

ACADÉMIE DE MONTPELLIER

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

BIBLIOTHÈQUE
SMA/EMBRAPA

THÈSE

présentée à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc
pour l'obtention du grade

DOCTEUR - INGÉNIEUR en Écologie Générale et Appliquée
Option Écologie Terrestre

ESSAI SUR LES DÉSÉQUILIBRES ÉCOLOGIQUES ET AGRICOLES EN ZONE TROPICALE SEMI-ARIDE

— Le cas de la région de Maradi au Niger —

I - Qualification écologique de l'espace rural
II - Étude de trois villages Haoussas

par

Evaristo Eduardo DE MIRANDA

soutenue le 3 MARS 1980, devant la Commission d'Examen

NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CENTRE D'ÉTUDES PHYTOSOCIOLOGIQUES
ÉCOLOGIQUES Louis EMBERGER

Centre de Mende - B.P. 5051 - 34033 MONTPELLIER CEDEX

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES
TROPICALES ET DES CULTURES VIVRIÈRES
(I.R.A.T. / G.E.R. D.A.T.)

110 Rue de l'Université - 75340 PARIS CEDEX 07

ACADÉMIE DE MONTPELLIER
UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

THÈSE

BIBLIOTECA
MA/EMBRAPA

présentée à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc
pour l'obtention du grade

DOCTEUR - INGÉNIEUR en Écologie Générale et Appliquée
Option Écologie Terrestre

**ESSAI SUR LES DÉSÉQUILIBRES ÉCOLOGIQUES
ET AGRICOLES EN ZONE TROPICALE SEMI-ARIDE**

— Le cas de la région de Maradi au Niger —

I — Qualification écologique de l'espace rural
II — Étude de trois villages Haoussas

par

Evaristo Eduardo DE MIRANDA

soutenue le 3 MARS 1980, devant la Commission d'Examen

Jury :

MM.	M. GODRON	<i>Président</i>
	R. BILLAZ	} <i>Assesseurs</i>
	J.-L. GUILLERM	
	Ph. LACOMBE	
	R. TOURTE	<i>Membre invité</i>

TS-04-001263

BIBLIOTECA	
Clasificación:	
Nombre:	Miranda
Fecha:	TS-04-001263
Valor:	28/10/2005

id. 1755-1

1954

1955

- 1 - [illegible] 1954
- 2 - [illegible] 1955
- 3 - [illegible] 1956

1957
1958

- 4 - [illegible] 1957
- 5 - [illegible] 1958

- 6.1 - [illegible]
- 6.2 - [illegible]
- 6.3 - [illegible]
- 6.4 - [illegible]

- 7 - [illegible]
- 8 - [illegible]
- 9 - [illegible]
- 10 - [illegible]

- 11 - [illegible]
- 12 - [illegible]

[illegible]
 [illegible]
 [illegible]

[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]

A Luiza,
 Evaristo
 et
 José Roberto

CLASS	TS 571.27
CUTTER	M672e
TCMBO	98.0032
	23.6.98 er.8

LIMINAIRE

AVANT-PROPOS

1 - <u>Problématique</u>	4
2 - <u>Objectifs</u>	6
3 - <u>Aire étudiée</u>	9

PREMIERE PARTIE : QUALIFICATION ECOLOGIQUE
DE L'ESPACE RURAL

I - ETUDE DU CLIMAT PAR RAPPORT AUX PROBLEMES
ECOLOGIQUES ENVISAGES

1 - <u>Pourquoi commencer par le climat ?</u>	14
2 - <u>Au commencement le vent était ...</u>	15
2.1 - <u>L'importance des vents</u>	
2.2 - <u>Dans une seule direction annuelle</u> <u>des vents opposés</u>	
2.3 - <u>Des vents fréquents, surtout pendant</u> <u>la saison sèche</u>	
2.4 - <u>Les vents et l'humidité de l'air</u>	
3 - <u>Des températures élevées et des précipitations</u> <u>limitées</u>	19
3.1 - <u>Des températures élevées toute l'année</u>	
3.2 - <u>Des précipitations limitées à la saison</u> <u>estivale</u>	
3.3 - <u>Le diagramme pluviothermique</u>	
3.4 - <u>Quel climat ?</u>	
4 - <u>Les oscillations climatique récentes</u>	25
4.1 - <u>Sècheresse ou sècheresses ?</u>	
4.2 - <u>Des précipitations invariables variables</u>	
4.2.1 - <u>Dans le temps...</u>	
4.2.2 - <u>Dans l'espace...</u>	
5 - <u>Quelques commentaires</u>	36

II - ETUDE DES ACTIVITES HUMAINES PAR RAPPORT
AUX PROBLEMES ECOLOGIQUES ENVISAGES

	<u>Pages</u>
1 - <u>Une catégorie que Hegel n'avait pas prévue</u>	39
2 - <u>La fondation des royaumes haoussas</u>	40
3 - <u>L'occupation de l'espace à l'orée</u> <u>du XIXème siècle</u>	42
4 - <u>Les changements introduits par</u> <u>la jihad peule (1805)</u>	42
5 - <u>Les conséquences de la colonisation</u> <u>française (1907)</u>	46
6 - <u>Les 25 dernières années et la situation</u> <u>actuelle</u>	49
7 - <u>Quelques commentaires</u>	52

III - ETUDE DE LA DYNAMIQUE ET DE LA STABILITE DES
PHYSIQUES (SUBSTRAT)

1 - <u>Un plat pays</u>	55
2 - <u>La dynamique des milieux</u>	57
3 - <u>L'histoire géologique de la région étudiée</u>	59
3.1 - <u>Le cadre géologique : la bordure sud-est</u> <u>du bassin des Iullemmeden</u>	
3.2 - <u>L'évolution géomorphique de la région de</u> <u>de Maradi durant le Quaternaire récent</u>	
3.2.1 - <u>L'Inchirien : période humide</u> <u>.....</u>	
3.2.2 - <u>L'Ogolien : période aride</u> <u>.....</u>	
3.2.3 - <u>Le Tchadien : période humide</u> <u>.....</u>	
3.2.4 - <u>Le Tafolien : petite phase aride</u> <u>.....</u>	
3.2.5 - <u>Le Subactuel : dernière période humide</u> <u>.....</u>	
3.2.6 - <u>Le modelé actuel</u> <u>.....</u>	

4 - <u>La stabilité des différents milieux sous le climat actuel</u>	69
4.1 - <u>Une morphogenèse dominée par le vent</u>	
4.1.1 - <u>Les actions éoliennes</u>	
4.1.2 - <u>Les actions hydriques</u>	
4.2 - <u>Une pédogenèse très atténuée</u>	
4.2.1 - <u>L'influence des pédogenèses anciennes</u>	
4.2.2 - <u>La pédogenèse et les sols actuels</u>	
4.3 - <u>Quelques commentaires sur la stabilité des milieux</u>	
5 - <u>Les principales unités morphopédologiques</u>	76
5.1 - <u>Une définition</u>	
5.2 - <u>Six unités principales</u>	
6 - <u>Quelques commentaires</u>	80

IV - L'ETUDE DE LA VEGETATION NATURELLE

1 - <u>La végétation naturelle ; pourquoi ?</u>	81
2 - <u>L'obtention des données</u>	82
2.1 - <u>L'échantillonnage</u>	
2.2 - <u>Le nombre de relevés et leur emplacement</u>	
2.3 - <u>Les stations étudiées</u>	
3 - <u>Flore et floristique</u>	86
3.1 - <u>Un bref rappel de l'exploration botanique du Niger</u>	
3.2 - <u>La flore de l'aire étudiée</u>	
3.3 - <u>Une espèce nouvelle pour le Niger</u>	
3.4 - <u>La diversité floristique</u>	
4 - <u>Approche floristico-écologique de l'aire étudiée</u> ..	90
4.1 - <u>Une approche - deux méthodes</u>	

4.2 - <u>Méthode globale</u>	91
4.2.1 - <u>Méthode globale et ordination des relevés</u>	
4.2.2 - <u>L'analyse factorielle des correspondances : résultats</u>	
4.2.3 - <u>L'importance du gradient climatique</u>	
4.2.4 - <u>L'importance d'autres facteurs écologiques</u>	
4.2.4.1 - <u>La vallée du Goulbi N'Kaba</u>	
4.2.4.2 - <u>Les régions à Crétacé et Quaternaire anciens peu profonds</u>	
4.2.5 - <u>Conclusions</u>	
4.3 - <u>Méthode analytique</u>	105
4.3.1 - <u>Méthode analytique et traitement phyto-écologique</u>	
4.3.2 - <u>Les profils écologiques</u>	
4.3.3 - <u>L'information mutuelle entre les espèces et les variables écologiques</u>	
4.3.4 - <u>L'identification des variables actives sur la composition floristique de l'aire étudiée</u>	
4.3.5 - <u>Groupes d'espèces indicatrices vis vis du gradient climatique</u>	
4.3.6 - <u>La vallée du Goulbi N'Kaba</u>	
4.3.7 - <u>Les régions à Crétacé et Quaternaire anciens peu profonds</u>	
4.3.8 - <u>Conclusions</u>	

5 - <u>L'approche des paysages végétaux de l'aire étudiée.....</u>	123
5.1 - <u>Une tentative</u>	
5.2 - <u>Deux critères</u>	
5.3 - <u>Quelques commentaires paysages végétaux</u>	
5.4 - <u>Quelques réflexions sur les rapports flore/végétation/milieu dans l'aire étudiée</u>	
5.4.1 - <u>Les espèces sciaphiles</u>	
5.4.2 - <u>Les espèces très fréquentes</u>	
5.4.3 - <u>Les espèces rares</u>	

V - <u>ESSAI DE DECOUPAGE ECOLOGIQUE DE L'ESPACE RURAL ETUDIE.....</u>	133
--	-----

I - LES VILLAGES ETUDIES

- 1 - Localisation 137
2 - Exploitations agricoles étudiées 137

II - L'ETUDE DES RESSOURCES VEGETALES AU NIVEAU
VILLAGEOIS

- 1 - La cartographie de l'occupation des terres 139
- 1.1 - Définition
1.2 - La structure de la végétation
1.3 - Les espèces dominantes
1.4 - Les degrés d'artificialisation
1.5 - Le choix des couleurs
1.6 - Principales similitudes entre Magami
et Serkin Haoussa
1.7 - Principales différences entre Magami
et Serkin Haoussa
1.8 - Quelques commentaires ...
- 2 - La végétation cultivée (ou à reproduction
artificialisée) 149
- 2.1 - Les espèces cultivées
2.2 - Variabilité inter-villageoise
2.3 - Variabilité intra-villageoise
2.4 - Usage et état de la végétation cultivée
- 2.4.1- Le mil (*Pennisetum americanum*)
2.4.2- Le niébé (*Vigna unguiculata*)
2.4.3- Le sorgho (*Sorghum bicolor*)
2.4.4- Quelques commentaires
- 3 - La végétation naturelle (ou à reproduction
spontanée) 159
- 3.1 - La nature de la végétation à reproduction
spontanée

	<u>Pages</u>
3.2 - <u>Une ressource diversifiée à usages multiples</u>	
3.3 - <u>Espèces végétales et usages</u>	
3.4 - <u>Quelques commentaires sur l'état de la végétation naturelle</u>	
4 - <u>Quelques commentaires</u>	164
III - <u>DES RESSOURCES NATURELLES OBJET DE RAPPORTS SOCIAUX COMPLEXES</u>	165
1 - <u>L'appropriation de l'espace à la fondation des villages</u>	165
2 - <u>L'apparition d'un terroir villageois</u>	166
3 - <u>L'appropriation des ressources au sein d'un terroir</u>	170
4 - <u>De l'appropriation à la propriété des ressources naturelles</u>	175
5 - <u>Perspectives d'évolution des formes sociales de propriété : le cas de la terre</u>	176
IV - <u>EQUILIBRE ECOLOGIQUE OU EQUILIBRE VIVRIER ?</u>	179
CONCLUSION	183
BIBLIOGRAPHIE	187
ANNEXES	201

" O nuit, je n'ai rapporté de ta félicité
que l'apparence parfumée d'ellipses
d'oiseaux insaisissables. "

René Char
(Fenaison)

LIMINAIRE

La présentation de ce mémoire, après sept années d'études et de travail en France, et avant un retour certain au pays, signifie pour moi beaucoup plus qu'un simple aboutissement des recherches menées au Niger.

Il y a quatre ans, dans le bassin arachidier du Sénégal, R. BILLAZ, qui dirigeait mon stage, est venu me rendre visite sur le terrain. Nos convergences et divergences dans l'analyse et l'interprétation des faits observés, nous montraient l'intérêt de développer la recherche agronomique en milieu réel et m'incitaient à continuer dans cette voie. Depuis lors, il n'a cessé de partager mes préoccupations et de me soutenir dans mes recherches. Qu'il soit assuré de ma reconnaissance et de mon amitié.

Le Sénégal fut ma porte d'entrée en Afrique sud-saharienne. Une année après, lors de l'Opération Lutte contre l'Aridité Tropicale, promue par la Délégation Générale de la Recherche Scientifique et Technique (DGRST), j'ai eu la chance d'être associé au programme de recherches pluridisciplinaires mené à Maradi au Niger par le Centre d'Etudes et de Recherches Ethnologiques de l'Université de Bordeaux II, avec la participation de l'Institut de Recherche et d'Application des Méthodes de Développement (IRAM), sous l'égide de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN). Je tiens à remercier toutes les personnes -ouvriers, techniciens, administrateurs, chercheurs,...- qui ont aidé à la réalisation de mon travail au Niger et en France.

Mes perspectives de recherche furent élargies, dès la première campagne de terrain, grâce aux stages que j'ai pu effectuer à Montpellier au Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques Louis EMBERGER (CEPE-CNRS) et à l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (IRAT-GERDAT).

Le Professeur M. GODRON, Directeur du CEPE L. EMBERGER, en m'accueillant dans son laboratoire, m'a accordé une grande liberté de travail. Malgré ses nombreuses activités, il a bien voulu me consacrer de son temps. Ses cours à l'Institut de Botanique, ses interventions lors de sorties dans les garrigues montpelliéraines et nos entretiens m'ont enseigné que, dans la recherche scientifique, il faut pouvoir apprendre, comprendre, mais aussi surprendre. Je suis très honoré qu'il ait accepté de présider mon jury de thèse.

C'est J.L. GUILLERM qui a suivi de près la partie phytoécologique de ce travail, au Niger où il a fait un séjour en 1978, comme au CEPE L. EMBERGER. Ses remarques, suggestions et interrogations, tout au long de cette expérience, m'ont apporté conseils et aide dans l'obtention, dans le traitement et dans la présentation des données phytoécologiques. Qu'il soit assuré de ma reconnaissance et de mon amitié.

Je ne peux quitter le CEPE L. EMBERGER sans remercier Ph.DAGET, E. LE FLOC'H, J. LEPART, G. LONG, S. RAMBAL et F. ROMANE pour l'accueil et l'aide reçue dans le département d'Ecologie Générale, ainsi que toute l'équipe du bureau de dessin. C'est à l'art, à la technique et au dévouement de MM. M. ARBIEU, A. CARRIERE, R. FERRIS, C. LACOMBE, D. LACOMBE et J. VILANOVA que l'ouvrage doit la qualité de son illustration.

Monsieur R. TOURTE, Chef de la Division d'Agronomie de l'IRAT, m'a fait bénéficier de sa longue expérience sur les problèmes de l'agriculture africaine. Il m'a permis l'accès aux différents acquis scientifiques de l'IRAT dans les domaines les plus variés, m'introduisant, à l'occasion, auprès de nombreux chercheurs. Ce n'est jamais en vain que j'ai fait appel aux judicieux conseils de J. KILIAN (morphopédologie), de F. FOREST (Bioclimatologie) et de M. ARNAUD (Analyse des données). A l'IRAT, Mme E. BONDOUX, avec un dévouement tout particulier, a pris en charge la dactylographie de ce texte. Que tous soient assurés de ma reconnaissance.

L'équipe du Programme de Recherches Interdisciplinaire Français sur les Acridiens du Sahel (GERDAT-PRIFAS) m'a apporté une collaboration précieuse et originale dans l'approche de l'écologie des régions tropicales semi-arides. Qu'elle soit assurée de ma reconnaissance et de mon amitié.

Si c'est à l'IRAT et au CEPE L. EMBERGER que j'ai traité l'essentiel des problèmes écologiques et agronomiques de mon travail, c'est le professeur Ph. LACOMBE, de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier (EN-SAM), qui m'a apporté des réflexions nouvelles sur les aspects économiques des problèmes étudiés, bien qu'il ait été associé tardivement à ce travail. Je le remercie d'avoir accepté de participer à mon jury de thèse.

Deux groupes d'amis, à Lyon et à Paris, ont suivi et appuyé mes initiatives tout au long de mon séjour en France. La communauté de foi qui nous a réunis continuera à nous rassembler dans l'avenir. Je les remercie de leur témoignage et de leur présence fraternelle.

Enfin, ce travail n'aurait pas pu être réalisé dans les délais et sous sa forme actuelle sans la présence, l'aide et l'affection d'Isabelle.

*"Le vrai moyen de parvenir à bien connaître
un objet, même dans ses plus petits détails,
c'est de commencer par l'envisager dans son
ensemble".*

J.-B. Lamarck

"Philosophie zoologique"

1 - LA PROBLEMATIQUE

Equilibre écologique ou équilibre vivrier ?

Cette question est posée aujourd'hui pour l'ensemble des régions tropicales semi-arides et, en particulier, aux pays sud-sahariens. Parmi ces derniers, le Niger connaît une situation assez difficile, devenue dramatique durant la période de sécheresse 1968-73.

En effet, depuis le début du siècle, pour des raisons multiples, la satisfaction des besoins alimentaires et socio-économiques croissants des populations s'est réalisée par une exploitation sans précédent des ressources de l'espace rural (extension des surfaces cultivées, réduction des jachères, éradication des ligneux, surpâturage,...).

Les conséquences de cette exploitation irraisonnée des ressources naturelles ont été multiples : épuisement de la fertilité des terres par des cultures successives sans restitution organo-minérale, développement d'importants phénomènes de morphogenèse, perte de précieux patrimoines génétiques animaux et végétaux, baisse progressive de la productivité biologique des différents milieux,...

Les efforts réalisés, au niveau de la recherche agronomique et des services de développement et d'aménagement, n'ont pas été suffisamment efficaces face à la croissance des besoins et la diminution des ressources.

Dans le monde rural, l'équilibre vivrier, difficilement atteint, est incapable de traverser une année de sécheresse. Sécheresse devient alors synonyme de famine meurtrière. Equilibre écologique et/ou équilibre vivrier ? Actuellement, ni l'équilibre écologique, ni l'équilibre vivrier ne sont assurés.

Devant cette situation, les responsables de la planification du développement commencent à percevoir que l'objectif prioritaire de satisfaire les besoins alimentaires et socio-économiques des populations doit intégrer la dimension écologique en tant que perspective et garantie d'une bonification générale des milieux à long terme.

Bien que nécessaire, cette intégration n'est pas facile à réaliser.

Dans un passé récent, la plupart des travaux d'écologie en région tropicale semi-aride se limitaient à la mise en évidence des perturbations créées par les interventions -traditionnelles et surtout modernes- de l'homme dans ces écosystèmes fragiles. De nombreux économistes, agronomes et aménagistes ont eu tendance à voir dans l'écologiste un juge sévère de leurs actions, prêt à introduire des contraintes supplémentaires à une tâche déjà difficile. Heureusement, d'autres travaux ont montré que l'écologie pouvait apporter des renseignements précieux sur les potentialités des différents milieux et sur les techniques les plus adaptées à leur mise en valeur, capables d'éviter des situations fâcheuses et coûteuses.

La situation que connaît aujourd'hui la région de Maradi au Niger, comme bien d'autres au Sud Sahara, exige un rapprochement entre l'écologie et le développement, en vue de procéder à l'analyse scientifique des problèmes d'aménagement et de transformation de l'espace rural, non seulement pour éviter de répéter les erreurs mais pour produire quelque chose de nouveau (S.D.P., 1978).

Quelque chose de nouveau dans le sens où l'absence de données de base, l'urgence des problèmes à résoudre et le manque de moyens interdisent des démarches classiques. Ces dernières, comme l'illustrent très bien certains projets de développement rural, se caractérisent par le refus d'entreprendre un minimum d'études sérieuses sur l'espace rural (dans l'interface écologie/agronomie/socio-économie), avant d'y intervenir. Elles semblent faire aveuglément

confiance à des thèmes-recettes passe-partout, obtenus dans les milieux très homogènes et maîtrisés des stations de recherche, sans mesurer l'immense hiatus qui les sépare du milieu réel, très hétérogène et peu maîtrisable.

La recherche de stratégies et d'orientations nouvelles, en vue d'une meilleure intégration entre les systèmes sociaux et les systèmes écologiques, implique leur connaissance approfondie. Or ces derniers restent très insuffisamment connus à Maradi où les rares études disponibles sont, le plus souvent, assez générales et à très petite échelle.

2 - LES OBJECTIFS

Un regard non averti ne verrait que homogénéité dans les paysages agraires de la région de Maradi : vastes étendues monotones, pauvres en végétation, extrêmement plates, parsemées de petits villages discrets, entourés de champs cultivés suivant des méthodes simples et rudimentaires...

De nombreux responsables du développement et de la recherche dans ces régions, tiennent un discours rassurant à cet égard : les problèmes traditionnels sont simples et les solutions techniques modernes puissantes... non encore appliquées pour des raisons liées, en dernière instance, à l'inertie paysanne et à sa résistance à l'innovation.

Nous conviendrons qu'en zone tropicale semi-aride la complexité n'est pas donnée d'emblée. La première perception, surtout à petite échelle, est celle d'un espace simple, homogène et sans obstacles... On ne peut faire science dans ces régions qu'en étant myope, qu'en se rapprochant au maximum de l'objet étudié. Pour les regards non avertis, le désert risque de cacher l'arbre.

Ce travail a été réalisé au niveau local et régional. Ce rapprochement ne vise pas à une réduction de l'objet étudié, mais tente de faire émerger sa complexité qui, ici, comme nous l'avons dit, n'est pas donnée d'emblée. Par cet essai d'étude des déséquilibres écologiques et agricoles, ostentation de la complexité de ces régions semi-arides, nous chercherons à dégager, à élucider, quelques éléments de la structure même du système écologique et social.

L'objectif principal de ce travail est de montrer l'intérêt et la possibilité de produire une connaissance globale des systèmes écologiques d'un espace rural peu connu, dans des délais assez courts et avec des moyens assez limités. Ceci en tenant compte, dans la mesure du possible, des problèmes actuels des populations rurales et des préoccupations de socio-économistes et développeurs.

Ces problèmes nous sont présentés comme résultant de la sécheresse et du risque climatique, alors que les préoccupations sont celles causées par le besoin de nourrir une population toujours croissante.

Bien qu'exigeant des réponses à court terme, nous pensons que ces deux dimensions doivent être envisagées, par une reconstitution historique des faits, dans leurs rapports avec l'environnement et ses ressources, à long terme.

Nous essayerons de le faire à deux niveaux de perception : régional, dans la première partie de notre travail, et local, dans la dernière.

Au niveau régional, nous essayerons de qualifier les systèmes écologiques de la région de Maradi par deux approches successives et complémentaires : l'une attachée à la connaissance synthétique de la dynamique et de la sensibilité des milieux; l'autre, qui complète et développe cette première, obtenue par l'étude de la végétation en tant qu'indicateur biologique des influences complexes du milieu.

Bien que réalisée dans le cadre d'une démarche exploratoire, cette première partie de notre travail devrait permettre :

a) un découpage de l'aire étudiée, à moyenne échelle, sur des bases écologiques;

b) une caractérisation schématique des entités ainsi créées, par leurs composantes biophysiques les plus permanentes, approchant, au moins un peu, leurs potentialités biologiques actuelles et éventuelles.

Au niveau local, nous essayerons d'approcher la végétation en tant que ressource naturelle indispensable dans la reproduction sociale.

Cette approche implique la détection, l'identification, la qualification et la quantification des ressources végétales à reproduction spontanée et artificialisée. Nous essayerons de le faire, dans trois villages haoussas, en analysant aussi les rapports sociaux qui s'établissent autour de l'espace rural, en général, et de la végétation, en particulier. C'est un point essentiel si l'on veut envisager l'avenir des systèmes écologiques et sociaux.

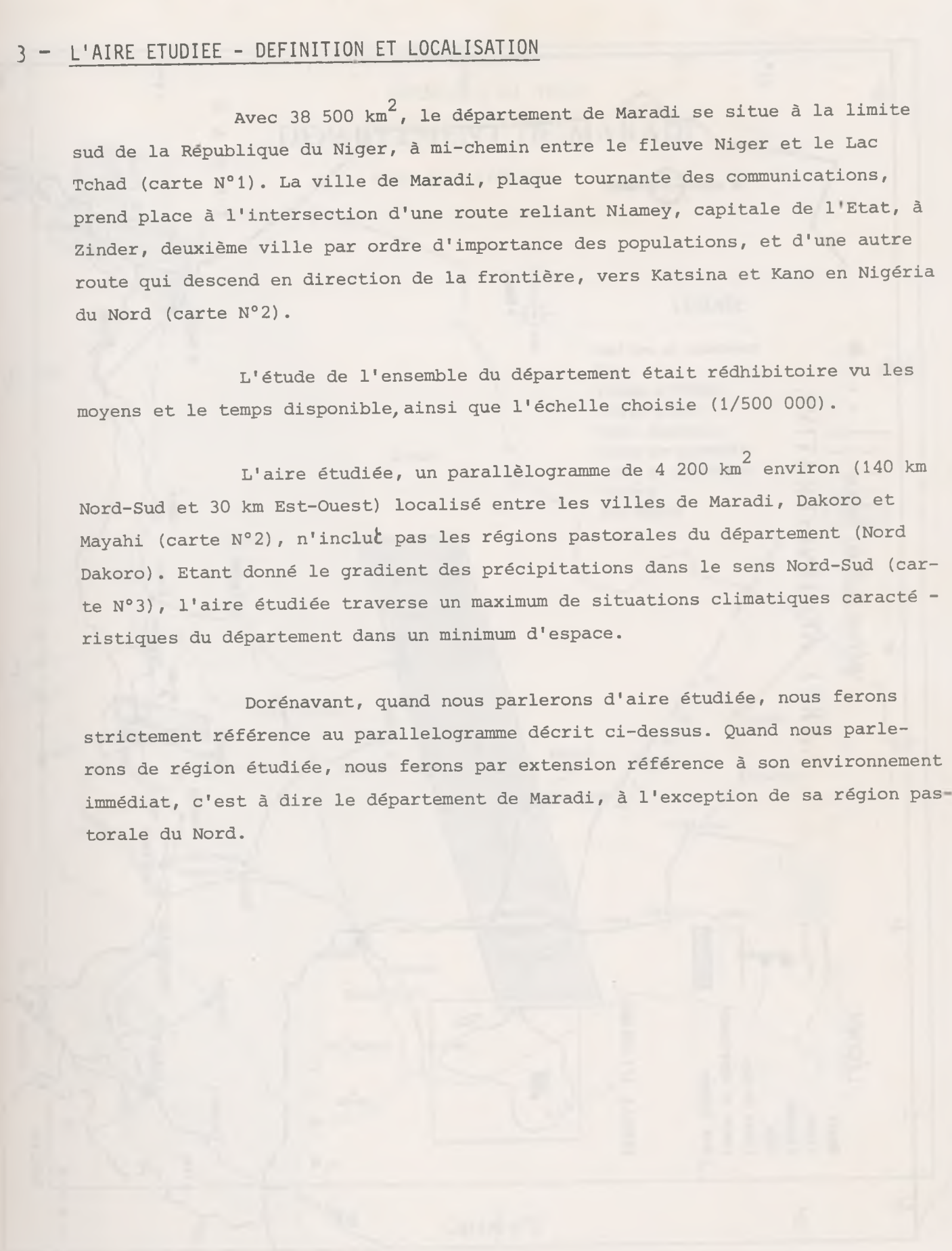
3 - L'AIRE ETUDIEE - DEFINITION ET LOCALISATION

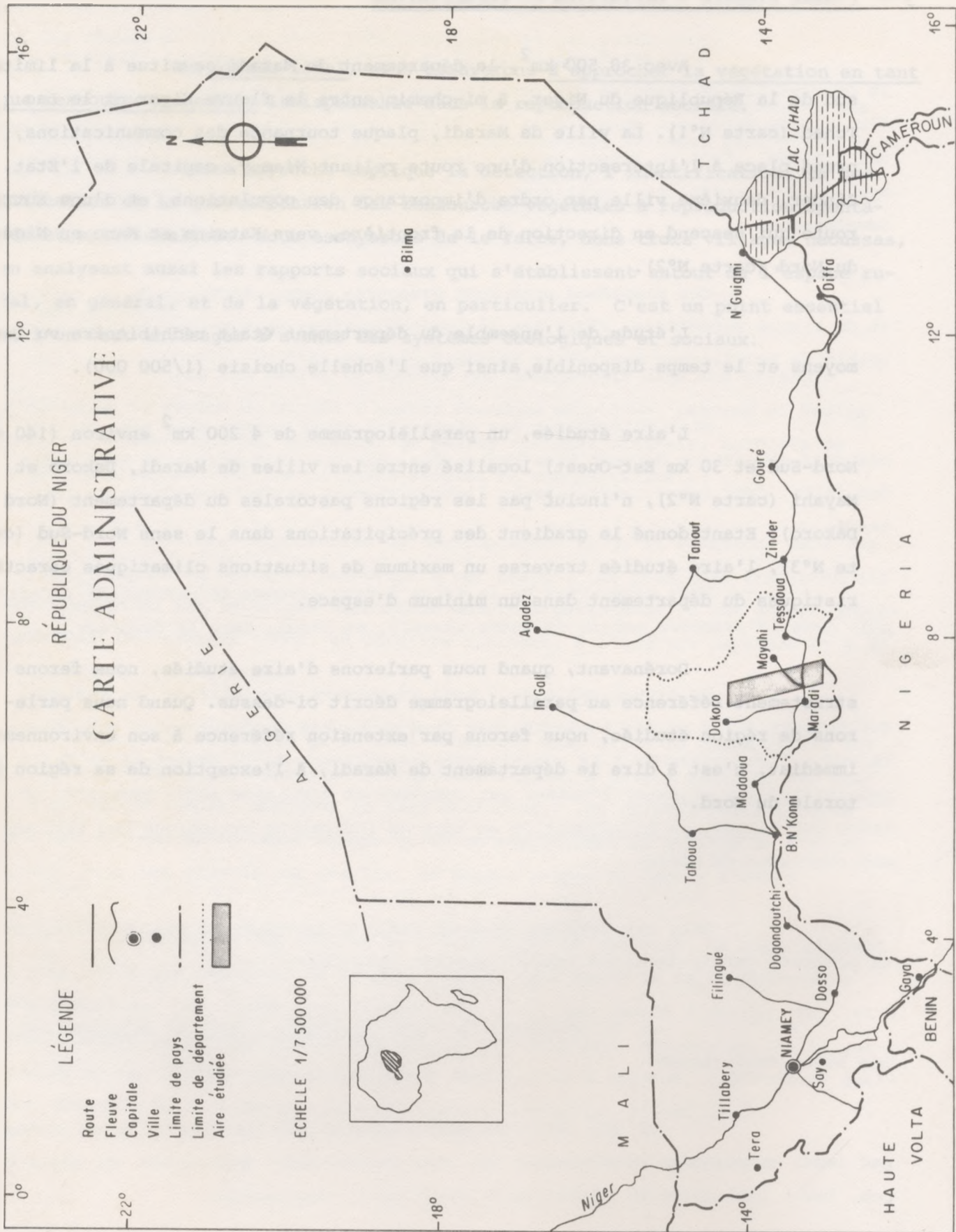
Avec 38 500 km², le département de Maradi se situe à la limite sud de la République du Niger, à mi-chemin entre le fleuve Niger et le Lac Tchad (carte N°1). La ville de Maradi, plaque tournante des communications, prend place à l'intersection d'une route reliant Niamey, capitale de l'Etat, à Zinder, deuxième ville par ordre d'importance des populations, et d'une autre route qui descend en direction de la frontière, vers Katsina et Kano en Nigéria du Nord (carte N°2).

