15, Paris, 69 p., carté h.t.
- PIAS (J.), BARBERY (J.) - 1965 - Notice explicative. *Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuilles Lac Iro - Djouna*. O.R.S.T.O.M., n° 25, Paris, 98 p., 2 cartes h.t.
- PIAS (J.), POISOT (P.) - 1962 - Sols de la palmeraie de Largeau. O.R.S.T.O.M.-C.R.T., Fort-Lamy, 71 p., multigr., 2 graph., carte 1/100 000.
- PIAS (J.), POISOT (P.) - 1964 - Notice explicative. *Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuilles de Bokoro-Guéra-Mongo*. O.R.S.T.O.M., n° 16, Paris, 146 p., 3 cartes h.t.
- PIAS (J.), POISOT (P.) - 1966 - Notice explicative. *Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuilles de Abou-Déla, Mangalmé*. O.R.S.T.O.M., n° 28, Paris, 118 p., 2 cartes h.t.
- PONS (A.), QUEZEL (P.) - 1956 - Premiers résultats de l'analyse palynologique de quelques paléosols sahariens. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t.243, pp.1656-1658.
- QUEZEL (P.) - 1960 - Flore et palynologie saharienne. Quelques aspects de leur signification biogéographique et paléoclimatique. *Bull. Inst. fr. Afr. noire*, sér.A, t.XXII, n° 2, pp.353-360.
- QUEZEL (P.) - 1965 - *La végétation du Sahara. Du Tchad à la Mauritanie*. G. Fischer Verl, Stuttgart; Masson et Cie, Paris, 333 p.
- QUEZEL (P.), MARTINEZ (C.) - 1958 - Etude palynologique de deux diatomites du Borkou (Territoire du Tchad - A.E.F.). *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N.*, t.49, pp.230-244.
- SANTA (S.) - 1958-1959 - Essai de reconstitution de paysages végétaux quaternaires d'Afrique du Nord. *Libyca*, t.VI-VII, pp.37-77.
- SCHNEIDER (J.L.) - 1967 - Evolution du dernier lacustre et peuplements préhistoriques aux Pays-Bas du Tchad. *Bull. A.S.E.Q.O.A.*, n° 14-15, pp.18-23.
- SCHNELL (R.) - 1949 - Quelques cas de dégradation de la végétation et du sol observés en Afrique occidentale française. Conf. Afr.Sols Goma, 1948, *Bull. Agric. Congo Belge*, vol.XL, n° 1, pp.671-676.
- SCHNELL (R.) - 1950 - Etat actuel des recherches sur la végétation de l'Afrique intertropicale française. *Vegetatio*, pp.331-340.
- SCHNELL (R.) - 1952 - Végétation et flore de la région montagneuse du Nimba. *Mém. Inst. fr. Afr. noire*, Dakar, n° 22, 598 p.
- SERVANT (M.) - 1967 - Nouvelles données stratigraphiques sur le Quaternaire supérieur et récent au nord-est du lac Tchad. *Congr. Panafr. Préh. Et. Quat.*, 6, Dakar, 20 p., multigr.
- TROCHAIN (J.) - 1940 - Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal. *Mém. Inst. fr. Afr. noire*, n° 2, Larose, Paris, 433 p.
- TROCHAIN (J.) - 1957 - Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique tropicale. *Bull. Inst. Etud. Centrafr.*, nouv.sér., n° 13-14, pp.55-93.
- VAILLANT (A.) - 1945 - La flore méridionale du lac Tchad. *Bull. Soc. Et. Cameroun.*, Douala, n° 9, pp.15-98.

O. R. S. T. O. M.

Direction générale :

24, rue Bayard, PARIS 8^e

Services Scientifiques Centraux :

Service Central de Documentation :