L'étude de l'ensemble du département était rédhibitoire vu les moyens et le temps disponible, ainsi que l'échelle choisie (1/500 000).

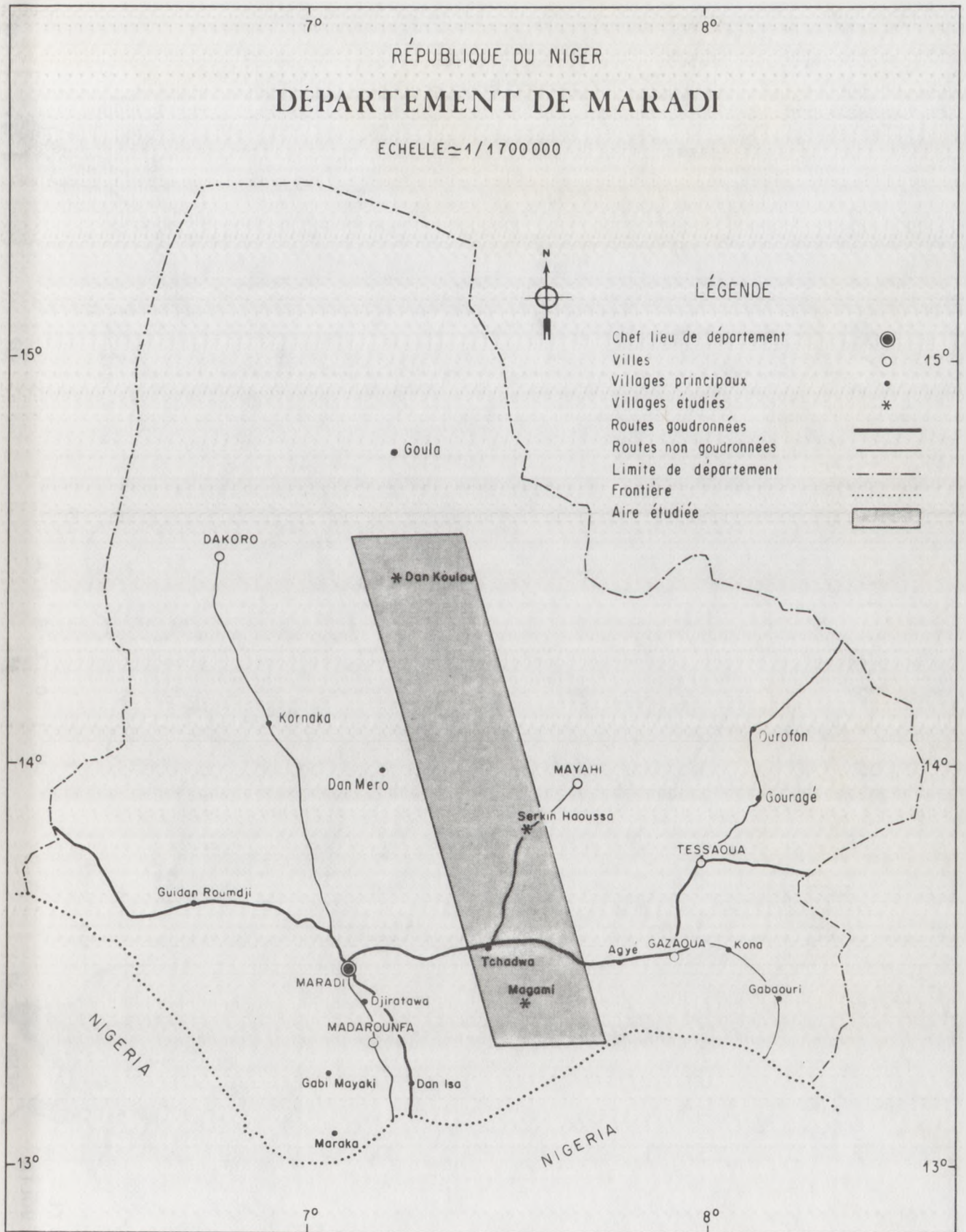
L'aire étudiée, un parallélogramme de 4 200 km² environ (140 km Nord-Sud et 30 km Est-Ouest) localisé entre les villes de Maradi, Dakoro et Mayahi (carte N°2), n'inclut pas les régions pastorales du département (Nord Dakoro). Etant donné le gradient des précipitations dans le sens Nord-Sud (carte N°3), l'aire étudiée traverse un maximum de situations climatiques caractéristiques du département dans un minimum d'espace.

Dorénavant, quand nous parlerons d'aire étudiée, nous ferons strictement référence au parallélogramme décrit ci-dessus. Quand nous parlerons de région étudiée, nous ferons par extension référence à son environnement immédiat, c'est à dire le département de Maradi, à l'exception de sa région pastorale du Nord.

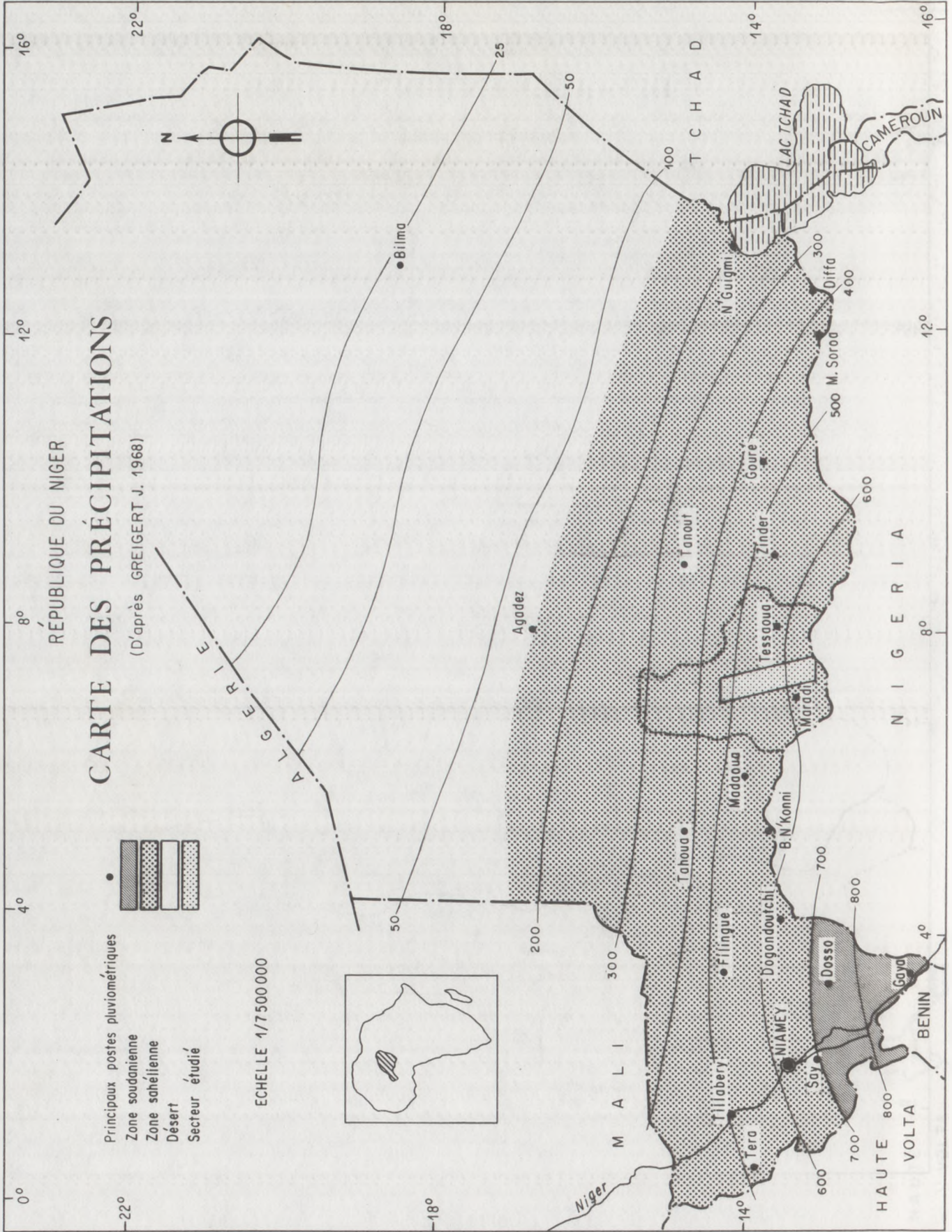




Carte n°1



Carte n°2



Carte n° 3

PLAN DE L'OUVRAGE

Première Partie

QUALIFICATION ECOLOGIQUE DE L'ESPACE RURAL

- I - Etude du climat par rapport aux problèmes écologiques envisagés
- II - Etude des activités humaines par rapport aux problèmes écologiques envisagés
- III - Etude de la dynamique et de la stabilité des milieux physiques
- IV - Etude de la végétation naturelle
- V - Essai de découpage écologique de l'espace rural étudié

Deuxième Partie

ETUDE DE TROIS VILLAGES HAOUSSAS

- I - Les villages étudiés
- II - Etude des ressources végétales au niveau villageois
- III - Des ressources naturelles objet de rapports sociaux complexes
- IV - Equilibre écologique ou équilibre vivrier ?

CONCLUSION

PREMIERE PARTIE

- QUALIFICATION ECOLOGIQUE DE L'ESPACE RURAL -

I - ETUDE DU CLIMAT PAR RAPPORT AUX PROBLEMES ECOLOGIQUES ENVISAGES

1 - Pourquoi commencer par le climat ?

Les éléments climatiques (ou plutôt leurs fluctuations) sont parfois présentés comme la principale composante des problèmes écologiques, agricoles et économiques des pays sud-sahariens, en particulier, lors des périodes de sécheresse.

Si le climat peut jouer un rôle d'accélérateur dans les processus actuels, il n'en est pas le moteur. Nos résultats confirment ce que de nombreux travaux sur les régions sud-sahariennes affirment : les responsabilités sont ailleurs.

Nous avons alors hésité à commencer ce travail par le climat. Toutefois, par sa rigueur et sa saisonnalité extrêmes, il joue un tel rôle dans l'ensemble des milieux physiques et de la végétation qu'il était difficile de les présenter (et les comprendre) sans un minimum de connaissances sur le climat régional.

Ce choix n'implique pas une description exhaustive. Du climat, ce chapitre mettra en évidence les aspects éclairants sur ;

- . la dynamique des milieux physiques, en particulier grâce à l'étude des vents;

- . la nature et l'état de la végétation, en particulier grâce à l'étude de la répartition spatio-temporelle des précipitations;

- . les formes actuelles et anciennes d'utilisation de l'espace rural par l'homme, en particulier, grâce à l'étude du régime pluviothermique.

Tout en soulignant les aspects "zonaux" de certains mécanismes météorologiques, cette approche climatique se veut régionale. L'échelle de travail sera toujours inférieure au 1/2 000 000.

Les aspects, ayant un rôle d'accélérateur dans les déséquilibres écologiques régionaux, seront particulièrement développés à partir des résultats obtenus.

2 - Au commencement, le vent était...

2.1 - L'importance des vents

Il existe actuellement une vingtaine de stations d'observations météorologiques au Niger (carte N°3), suivies par l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et Madagascar (A.S.E.C.N.A.). Sur l'ensemble du département de Maradi, seule la Station de Maradi (aéroport) réalise régulièrement la totalité des mesures conventionnelles. Située à 369 m d'altitude, fonctionnant depuis 1932, elle possède la plus longue série de données sur le climat de la région. Dans l'étude des vents et des températures, elle sera notre seule référence.

En commençant ce chapitre du climat par la présentation de quelques paramètres anémométriques, nous voudrions souligner l'importance des vents comme vecteurs de l'action du climat :

Dans le passé, surtout pendant les périodes arides du quaternaire, ils donnèrent à la région les traits dominants de son substrat et de son modèle actuel. Ces processus morphogénétiques, d'origine éolienne, restent encore très actifs, comme nous le verrons au chapitre 2.

Actuellement, les vents commandent directement le régime des précipitations par le déplacement estival des masses nuageuses du sud au nord (chapitre 1, 2). Ils agissent aussi sur la végétation (transport de graines, pollinisation, remaniement des sols,...) (chapitre 4).

En effet, "Il est impossible d'aborder un problème de nature écologique dans le Sahel sans, préalablement, envisager les effets du vent. Tout tend, en effet, à prouver que la moindre retouche du milieu naturel, soit par un mécanisme hydrique, soit par une dégradation du tapis végétal lors d'une fluctuation climatique plus aride, soit sous l'effet d'actions anthropiques, entraîne une vulnérabilité accrue vis à vis des agents de remise à vif, dont le vent est le principal" (MAINGUET (M.) et al, 1978).

2.2 - Des vents opposés dans une seule direction

Deux groupes principaux de vents dominants peuvent être distingués dans la région de Maradi :

- les vents, à dominance SW de mai à septembre, se partagent en deux directions principales moyennes (240° et 210°) avec une différence angulaire très faible. Ces vents chargés d'humidité, provenant de l'Océan Atlantique, déterminent la saison des pluies (Fig. N°1),

- les vents à dominance NE -l'harmattan- de novembre à mars, balayent la région dans une direction assez constante de 60°. Provenant du Sahara (Tibesti - Bilma), l'harmattan est un vent très desséchant (Fig.N° 1).

Un groupe secondaire de vents à dominance E marque les mois de transition, d'avril à octobre.

La vitesse moyenne annuelle des vents est de 2,4 m/s.

La rose des vents de Maradi illustre cette situation (Fig. N° 3), soit deux types de vents dominants, grossièrement de même direction et de sens opposé.

2.3 - Des vents fréquents, surtout pendant la saison sèche

La distribution des vents à Maradi est marquée par une plus grande fréquence des vents de type harmattan (secteur NE) par rapport aux vents de mousson (tableau N° 1) avec un maximum très précis de novembre à janvier (Fig. N° 1).

Tableau 1 : Fréquences mensuelles des vents à Maradi

Secteur	Moyennes mensuelles												Moyenne annuelle
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
NE	165	127	118	74	29	10	5	8	8	74	156	155	924
%	99	99	90	63	25	10	4	8	10	73	93	91	61
SW	1	2	12	43	86	93	120	90	75	27	12	16	582
%	1	1	10	37	75	90	96	92	90	27	7	9	39
TOTAL	166	129	130	117	115	103	125	98	83	101	168	171	1 506

2.4 - Les vents et l'humidité de l'air

La distribution mensuelle des vents selon les deux secteurs dominants conditionne l'évolution mensuelle de l'humidité de l'air. Remarquons la symétrie existante entre la courbe de fréquence des vents, secteur SW (Fig.N°2)

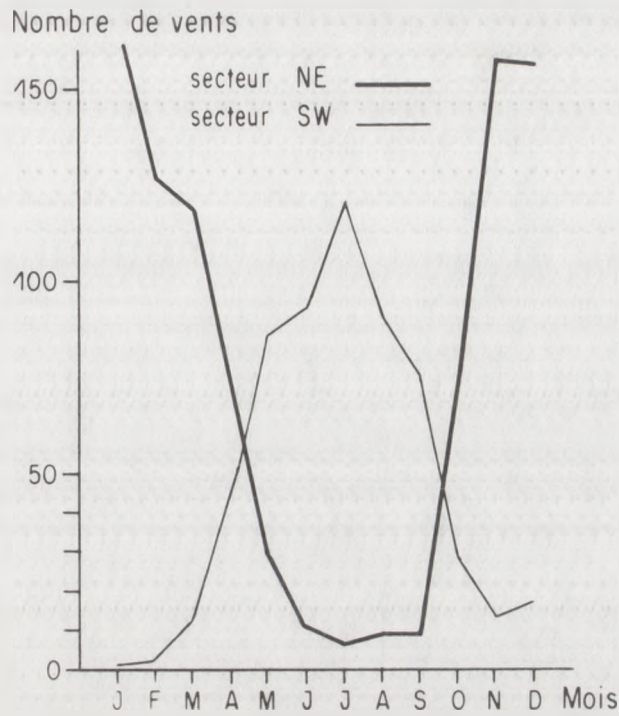


Fig. 1_ Distribution mensuelle des vents selon les secteurs dominants _ Maradi

Référence: M. MAINGUET et al., 1977

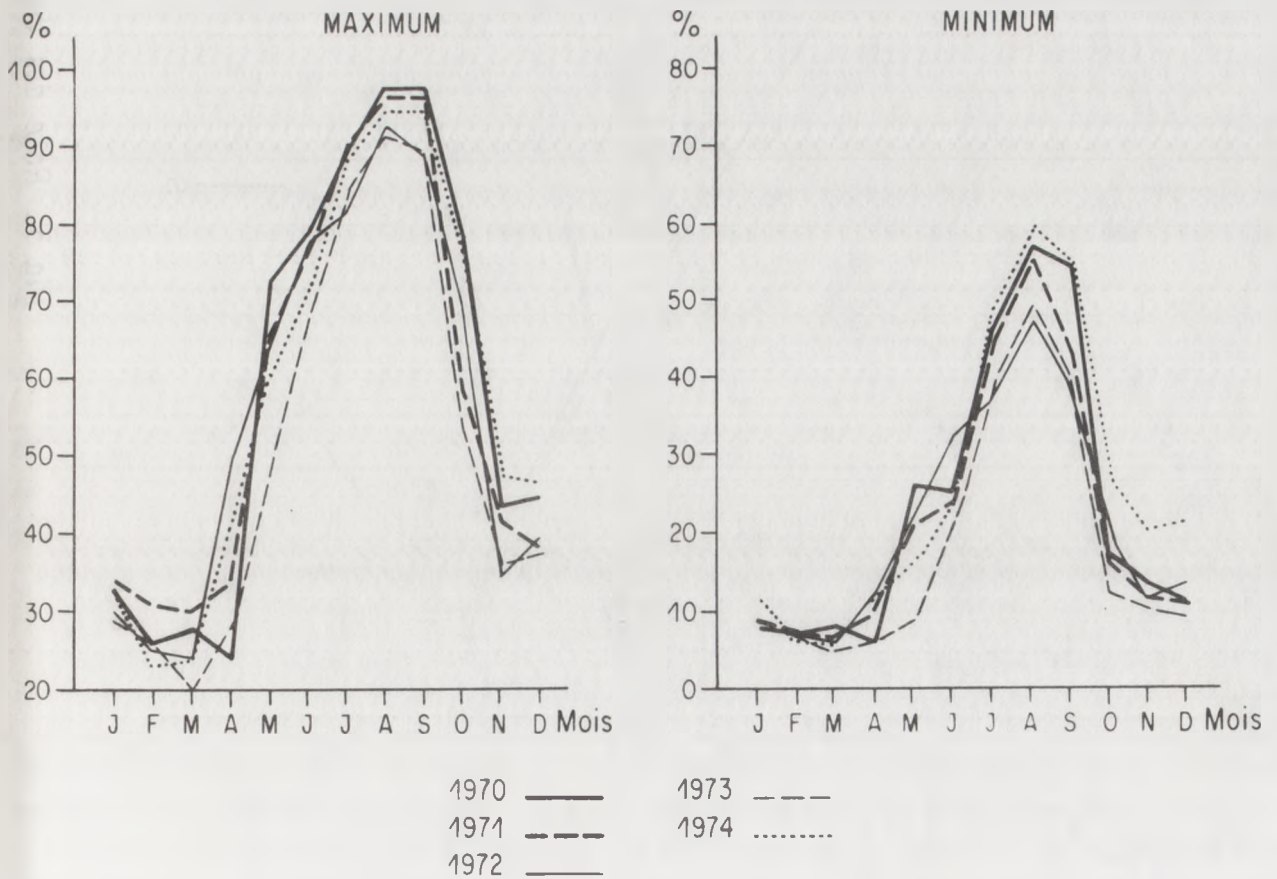


Fig. 2 _ Humidité mensuelle de l'air a Maradi 1970—1974

Référence: M. MAINGUET et al., 1977

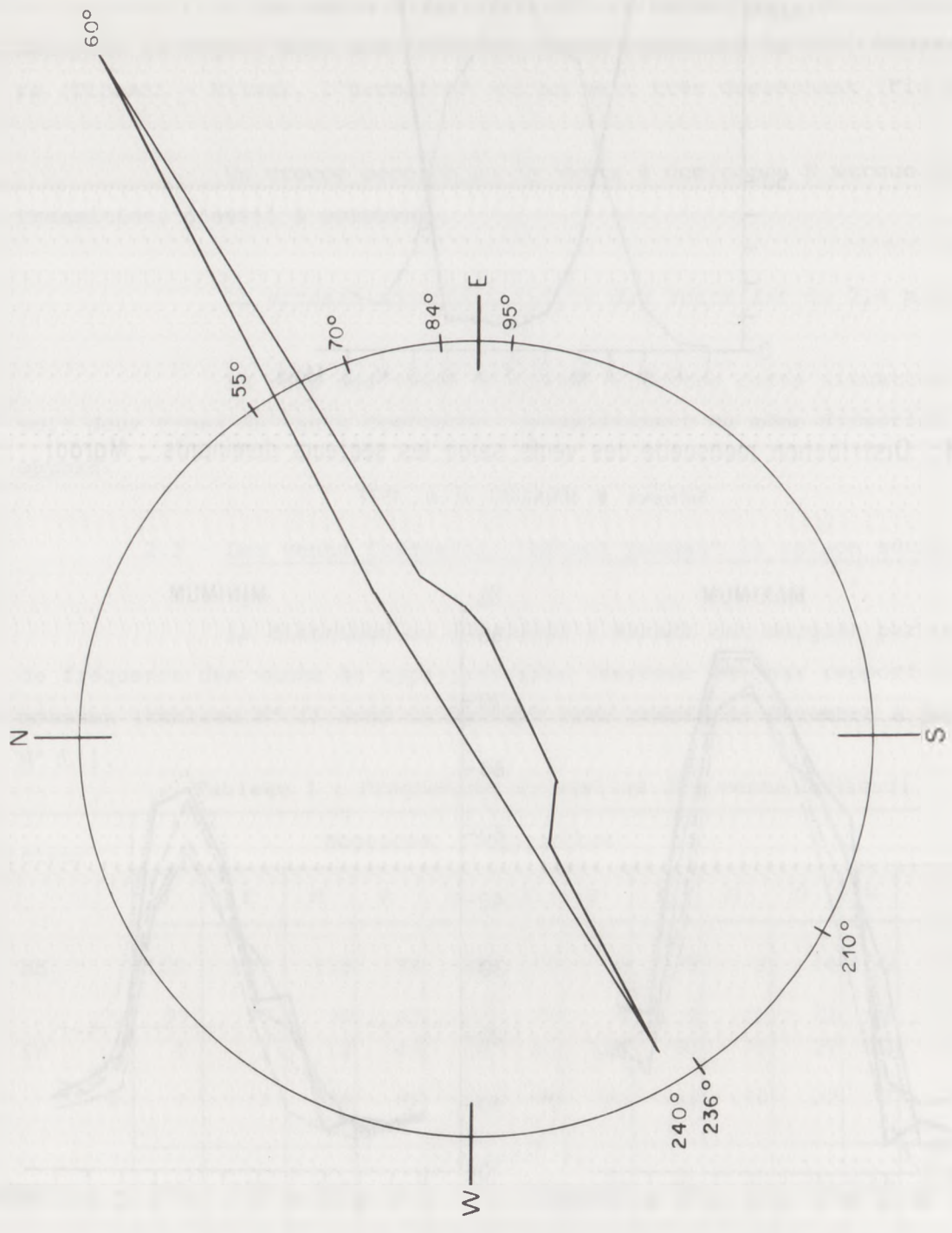


Fig. 3.- Rose des Vents - Maradi
Fréquence moyenne des vents dominants mensuels 1966 - 1975
Réfrence M MAINGUET et al., 1977

et les courbes d'air uliginaire (Fig. N° 2) :

- . l'humidité est minimale (près de 10 %) de novembre à mars, au maximum de l'harmattan
- . elle est maximale (près de 100 %) de juillet à septembre, au maximum des vents secteur SW.

Les vents sont à l'origine d'une intense demande évaporative (1,7 à 2,1 m d'eau par an pour l'ETP gazon) surestimée lors des calculs employant des formules type PENMAN (2,9 à 3,2 m) (PEDELABORDE (P.), 1976).

3 - Des températures élevées et des précipitations limitées

3.1 - Des températures élevées toute l'année

Les températures moyennes sont particulièrement élevées (maximum des moyennes mensuelles en mai avec 32,7 ° C et minimum des moyennes mensuelles en janvier avec 23,5 ° C).

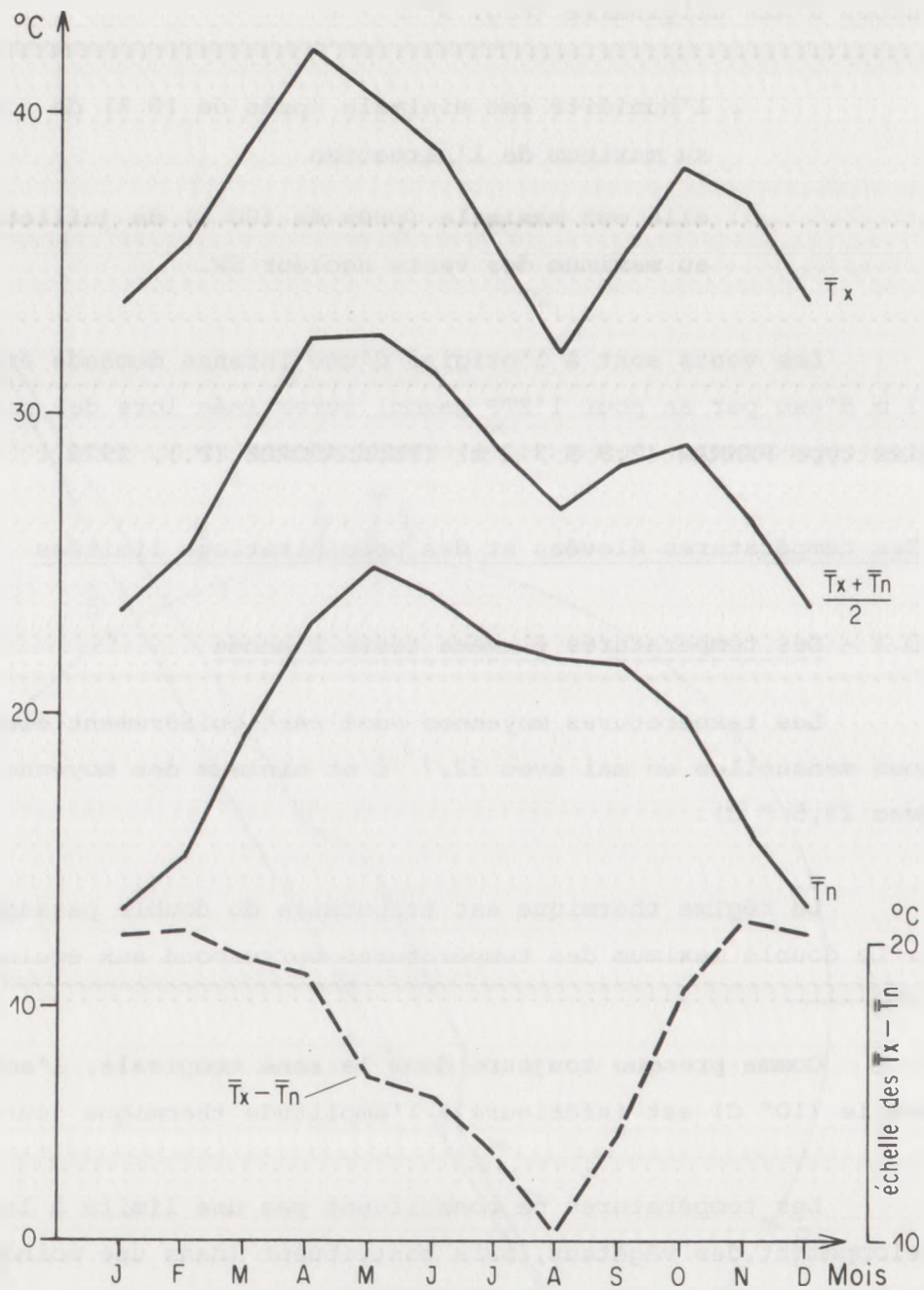
Le régime thermique est tributaire du double passage du soleil au zénith. Le double maximum des températures correspond aux équinoxes (Fig. N° 4).

Comme presque toujours dans la zone tropicale, l'amplitude thermique annuelle (10° C) est inférieure à l'amplitude thermique journalière (16°).

Les températures ne constituent pas une limite à la croissance et au développement des végétaux, mais contribuent (dans une moindre mesure que les vents) à maintenir une demande évaporative très importante toute l'année (environ 3 m pour le total annuel).

3.2 - Des précipitations limitées à la saison estivale

La saison estivale des pluies est provoquée par l'arrivée du front intertropical (FIT) qui accompagne le déplacement apparent du soleil avec un léger retard (DEMANGEOT (J.), 1976; PAGNEY (P.), 1976; LEROUX (M.), 1972).



\bar{T}_n : moyenne mensuelle des températures minimales en °C

\bar{T}_x : moyenne mensuelle des températures maximales en °C

$\frac{\bar{T}_n + \bar{T}_x}{2}$: moyenne mensuelle des températures

$\frac{\bar{T}_x - \bar{T}_n}{2}$: moyenne des amplitudes thermiques journalières

Fig. 4 - Variations mensuelles des températures.

Maradi - Niger.

(Référence O.R.S.T.O.M., 1964)

Elle s'étend, de mai à septembre, avec des précipitations maximales durant les mois de juillet et août (tableau N° 2). La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 600 mm (592 mm - écart-type 137 mm entre 1932 et 1978).

Tableau N°2 : Précipitations moyennes mensuelles à Maradi -
Période de 1932 à 1978

Précipitations en mm	M o i s											
	<u>J</u>	<u>F</u>	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>J</u>	<u>J</u>	<u>A</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>
Moyenne	0	0	0	5	28	61	156	230	100	11	0	0
Ecart-type	0	0	0	10	28	34	56	89	52	18	0	0

Un nombre de jours de pluie élevé n'est pas lié aux années pluvieuses : en 1964, il a plu 730 mm en 54 jours et, en 1965, 631 mm en 62 jours.

Un début précoce de la saison des pluies (plus de 30 mm en avril) n'implique pas obligatoirement une année pluvieuse : en 1966, il est tombé 37,8 mm en avril sur un total de 631 mm et, en 1968, 36,9 mm sur un total de 362 mm.

3.3 - Le diagramme pluviothermique

La variation annuelle des températures et des précipitations est représentée, synthétiquement, par le diagramme pluviothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (Fig. N° 5).

Remarquons que la courbe thermique est au-dessus de la courbe ombrique pendant 8 mois sur 12.

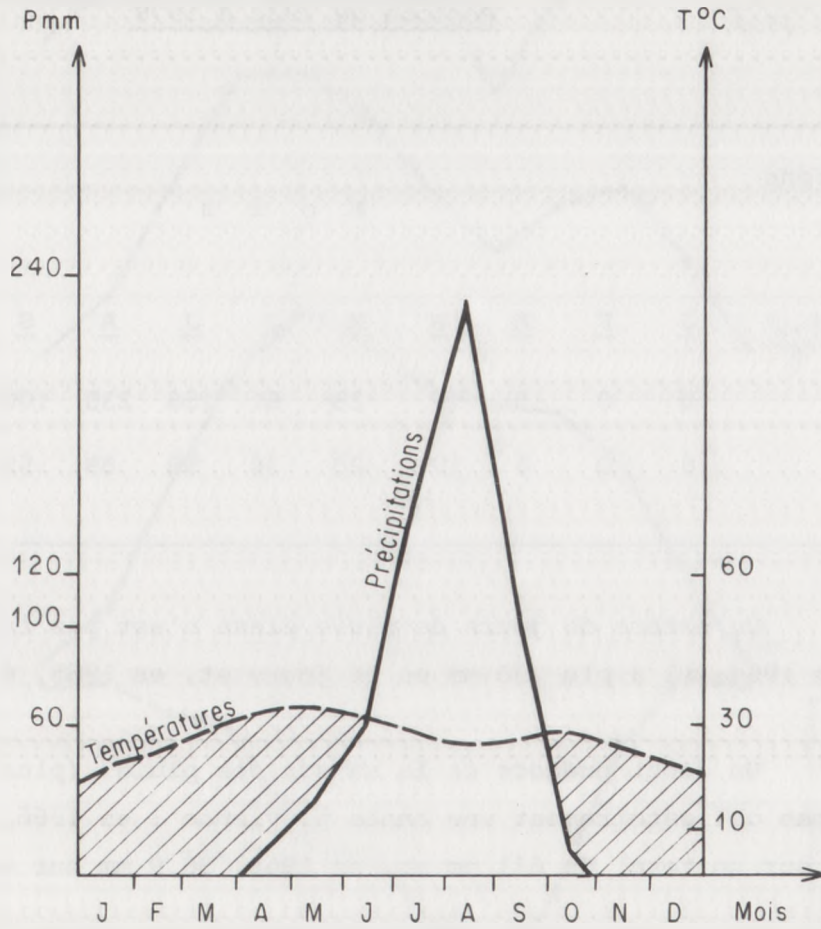


Fig.5_ Diagramme pluviothermique
Maradi_Niger

3.4 - Quel climat ?

Le mot "Sahel" et ses dérivés (sahélien , sahélo-soudanien, soudano-sahélien, sahélo-soudanais, sahélo-saharien, etc...) recouvrent des notions très variables d'un auteur à l'autre : zones de végétation, zones biogéographiques, zones climatiques, zones écologiques,...

Distinguées le plus souvent à l'aide d'isohyètes, les limites cartographiques de ces différentes zones, même à petite échelle, sont très variables. Dans le classement du climat de la région étudiée, nous avons évité d'employer ces mots, du fait de la polysémie qui les entoure. Des systèmes empiriques, à vocation plus universelle, permettent de reconnaître et de classer le climat étudié (DAGET (Ph.), 1978).

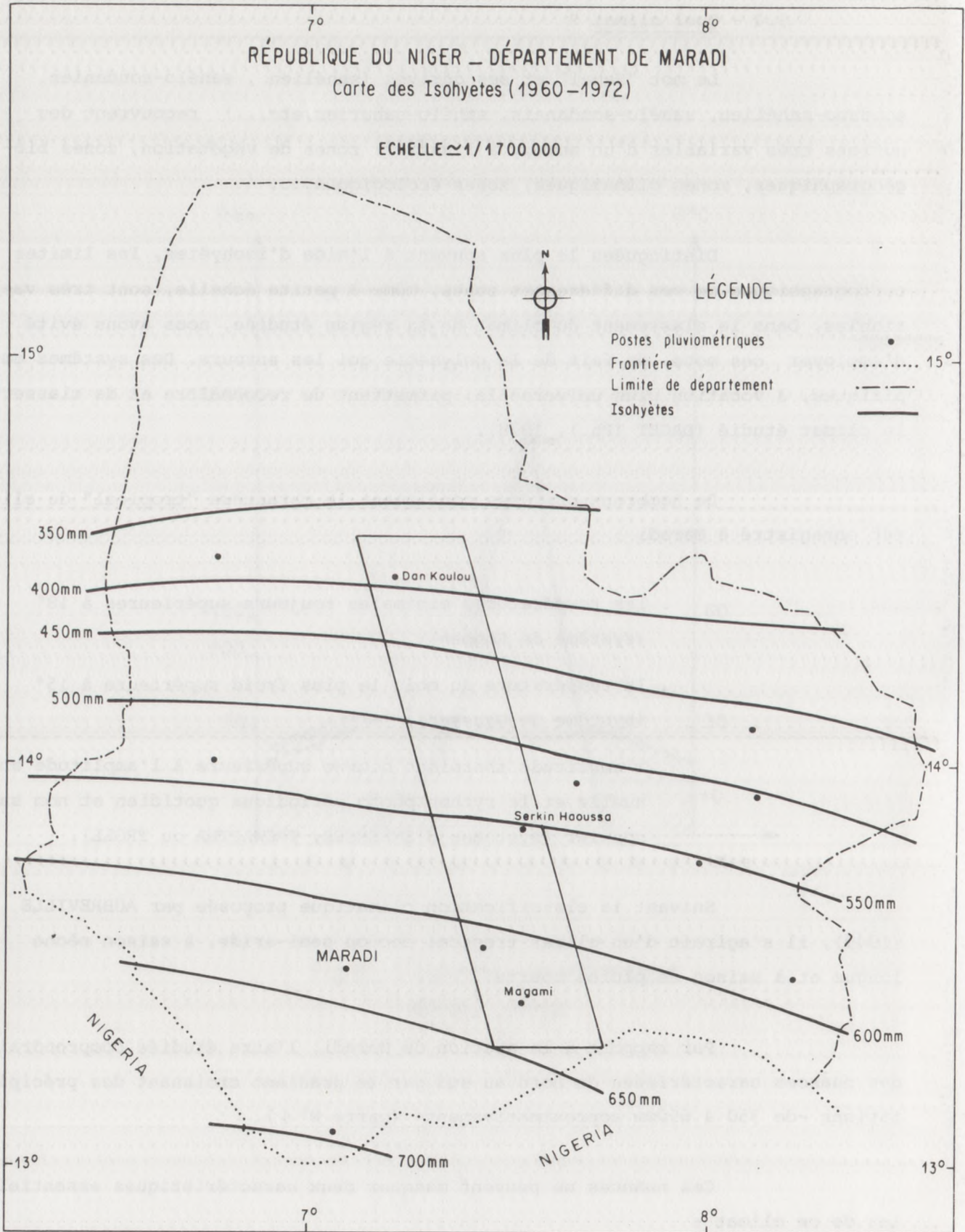
De nombreux critères confirment le caractère "tropical" du climat enregistré à Maradi :

- . les températures minimales toujours supérieures à 18° (système de Koppen);
- . la température du mois le plus froid supérieure à 15° (système de Gaussen);
- . l'amplitude thermique diurne supérieure à l'amplitude annuelle et le rythme photo périodique quotidien et non saisonnier (systèmes d'EMBERGER, TREWARTHA ou TROLL).

Suivant la classification climatique proposée par AUBREVILLE (1949), il s'agirait d'un climat tropical sec ou semi-aride, à saison sèche longue et à saison de pluies courte.

Par rapport à la station de Maradi, l'aire étudiée comprendrait des nuances caractérisées du nord au sud par le gradient croissant des précipitations -de 350 à 650mm approximativement- (carte N° 4).

Ces nuances ne peuvent masquer deux caractéristiques essentielles de ce climat :



Référence : Service Départemental du Plan
Maradi_1978

Carte n°4

- . la disproportion considérable entre les quantités d'eau reçues et l'intense demande évaporative (3 m environ);
- . le rythme saisonnier très marqué (précipitations concentrées sur 3 ou 4 mois).

Enfin, ce classement doit être considéré comme une approximation pour des moyennes effectivement enregistrées, car les fluctuations inter-annuelles sont très importantes, comme nous le verrons au paragraphe suivant.

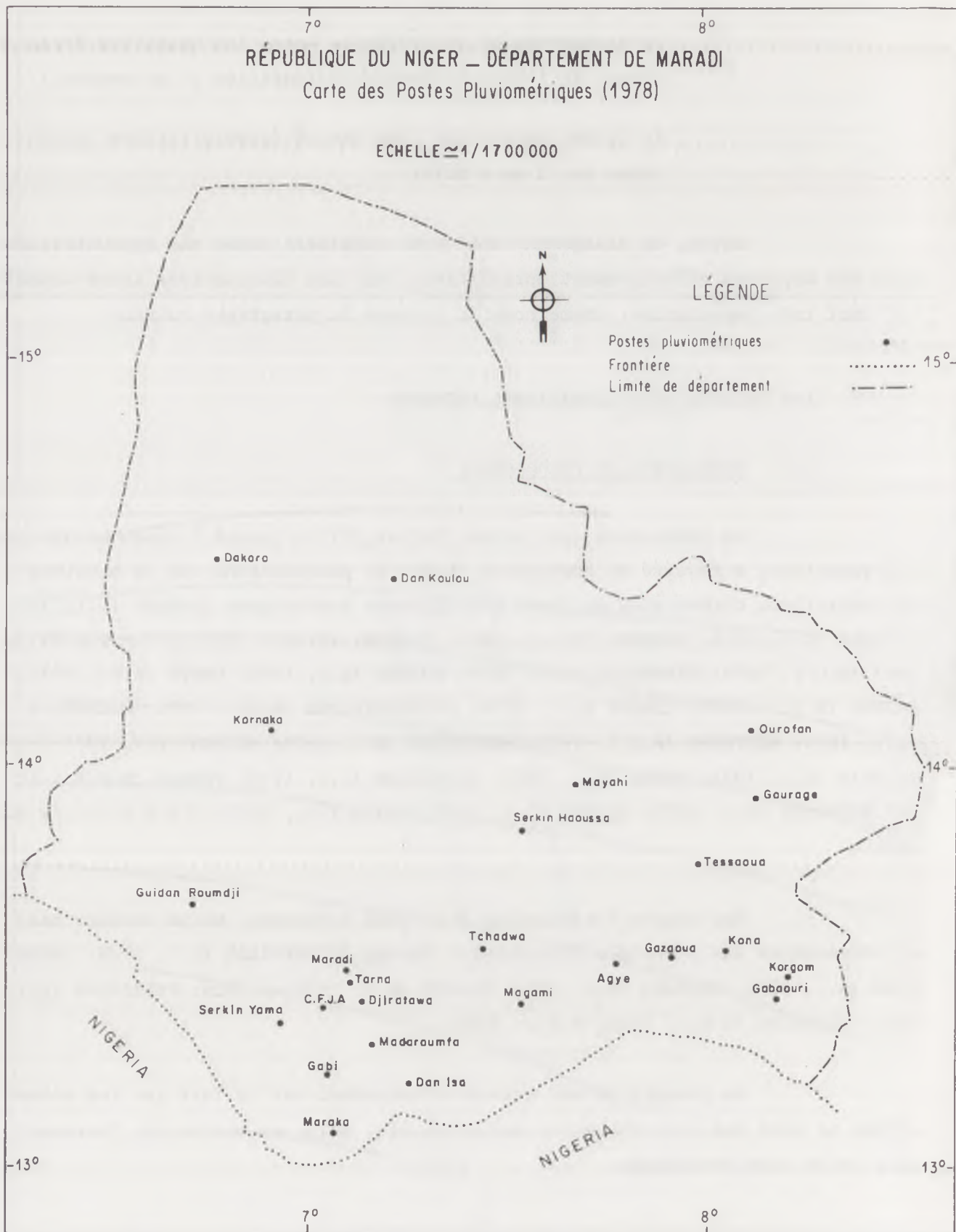
4 - Les oscillations climatiques récentes

4.1 - Sècheresse ou sècheresses ?

La sècheresse qui, entre 1968 et 1973 a touché l'ensemble des pays sud-sahariens, a suscité de nombreuses études et publications sur le problème des variations climatiques et leurs conséquences écologiques (BOUDET (G.), 1972; BOUQUET (C.), 1974; CHAMARD (P.C.), 1973; CHARMEY (J.G.), 1975; C.T.F.T., 1973; DAVY (E.G.), 1974; DELWAULLE (M.), 1973; DORIZE (L.), 1976; GROVE (A.T.), 1973; KASSAS (M.D.), 1970; LEROUX (L.), 1974; LUTZENKIRCHEN (W.R.), 1974; MAGARINOS (M.), 1973; MATTHEWS (W.H.), 1973; MENSCHING (H.), 1974; MICHON (P.), 1973; POURSIN (G.), 1974; ROCHE (M.), 1973; SIRCOULON (J.), 1974; THOMAS (M.E.R.) et DES BOUVRIES (C.), 1973; TOUPET (C.), 1975; U.S.A.I.D., 1972; U.N.E.S.C.O./W.M.O. 1963).

Ces études s'ajoutaient à de plus anciennes, moins connues mais non étrangères aux problèmes climatiques récents (AUBREVILLE (I.), 1949; CHEVALIER (A.), 1928, CHUDEAU (R.), 1921; HUBERT (H.), 1920 et 1926; PELISSIER (P.), 1951; STEBBING (E.P.), 1935; W.M.O. 1966).

La plupart de ces auteurs s'accordent sur le fait que les sècheresses ne sont pas des évènements exceptionnels, mais, au contraire, "normaux" dans cette zone écologique.



Carte n°5

Le seul fait nouveau est que, à l'heure actuelle, elles entraînent obligatoirement des famines et des disettes meurtrières (COPANS (J.) et al. 1975; DUMONT (R.), 1978; MAMOUDOU (S.), 1979).

Malgré leur intérêt, beaucoup de ces études se heurtent à des écueils interdépendants : devant l'extrême variabilité climatique dans le temps et dans l'espace, le faible réseau des postes d'observation climatique ne possède que rarement des données sur des longues périodes. Certaines études relèvent parfois de la spéculation et la plupart se limitent à la petite ou très petite échelle.

Le développement du réseau de postes pluviométriques dans le département de Maradi (carte N° 5) permet une première approche régionale du problème des répartitions spatiales des précipitations annuelles (chap.).

Mais commençons par l'analyse des variations inter-annuelles des précipitations à travers les 50 années de mesure de la station de Maradi.

4.2 - Des précipitations invariablement variables

Dans le temps ...

Entre 1932 et 1978, le niveau des précipitations enregistré à la station de Maradi n'a cessé de fluctuer (coefficient de variation : 0,23). Malgré la moyenne de 600 mm, en 1972 la ville ne reçoit que 288 mm (minimum de la période) contre un maximum de 981 mm en 1939. La figure N° 6 illustre ces fluctuations interannuelles qu'un regroupement par décennie permet de mieux quantifier (tableau N°3).

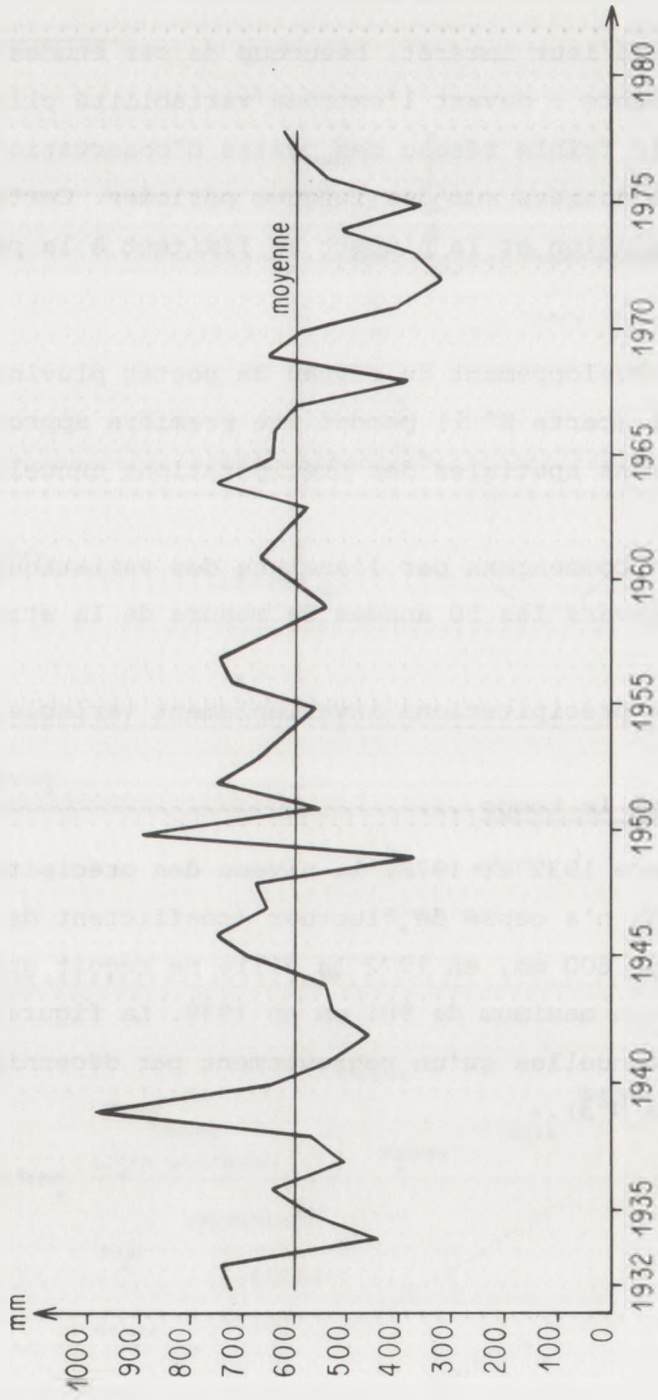


Fig. 6 - Précipitations annuelles à Maradi 1932 -- 1978

Tableau N°3 : Moyennes et fluctuations décennales des précipitations
Maradi (Niger) - 1932 à 1978

Période	Précipitations moyennes de la décennie	Coefficient de variation décennal
1932/39	643 mm	0,26
1940/49	582 mm	0,20
1950/59	665 mm	0,17
1960/69	611 mm	0,16
1970/78	458 mm	0,23

Cette variabilité des précipitations dans le temps appelle quelques commentaires :

. Entre 1950 et 1969, la région a connu un niveau de précipitations assez élevé et assez stable;

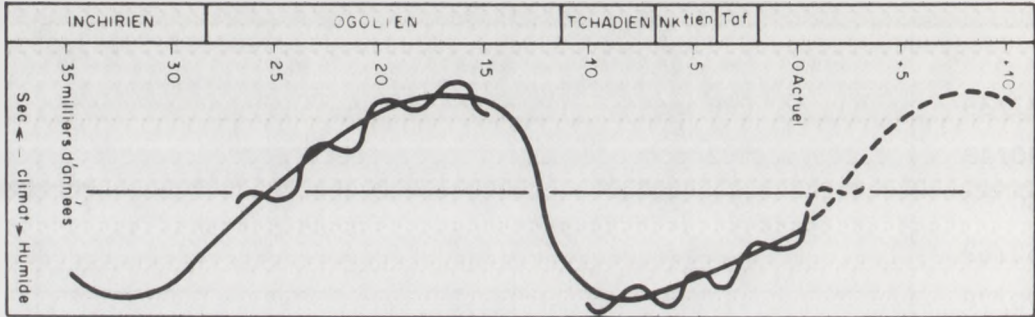
. Depuis 1969, il a beaucoup baissé et la variabilité interannuelle a beaucoup augmentée;

Cette évolution en baisse des précipitations a eu des répercussions graves au niveau de la production agricole et pastorale, car la population et les services d'encadrement avaient une sensation de sécurité vis à vis des pluies.

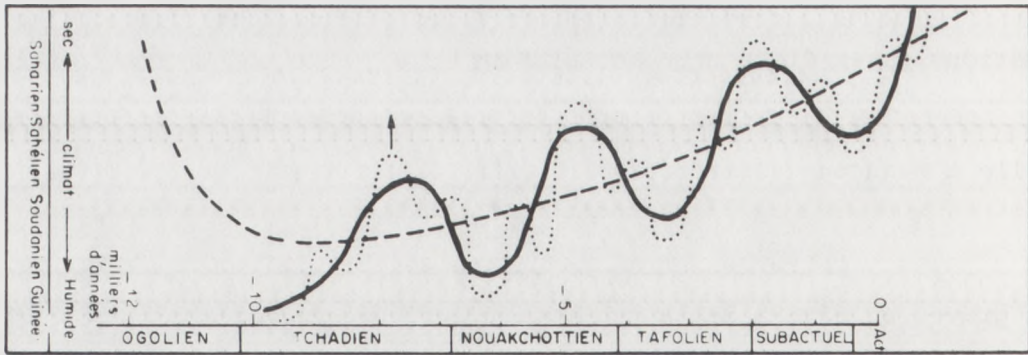
A l'heure actuelle, rien ne permet de prédire la tendance à venir à court terme.

Des oscillations climatiques, qui ont affecté l'ensemble des régions sud-sahariennes le long du quaternaire (coef. chap. II. 2), se dégagerait, à l'échelle du temps géologique, une tendance à l'assèchement du climat (partie supérieure de la figure N° 7).

Cette tendance, sensible depuis 5 000 ans (ELOUARD (P.), 1973), a entraîné l'assèchement complet des nappes lacustres dans les parties méridionales sud-sahariennes (FAURE (H.), 1967). Parallèlement, les lacs d'Afrique orientale ont connu un abaissement accentué de leurs plans d'eau (SERVANT (M.), 1974).



Oscillations climatiques majeures depuis 35 000 ans



Oscillations climatiques mineures depuis 10 000 ans

Fig 7_ Oscillations climatiques aux bordures Sud_Sahariennes
durant le Quaternaire récent
(d'après P. ELOUARD, 1973)

Succession des Phases sèches et humides à MARADI (1932-1978)

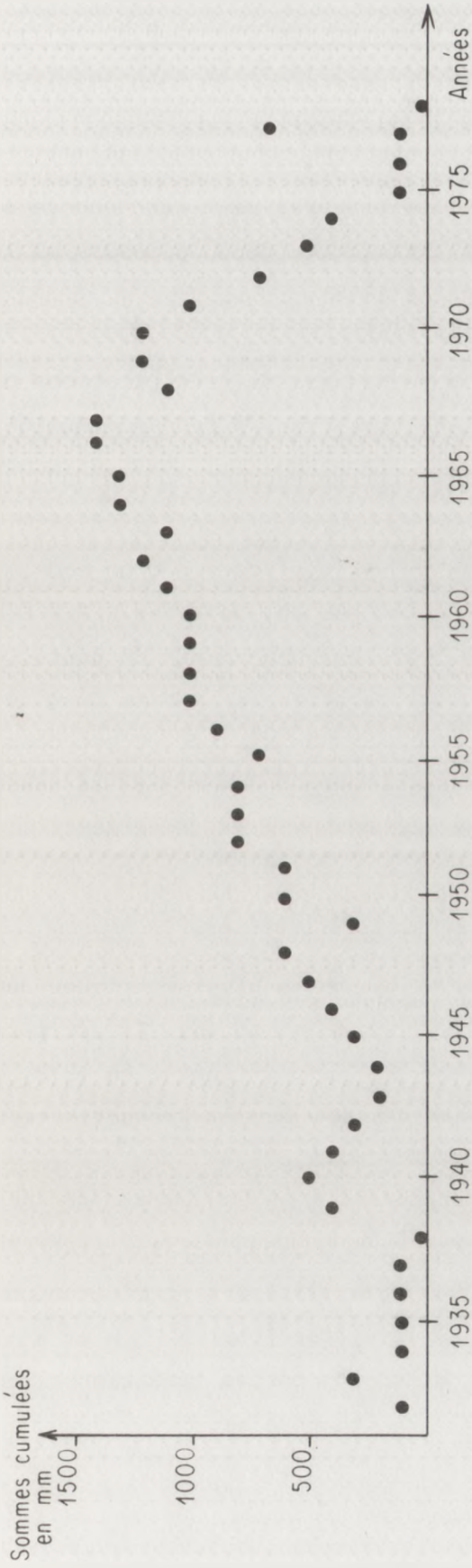


Fig. Sommes cumulées des déviations par rapport à la moyenne des précipitations annuelles

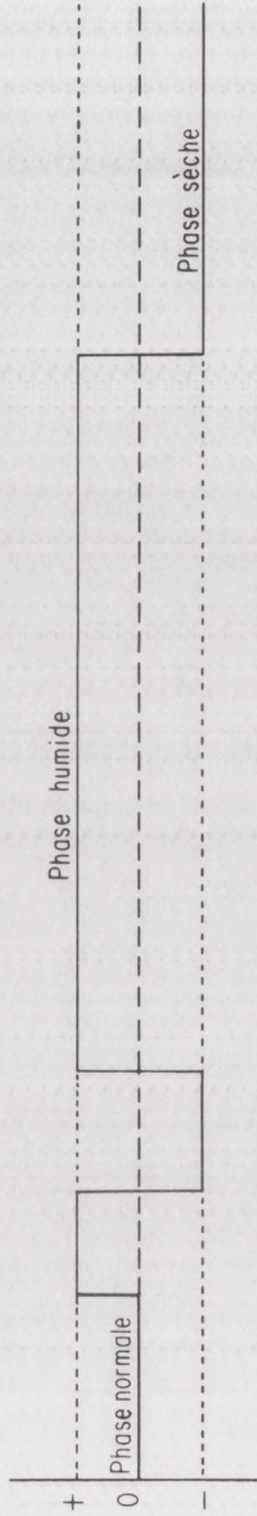


Fig. 8_ Diagramme de Manhattan

A cette tendance générale se superpose une série d'oscillations mineures -partie inférieure de la figure N°7 -, attestée par des variations relativement bien connues dans le bassin tchadien (BUTZER (K.W.), 1972; SERVANT (M.) et SERVANT (S.), 1970 et 1972; TILHO (Général), 1947) et dans les lacs du désert Danakil (Ethiopie) (GASSE (F.) et al., 1974; GASSE (F.), 1971).

Cette série d'oscillations mineures peut être encore sous-divisée en de nouvelles séries de fluctuations climatiques dans la mesure où les intervalles de temps diminuent (Jor. Arid. Envir., 1978).

Même sur le demi-siècle de mesures de précipitations disponibles sur Maradi (1932-1978), des phases à tendance sèche, à tendance humide et normales (moyennes) peuvent être mises en évidence (LARRIEU (E.), 1977; MAINGUET (M.) et al., 1979).

La figure N° 8, résultant de l'application d'un modèle mathématique (modèle de Manhattan) adapté à cet effet par Ph. DAGET au C.E.P.E.L. L. EMBERGER (MOUFADAL (M.), 1979), illustre, par les changements de pente, cinq grandes phases climatiques à Maradi pour cette période. Il importe donc de bien définir l'échelle à laquelle le phénomène peut être appréhendé. C'est dans ce sens que nous avons affirmé qu'à court terme, rien ne permet de prédire la tendance à venir.