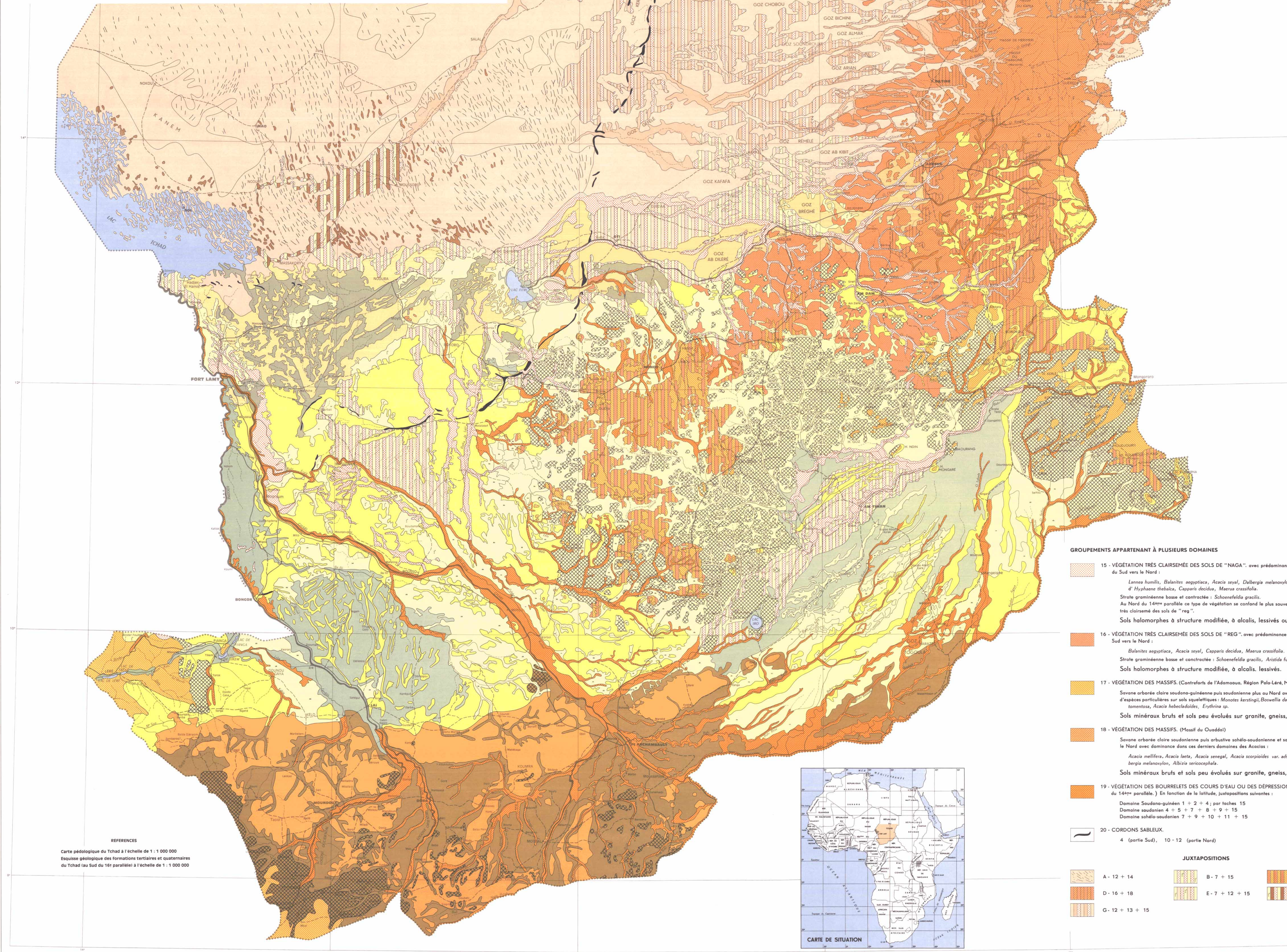
70-74, route d'Aulnay - 93 - BONDY

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE DE FORT-LAMY

ESQUISSE DE LA COUVERTURE VÉGÉTALE DU TCHAD EN RELATION AVEC LES SOLS, AU SUD DU 16^e PARALLÈLE

À L'ÉCHELLE DE 1/1 500 000

Dressée par J. PIAS



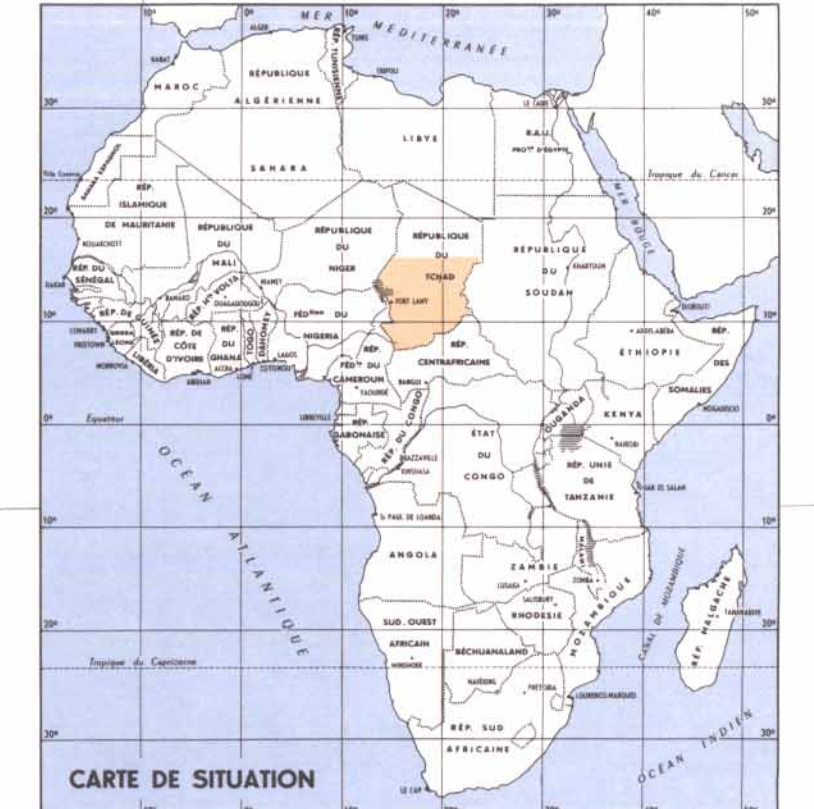
LEGENDE

- DOMAINE SOUDANO-GUINÉEN**
- 1 - SAVANE ARBORÉE FORESTIÈRE
Couvert arboré marqué, du Sud vers le Nord, par la dominance des espèces suivantes : *Loxira alata*, *Uapaca togoensis*, *Isobérinia dolia*, *Butyrospermum parkii*, *Burkea africana*, *Daniellia Oliveri*, *Elaeis guineensis*.
En sous-bois *Andropogon* : *Hyphantenia diploclada*.
Sols rouges ferrallitiques.
 - 2 - SAVANE ARBORÉE FORESTIÈRE IDENTIQUE À LA PRÉCÉDENTE OU PASSANT PROGRESSIVEMENT, EN FONCTION DE PHÉNOMÈNES D'HYDROMORPHIE LIÉS À DES ENGORGEMENTS DU SOL OU À L'INONDATION. À UNE GALERIE FORESTIÈRE, UNE SAVANE PARC OU LA PRAIRIE MARECAGEUSE AUX RARES ARBRES.
Syngonium guineense, *Randia nitida*, *Mucuna latifolia*, *Gardenia erubescens*, *Terminalia leuciflora*, *Pseudocedrela kotschy*, *Terminalia macroptera*.
Sols ferrugineux tropicaux lessivés mous ou à pseudo-gley.
Sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley ou gley.
 - 3 - SAVANE ARBORÉE FORESTIÈRE TRÈS CLAIRE SUR CUIRASSE EN AFFLEUREMENTS OU À FAIBLE PROFONDEUR.
En sol bien drainé : *Monotes Kerstingii* dans le Sud. Plus au Nord : *Combretum velutinum*, *Combretum hypopodium*, *Combretum nigracans*, *Oxymastix abyssinica*.
En sol mal drainé : *Eragrostis cambesidana*.
Sols minéraux bruts sur cuirasse ferrugineuse.
Sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions ferrugineuses et cuirasses.
Sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley sur cuirasse ferrugineuse.