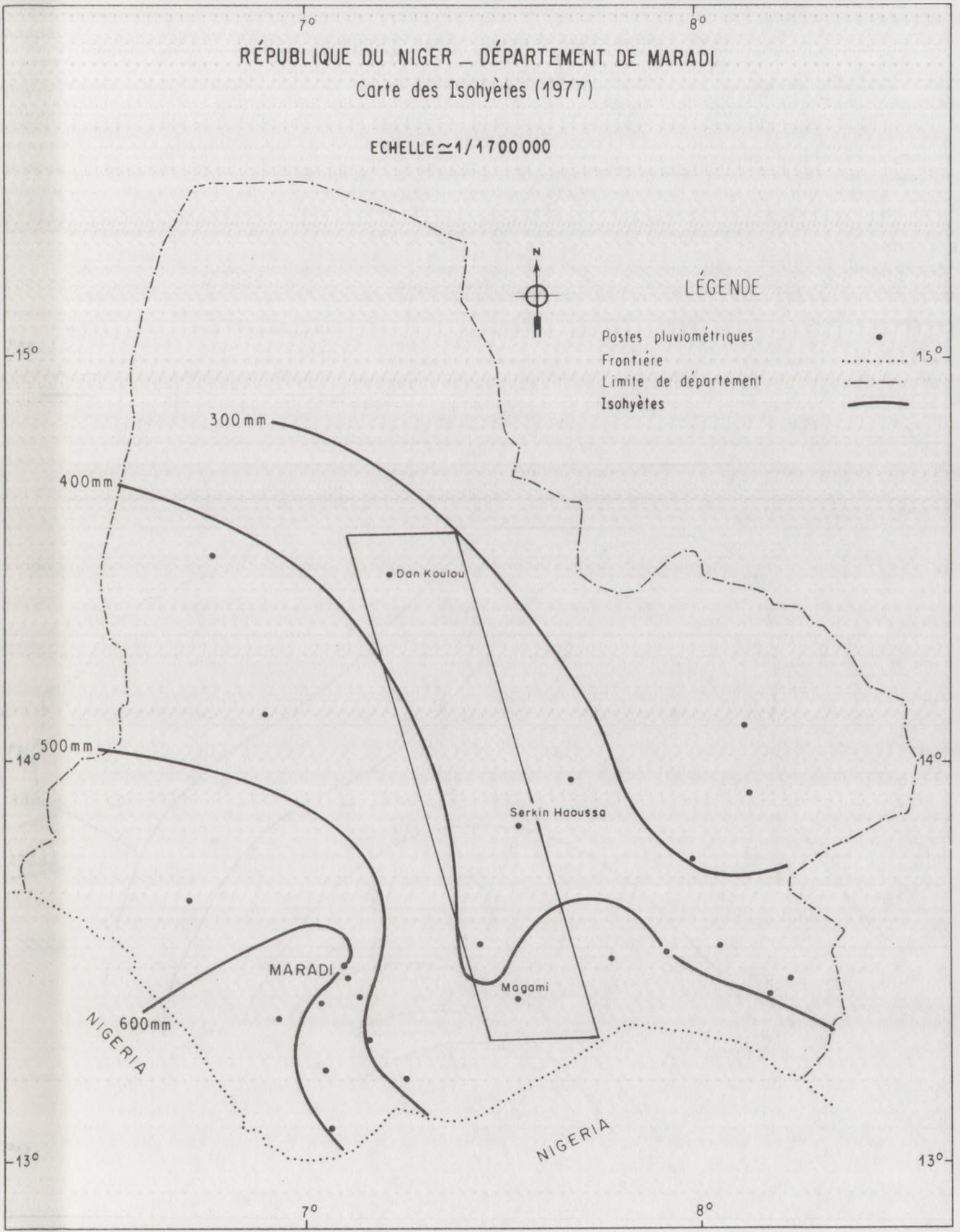
Dans l'espace ...

L'accroissement du nombre de postes pluviométriques dans le département de Maradi a été très important ces dernières années. Il est passé de moins de 10 postes en 1975 à presque 30 (annexe N° 1) fonctionnant en 1978, grâce aux différents projets agricoles (Projet AGRYMET/OMM; Projet Productivité/Banque Mondiale; Recherche LAT/DGRST/UNIVERSITE DE BORDEAUX II).

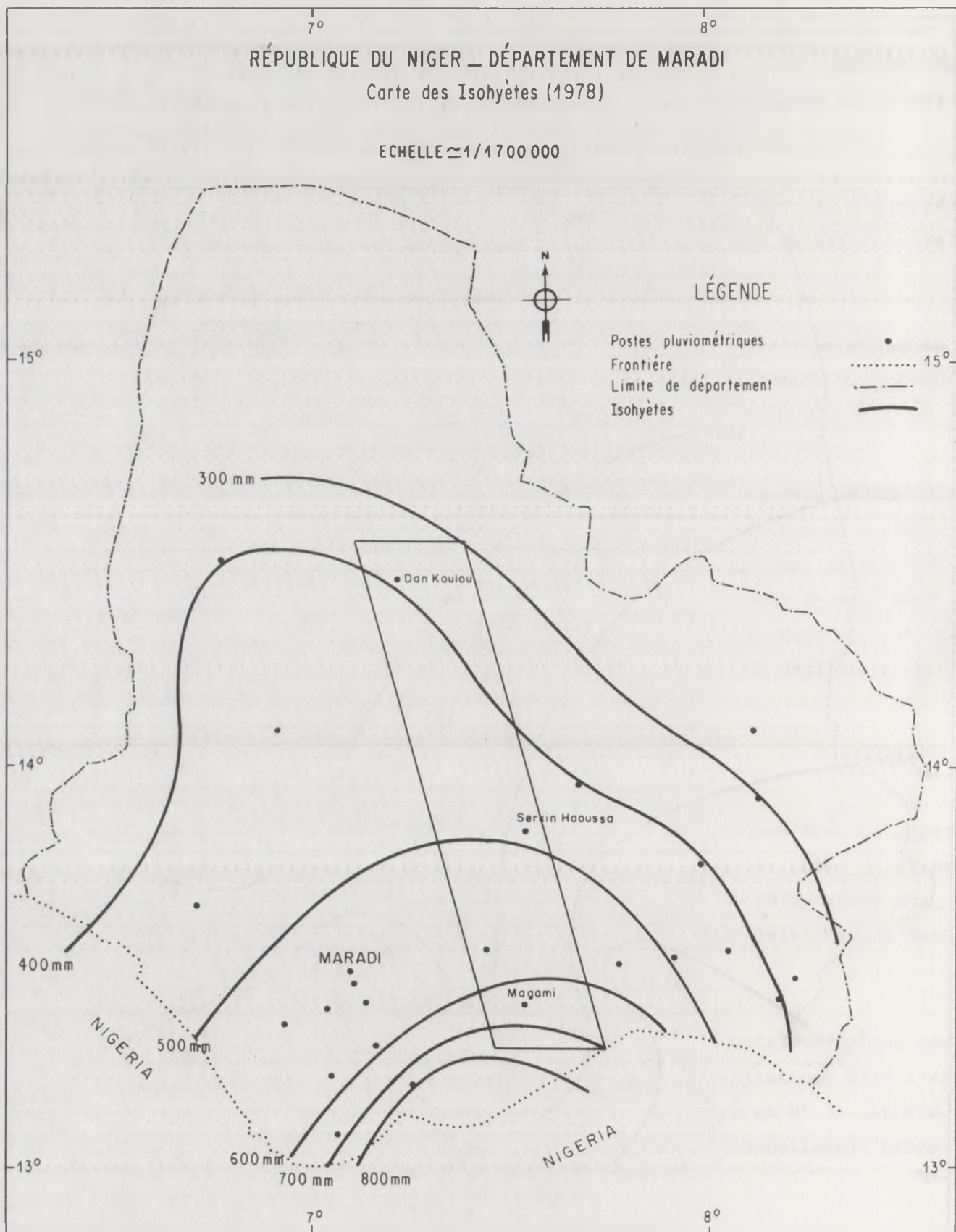
Le rassemblement des résultats obtenus par la totalité de ces postes a permis une première approche de la variabilité des précipitations dans l'espace, à moyenne échelle. Deux cartes des isohyètes (cartes N° 6 et N° 7) ont été établies pour 1977 et 1978. La confrontation aux cartes traditionnellement proposées (cartes N° 4 et N° 8) suggère quelques commentaires :

RÉPUBLIQUE DU NIGER — DÉPARTEMENT DE MARADI
Carte des Isohyètes (1977)

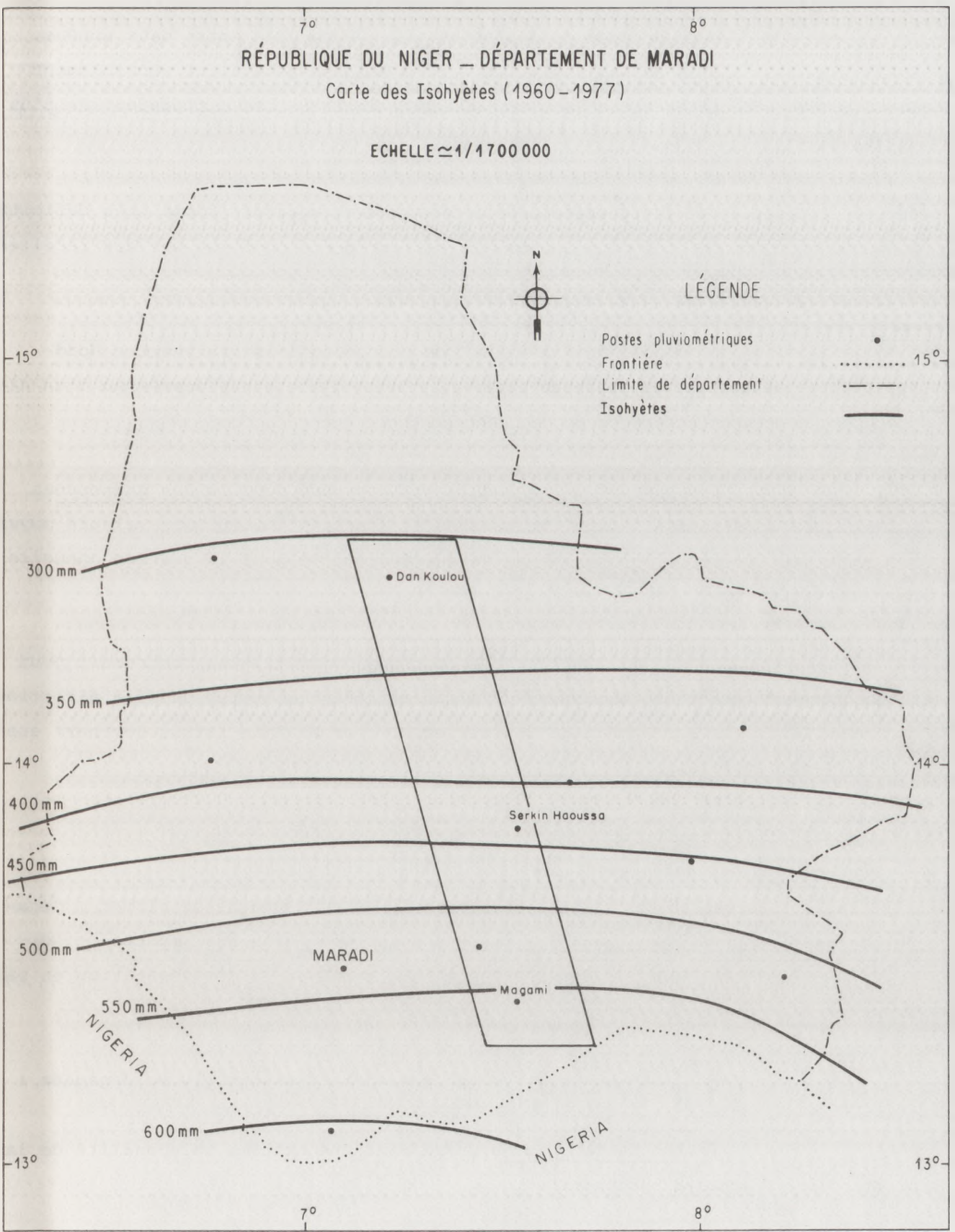
ECHELLE $\approx 1/1700\ 000$



Carte n°6



Carte n°7



Reference - Service Départemental du Plan
Maradi - 1978

Carte n°8

. l'importance du déplacement des isohyètes entre deux années. En 1977, les villages de Dan Koulou et Serkin Haoussa recevaient sensiblement les mêmes quantités de pluie (environ 400 mm). En 1978, ils différaient de plus de 100 mm ;

. la partie orientale du département apparaît comme très déficitaire en précipitations les deux années. Ce déficit a été confirmé par des récoltes céréalières très limitées en 1978 et catastrophiques en 1977 ;

. le modèle du "gradient" de précipitations croissantes Nord-Sud doit être manié avec prudence quand il s'agit d'une année donnée ou d'un niveau de perception inférieur au 1/2 000 000 ;

. les cartes qui reproduisent à moyenne échelle des phénomènes climatiques appréhendés à très petite échelle (carte N° 3) sur des valeurs moyennes sont arbitraires et n'ont qu'une valeur indicative pour la gestion annuelle des activités agricoles ;

. le suivi annuel de ces postes pluviométriques montrerait peut être, à moyen terme, une tendance à l'alignement des isohyètes dans la direction des parallèles (la superposition des cartes N°6 et N°7 le laisse deviner) aussi à moyenne échelle.

5 - Quelques commentaires ...

Une préoccupation sous-tendait cette approche du climat : dégager de ses éléments principaux les aspects ayant une influence importante, directe ou indirecte, sur les êtres vivants en général et sur la végétation en particulier.

Dans cette perspective quelques points essentiels se dégagent :

. le régime des pluies, entraînant une extrême saisonnalité de la production primaire et secondaire ;

. les variations des précipitations, créant une certaine imprédictibilité, dans le temps et dans l'espace, des conditions ambiantes ;

. l'importance des vents, qui, avec les températures élevées, entraînent une demande évaporative annuelle très supérieure aux quantités d'eau disponibles.

*" Usage de l'homme et usage de la nature
sont liés e il n'y a pas de crise dans
l'usage de la nature qui ne soit pas
une crise dans le mode de vie de l'homme"*

Maurice Godelier

(L'Appropriation de la Nature)

II - ETUDE DES ACTIVITES HUMAINES PAR RAPPORT AUX PROBLEMES ECOLOGIQUES ENVISAGES

1.- Une catégorie que Hegel n'avait pas prévue ...

HEGEL proposait trois catégories géographiques comme étant des éléments fondamentaux qui, avec d'autres, collaboraient dans le comportement humain, créaient les différenciations ethniques:

- . les steppes à végétation éparse ou les vastes plaines arides;
- . les vallées fertiles, irriguées à profusion ;
- . les littoraux et les îles.

A première vue, la région étudiée semblerait n'avoir point de place dans ce tableau (HEGEL (G.W.F.), 1822).

Qui la traverse durant la saison sèche la ferait aisément entrer dans la première catégorie. Qui la traverse durant la saison des pluies l'incluerait, en majeure partie, dans la deuxième catégorie (CUNHA (E.), 1901).

En ce qui concerne le climat et le substrat, la nature semble se complaire dans un jeu d'antithèses.

Les oppositions saison des pluies/saison sèche, terres dunaires/ terres de vallée, constitueront les deux grands axes autour desquels s'ordonnera et évoluera le peuplement de la région. Celle-ci impose une division spéciale dans le tableau, médiane entre les vallées fertiles et les steppes les plus arides...

Si le milieu ne "crée" pas les ethnies, il conditionne l'adaptation des hommes tout au long de leur histoire.

Nous ne prétendons pas nous substituer aux ethnologues, historiens ou sociologues. A travers l'histoire de l'ethnie haoussa, nous voudrions mettre en évidence la génèse des principaux problèmes écologiques de la région étudiée et leurs tendances évolutives.

Cette reconstitution de l'occupation humaine (surtout depuis le XVIIIème siècle) constitue avec le climat un cadre nécessaire à la qualification de l'espace rural et à l'analyse de ses problèmes.

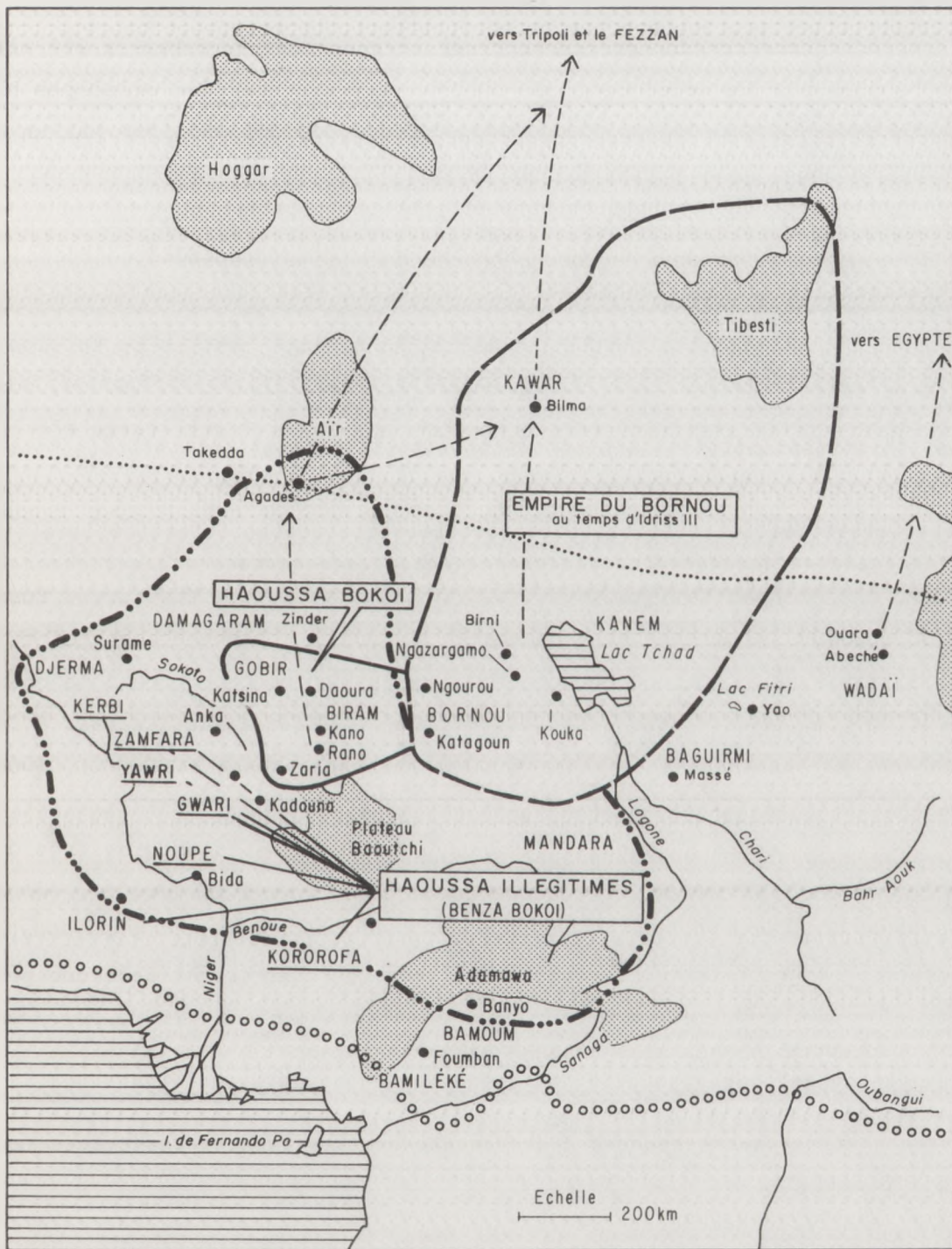
2 - La fondation des royaumes haoussas

La région étudiée est essentiellement peuplée d'haoussas, ethnie "politique" par opposition aux ethnies dites "pal on gritiques", dont la majorité des membres se trouve de l'autre côté de la frontière, en Nigéria du Nord. Le territoire haoussa englobe des centres urbains importants (Kano, Sokoto, Katsina, Zaria, Zinder, Maradi) et comprend des millions de personnes.


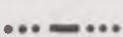
Les royaumes ou cités-Etats haoussas furent fondés vers le XIème siècle par des immigrants venus du nord -vraisemblablement des rives méditerranéennes- autour des voies commerciales qui reliaient Tripoli et l'Egypte à la forêt tropicale d'une part et, d'autre part, le Niger à la haute vallée du Nil par le Darfour (KI-ZERBO (J.), 1972; RAYNAUT (C.), 1972).

La tradition orale raconte que la reine Daourama avait vu ses sujets menacés d'inanition du fait d'un serpent terrible qui tarissait les puits du pays. Les sept Etats haoussas auraient été fondés par les fils issus du mariage de la reine de Daoura avec un héros étranger qui tua le serpent. Cette transposition mythique cherche probablement à exprimer, en termes de parenté, les liens politiques qui ont uni les différentes familles régnantes.

Parmi les sept cités-Etats haoussas (haoussa bokoi) -Kano, Daoura, Gobir, Katsina, Zaria, Biram et Rano- Daoura était regardée comme la cité-mère. Plus tard, d'autres cités considérées comme moins authentiques, furent intégrées dans le monde haoussa, telles Kororofa, Ilorin, Noup , Zamfara et Kebbi (carte N  9).



Référence Ki-ZERBO J., 1972

Routes sahariennes — — — — —> Régions montagneuses  limite Sud du désert
 limite Nord de la forêt dense oooooo Extension maximum des conquêtes d'Usman dan Fodio 

Les Cités-Etats Haoussas
 Hégémonies politiques du XII au XIX siècle
 (Soudan Oriental)

Carte n°9

Une organisation politique et militaire complexe a été mise en place, fondée sur la présence d'une chefferie, régie par des principes hiérarchiques rigoureux, à la tête de laquelle se place le Sarki, désigné par un collège électoral composé de certains dignitaires.

3 - L'occupation de l'espace à l'orée du XIXème siècle

Située aux marches extrêmes du royaume haoussa de Katsina, la région étudiée entretenait avec sa cité-mère des relations très lâches, son territoire étant aussi revendiqué par le royaume voisin du Gobir (carte N°9).

Jusqu'à l'orée du XIXème siècle, peu de choses sont connues avec précision. Le peuplement était constitué de petits groupes de chasseurs et cultivateurs. Ces groupes familiaux se fixaient jusqu'à ce que les terres fussent épuisées ou que les animaux eussent disparus. Les vallées, avec leurs points d'eau et leurs forêts, constituaient un domaine particulièrement propice à la chasse et étaient un pôle d'attraction. Le seul tribut qu'ils eussent à verser à la cité-mère était du bois débité dans les forêts environnantes (DAVID (P.), 1964).

Malgré plusieurs courants d'immigration, d'origine très diverses, vers la fin du XVIIIème siècle un mouvement important d'immigrants, venus des états plus peuplés du sud, marque la région. A cette époque, le souverain délègue sur place un représentant, le *Maradi*, et crée une "garnison" dans une petite localité sise sur une dune, à proximité d'un acacia (*Acacia albida Del.*) encore debout aujourd'hui : Gaom Bariki (RAYNAUT (C.), 1973).

A cette époque, l'influence humaine sur les ressources naturelles restait ponctuelle et très limitée.

4 - Les changements introduits par la *jidah* peule (1805)

La *jidah* peule, lancée par Ousman Dan Fodio⁺ (1754-1817) du clan des Torobés⁺, ouvrit un nouveau chapitre dans l'histoire de la région et de tout l'univers haoussa (carte N° 9).

+ Dan Fodio : en haoussa, "fils de chef religieux";
+ Torodo : en Peul, "celui qui prie avec d'autres";

Fuduou Dudié: en Peul, "le lettré", équivalent de l'arabe al fag'

L'épopée de celui qui fut appelé "le glaive d'Allah" a fait l'objet de nombreuses études (ARNETT (E.J.), 1925; JOHNSTON (H.A.S.), 1967; LAST (D. M.), 1967; MANDOM EL MAHDI, 1965).

Signalons ici ses principales conséquences sur l'occupation de l'espace et l'utilisation des ressources naturelles liées aux événements historiques locaux.

Le chef de Katsina, chassé de sa capitale, définitivement vaincu par la furia des tallibés de Ousman Dan Fodio, se suicida. Son successeur, Dan Kasawa, se réfugia sur les terres du chef de Damagaram. Mais, vers 1820, les habitants de l'actuelle région de Maradi se révoltèrent contre le gouverneur Peul qui les opprimaient, le décapitèrent et demandèrent à Dan Kasawa de les rejoindre.

Les vallées avec leurs forêts constituaient une barrière naturelle à la cavalerie peule. Elles devenaient le refuge du souverain, de ses dignitaires, de son armée et, aussi, des paysans fuyant la domination étrangère. Allié au souverain du Gobir, Dan Kasawa résiste aux attaques venues de Sokoto et Katsina.

Sous le règne de Dan Baskore (1851-1873), le nouvel Etat de Maradi connaît son apogée : Maradi est fortifiée (la cité a pris naissance au camp retranché de Dan Kasawa, au sein de la forêt), les hameaux sont obligés de se grouper en de grosses agglomérations établies à l'abri de la forêt et protégées par de solides enceintes. Comme dans les fertés du Haut Moyen Age européen, les paysans y trouvaient refuge.

Toutefois ils ne quittaient la vallée pour cultiver les terrains dunaires environnants, qu'en groupes et armés de leurs arcs. Ils postaient des guetteurs au sommet des arbres pour éviter la surprise des incursions de bandes peules.

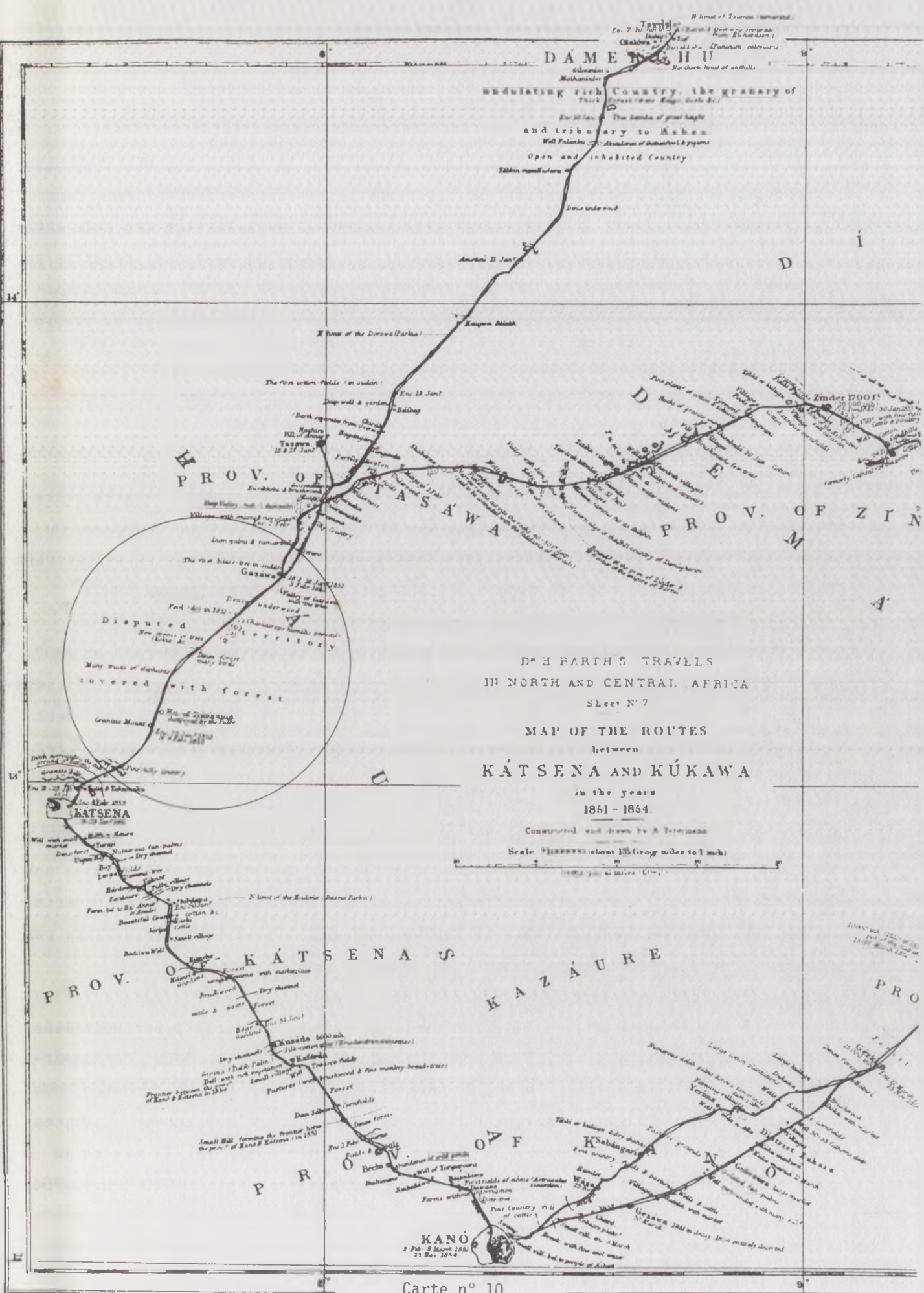
Une réglementation sévère interdisait de couper les arbres -une forte amende et des châtiments corporels-, surtout dans les vallées qui constituaient la meilleure protection des agglomérations.

La densité de population vivant à l'intérieur de ces ouvrages de protection était très importante (au moins 100 habitants au kilomètre carré). Cette concentration excessive produira un important morcellement des champs durant la période de 1890 à 1915 (RAYNAUT (C.), 1971).

Hors des cités forteresses, le danger était important. BARTH, traversant la région au sud de l'aire étudiée, notait en 1851 : "We met a considerable caravan ... protected in the rear by a strong guard of archers; for this is one of the most dangerous routes in all Central Africa" (BARTH (H.), 1965). Il indiquait aussi que la région, autrefois prospère et habitée, était alors déserte, couverte d'herbage et de forêts aux sous-bois denses, où il signalait "many traces of elephants". (carte N° 10)

Ce récit de BARTH appelle un dernier commentaire sur cette période. Aux divisions existantes entre les hommes d'armes des forteresses et les agriculteurs, suivirent d'autres divisions du travail. La cité protégée devint un marché où les paysans pouvaient échanger leurs biens entre eux et, surtout, avec les artisans. Une des routes des caravanes en direction de Katsina passait dans les environs. Malgré sa continentalité, la région ne sera pas insensible à la traite des noirs.

Les caravanes arrivaient des rives de la Méditerranée chargées de tissus, de vêtements, d'ustensiles d'acier, de cuivre, de verroterie, d'épices, de parfums, etc,... et repartaient en emportant des peaux, de l'or, de l'ivoire, des tissus locaux, de la cola, des objets d'artisanat et, surtout, des esclaves (RAYNAUT (C.), 1973). Ces caravanes comptaient souvent plusieurs milliers d'hommes (esclaves compris) et alimentaient une intense économie de marché grâce à l'utilisation des cauris comme monnaie (DAUMAS (E.), 1848).



D^RE BARTH'S TRAVELS
 IN NORTH AND CENTRAL AFRICA
 Sheet N° 7
 MAP OF THE ROUTES
 between
 KÁTSENA AND KÚKAWA

in the years
 1861-1864.

Constructed and drawn by D. BARTH

Scale: 1:100,000 (about 1 1/2 Geog. miles to 1 inch)

En résumé, le XIXème siècle marquera la région par une concentration et un accroissement importants de la population autour des vallées, dans des cités-forteresses. La forêt sera protégée mais l'exploitation des sols environnants sera assez importante. La population citadine et paysanne, répartie en corporations héréditaires de métiers, mènera, en marge du travail agricole saisonnier, d'importantes activités rémunératrices liées au commerce et au trafic caravanier.

5 - Les conséquences de la colonisation française (1907)

"Rallier le Sénégal à l'Algérie à travers au moins quatre cents lieues de désert est chose impossible ou du moins inutile. Pour s'emparer du commerce si important du Soudan, il faut s'emparer du haut Niger en établissant une ligne de postes pour le relier au Sénégal." (Colonel FAIDHERBE, 1862).

Les Français prirent le contrôle de la vallée de Maradi en 1907. La création du poste militaire eut, dans un premier temps, des conséquences bénéfiques : sécurisation de la région et disparition des bandes qui l'attaquaient. Les cultivateurs quittèrent progressivement les vallées surpeuplées pour aller s'installer en brousse.

Après une période de relative prospérité, des années de sécheresse, aggravées par la décision du Gouverneur Général de l'A.O.F. d'instaurer une barrière douanière sur la frontière entre le Territoire du Niger et le Nigéria, seront à l'origine d'une période de famine. Le mil, devenu encore plus rare par le tarissement des échanges, connut une forte hausse des prix.

Périé, ancien Administrateur du Cercle de Maradi, écrivait dans une étude monographique sur sa circonscription "Ainsi, dès le début de son organisation, la douane eut-elle sur l'économie du pays des effets funestes; ses conséquences deviendront absolument désastreuses au cours des années suivantes qui furent des années de crise. La douane contribua à augmenter la misère du pays et fut un très grave empêchement à la reprise" (cité par DAVID (Ph.), 1964).

Cette famine incita les autorités à accélérer le peuplement de régions nouvelles. Le déclin du commerce, dû à la concurrence des marchandises européennes, sonnera le glas pour de nombreux artisans qui grossiront le flot de ce "retour" à la brousse.

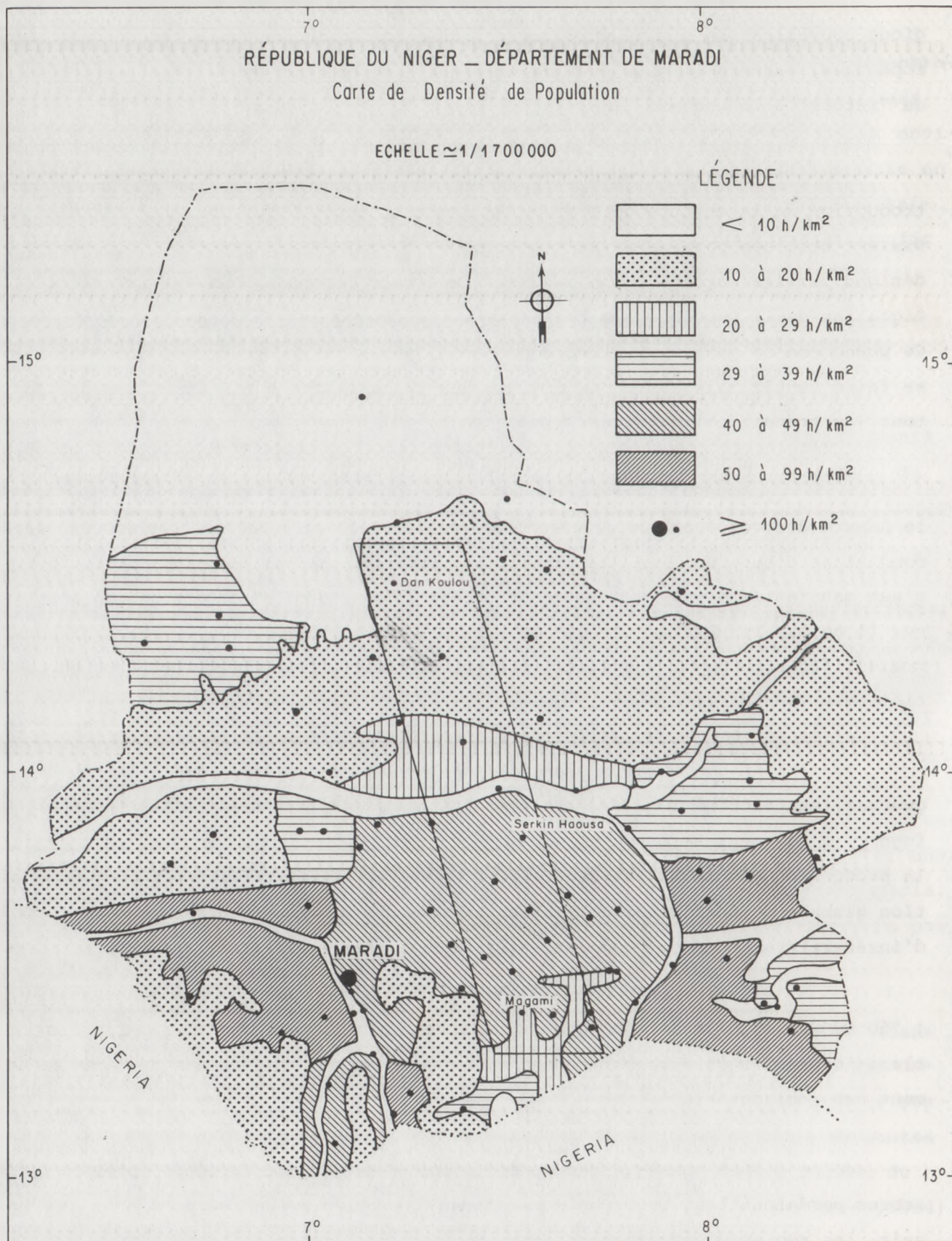
Le remplacement des cauris par la monnaie métropolitaine, l'introduction de la culture de l'arachide (surtout après 1930) dont les revenus étaient utilisés par les paysans pour payer l'impôt (le champ d'arachide était désigné par les paysans comme : gonal limpo = le champ de l'impôt) favorisera la migration de la population citadine vers les campagnes (NICOLAS (G.), 1965 et 1968) Ce phénomène se poursuivit longtemps parce que le besoin de terres continuait à se faire sentir mais aussi par crainte des tracasseries administratives et, surtout, du travail obligatoire (RAYNAUT (C.), 1973).

AUBREVILLE rapporte, lors de son passage à Maradi en février 1937, le départ des cultivateurs des environs de la ville et "... une diminution des conditions d'habitabilité due surtout à l'extension des cultures mouvantes qui s'est manifestée depuis que la sécurité est assurée par l'administration européenne. Il en est résulté qu'une grande partie des formations forestières, qui couvraient jadis le pays, a été sérieusement dégradée et qu'ainsi elle a perdu partiellement son utilité pour l'homme..." (AUBREVILLE (A.), 1973).

L'amélioration sensible des conditions de vie, due, à la fin des guerres, aux vaccinations préventives, aux distributions de médicaments (fébrifuges), à la suppression de l'esclavage et surtout à l'importante croissance de la production vivrière, se traduisit, à partir des années 1930, par une augmentation globale du chiffre de population qui avait été stagnante pendant la période d'insécurité.

La population totale du Niger passe de 890 000 habitants en 1913 à 1 750 000 en 1956 et à 3 600 000 en 1968. Malgré les erreurs d'estimation possibles (le premier chiffre est certainement sous-estimé) le mouvement d'accroissement est indiscutable.

Les conséquences de cette nouvelle période furent nombreuses ; les arbres perdaient leur fonction stratégique, le pouvoir traditionnel s'affaiblissait, les règles d'usage devenaient caduques, les forêts étaient livrées à la hache des défricheurs, des hameaux saisonniers s'installaient loin des vallées et devenaient des villages pérennes et la mise en valeur des sols dunaires connaissait une expansion sans précédent.



6 - Les vingt cinq dernières années et la situation actuelle

Pendant les vingt dernières années, le vaste mouvement d'expansion, qui a débuté avec ce siècle, a atteint ses limites dans un état proche de la saturation démographique. Il est difficile d'imaginer que les campagnes puissent continuer à supporter les densités de population actuelles ou plus importantes (carte N° 11).

L'exode rural devient presque une règle pour les jeunes. La ville de Maradi connaît une croissance très importante : en 1959, elle comptait 12 500 habitants; en 1971, 34 400, en 1979, 60 000 et, pour 1987, les prévisions sont d'environ 90 000 habitants (S.D.P. 1978).

Dans les zones où les précipitations sont comprises entre 400 et 600mm, la presque totalité des terres ont été défrichées. La remontée des cultures au nord, vers des conditions écologiques de plus en plus défavorables, continue et dépasse largement la limite fixée par l'administration en 1961, déjà plus au nord que celle fixée en 1954. Dans ces régions, les conflits entre pasteurs et agriculteurs se multiplient.

Un extrait des cartes "d'utilisation des sols" réalisées à partir des photos aériennes 1957 et 1975 (STIGLIANO (M.), 1977) permet d'illustrer, à environ vingt ans d'intervalle, l'importance de l'extension des surfaces cultivées (cartes N°12 et N°13).

Il a été démontré (S.D.P., 1977) que ce phénomène, lié à l'augmentation démographique, a été amplifié par les besoins monétaires croissants des agriculteurs (élévation des impôts et des prix des biens de consommation), surtout après l'indépendance du Niger (1961).

La disparition des mammifères sauvages (éléphants, gazelles, girafes, lions, léopards, phacochères,...), qui peuplaient la région, a suivi celle de la végétation naturelle (AUBREVILLE (A.), 1937). La chasse, quand elle existe, est devenue une activité purement symbolique, sans aucun impact sur le bilan vivrier des familles. Comme disent certains agriculteurs "des animaux, il ne reste plus que les noms..." perpétués dans la toponymie locale : "la mare aux éléphants", "la brousse aux lions,.." (GOUFFE (C.), 1967).

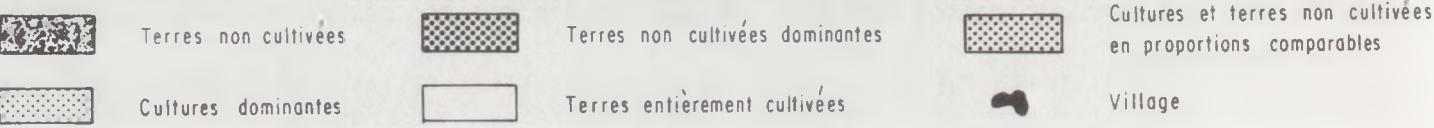
Serkin
Haoussa

13°45

13°45

d'après STIGLIANO M., 1976

Echelle 1/100 000 7°40



Carte n°12 Etat de la mise en culture 1957 (environs de S. HAOUSSA)

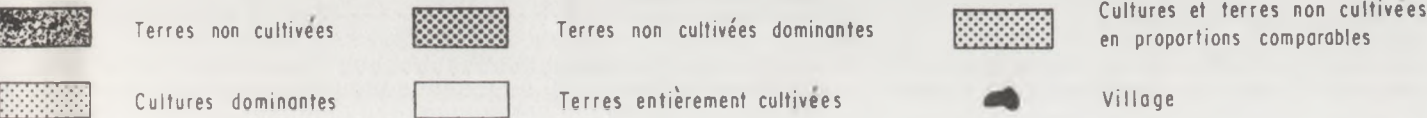
Serkin
Haoussa

13°45

13°45

d'après STIGLIANO M., 1976

Echelle 1/100 000 7°40



Carte n°13 Etat de la mise en culture 1976 (environs de S. HAOUSSA)

L'exploitation de plus en plus intense des rares reliquats de végétation naturelle (forêts classées, vallées du Goulbi N'Kaba,...) tend à éliminer les derniers semenciers de nombreuses espèces ligneuses et herbacées.

Dans les villages ruraux, les agriculteurs ont tiré parti de pratiquement toutes les ressources disponibles au sein de leurs terroirs. Les rendements des cultures diminuent. Quand les besoins hydriques sont satisfaits, ils dépendent, principalement, de la pratique de la fumure organique. Or, la disponibilité en fumier pour une exploitation est fonction du nombre d'animaux élevés et celui-ci est limité, entre autres, par la surface et la productivité des jachères qui tendent à diminuer (DE MIRANDA (E.), 1977_b).

Quand les précipitations sont satisfaisantes, les agriculteurs arrivent à atteindre un équilibre vivrier relativement acceptable. Mais les années de sécheresse, comme en 1972 et 1973, se transforment en famines destructives car les bouleversements historiques, évoqués le long de ce chapitre, ont réduit énormément la capacité de réponse du monde rural (absence de stockage vivrier, affaiblissement des systèmes d'entr'aide traditionnels,...) (DE MIRANDA (E.), 1979).

La nécessité d'un accroissement constant de la production agricole, principale exigence posée au monde rural, est difficilement imaginable sans un changement profond des systèmes cultureux (TOURTE (R.), 1974 et 1978), sans une bonification générale des différents milieux (S.D.P., 1978), sans une nouvelle perception sociale de l'espace et de son aménagement.

7 - Quelques commentaires

Cette reconstitution schématique de l'histoire de la région de Maradi montre l'importance des interventions humaines sur les ressources naturelles, car, depuis longtemps, la région connaît des densités de population assez importantes.

Elle permet d'expliquer, en partie, l'importance des phénomènes d'érosion observables aux environs des vallées, ces secteurs étant intensément exploités depuis le début du XIX^{ème} siècle.

Par contre, l'état relativement satisfaisant des vallées, en particulier la vallée du Goulbi N'Kaba, est dû au rôle stratégique joué par les formations végétales forestières de ces vallées pendant la période d'insécurité qui a duré jusqu'à l'occupation de la région par les français.

La colonisation marquera une régression de nombreuses activités artisanales et commerciales et le début d'un immense mouvement d'expansion démographique vers les plaines sableuses.

Leur dégradation actuelle est d'autant plus inquiétante que la création de villages y est relativement récente et s'est réalisée dans un milieu assez préservé jusqu'alors.

Sous la poussée de facteurs divers (croissance démographique, besoins monétaires croissants,...) les agriculteurs y pratiqueront une exploitation minière de la végétation arborée et développeront une agriculture "consommatrice" d'espace et peu productive. La baisse des potentialités biologiques des différents milieux, à la suite de ces transformations, sera à l'origine de graves déséquilibres écologiques et agricoles.

Actuellement, les activités agricoles ne suffisent plus à faire vivre les populations paysannes suite aux partages répétés des ressources naturelles et à la baisse de leurs potentialités productives. Une partie des agriculteurs sont obligés de chercher "ailleurs" pendant la saison sèche, c'est à dire à Maradi, à Niamey, à Kano, à Lagos, à Arlit,... le complément monétaire qui leur permettra de vivre ou survivre.

Aujourd'hui encore, la dynamique des processus de changement du monde rural ne lui appartient pas. Elle est dans les villes ! Depuis deux siècles, les facteurs exogènes (Jihad peule, colonisation française) sont prépondérants aux endogènes dans le développement régional.

La situation actuelle ne nous apparaît pas comme le résultat d'un déterminisme écologique quelconque (sécheresse, par ex.) mais comme celui d'une réponse sociale à des déterminations écologiques (endogènes) et socio-économiques (souvent exogènes) par les systèmes techniques disponibles.

Le caractère exogène des déterminations socio-économiques a imprimé une telle vitesse aux processus de changement que le monde rural n'a pas pu élaborer, progressivement, des systèmes de production et de mise en valeur du milieu naturel vraiment adaptés à une préservation durable de leur environnement.

Comment développer les ressources renouvelables de l'espace rural tout en favorisant leur préservation ? Nous avons eu l'occasion d'approcher à grande échelle, les voies possibles d'une nouvelle stratégie face aux déséquilibres écologiques et agricoles actuels (DE MIRANDA (E.), 1977, 1978, 1979; DE MIRANDA (E.) et BILLAZ (R.), 1978 et 1979; DE MIRANDA (E.) et FOREST (F.), 1979). A moyenne échelle, un découpage de l'espace rural en entités écologiques dont la définition tient compte des problèmes évoqués nous semble bien le premier pas à envisager...

La rigueur du climat et l'importance des interventions de l'homme sur les ressources naturelles reviendront, sans cesse, dans la qualification de l'espace rural de l'aire étudiée que nous développerons aux prochains chapitres.

III - ETUDE DE LA DYNAMIQUE ET DE LA STABILITE DES MILIEUX PHYSIQUES (SUBSTRAT)

1 - Un plat pays...

Pour un voyageur traversant dans le sens Nord-Sud le parallélogramme défini par l'aire étudiée, le paysage se présente comme très uniforme et monotone. Le regard ne pouvant que rarement embrasser une grande étendue, les tendances générales de la topographie restent masquées par de petits accidents de terrain.

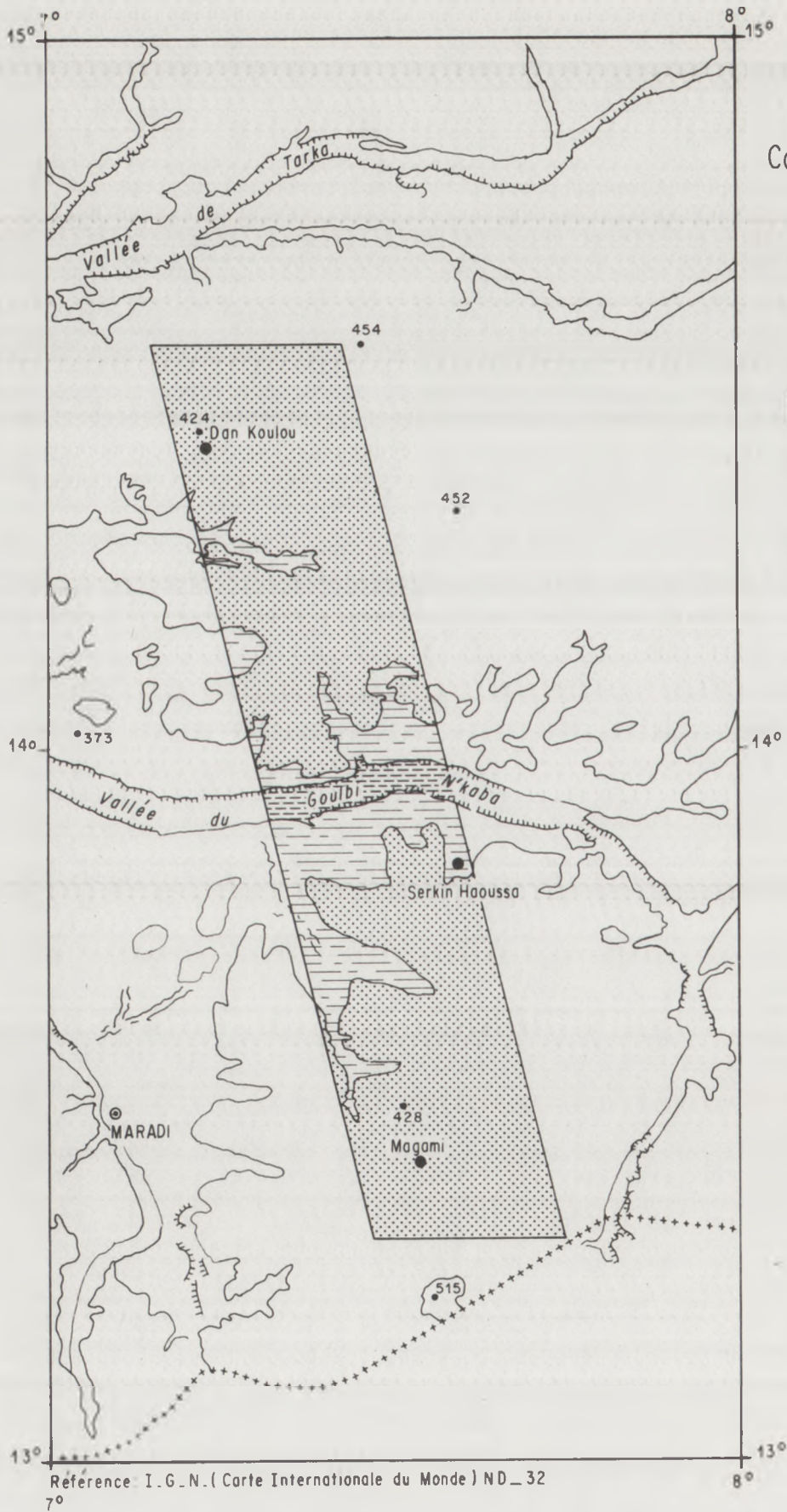
L'altitude de cette vaste plaine sableuse varie entre 390 et 410 m et n'atteint que très rarement la cote des 420 - 430 m au niveau de quelques édifices dunaires. De légères dépressions, peu perceptibles à l'oeil nu, parsèment cette plaine et sont repérables par des bouquets de végétation plus dense.

Les seuls traits marquants du relief sont les quelques axes hydrographiques, non fonctionnels, peu profonds, qui convergent vers une large dépression située au centre de l'aire étudiée.

Le fond de cette dépression correspond à la vallée fossile du Goulbi N'Kaba (380 à 390 m), seul axe de cette ancien réseau hydrographique à avoir conservé les caractères d'une plaine alluviale (lit large et plat, dominé par des escarpements nets).







La carte N°14 illustre et résume cette brève présentation. Et, pourtant, ce modelé apparemment très homogène comprend toute une série de situations distinctes, difficiles à appréhender d'un premier regard, capables de discriminer des seuils écologiques importants. Elles peuvent donc être à l'origine d'un découpage de l'aire étudiée.

Pour y parvenir, il nous faut comprendre l'origine de ce modelé, ses caractéristiques, sa dynamique actuelle et surtout ses interactions avec la végétation. Cependant, le prochain paragraphe résumera les conceptions et les méthodes employées dans cette approche des milieux physiques.



AIRE ÉTUDIÉE
département de Maradi — Niger
Carte schématique du Modelé
Echelle 1/1 000 000

LÉGENDE

-  Plaine sableuse
-  Dépression
-  Vallée sèche
-  Point d'altitude
-  Village
-  Chef lieu



Référence I.G.N. (Carte Internationale du Monde) ND_32

Carte n°14

2 - La dynamique des milieux

Dans les écosystèmes terrestres, le flux de l'énergie (rayonnement solaire et attraction gravitaire) est inséparable de la matière et de son évolution. De nombreuses études réalisées par des écologues sur les bilans d'énergie se limitent à la seule énergie de radiation et négligent totalement l'énergie gravitaire. Dans les systèmes écologiques étudiés (quel que soit le niveau de perception considéré), étant donné le climat actuel (longue saison sèche/courte saison des pluies), la part d'énergie de radiation utilisée par la photosynthèse est très limitée (moins de 1 %). La plus grande partie de l'énergie disponible (plus de 50 %) va alimenter des phénomènes "physiques" (flux atmosphériques, flux d'eaux superficielles et souterraines, flux de matières-produits dissous, en suspension, etc,...).

Ces flux de matière, associés à la morphogenèse (formation et évolution du modelé), traduisent la plus ou moins grande stabilité de la surface topographique. Or, la pédogenèse (formation et évolution des sols) s'exerce dans les milieux où la morphogenèse n'altère la surface topographique que d'une manière négligeable, les milieux stables. L'évolution d'un sol ou celle d'une forme de relief sont indissociables (l'une de l'autre) car elles résultent toutes les deux d'une infinité d'interactions s'exerçant simultanément ou de façon concurrentielle dans le temps et dans l'espace (TRICART (J.), 1973, 1974).

La dégradation des paysages de la région étudiée n'est que le résultat d'une évolution, due à l'action de l'homme, du jeu triangulaire végétation /pédogenèse et morphogenèse sous l'influence du climat actuel.

Loin d'être conçue comme un chapitre "inévitabile" à placer scolairement entre le climat et la végétation, cette approche des milieux physiques tente d'ébaucher un premier découpage de l'aire étudiée en fonction de la stabilité ou de l'instabilité des différentes unités du substrat.

Il essaiera de mettre en évidence, pour un approfondissement ultérieur (chapitre 4) la variation de la stabilité propre des différents milieux en fonction de la nature et l'état de la végétation. Car si la couverture végétale, en modifiant le régime thermique et hydrique des sols (effet de rugosité des plantes vis à vis du ruissellement et du vent, interception des précipitations, extraction d'eau du sol, ameublissement de la terre,...) affecte simultanément les processus de morphogenèse et de pédogenèse, ceux-ci rétroagissant sur la végétation (croûte de battance qui empêche l'installation et la germination des graines ruissellement qui arrache les plantules,...).

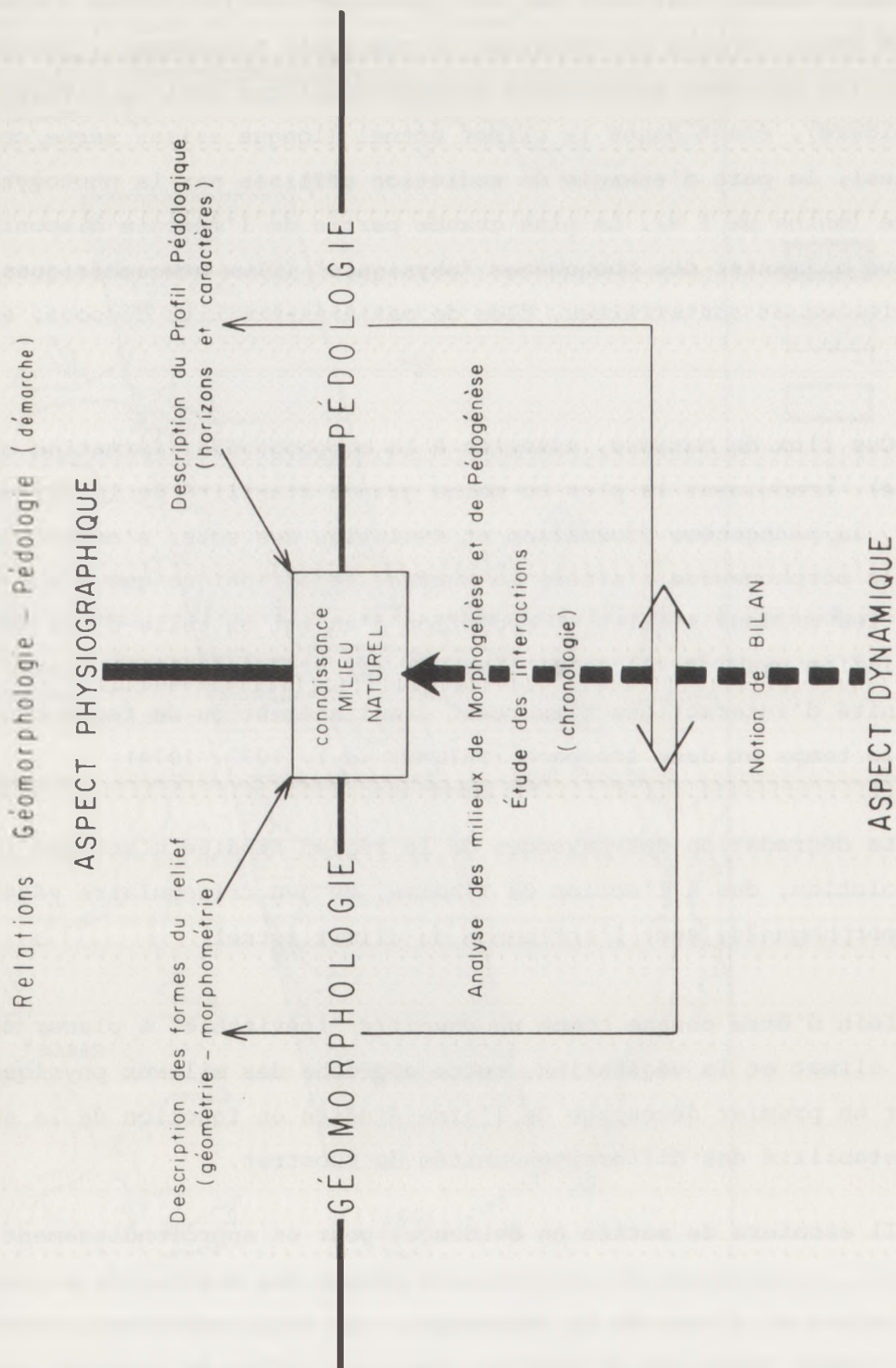


Fig. 9 Dynamiques des milieux - Schéma de l'approche suivie

Ces conceptions, ainsi que la méthodologie utilisée -dite "éco-dynamique"-, s'inspirent des recherches et des travaux développés par l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (IRAT) en liaison avec le Centre de Géographie Appliquée de Strasbourg (KILIAN (J.), 1974; KILIAN (J) et TRICART (J.), 1978; TRICART (J.), 1974, 1976, 1977).

La figure N° 9 schématise la démarche dans laquelle nous essaierons d'inscrire cette approche du milieu naturel de l'aire étudiée.

3 - L'histoire géologique de la région étudiée

3.1 - Le cadre géologique : la bordure sud-est du Bassin des Iullemmeden

La région étudiée se situe à la bordure sud-est du bassin sédimentaire des Iullemmeden (carte N° 15). Un exposé succinct de son histoire géologique, dont les évènements principaux sont résumés ci-dessous, est présenté à l'annexe N° 2.