- DOMAINE SOUDANAIEN**
- 4 - SAVANE ARBORÉE DENSE
Combretum glutinosum, *Sclerocarya birrea*, *Anogeissus leiocarpus*, *Borassus aethiopicus*.
Tapia graminéenne passant progressivement du Sud vers le Nord, d'un couvert à *Andropogon ganavus*, *Pennisetum pedicellatum* à *Hyphantenia rufa*, *Cenium elegans*.
Sols ferrugineux tropicaux lessivés au Sud, peu à pas lessivés au Nord.
 - 5 - SAVANE ARBORÉE EN FORMATION PLUS OU MOINS DENSE.
Combretum glutinosum, *Anogeissus leiocarpus*, *Ptilostigma reticulata*, *Pseudocedrela kotschy*, *Gardenia ternifolia*.
Vertisols hydromorphes largement structurés à nodules calcaires et effondrements.
 - 6 - SAVANE ARBORÉE À GROUPEMENTS EN ILOTS DENSES ET BUISSONNANTS SUR CUIRASSE EN AFFLEUREMENTS OU À FAIBLE PROFONDEUR.
Anogeissus leiocarpus, *Sclerocarya birrea*, *Balanites aegyptiaca*, *Tamarindus indica*, *Dalbergia melanoxylon*, *Dichrostachys glomerata*, *Albizia chevalieri*, *Acacia ataxacantha*.
Sols minéraux bruts sur cuirasse ferrugineuse.
Sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions ferrugineuses et cuirasses.
Sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley sur cuirasse ferrugineuse.
 - 7 - SAVANE ARMÉE.
Acacia senegal. Dans les portées basses : *Acacia scorpioides* var. *mitis*, *Croton adansoni*, *Mitrasyna inermis*.
Stratocotyle barboisii, *Hypoxis spissos*.
Vertisols hydromorphes largement structurés à souvent rores nodules calcaires et effondrements.
 - 8 - SAVANE ARBORÉE PASSANT PROGRESSIVEMENT, EN FONCTION DE PHÉNOMÈNES D'HYDROMORPHIE LIÉS À DES ENGORGEMENTS DU SOL OU À L'INONDATION. À DES SAVANES TRÈS CLAIRES ET LOCALEMENT À UNE PRAIRIE MARÉCAGEUSE AUX RARES ARBRES ET ARBUSTES.
Combretum glutinosum, *Terminalia swinertonii*, *Gardenia ternifolia*, *Ptilostigma reticulata*, *Terminalia macroptera*.
Groupement végétal souvent en association avec 4 et 5.
Sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley.
 - 9 - SAVANE TRÈS CLAIREMÉE DES ZONES D'INONDATION.
Pseudocedrela kotschy, *Combretum glutinosum*, *Mitrasyna inermis*, *Ptilostigma reticulata*, *Acacia senegal*... faisant le passage à la prairie marécageuse à *Hyphantenia rufa*, *Sporobolus pyramidalis*, *Setaria pallidiflora*, *Rottboellia exaltata*, *Echinochloa pyramidalis*, *Echinochloa stagnina*, *Oryza barthii*.
Vertisols hydromorphes largement structurés à nodules calcaires et effondrements.
Sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley ou gley.

- DOMAINE SAHÉLO-SOUDANAIEN**
- 10 - SAVANE ARBUSCIVE BOISÉE faisant passage à la pseudo-steppe à *Cymbopogon proximus* : *Acacia senegal*, *Acacia scorpioides* var. *adstringens*, *Ptilostigma reticulata*, *Balanites aegyptiaca*, *Balanites senegalensis*, *Croton senegalensis*, *Hyphantenia rufa*.
Sols isohumiques bruns subarides.
 - 11 - SAVANE ARBUSCIVE DE DÉPRESSION ET BORDURE DE DÉPRESSION À INONDATION TEMPORAIRE.
Acacia senegal, *Balanites aegyptiaca*, *Ptilostigma reticulata*, *Capparis decidua*, *Mesua crassifolia*, *Lannea humilis*.
Sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley.
Sols halomorphes à structure modifiée, à alcalis.
- DOMAINE SAHÉLIEN**
- 12 - PSEUDO-STEPPE à *Cymbopogon proximus* dans la partie Sud puis à *Aristida mutabilis*, *Aristida funiculata*, *Cenchrus biflorus*, ... remplacé vers le 16^{ème} parallèle par *Aristida papposa*, *Aristida pungens*, *Penicum-turgidum*, *Cornilaca monacantha*.
Rares arbres : *Acacia radiana*, *Capparis decidua*, *Mesua crassifolia*.
Sols isohumiques bruns et brun-rouge subarides.
 - 13 - VÉGÉTATION DES COURS D'EAU. (Nord du 14^{ème} parallèle)
Acacia flava, *Acacia senegal*, *Acacia mellifera*, *Acacia radiana*, *Mesua crassifolia*.
Sols halomorphes à structure modifiée, à alcalis.
Sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley.
 - 14 - VÉGÉTATION DES OULADIÉS NATRONÉS DE LA BORDURE DU LAC TCHAD.
Autour des zones salées, dans les portées les moins fortement salées : *Cynodon dactylon*, *Sporobolus robustus*, *Juncus maritimus*, *Eragrostis sp.*
Sur les pentes des dunes : repousses d'*Hyphantenia rufa*, *Commiphora africana*, *Leptadenia spartea*, *Acacia radiana*.
Sols halomorphes à structure non dégradée, salins, salins à encroûtement calcaire.
Sols isohumiques bruns à brun-rouge subarides.