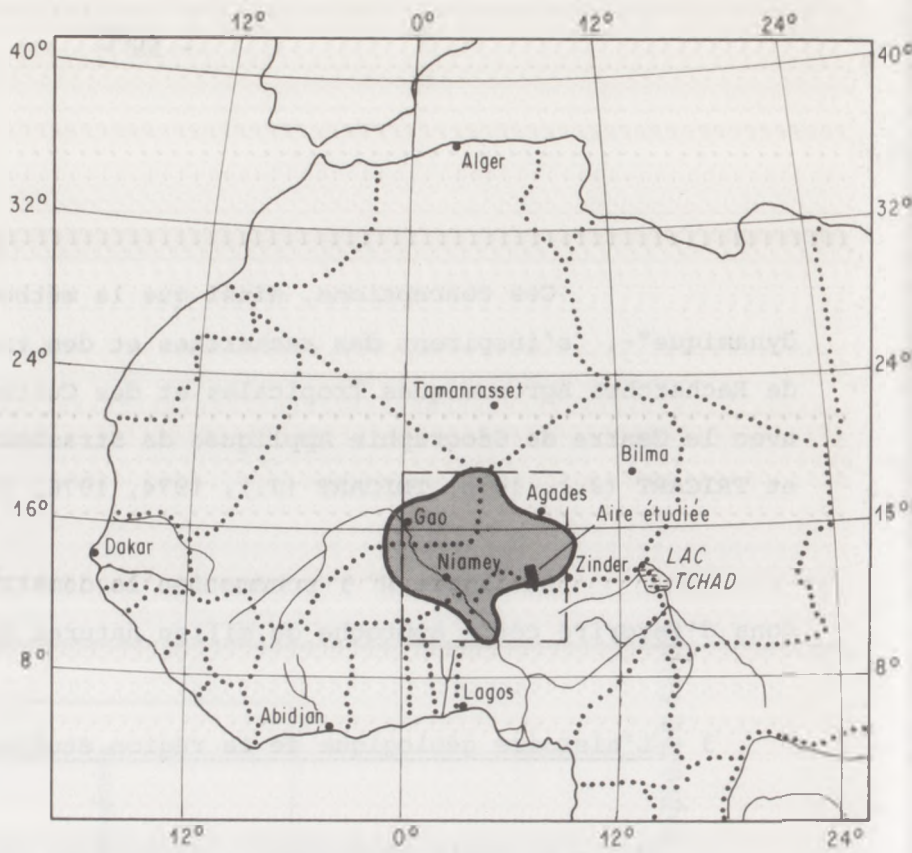
"Entouré par les formations métamorphiques et plissées du Hoggar, de l'Adrar des Iforas et de l'Air au Nord, du Dahomey et de la Haute-Volta au Sud, le bassin des Iullemmeden -du nom de la fédération tarquie qui en peuple la partie centrale- est comblé par des formations primaires, secondaires et tertiaires.

Au cours du Primaire, un golfe largement ouvert vers le Nord s'enfonce entre l'Adrar et l'Air sans dépasser vers le Sud les extrémités méridionales actuelles de ces massifs. Il est comblé par des formations allant du Cambrien au Namurien. Chaque formation déborde la précédente vers le Sud. Dans cette direction les puissances diminuent en même temps que les dépôts deviennent de plus en plus grossiers.

Pendant le Secondaire et le Tertiaire, le bouclier ouest-africain recule sous la montée d'un talus de piémont périodiquement envahi par des mers

Bassin des Iullemmeden

Situation géographique



AIRE ÉTUDIÉE

département de Maradi - Niger

Carte Géologique

Echelle 1/2000000

LEGENDE

Formations de couverture

a4 Dépôts fluviatiles

Quaternaire Qd1 Erg ancien à dunes non orientées

Qa1 Alluvions anciennes à galets

Crétacé Csc Continental hamadien

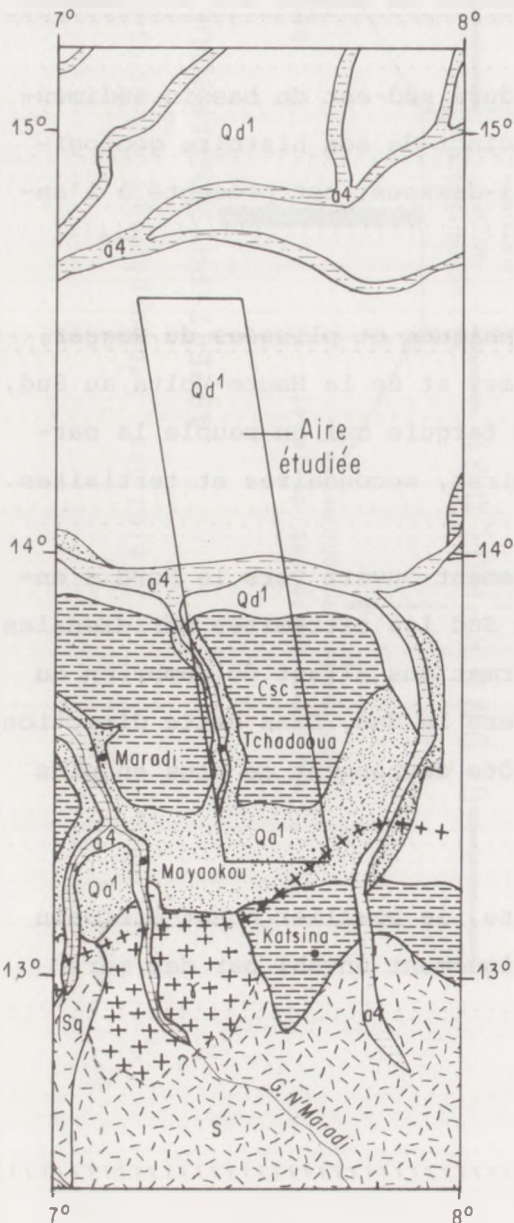
Formations anciennes

Précambrien S Suggarien indifférencié

inférieur Sq Quartzites, schistes

Roches éruptives et intrusives

Granites anciens indifférenciés



Extrait de la Carte Géologique du Niger,
Référence: GREIJERT J. & PUGNET R. 1965

venant du Nord-Est. Il s'agit toujours de brefs épisodes marins dont les principaux ont lieu au Cénomanién supérieur, au Turonien, au Sénonien inférieur et au Maestrichtien" (GREIGERT (J.), 1966). (Fig. 10)

Du fait de sa position dans le bassin (bordure sud-est), seuls les dépôts du Maestrichtien-Danien (complexe continental hamadien) recouvriraient l'aire étudiée. Ils reposeraient directement sur le socle cristallin qui affleure à plusieurs endroits en bordure du Bassin (carte N° 15 et Fig. 11)

"A la fin du Maestrichtien, l'effondrement du Sud de l'Adrar permet à la transgression paléocène de venir cette fois-ci du Nord-Ouest. (Fig. 11)

A l'Eocène moyen, des mouvements de surrection donnent au Bassin sa physionomie actuelle. La cuvette ainsi créée est comblée pendant le Tertiaire par des formations marines, fluviatiles et lacustres caractérisées par la présence de minerais de fer oolithiques" (GREIGERT (J.), 1966).

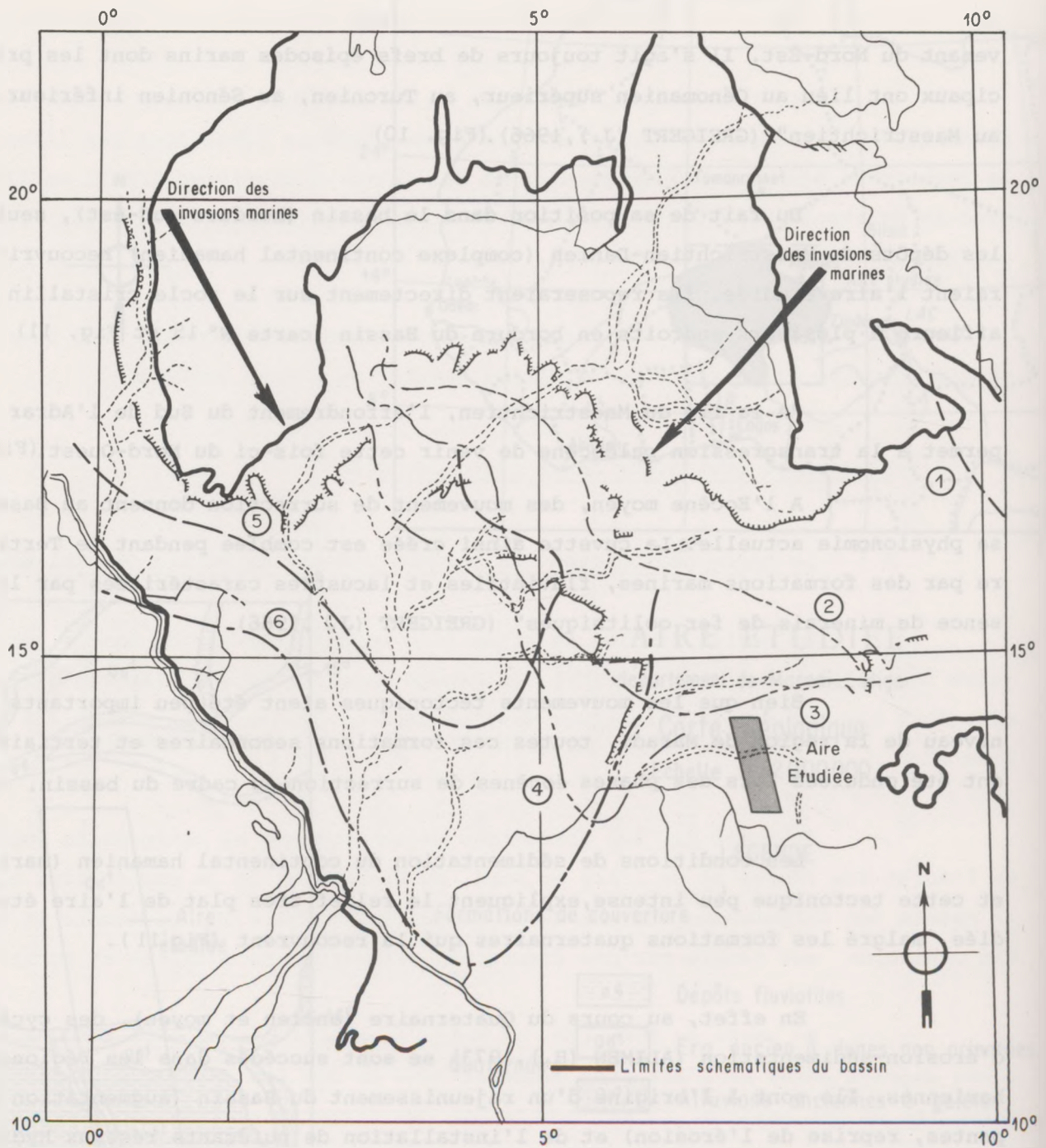
Bien que les mouvements tectoniques aient été peu importants au niveau de la région de Maradi, toutes ces formations secondaires et tertiaires ont été ondulées lors des phases éocènes de surrection du cadre du bassin.

Les conditions de sédimentation du continental hamadien (marines) et cette tectonique peu intense, expliquent le relief très plat de l'aire étudiée, malgré les formations quaternaires qui la recouvrent (Fig. 11).

En effet, au cours du Quaternaire (ancien et moyen), des cycles d'érosion-sédimentation (ALIMEN (H.), 1973) se sont succédés dans les régions sahariennes. Ils sont à l'origine d'un rajeunissement du Bassin (augmentation des pentes, reprise de l'érosion) et de l'installation de puissants réseaux hydrographiques convergeant tous vers le goulet qui permet au Niger actuel de gagner l'Atlantique.

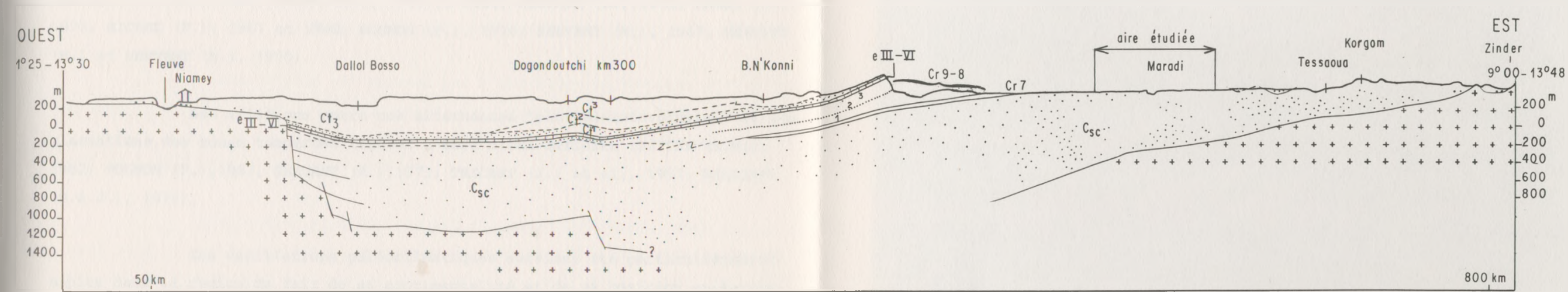
Enfin le Quaternaire récent fournit des éléments si importants à la compréhension du modelé actuel et de sa dynamique qu'un développement particulier sera présenté au paragraphe suivant.

Centré sur la région étudiée, il fera appel d'avantage à la géomorphologie.



- La mer avant la transgression à *Neolobites* ①
- La transgression à *Neolobites* ②
- La transgression à *Nigericeras* ③
- La première transgression à *Libycoceras* ④
- La seconde transgression à *Libycoceras* ⑤
- La transgression du Paléocène supérieur ⑥

Fig.10_ Les transgressions marines dans le Bassin des Iullemeden



- | | | | | | |
|----------------------|---|--|--|--|---|
| Continental terminal | } | Ct ³ Grès argileux du Moyen-Niger
Ct ² Série argilo-sableuse à lignites
Ct ¹ Série sidérolithique de l'Adar Doutchi | Paléocène e III-VI | Maestrichtien-Danien Cr ⁹⁻⁸ | } 3 Upper sandstones and mudstones
} 2 Mosasaurus shales
} 1 Lower sandstones and mudstones
} C _{sc} = Continental hamadien |
| Socle antécambrien | } | | Sénonien inférieur Cr ⁷ ? | | |

Fig.11_Coupe schématique à travers la partie sud du Bassin des Iullemeden

3.2 - L'évolution géomorphologique de la région de Maradi durant le Quaternaire récent

Au cours du Quaternaire, la région étudiée a été soumise à une alternance de climats arides et humides, comme toute la bordure sud du Sahara (BERNARD (E.), 1962; BEUCHER (F.), 1971; DELIBRIAS (G.) et DUTIL (P.), 1966; DU-BOIS (J.), 1967; DUPONT (B.), 1970; ELOUARD (P.), 1967; ELOUARD (P.), 1973; ELOUARD (P.), et al., 1966; FAURE (H.), 1962 et 1969; HEBRARD (L.), 1972; MALEY (J.), 1973; MICHEL (P.), 1967 et 1969; ROGNON (P.), 1976; SERVANT (M.), 1967; SERVANT (M.) et SERVANT (S.), 1970).

Les relations entre ces alternances "pluvial-interpluvial" et les glaciations des zones tempérées tendent à être mieux définies (BUTZER (K.M.), 1962; ROGNON (P.), 1967; SERVANT (M.), 1973; TRICART (J.) et al., 1957; WILLIAMS (M.A.J.), 1975).

Ces oscillations paléoclimatiques auraient été particulièrement amples dans la région du fait de sa continentalité et de sa position en latitude (BLANCK (J.P.) et CLOOTS-HIRSCH (A.R.), 1977).

Résultant de ces différents travaux, le schéma d'évolution proposé ici n'a qu'une valeur chronologique relative. Son objectif principal est de retracer l'évolution géomorphologique de la région au Quaternaire récent, tout en mettant en évidence la nature et l'origine de ses différents milieux.

3.2.1 - L'Inchirien : Période humide - (environ 40 000 - 28 000 AA)

La région connaît une période de climat humide, où les précipitations, vraisemblablement saisonnières, sont suffisamment abondantes pour alimenter des écoulements capables de transporter des galets sur de longues distances.

Des cours d'eau, issus des massifs granitiques du Nord de la Nigéria, déposent des nappes de calloutis siliceux (graviers et petits galets émoussés et ferrugineux) sous la forme d'épandages fluviaux de texture décroissante vers le Nord. La tracé actuel du Goulbi N'Kaba serait installé sur le bord de cet épandage.

La fin de cette période a été marquée par une phase de sédimentation plus fine (chenaux remblayés et cailloutis recouverts par des dépôts sableux) due à l'assèchement du climat. Les crues devenant plus épisodiques et les débits moins importants, les matières dissoutes sont précipitées par infiltration et par évaporation. C'est au cours de cette période de transition que des oxydes de fer s'accumulent sur les cailloutis.

3.2.2 - L'Ogclien : Période sèche (environ 28 000 - 12 000 AA)

Cette période est marquée par l'arrêt des écoulements fluviaux au Nord de Maradi et par l'édification de l'erg⁺ ancien qui, au maximum d'aridité, s'étendait jusqu'à Kano. Ces actions éoliennes (dunes rouges) dérivent l'essentiel du modelé actuel de l'aire étudiée.

L'action du vent façonne les épandages sableux en dunes longitudinales plus ou moins régulières, orientées dans le sens E-W. Les sables fluviaux sont repris par le vent qui emporte les limons. Ils subissent un nouveau triage en fonction de la compétence du vent. L'aridité provoque aussi la deshydratation des oxydes de fer accumulés dans les cailloutis, qui ont été cimentés par des cuirasses ferrugineuses.

Lorsque le climat est devenu plus humide, l'ancien réseau fluvial était complètement désorganisé, obstrué par des dunes. Une couche de sable d'épaisseur variable, en général décroissante vers le Sud, couvrait l'ensemble de l'aire étudiée.

+ - "Erg (terme arabe), synonyme d'edeyen en Libye, de goz au Sahara méridional, de koum en Asie Centrale, de nafud en Arabie, désigne -sur un substrat sableux couvert ou non d'un pavage de déflation- une concentration étendue d'édifices sableux, de formes homogènes ou non, jointives ou juxtaposées, selon des degrés divers d'organisation, à la limite sans organisation apparente.

Il est fondamental de noter qu'un erg, aire à dominante de dépôt, est toujours traversé par un ou plusieurs courants de transport, ce qui revient à dire que, même dans un erg, le sable circule. Il y circule lentement, mais du sable y entre, d'un côté, l'amont, et en sort de l'autre, l'aval, ce qui infirme définitivement l'hypothèse que les ergs sont exclusivement un paysage modelé par le vent à partir d'une accumulation sableuse fluviale dans un bassin" (MAINGUET (M.) et al., 1977).

3.2.3 - Le Tchadien (et le Nouakchotien) : Période humide -
(environ 12 000 - 4 200 AA)

Les précipitations étant plus abondantes, les rivières vont essayer de reprendre leurs écoulements en direction du Nord. Le Goulbi N'Kaba creuse sa vallée actuelle. L'entaille du Goulbi N'Kaba crée un niveau de base vers lequel se dirigent des sous-écoulements, empruntant plus ou moins la trace des anciens chenaux d'épandage. L'entaille de cette vallée déclenche une vague d'érosion régressive sur les versants à l'intérieur des dunes (carte N° 14).

Les eaux achèvent de combler des petites vallées à moins qu'elles ne s'accumulent en des lacs en amont des dunes. Pendant cette période, le climat, plus humide que l'actuel, favorise la fixation des dunes par la végétation. Des sols s'y développent. La pédogenèse est caractérisée par une migration des oxydes de fer et des particules fines, avec formation d'un horizon d'accumulation profond, de couleur rouge. Les versants des dunes sont façonnés en glacis par le ruissellement diffus, avec colluvionnement à leurs pieds.

Dans les endroits où les cailloutis cuirassés du Quaternaire ancien étaient peu profonds, ou dégagés du recouvrement dunaire, un colmatage s'est effectué. Les eaux d'infiltration, freinées à ce niveau, se sont dirigées vers des entailles en emportant des particules en suspension et des matières dissoutes (fer principalement). Des phénomènes de suffosion se développent. Ainsi se sont creusées des cuvettes, certaines reliées par le sous-écoulement. A ce niveau, sur des épandages plus riches en argile et limon, se développent les sols les plus compacts.

3.2.4 - Tafolien : Petite phase aride (environ 4 200 - 2 000 BP)

Au cours de cette période, la région est à nouveau soumise à l'action du vent, malgré une aridité certainement moins prononcée que lors de l'Ogoulien. Une certaine humidité devrait se maintenir le long des axes d'écoulement qui seront moins touchés par l'action du vent (présence de végétation ?).

Sur les dépôts sableux de la région, le vent façonne des petites dunes, irrégulières, ~~sans~~ orientation trop nette (dunes orangées). Les dunes de l'erg ancien ont été probablement remaniées pendant cette période. L'importance de ces actions éoliennes, en général, décroît vers le sud de la région (leur limite principale se situerait au nord du Goulbi N'Kaba).

3.2.5 - Subactuel : dernière période humide (Néolithique)

Le long de cette période, quatre milieux vont connaître une évolution différente :

- les dunes récentes
- les dunes rouges
- les axes hydrographiques
- les affleurements du crétacé et du Quaternaire ancien

Dans les dunes récentes, édifiées au cours de la période aride précédente, la pédogenèse va prédominer avec la formation d'un horizon ferrugineux de couleur orange. La migration des oxydes de fer ne sera pas accompagnée par celle des argiles. En profondeur s'installe un régime de sous-écoulement ou d'inféroflux, suivant les cours des anciens chenaux de la nappe d'épandage.

Les dunes rouges de l'Ogolien, étant donné la pédogenèse du pluvial précédent, auront un comportement hydrique distinct. Sous l'effet de la sécheresse saisonnière, l'horizon d'accumulation d'argiles et d'oxydes de fer durcit. Au début de la saison des pluies, les eaux infiltrées y pénètrent difficilement. Elles contribuent à alimenter un ruissellement diffus sur les versants des dunes qui sont façonnées en glacis. Les colluvions tapissent le pied des versants et colmatent les dépressions interdunaires.

Les vallées continueront à se fossiliser. Cette ultime période humide, qui dure encore, sera impuissante à régénérer les réseaux hydrographiques. Seule survivra l'artère la plus méridionale du réseau, le Goulbi N'Maradi en voie de fossilisation.

Les épandages sur cailloutis du Quaternaire ancien évolueront suivant les possibilités de drainage, déterminées en fonction de leur éloignement des vallées fossiles et des barrages constitués par les dunes récentes.

Les dépressions avec drainage :

Les eaux ruissellent à la surface des glacis, s'infiltrant en suivant leurs anciens axes exutoires dans les dunes orangées, d'où elles sont évacuées par sous-écoulement en direction des chenaux entaillés.

Les dépressions avec hydromorphie :

Eloignés des axes de drainage, les chenaux qui assuraient un certain drainage étant obstrués par le remaniement éolien et transformé en cuvettes séparées les unes des autres, les eaux de ruissellement s'accumulent. Les cuvettes s'étendent. La durée de l'inondation permet le développement de sols à caractères hydromorphes.

3.2.6 - Le modelé actuel

Le long du Quaternaire, deux grandes nuances vont marquer le paysage extrêmement plat, hérité du Continental Hamadien :

- . un réseau hydrographique, important lors des périodes humides, entaillera le soubassement crétacé et épandra des nappes de galets et cailloutis issues des massifs granitiques du sud;

- . un manteau sableux, d'origine éolienne, d'une épaisseur décroissante vers le sud, couvrira la région lors des périodes arides.

Aujourd'hui, dans les régions où le manteau sableux est assez épais (environ 3 m ou plus), le modelé est typiquement dunaire (tout le nord du Goulbi N'Kaba). Où celui-ci n'est pas suffisamment épais (moins d'un mètre environ), la couche sableuse (erg ancien) épouse les anciennes formes du relief, le plus souvent très plates (Continental Hamadien, anciennes alluvions caillouteuses). C'est le cas de nombreuses régions au Sud du Goulbi N'Kaba où les cailloutis ferrugineux du Quaternaire ancien affleurent à certains endroits.

Sous le climat actuel, ces différents modelés et matériaux continuent à évoluer. Le prochain paragraphe permettra d'aborder les principaux mécanismes de cette évolution et la stabilité de ces différents milieux.

4 - La stabilité des différents milieux sous le climat actuel

Une longue saison sèche, des températures élevées toute l'année, des pluies limitées à la seule saison estivale, sont les traits majeurs du climat régional actuel.

Après cet aperçu sur l'histoire géomorphologique de la région étudiée, le paragraphe suivant essaiera de mettre en évidence la nature des principaux processus morphodynamiques et pédogénétiques agissant sous le climat actuel, dans l'aire étudiée. Leurs conséquences seront évaluées, schématiquement, sous forme d'un bilan morphopédogénétique traduisant la stabilité des différents milieux et leur sensibilité aux actions de l'homme.

4.1 - Une morphogenèse dominée par les actions éoliennes

Deux processus morphodynamiques, l'un éolien, l'autre hydrique, agissent par relais (saison sèche et saison des pluies) et peuvent avoir des effets convergents ou antagonistes au niveau de la morphogenèse dans l'aire étudiée.

4.1.1 - Les actions éoliennes

Le courant éolien de dominante NE, originaire des régions du Tibesti et du Fachi-Bilma, agit pendant la saison sèche avec une importance décroissante vers le sud. Originellement chargé de sable, au fur et à mesure du dépôt des grains, des plus gros (600 m) aux plus fins (250 m), il opère une substitution de charge et prélève des grains autochtones, comme le montrent les études de granulométrie et de morphoscopie (MAINGUET (M.) et al. 1977). L'action du vent est donc triple : apport de sable allochtone, déposé sélectivement selon la taille, substitution de charge avec prélèvement sur le matériel local, action de façonnement du manteau sableux (vannage, déflation,...).

Seuls les endroits protégés par une couverture végétale importante et relativement permanente (forêts classées, palmeraies,...) constituent de grandes unités peu sensibles aux actions éoliennes (carte N°16). Ailleurs, la

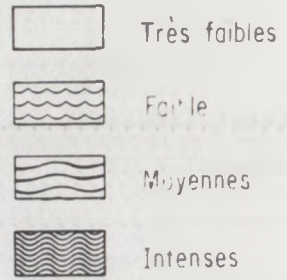
AIRE ETUDIÉE

département de Maradi — Niger

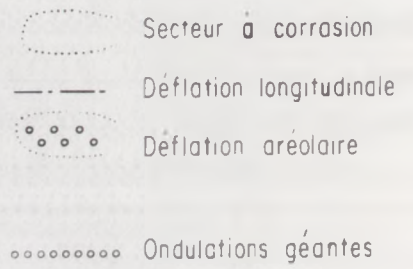
Actions éoliennes

(vue schématique)

Echelle 1/500000



Etats de surface*



Carte n°16



14°30'

14°30'

14°

14°

13°30'

13°30'

7°30'

* D'après MAINGUET M. et al, 1977

surexploitation de la végétation, surtout dans les régions très cultivées (autour de la vallée du Goulbi N'Kaba), fragilisent les sols par rapport aux actions éoliennes (absences de ligneux, piétinement par le bétail, sols dénudés pendant la saison sèche,...).

La morphodynamique éolienne semble peu intense sur les sols d'origine hydromorphe et sur les endroits où les cailloutis du Quaternaire ancien ou du Continental Hamadien sont peu profonds. Cette résistance apparente aux actions éoliennes pourrait être attribuée à la cohésion meilleure du matériau et à la texture des particules, supérieures à la compétence du vent. Ces unités n'étant que rarement cultivées, le rôle protecteur de la végétation ne doit pas, pour autant, être négligé.

Pour une même compétence du vent, la fraction de particules susceptibles d'être prise en charge dépend des effets de la pédogenèse sur les matériaux ainsi que de leur position topographique. Ces critères permettraient de distinguer, dans l'aire étudiée, des unités spatiales dont la sensibilité aux actions éoliennes serait croissante : les axes hydrographiques, les régions où le Crétacé ou les cailloutis du Quaternaire ancien sont peu profonds et les ergs sableux (ancien et récent). De ce point de vue, l'erg récent serait l'une des unités les plus sensibles si la végétation n'intervenait pas.

Or, l'intensité actuelle des processus morphodynamiques éoliens est très importante dans l'aire étudiée et dépend, sans aucun doute, de la nature et de l'état de la végétation. L'examen des images satellite (ERTS E-2318/2319) et des photos aériennes (1/60 000) montrent qu'ils sont très intenses dans les régions cultivées et déboisées. Dans les forêts classées ou dans les régions boisées, ils sont limités à l'accumulation de sable. La végétation joue un rôle important sur la stabilité des différents milieux face aux actions éoliennes quelle que soit leur sensibilité propre.

L'étude de la sensibilité des milieux aux actions éoliennes (liée aux matériaux et à leurs positions topographiques) doit être complétée par celle de la végétation, vu son rôle sur l'intensité des processus. La carte N° 16 illustre, schématiquement et synthétiquement, ces deux aspects.

4.1.2 - Les actions hydriques

Par opposition aux actions éoliennes, la dynamique hydrique devrait augmenter du Nord vers le Sud avec les précipitations croissantes. En dehors des régions où les cailloutis du Quaternaire ancien ou le Continental Hamadien sont peu profonds, les matériaux superficiels (sableux) sont très filtrants. L'absence d'un réseau hydrographique fonctionnel et la concentration des pluies à la seule saison estivale font que le ruissellement est la seule action hydrique remarquable au niveau de la morphogenèse.

Le ruissellement est dû à l'énergie cinétique développée par les pluies qui, en l'absence d'une couverture végétale importante, entraîne des phénomènes de battance, de destruction d'agrégats, de tassement des sols et de diminution de la perméabilité en surface. Ses effets les plus remarquables sont, à grande échelle, le glaçage des versants des dunes, l'entraînement des particules fines du sol, l'incision de petits chenaux et ravines et, surtout, le transport et l'accumulation de matériaux organiques et minéraux dans les bas de versants, dans les cuvettes endoréiques, dans les mares et, dans une moindre mesure, dans les fonds de vallées.

Sous le climat actuel, le ruissellement (aréolaire⁺, embryonnaire, diffus et concentré -avec ou sans ravinement)⁺ reste limité dans le temps (saison des pluies) et dans l'espace (versants des vallées et régions où le substratum Crétacé ou Quaternaire ancien est peu profond) même si, à une grande échelle, ces répercussions sont parfois relativement importantes (création de petites mares, incision de chenaux, ensevelissement et déchaussement des plantes cultivées,...).

La carte N°17 illustre, schématiquement, l'intensité des actions hydriques dans l'aire étudiée. Chaque unité comprend toujours une mosaïque de situations, même si le titre indique l'intensité dominante.





4.2 - Une pédogenèse très atténuée

Les conditions climatiques actuelles orienteraient la pédogenèse vers la steppisation ou la brunification, sauf à quelques endroits où des processus d'hydromorphie saisonnière, très limités, se poursuivraient.

AIRE ÉTUDIÉE

département de Maradi – Niger

Actions Hydriques (vue schématique)

- | | |
|---|--|
|  | Très faibles ou nulles ou très localisés |
|  | Faibles |
|  | Moyennes |
|  | Assez intenses |
- } Secteurs à endoreïsmes et à confinement

Echelle 1/500 000

Carte n°17

14°30'

14°30'

14°

14°

13°30'

13°30'

7°30'



4.2.1 - L'influence des pédogenèses anciennes

Les pédogenèses anciennes, schématiquement évoquées au paragraphe 3.2, sont responsables de l'essentiel de la différenciation actuelle des sols.

La morphologie des profils pédologiques garde les traces de deux ambiances géochimiques passées :

. les zones de soutirage où le fer individualisé a été plus ou moins lessivé des positions hautes et bien drainées des sommets d'interfluves. L'appauvrissement du profil en fer et le soutirage des solutions minérales sur les versants des vallées se réalisait à la suite d'un engorgement saisonnier, non stagnant (drainage latéral). Aujourd'hui, ces phénomènes ne se produisent plus (absence d'écoulement de surface dans les vallées ou d'inféoflux).

. les zones à endoréisme et confinement où, en l'absence de soutirage, les horizons inférieurs des profils ont été soumis à un processus d'engorgement avec accumulation de fer et d'argile. Ces horizons sont bariolés de taches diffuses, peu contrastées, et caractérisées par une cohésion assez importante (prise en masse) (FEAU (C.), 1976).

4.2.2 - La pédogenèse et les sols actuels

Aux deux ambiances géochimiques anciennes correspondent actuellement dans l'aire étudiée deux grandes classes de sols : les sols ferrugineux tropicaux lessivés en fer et les sols hydromorphes minéraux. La carte N° 18 illustre leur distribution.

Quant à la pédogenèse actuelle, elle s'orienterait vers la steppe ou la brunification (matière organique à faible teneur, moins de 1 o/oo, diminuant très progressivement en profondeur).

Des processus d'hydromorphie saisonnière se poursuivraient, très atténués, dans les unités à endoréisme important.

4.3 - Quelques commentaires sur la stabilité des milieux

Quatre points pourraient résumer ces réflexions sur la stabilité actuelle des milieux physiques de l'aire étudiée :

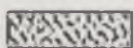
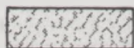
AIRE ÉTUDIÉE

département de Maradi — Niger

Carte Pédologique

LÉGENDE

- Sols ferrugineux tropicaux lessivés en fer
 - sols f.t.l. en fer, peu différenciés famille sur sables éoliens (ergs récents)
 - sols f.t.l. en fer, typiques famille sur sables éoliens (ergs anciens)
 - sols f.t.l. en fer gris et ocre de bas fond famille sur sables faiblement argileux de Maradi
- Sols hydromorphes minéraux
 - sols à gley de profondeur famille sur sables grossiers des vallées sèches
 - sols à pseudo gley famille sur placages colluviaux argilo-sableux



Echelle 1/500 000



Carte n°18

14°30'

14°30'

14°

14°

13°30'

13°30'

7°30'

. dans la dynamique actuelle des milieux physiques, les processus morphogénétiques sont plus importants que les processus pédogénétiques. Autrement dit, une instabilité généralisée du milieu caractérise l'aire étudiée;

. parmi les processus morphogénétiques, les mécanismes d'origine éolienne sont largement prédominants sur les mécanismes hydriques, dans le temps et dans l'espace (sous le climat actuel);

. cette action permanente du vent (enlèvement et dépôt de matériaux) sur les différents milieux peut varier pour un même milieu avec la nature et l'état de la végétation qui le recouvre ;

. enfin, l'importance croissante de la pression humaine sur les ressources végétales tend à augmenter la sensibilité de tous les milieux aux actions éoliennes et à aggraver leur instabilité.

A partir de ces points, il semble possible qu'une qualification de l'espace de l'aire étudiée puisse être fait sur la base d'unités morphopédogénétiques relativement homogènes, descripteurs synthétiques des multiples paramètres du milieu. C'est ce qui sera présenté au paragraphe suivant, en guise de synthèse et de conclusion.

5 - Les principales unités morphopédologiques

5.1 - Une définition

Sont dénommées unités morphopédologiques, ou "types de milieu", des portions de territoire possédant une structure, une évolution et des problèmes communs. Ces unités sont définies par des interactions spécifiques entre le matériau, le modelé, la morphogenèse, la pédogenèse, toutes ces données ayant évolué ou évoluant actuellement sous des conditions climatiques bien précises (KILIAN (J.), 1974).

5.2 - Cinq unités principales

Cinq unités morphopédologiques principales ont été mises en évidence dans l'aire étudiée, étant donné le niveau de perception considéré (1/500 000) :

- 1 - les axes hydrographiques à lit net;
- 2 - les axes hydrographiques à lit peu net;
- 3 - l'erg récent typique (dunes orangées);
- 4 - l'erg ancien sur Crétacé et Quaternaire ancien profonds;
- 5 - l'erg ancien sur Crétacé et Quaternaire ancien peu profonds.

Elles sont présentées par le tableau N° 4 , et leur répartition spatiale est donnée par la carte N°19.






Tableau N° 4 : Les Unités morphopédologiques de l'aire étudiée
Caractérisation

	UNITES MORPHO-PÉDOLOGIQUES	MATERIAU	PÉDOGENÈSE actuelle	MORPHOGENÈSE actuelle	STABILITÉ actuelle
AXES HYDROGRAPHIQUES	à lit net	sable éolien sur sable fluvial lentilles argileuses	hydromorphie dans les chenaux	sur les escarpements, ruissellement diffus et concentré	assez forte
	à lit peu net	sable éolien	hydromorphie peu localisée peu caractérisée	éolienne accumulation reprises éoliennes zones cultivées ruissellement, escarpements	moyenne
ERG RECENT	Massifs Dunaires	sable éolien récent	pédogenèse peu caractérisée steppisation (?)	reprises éoliennes saisonnières des zones cultivées assez intenses zones accumulation et départ	faible
ERG ANCIEN	Crétacé et Quaternaire ancien profonds	sables rougeâtres éoliens	steppisation (?)	reprises éoliennes des zones cultivées départ et accumulation	moyenne
	Crétacé et Quaternaire ancien peu profonds	sables faiblement argileux (rougeâtres)	poursuite probable de la ferruginisation légère hydromorphie saisonnière	morphodynamique hydrique intense zones cultivées avec reprises éoliennes	très faible

AIRE ÉTUDIÉE

département de Maradi _ Niger

Unités Morphopédologiques (vue schématique)

-  Vallée à lit net
 -  Vallée à lit peu net
 -  Crétacé et Quaternaire ancien peu profonds
 -  Crétacé et Quaternaire ancien profonds
 -  Erg récent
- } Erg ancien

Echelle 1/500 000

Carte n°19



14°30' — 14°30'

14° — 14°

13°30' — 13°30'

7°30'

6 - Quelques commentaires...

L'analyse successive du cadre géologique (héritages structuraux) et de la mise en place récente des matériaux (Quaternaire) a montré l'existence d'une série de situations diverses dans ce milieu apparemment très homogène (aspects physiographiques).

Ces situations ont été détectées, identifiées et caractérisées dans leurs aspects physiques les plus permanents (matériaux) mais aussi, et surtout, dans leur dynamique actuelle (bilan morphogénèse et pédogénèse).

L'instabilité actuelle qui marque la plupart de ces milieux résulte de processus morphodynamiques dominants et agissant tout le long de l'année, surtout pendant les 9 mois de saison sèche quand la présence de la végétation est faible, rare ou nulle.

Les unités morphopédologiques, qui ont permis un premier découpage schématique de l'aire étudiée, discriminent des seuils écologiques importants car elles intègrent les caractéristiques les plus permanentes du substrat ainsi que sa dynamique actuelle.

Au chapitre suivant, ce type d'approche sera mis à contribution, et non en concurrence, avec l'analyse de l'aire étudiée par la végétation. Cela permettra d'affiner ce premier découpage et d'introduire la dimension "ressources naturelles renouvelables" à cette qualification de l'espace rural.

Soulignons alors deux intérêts majeurs de l'approche morphopédologique :

. elle caractérise la dynamique actuelle des milieux physiques, cause et effet d'une partie importante des déséquilibres écologiques que connaît la région;

. elle le fait à un moment où la végétation est absente, les 9 mois de la saison sèche.

*" Que tristeza, que nois sentia...
Cada árvore que caia,
Doia no coração! "*

*Paraphrase de Adoniran Barbosa
(Saudosa Maloca)*

IV - L'ETUDE DE LA VEGETATION NATURELLE

1 - La végétation naturelle : pourquoi ?

L'approche de la végétation naturelle de l'aire étudiée comprend deux aspects théoriquement distincts mais très liés en réalité.

Le premier considère la végétation naturelle comme un élément intégrateur des conditions du milieu, capable de discriminer des seuils écologiques importants et d'affiner le découpage écologique de l'aire étudiée, amorcé lors de l'étude des milieux physiques.

Le second la considère comme une ressource naturelle renouvelable à identifier, qualifier et quantifier vu l'importance des usages diversifiés dont elle est l'objet, usages qui tendent à mettre en cause sa reproduction à moyen et long termes.

Sur ce dernier aspect, rappelons sans énoncer un truisme que, à l'heure actuelle, la végétation (naturelle ou cultivée) fournit l'essentiel des moyens matériels et imaginaires nécessaires à la reproduction sociale des populations : les villages sont entièrement bâtis avec des matériaux végétaux (cases, tapades, greniers, nattes,...), l'ensemble de la nourriture de base est produite sur place, la plupart des rituels et pratiques sociales utilisent comme support physique des matériaux végétaux,...

Dans cette approche, un temps relativement important a été consacré à certains travaux de base indispensables (identification des espèces, constitution d'un herbier, prospections de terrain,...) vu le manque de données sur la végétation de cette région, bien que cela -dès le départ- fasse partie des "règles du jeu".

2 - L'obtention des données

2.1 - L'échantillonnage

Le choix d'une méthode d'échantillonnage adaptée aux problèmes étudiés a été l'occasion d'une mise au point critique des connaissances disponibles sur la région de Maradi. De cette analyse critique des documents élaborés ou rassemblés nous avons retenu, dans un premier temps, ceux fournissant des renseignements sur la répartition spatiale de certaines variables écologiques jugées comme importantes *a priori* (cartes des précipitations, cartes pédologiques, cartes de la végétation,...).

Les différences d'échelles, l'ancienneté et le manque de précision de certains travaux ne permettaient pas la mise en oeuvre d'une étude très détaillée. Dans le cadre d'une démarche exploratoire ces documents permettaient néanmoins un premier découpage de l'aire étudiée et suggéraient l'échantillonnage adéquat.

La carte N°20 schématise les trois critères essentiels (et classiques) qui nous ont orienté : le climat (gradient des précipitations), le substrat (les unités pédologiques ORSTOM) et une carte schématique de la végétation (forêts classées).

Le gradient de précipitations découpé par l'aire étudiée nous avait fait penser à un échantillonnage systématique où les relevés auraient été placés sur des parallèles axées nord-sud (DE MIRANDA (E.), 1978). Toutefois l'observation des documents concernant le substrat et la végétation, ainsi que les études que nous avons réalisées précédemment (DE MIRANDA (E.), 1977),^b faisaient apparaître une diversité de situation qui nous ont orienté vers un échantillonnage stratifié (GODRON (M.), 1971).

Une prospection rapide de la végétation de l'aire étudiée a été réalisée en juillet 1978 avec la collaboration de M. MOUNKAILA GARBA, botaniste à l'Université de Niamey. Près de 70 relevés simplifiés ont été exécutés le long d'un transect qui traversait l'aire étudiée dans le sens nord-sud. Cette prospection a permis de mieux préciser l'hétérogénéité des principales strates d'échantillonnage et la nature des observations à réaliser sur la végétation et le milieu.

350mm env

AIRI ETUDIÉ

département de Maradi - Niger

Carte des Relevés Phytoécologiques

(Campagne 1978)

Echelle 1/500000

LÉGENDE

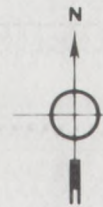
--- Limite des Forêts Classées

— Limite des unités
pédologiques O.R.S.T.O.M

▨ Gradient des précipitations
annuelles moyennes

• Emplacement des relevés

Carte n°20



Précipitations moyennes annuelles



700mm env

7°30'

Le plan d'échantillonnage et le code des relevés furent définitivement arrêtés à la suite de discussions avec M. GODRON et après le passage au Niger de J.L. GUILLERM.

2.2 - Le nombre de relevés et leur emplacement

Les moyens et le temps ont permis la réalisation de 211 relevés sur les 220 prévus au départ en 1978 (carte N°20).

Le nombre de relevés par strate était relativement équivalent supérieur dans les strates hétérogènes et inférieur dans les strates très homogènes).

Leur emplacement était tiré au hasard au sein de chaque strate sur un fond cartographique (1/200 000).

L'ensemble des relevés a été réalisé entre la mi-août et la fin septembre, durant l'expression maximale de la végétation (BILLE (J.C.), 1977; BOURLIERE (F.), 1978; BRADLEY (P.) et al., 1977; DURANTON (J.F.), 1976).

Sur le terrain, nous avons délibérément évité de placer les stations sur des situations non appréciables à cette échelle : abords d'éventuelles mares temporaires, alentours de villages ou de routes importantes.

2.3 - Les stations étudiées

Les stations étudiées ont été délimitées dans des portions de végétation les plus homogènes possibles. Cette tâche, facile dans certains cas (steppes semi-arides, végétation des sols compacts), était parfois difficile (certains sols dunaires à multiples faciès de végétation intriqués par une anthropisation surimposée). Dans l'appréciation de l'homogénéité de la végétation, nous avons tenté d'éviter l'arbitraire en tenant compte des critères liés à la structure spatiale de la végétation (GODRON (M.), 1966, 1968, 1971).

Les moyens de notre programme et le temps ne nous permettaient pas de calculer à chaque strate d'échantillonnage la surface optimale des stations à prospector. Ce calcul a été réalisé lors des premiers relevés. En tenant compte de ces premiers résultats et des travaux existants sur la région (DURANTON (J.F.), 1978; KOECHLIN (J.), 1976 et 1977) nous avons fixé la surface à prospector à environ 256 m² (16 m x 16 m). Bien que, pour certains milieux, cette surface soit apparue comme trop importante (steppes semi-arides sur sols dunaires, par exemple) nous nous sommes volontairement placés un "cran" au-dessus d'une surface peut être optimale pour certains milieux mais insuffisante dans d'autres. La surface des stations était matérialisée par des piquets en fer placés aux quatre coins d'un carré.

Tous les taxons de la station étaient relevés ainsi que les ligneux situés à moins de 30 mètres du carré délimité. Dans ce cas, ils recevaient un code approprié. Etaient codées, aussi, les plantes à comportement sciaphylle. L'identification des taxons a été réalisée avec la flore du Sénégal (BERHAULT (J. 1967) et la West Tropical Africa Flora (HUTCHINSON (J.) et DALZIEL (J.M.), 1972) Une dizaine d'échantillons ont été déterminées en France avec l'aide de M. DURANTON (PRIFAS-GERDAT) et de M. LEBRUN (IEMVT-GERDAT) à qui nous exprimons notre reconnaissance.

3 - Flore et Floristique

3.1 - Un bref rappel de l'exploitation botanique du Niger

Depuis le XVIIIème siècle, l'actuel territoire de la République du Niger fut visité par des explorateurs allemands, anglais et français qui rapportèrent en Europe des renseignements fragmentaires sur sa végétation. Voici les principaux et les dates de leurs voyages : MUNGO PARK (1795-1797); le Major D. DENHAM, le Capitaine H. CLAPPERTON et le Dr W. OUDNEY (1822-1824); H. BARTH (1849-1854); E. VOGEL (1854); G. ROHLFS (1873); G. NACHTIGAL (1870); E. VON BARY (1876-1877); le Lieutenant-Colonel MONTEIL (1891-1892) et G.A. KRAUSE (1888).

La pénétration française au Niger (1896) marque le début d'une nouvelle étape dans l'exploration de ce territoire. A cette occasion, le Lieutenant de vaisseau HOURST descend le fleuve Niger et rapporte au Muséum National d'Histoire Naturelle un petit échantillon floristique.

En 1898, le Ministère de l'Instruction Publique charge, par arrêté en date du 5 mars, F. FOURREAU d'une expédition d'exploration scientifique qui traverse le Niger. La mission a été dirigée par le Commandant LAMY (1898-1900).

A partir du début de ce siècle, des randonnées, des études, des missions et des expéditions, scientifiques et militaires, se succéderont. Citons les principales jusqu'à l'indépendance du Niger, parmi celles qui se sont intéressées à la flore et à la végétation du Niger : E.-F. GAUTHIER (1905-1906); le Capitaine TILHO (1906-1909); le Capitaine CORTIER (1908-1910); le Capitaine A. BUCHANAN (1910); F. RODD (1922); O. OLUFSEN et O. HAGERUP (1927); A. CHEVALIER (1931 + 1932); H. LHOTE (1934); A. AUBREVILLE (1935-1936); C. KILIAN (1936); M.A. et M.J. VOLKONSKY (1939); T. MONOD (1940); C. KILIAN (1943); L. CHOPARD et A. VILLIERS (1947); A. CHEVALIER (1950); H. GILLET (1953-1954); M. CLOS ARCEDUC (1956).

Retenons de cette période trois publications principales : En 1950, "Flore forestière soudano-guinéenne, A.O.F.-Cameroun-A.E.F." par le professeur André AUBREVILLE.

En 1956, "Catalogue des Plantes de l'Aïr" par le botaniste Hubert GILLET et l'entomologiste P. BRUNEAU DE MIRE.

En 1956, "Etude sur photographies aériennes d'une formation végétale sahélienne : "la brousse tigrée" par M. CLOS ARCEDUC.

Après l'indépendance du Niger, les études de végétation commencent à se multiplier, le plus souvent liées à des projets de mise en valeur pastorale. Sans les énumérer, soulignons l'importance dans l'étude de la flore du Niger de l'ouvrage, périodiquement remis à jour, "Le catalogue des Plantes Vasculaires du Niger" (PEYRE DE FABREGUES B. & LEBRUN J.P., 1976).

Cet ouvrage fait le point des connaissances acquises sur la flore du Niger dont il fournit la liste la plus complète. Mais, malgré les progrès de ces dernières années, aussi bien dans la connaissance de la flore que de la végétation, énormément de choses restent à faire.

3.2 - La flore de l'aire étudiée

Si le territoire du Niger reste encore insuffisamment connu du point de vue floristique, la région de Maradi, en particulier, n'a été l'objet que de quelques études floristico-économiques (DURANTON (J-F.), 1976; KOECHLIN (J) 1977).

L'inventaire floristique de l'aire étudiée ne serait complet que s'il comprenait les terres cultivées et les zones très artificialisées (villes, villages,...).

Sur les 211 relevés phytoécologiques réalisés dans les terrains non cultivés, 229 espèces phanérogames ont été identifiées. La liste de ces espèces, par ordre alphabétique et par famille, est donnée aux annexes N° 4 et N° 5. La détermination des plantes s'est limitée aux espèces, sans tenir compte des variétés. Quarante quatre familles, d'importance variable, sont représentées dans les milieux étudiés.

3.3 - Une espèce nouvelle pour le Niger

Le relevé N° 168 comprenait une papilionacée nouvelle pour le Niger.

Il s'agit de Crotalaria confusa, dont la détermination a été réalisée par le Muséum d'Histoire Naturelle à Paris.

La situation où elle fut trouvée ne présente rien de particulier (une jachère ancienne sur sol sableux) sauf de par sa position géographique. Aux confins du Niger, près de la frontière du Nigéria, elle se situe dans une région très arrosée par les précipitations, à l'extrême sud-est de l'aire étudiée.

Nous avons gardé un exemplaire et des échantillons ont été fournis aux Muséums d'Histoire Naturelle de Paris et de Londres.

3.4 - La diversité floristique

La diversité floristique décroît dans l'aire étudiée du sud vers le nord. La sélection des plantes par la sécheresse est certainement à l'origine de cette appauvrissement de la flore vers les régions arides, étant donné la relative homogénéité du substrat. Le tableau N° 5 illustre ce phénomène.

Tableau N° 5 : Variations de la diversité floristique en fonction des précipitations

Découpage de l'aire étudiée	1	2	3	4	5	6	7
Moyenne approximative des précipitations en mm	650	600	550	500	450	400	350
Nombre de relevés	54	36	23	21	23	25	29
Nombre total d'espèces	186	164	119	106	86	89	77
Nombre moyen d'espèces par relevé	28,6	28,0	21,5	18,3	16,6	18,9	16,8

4 - Approche floristico-écologique de l'aire étudiée

4.1 - Une approche - deux méthodes

Après avoir présenté quelques éléments sur la floristique de l'aire étudiée, nous considèrerons les relations existantes entre la composition floristique de la végétation étudiée et la variation des conditions du milieu.

Les variables écologiques ont été définies à deux niveaux de perception :

- au niveau régional : variables climatiques et morpho-pédologiques;

- au niveau stationnel : variables écologiques dont le recensement s'est réalisé en même temps que le relevé floristique, suivant la méthode développée par le C.E.P.E. Louis EMBERGER (GODRON (M.) et al., 1968).

Il a été fait suivant un code approprié aux caractéristiques de la région (annexe N° 6).

Deux méthodes différentes mais complémentaires ont été utilisées dans le traitement des données phytoécologiques :

La première, plus globale, met en évidence les principales variables écologiques qui régissent la composition floristique de l'aire étudiée.

La seconde, plus analytique, permet de distinguer des groupes d'espèces réagissant à de certaines variables ou classes de variables écologiques.

Les groupes écologiques ainsi définis serviront à orienter un découpage de l'aire étudiée en régions et secteurs écologiques.

4.2 - Méthode globale

4.2.1 - Méthode globale et ordination des relevés

L'approche globale des données phytoécologiques a permis de mettre en évidence l'influence sur la composition floristique de l'aire étudiée d'un ensemble de variables écologiques.

Etant donné la quantité très élevée de données (229 taxons, 211 relevés), leur traitement simultané a été réalisé par des méthodes statistiques dites multivariées.

Parmi ces méthodes, l'analyse factorielle des correspondances (BENZECRI (J.), 1966; CORDIER (B.), 1965) appliquée aux données phytoécologiques donne des résultats intéressants (DAGNELIE (P.), 1960 et 1965); GUILLERM (J.L., 1973); LACOSTE (A.) & ROUX (M.), 1971); HIERNAUX (P.), 1975); ROMANE (F.), 1972); ROUX (G.) & ROUX (M.), 1967); GAUCH (H.) & WHITTAKER (R.H.), 1977; NO-MEYER (I.) & WHITTAKER (R.H.), 1977). Bien que cette méthode devienne "classique" dans l'étude des communautés végétales, un résumé de ces principes est donné à l'annexe N° 7 .

Procédant par approximations successives (itérations) jusqu'à réaliser le meilleur ordre des espèces et des relevés, l'algorithme de construction s'avère une bonne technique d'ordination. Il a montré qu'en maximisant la trace de la matrice le meilleur ordre est réalisé (HILL (M.O.), 1973).

4.2.2 - L'analyse factorielle des correspondances : résultats

Le nuage obtenu par l'analyse factorielle des correspondances entre les espèces et les relevés possède une très forte inertie (trace de la matrice = $Q = 6,07$). La participation des différents axes est relativement faible : axe 1 = 5,6 %; axe 2 = 4,1 %; axe 3 = 3,8 %; axe 4 = 2,0 % et axe 5 = 2,0 %

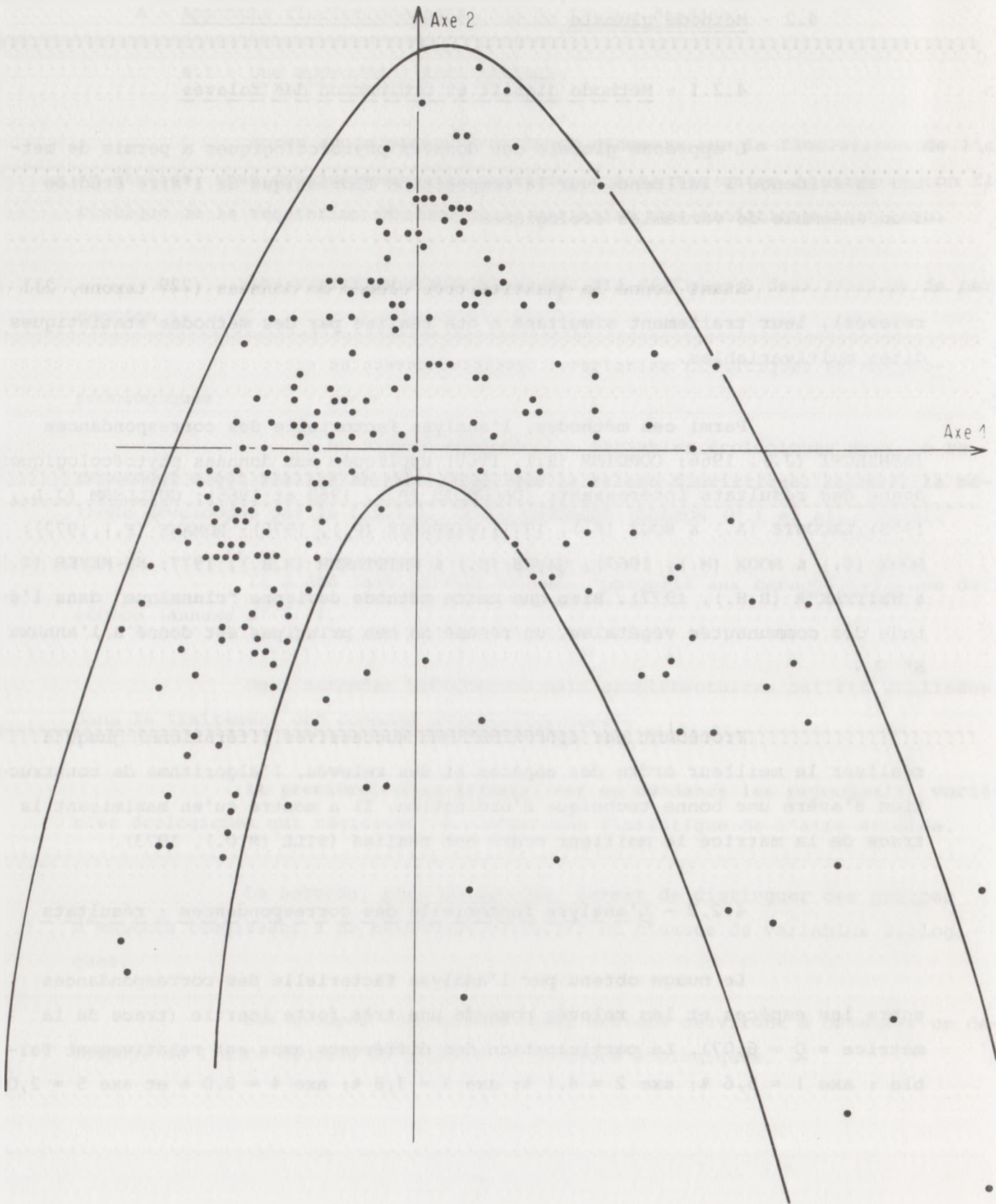


Fig.12 Analyse factorielle des correspondances
diagramme des relevés

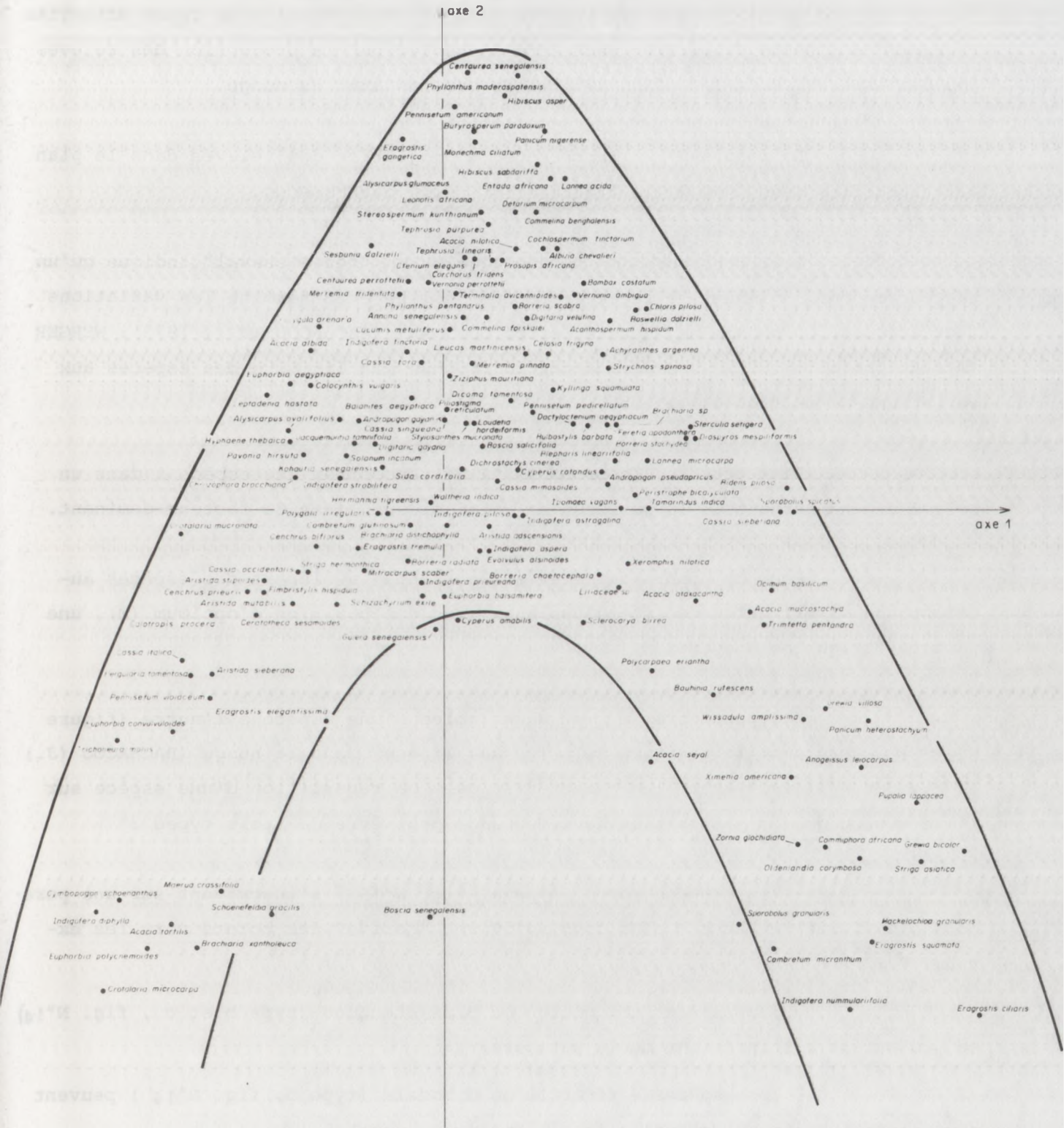


Fig.13 _ ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES
 DIAGRAMME DES ESPECES

La dispersion des relevés dans le nuage résulte de leurs affinités floristiques. Cette dispersion peut être appréciée par la projection des relevés (ou des espèces) dans les plans déterminés par les axes du nuage.