- GROUPEMENTS APPARTENANT À PLUSIEURS DOMAINES**
- 15 - VÉGÉTATION TRÈS CLAIREMÉE DES SOLS DE "NAGA", avec prédominance des espèces suivantes du Sud vers le Nord :
Lannea humilis, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal*, *Dalbergia melanoxylon* repousses d'*Hyphantenia rufa*, *Capparis decidua*, *Mesua crassifolia*.
Stratocotyle graminéenne basse et contractée : *Schoenefeldia gracilis*.
Au Nord du 14^{ème} parallèle ce type de végétation se confond le plus souvent avec celui très clairsemé des sols de "reg".
Sols halomorphes à structure modifiée, à alcalis, lessivés ou non.
 - 16 - VÉGÉTATION TRÈS CLAIREMÉE DES SOLS DE "REG", avec prédominance des espèces suivantes du Sud vers le Nord :
Balanites aegyptiaca, *Acacia senegal*, *Capparis decidua*, *Mesua crassifolia*.
Stratocotyle graminéenne basse et contractée : *Schoenefeldia gracilis*, *Aristida funiculata*.
Sols halomorphes à structure modifiée, à alcalis, lessivés.
 - 17 - VÉGÉTATION DES MASSIFS. (Contreforts de l'Adamaoua, Région Pala-Léré, Massif Central Tchadien...)
Savane arborée claire soudano-guinéenne puis soudanienne plus au Nord avec dominance d'espèces particulières sur sols squelettiques : *Monotes Kerstingii*, *Borassia dolata*, *Stratocotyle tomentosa*, *Acacia hebecladoides*, *Erythrina sp.*
Sols minéraux bruts et sols peu évolués sur granite, gneiss, grès...
 - 18 - VÉGÉTATION DES MASSIFS. (Massif du Ouaddaï)
Savane arborée claire soudanienne puis arbuscive sahélo-soudanienne et sahélienne vers le Nord avec dominance dans ces dernières d'espèces de *Acacia* :
Acacia mellifera, *Acacia feta*, *Acacia senegal*, *Acacia scorpioides* var. *adstringens*, *Dalbergia melanoxylon*, *Albizia sericeopapala*.
Sols minéraux bruts et sols peu évolués sur granite, gneiss, grès...
 - 19 - VÉGÉTATION DES BOURRELETS DES COURS D'EAU OU DES DÉPRESSIONS INONDABLES (Sud du 14^{ème} parallèle) En fonction de la latitude, pastourisations suivantes :
Domaine Soudano-guinéen 1 + 2 + 4 ; par touches 15
Domaine soudanien 4 + 5 + 7 + 8 + 9 + 15
Domaine sahélo-soudanien 7 + 9 + 10 + 11 + 15
 - 20 - CORDONS SABLEUX.
4 (partie Sud), 10 - 12 (partie Nord)
- JUXTAPOSITIONS**
- A - 12 + 14
 - B - 7 + 15
 - C - 16 + 17
 - D - 16 + 18
 - E - 7 + 12 + 15
 - F - 7 + 14 + 15
 - G - 12 + 13 + 15



REFERENCES
Carte phénoécologique du Tchad à l'échelle de 1 : 1 000 000
Esquisse géologique des formations tertiaires et quaternaires du Tchad (au Sud du 16^e parallèle) à l'échelle de 1 : 1 000 000