La figure N° 12 représente la projection des relevés dans le plan défini par les axes 1 et 2; la figure N° 13 celle des espèces.

Leur configuration parabolique ou en "fer à cheval" indique qu'un facteur majeur, agissant de façon gradative, domine et détermine les variations floristiques. Ce phénomène, appelé "effet GUTTMAN" (BACHACOU (J.), 1973); WERGER (M.J.A.) et al., 1978), s'explique par la réponse non linéaire des espèces aux variations de ce facteur majeur.

Dans ce sens, la probabilité de rencontrer une espèce i dans un relevé dépend surtout de la position de celui-ci sur l'axe du facteur dominant.

Pour un nombre de relevés important, la plupart des espèces auraient une distribution de type gaussienne avec une position d'optimum (m), une caractéristique de dispersion (σ).

Les paramètres m et σ variables d'une espèce à l'autre (figure N° 14) déterminent la position relative des espèces dans le nuage (BACHACOU (J.) 1973). Cette liaison entre les caractéristiques de répartition d'une espèce sur l'axe écologique et sa position dans le nuage peut être de trois types :

- les espèces rares (type a, fig. N°15) s'inscrivent sur une parabole plus fermée et un arc plus long, d'où une "dérive" des points vers les extrémités;
- les espèces ubiquistes ou plus étendues (type b et c , fig. N°14) se projettent à l'intérieur de la parabole;
- les espèces à répartition bimodale (type d, fig. N°14) peuvent occuper des positions centrales dans l'arc de la parabole.

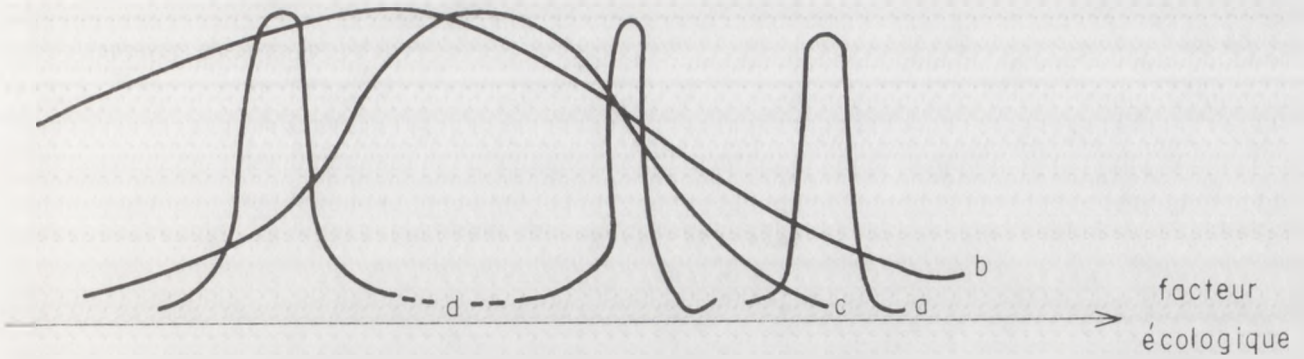


Figure N° 14 : Exemple de répartition d'espèces sur un facteur écologique dominant

4.2.3 - L'importance du gradient climatique

L'identification de ce facteur écologique majeur, responsable de l'effet GUTTMAN, ne pose pas de difficultés particulières. Dans les figures N°15 et N°16 sur chaque relevé le niveau de précipitations correspondant a été symbolisé. Il en ressort que le gradient climatique, créé par la variation nord-sud des précipitations, peut être considéré comme le facteur déterminant de la distribution des taxons dans l'aire étudiée.

Au nord, vers les précipitations voisines de 350 mm se trouvent surtout des espèces herbacées et quelques ligneux appartenant déjà aux flores sahariennes (OZENDA (P.), 1958; HUETZ DE LEMPS (A.), 1970; QUAZEL (P.), 1965; REINHOLD BARTHA (M.), 1970), telles que :

<u>Crotalaria</u>	<u>mucronata</u>
<u>Cymbopogon</u>	<u>schoeneanthus</u>
<u>Schoenefeldia</u>	<u>gracilis</u>
<u>Pennisetum</u>	<u>violaceum</u>
<u>Brachiaria</u>	<u>xantholeuca</u>
<u>Maerua</u>	<u>crassifolia</u>
<u>Acacia</u>	<u>tortilis</u>

Au sud, vers des précipitations voisines de 650 mm, se trouve un large éventail d'espèces parmi lesquelles figurent des nombreux ligneux, appar-

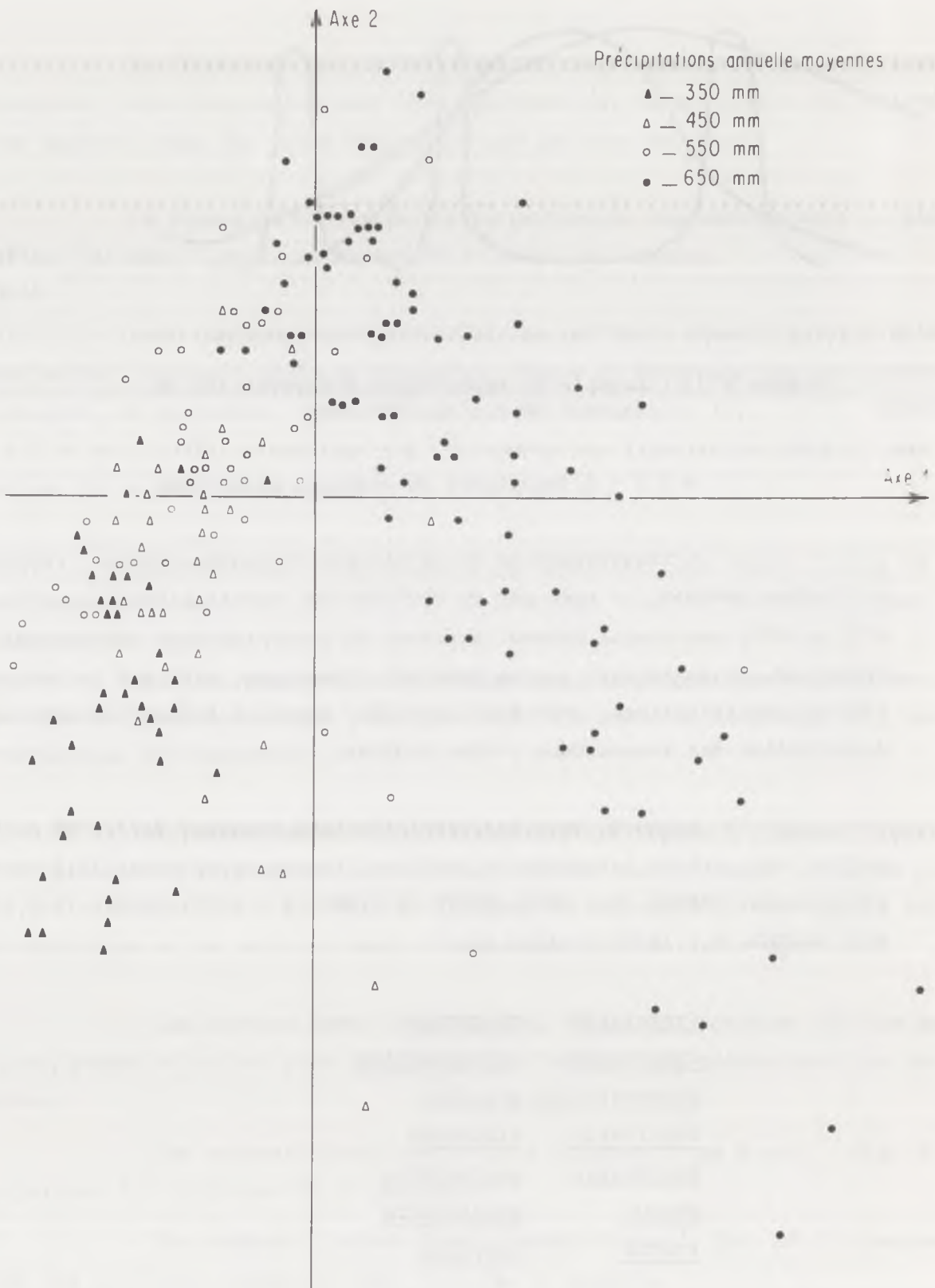


Fig.15 Analyse factorielle des correspondances
diagramme des relevés

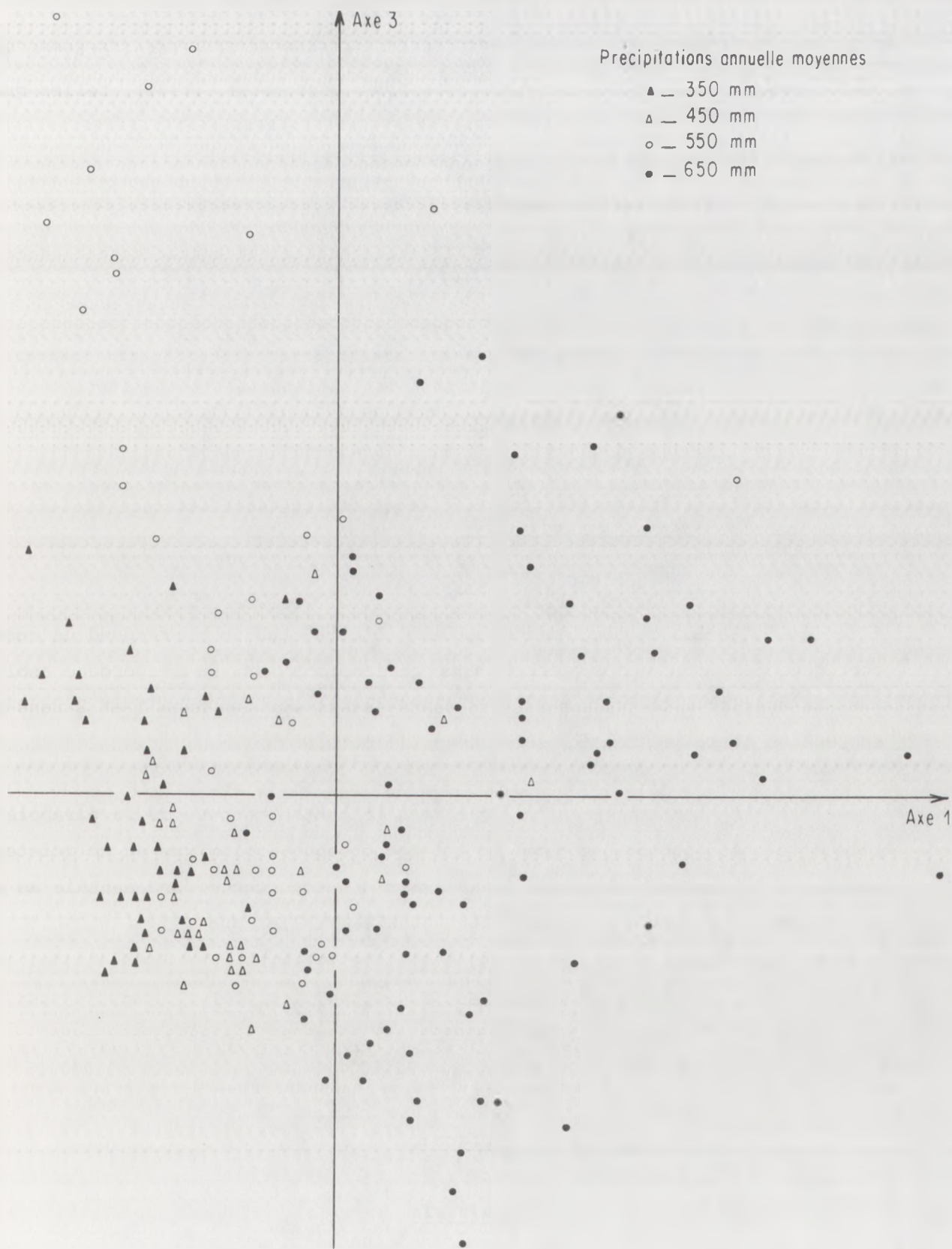


Fig.16 Analyse factorielle des correspondances
diagramme des relevés

tenant déjà aux flores soudano-guinéennes (AUBREVILLE (A.),1950; CLAYTON (W.D.), 1963; JONES (E.W.),1963; KOECHLIN (J.),1977, SCHNELL (R.),1971), telles que :

<u>Albizia</u>	<u>chevalieri</u>
<u>Boswellia</u>	<u>dalzielli</u>
<u>Detarium</u>	<u>microcarpum</u>
<u>Diospyros</u>	<u>mespiliformis</u>
<u>Entada</u>	<u>africana</u>
<u>Feretia</u>	<u>apodontera</u>
<u>Lannea</u>	<u>microcarpa</u>
<u>Sterculia</u>	<u>setigera</u>
<u>Sterospermum</u>	<u>khuntianum</u>
<u>Strychnos</u>	<u>spinosa</u>
<u>Xeromphis</u>	<u>nilotica</u>
<u>Ximenia</u>	<u>americana</u>

Aux régions centrales de l'aire étudiée correspond un ensemble imbriqué d'espèces sur lesquelles nous reviendrons lors de l'approche analytique. Le continuum de points qui les représentent sur les axes 1 et 2 rend trop subjective toute tentative de découpage (figure N° 13).

Remarquons enfin que, vers le centre concave de la parabole (Figure N° 13), se placent les espèces à large étendue écologique ou ubiquistes, parmi lesquelles figurent des taxons ayant une importance fondamentale au niveau de la production primaire dans l'aire étudiée, telles que :

<u>Borreria</u>	<u>radiata</u>
<u>Combretum</u>	<u>glutinosum</u>
<u>Cyperus</u>	<u>amabilis</u>
<u>Eragrostis</u>	<u>tremula</u>
<u>Evolvulus</u>	<u>alsinoides</u>
<u>Mitracarpus</u>	<u>scaber</u>
<u>Guiera</u>	<u>senegalensis</u>

4.2.4 - L'importance d'autres facteurs écologiques

Bien qu'un lien mathématique existe entre les différents axes du nuage dans le cas de l'effet GUTTMAN, l'examen des axes 2 et 3, par rapport à l'axe 1, apporte quelques informations intéressantes sur la distribution floristique.

Dans les figures N°17 et N°18 ont été apportées, sur chaque relevé, les unités morphopédologiques auxquelles ils appartiennent. Il existe une redondance certaine entre les unités morphopédogénétiques et le gradient des précipitations. Par exemple, l'unité 1 (erg récent) n'existe que sous le niveau de précipitations 1 (350 - 400 mm). On passe d'une unité à l'autre un peu comme si l'on suivait le gradient climatique. Ce lien entre les variables édaphiques et climatiques est "inévitabile" dans la région étudiée car, comme nous l'avons vu au chapitre II, la genèse ancienne et l'évolution actuelle des premières dépend des secondes.

Deux unités morphopédologiques semblent néanmoins se distinguer dans le nuage : la vallée à lit net du Goulbi N'Kaba et les régions où le Crétacé et le Quaternaire ancien sont peu profonds.

4.2.4.1 - La vallée du Goulbi N'Kaba

Les relevés réalisés dans cette vallée se distinguent assez nettement du reste du nuage dans les axes 1 et 3 -en haut à gauche- (Fig. N°18). Sur les axes 1 et 2 ils se situent vers l'extérieur de la concavité du nuage (Fig. N°17). Ce dernier aspect dénote que cette unité peut être caractérisées par des espèces relativement rares ou qui lui sont difèles, c'est à dire, présentes dans tous les relevés de cette unité mais pouvant exister ailleurs :

Leptadenia hastata
Leptadenia pyrotecnica
Hyphaene thebaica

Enfin, sur les axes 1 et 2, les relevés effectués dans cette vallée se trouvent parmi ceux effectués dans des régions beaucoup plus au nord de l'aire étudiée. Ces régions reçoivent normalement 150 mm de pluie en moins que la vallée du Goulbi N'Kaba.

L'affinité floristique entre ces deux régions géographiquement différentes dénoterait des conditions écologiques relativement semblables. Un examen détaillé des relevés à l'aide de quelques tableaux de contingence montre que seules les espèces herbacées seraient sensibles à ce phénomène sur lequel nous aurons l'occasion de revenir lors de l'approche analytique de ces données phytoécologiques.

4.2.4.1 - Les régions à Crétacé et Quaternaire ancien
.....
peu profonds
.....

Les relevés situés dans ces régions occupent une position assez caractéristique sur les axes 1 et 2 (extrémité droite de la parabole) et 1 et 3 (idem) (figures N° 17 et N° 18).

L'interprétation de cette position des relevés (ou des espèces correspondantes) doit être réalisée avec précaution pour trois raisons essentielles :

1 - Il existe une certaine redondance entre ces régions et les conditions climatiques, car elles se trouvent en général au sud de l'aire étudiée, sous des précipitations importantes. Ceci expliquerait cette tendance de l'ensemble de ces relevés à se situer à droite sur l'axe des précipitations. Toutefois, au contraire de la vallée du Goulbi N'Kaba qui traverse l'aire étudiée à un seul endroit, ces régions peuvent être trouvées plus au nord, sous d'autres conditions climatiques.

Un intérêt particulier leur a été porté lors de l'échantillonnage, en vue d'obtenir des éléments de comparaison, malgré les faibles surfaces qu'elles représentent. Les relevés correspondants se situent d'une façon particulière autour de l'axe 2 (figure N° 17).

2 - Ces régions caractérisées par des sols compacts, généralement peu profonds et à tendance hydromorphe, ne sont que rarement cultivées. Dans la plupart des cas, à la suite de déboisements, elles sont utilisées comme terrain de parcours intervillageois pendant la saison des pluies. Deuxième tautologie dont il faut tenir compte : à ces régions correspond presque toujours un niveau d'artificialisation assez faible et peu variable. Deux forêts classées de l'aire étudiée s'y trouvent .

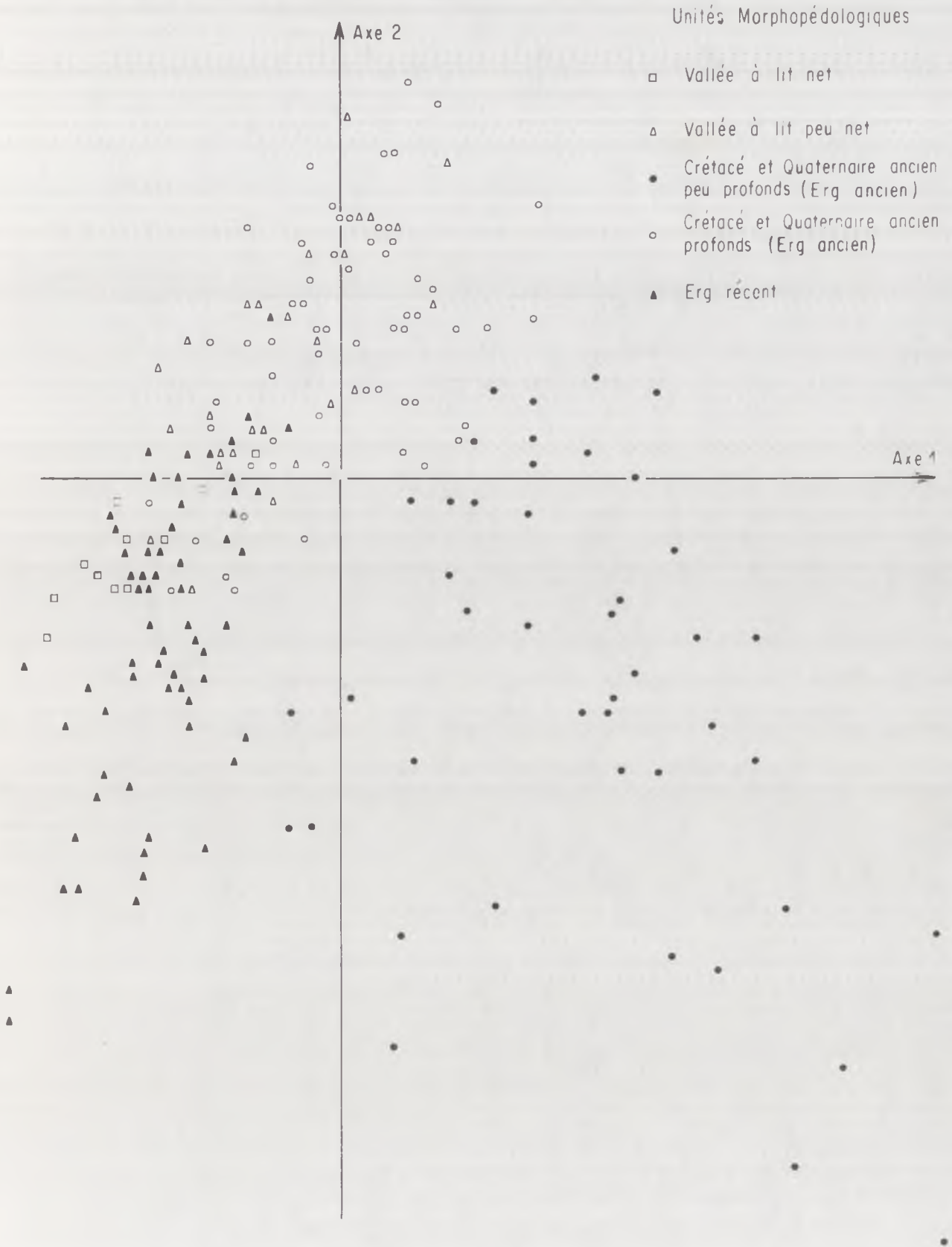


Fig.17 Analyse factorielle des correspondances
diagramme des relevés

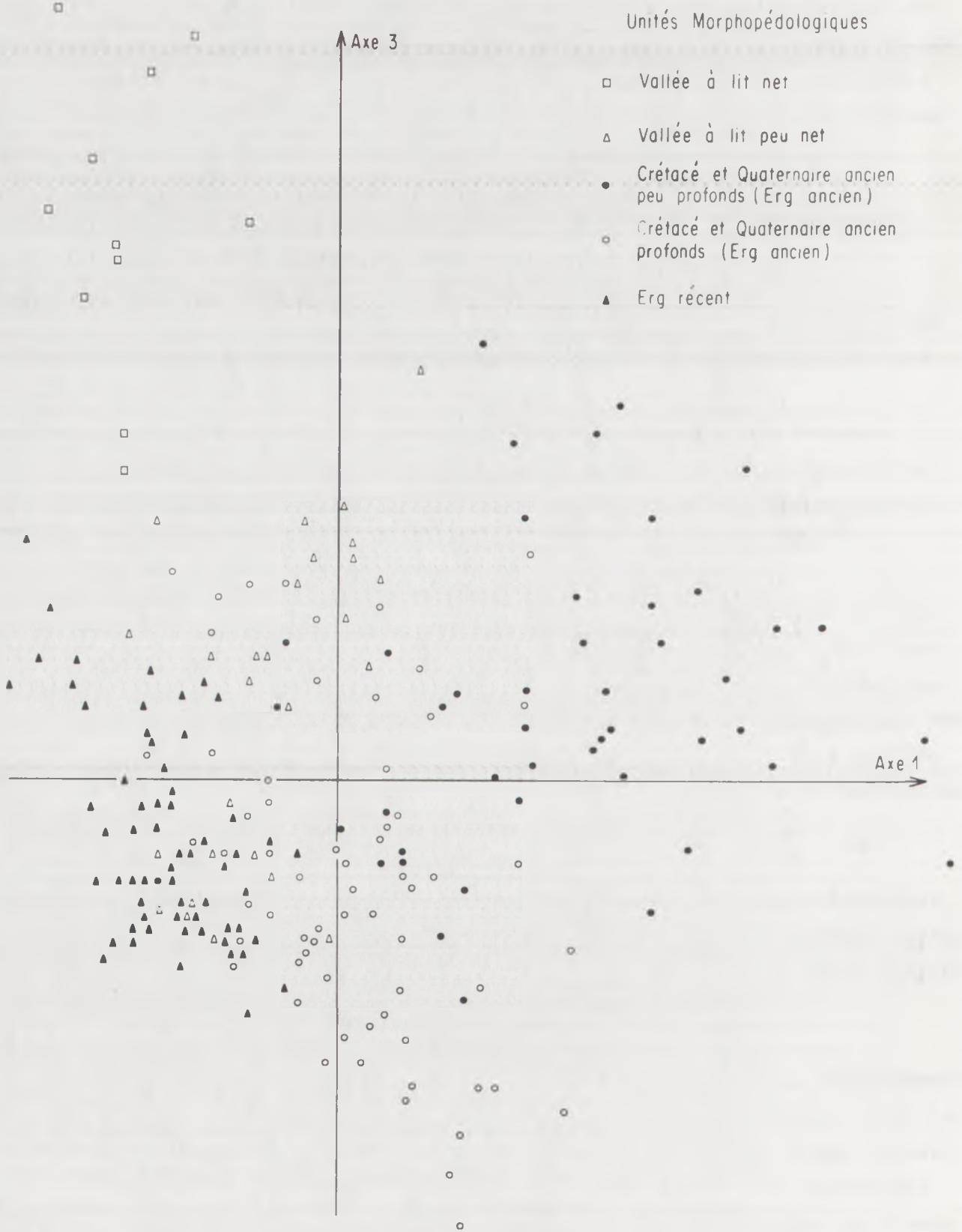


Fig18 Analyse factorielle des correspondances
diagramme des relevés

3 - Le manteau sableux qui recouvre plus ou moins les formations du Quaternaire ancien ou du Crétacé possède une épaisseur assez variable (de 0 à 1 m, voire plus). La végétation répond à ces variations par des formations distinctes allant des herbacées aux formations complexes ligneuses hautes/ligneuses basses/herbacées, ce qui implique des variations floristiques considérables. Ces régions sont, sans aucun doute, les plus hétérogènes de l'aire étudiée.

L'interaction de ces trois aspects explique la variabilité des taxons dans les différents relevés.

Dans les régions situées vers le nord de l'aire étudiée, quelques taxons très liés à cette unité morphopédologique constituent l'essentiel du peuplement végétal :

<u>Boscia</u>	<u>senegalensis</u>
<u>Zornia</u>	<u>glochidiata</u>
<u>Sporobolus</u>	<u>granularis</u>

Plus au sud, dans certains reliquats de végétation peu artificialisés, plus d'une quarantaine de taxons s'ajoutent à ces premiers parmi lesquels de nombreux ligneux :

<u>Anogeissus</u>	<u>leicarpus</u>
<u>Bombax</u>	<u>costatum</u>
<u>Boswellia</u>	<u>dalzielii</u>
<u>Combretum</u>	<u>micranthum</u>
<u>Cassia</u>	<u>sieberiana</u>
<u>Acacia</u>	<u>macrostachya</u>
<u>Acacia</u>	<u>senegal</u>
<u>Acacia</u>	<u>ataxacantha</u>
<u>Commiphora</u>	<u>africana</u>
<u>Diospyros</u>	<u>mespiliformis</u>
<u>Grewia</u>	<u>bicolor</u>
<u>Grewia</u>	<u>villosa</u>
<u>Ximenia</u>	<u>americana</u>

Il faut ajouter à ces ligneux de nombreuses espèces herbacées, le plus souvent sciaphylles, telles que :

<u>Eragrostis</u>	<u>ciliaris</u>
<u>Eragrostis</u>	<u>squamata</u>
<u>Indigofera</u>	<u>nummularifolia</u>
<u>Oldelandia</u>	<u>corymbosa</u>
<u>Sporobolus</u>	<u>spicatus</u>
<u>Striga</u>	<u>asiatica</u>
<u>Wissadula</u>	<u>amplissima</u>

Signalons, enfin, que Boscia senegalensis, taxon très lié à cette unité morphopédologique -généralement au sud de l'aire étudiée-, apparaît à l'extrême nord de l'aire étudiée sur des sols sableux d'origine éolienne (unités sur erg récent sous 350 mm de précipitation moyenne). Il a donc une répartition bi-modale le long du gradient des précipitations. C'est ce type de répartition qui explique sa position excentrée entre les deux branches de la parabole du nuage (Fig.13), ce qui est un phénomène typique dans l'effet GUTTMAN (BACHACOU (J.),1973).

4.2.5 - Conclusions

De la méthode globale appliquée aux données phyto-écologiques, il ressort qu'un gradient climatique, estimé par les précipitations moyennes annuelles et très progressif, détermine les distributions floristiques au sein de l'aire étudiée.

Le substrat peut néanmoins introduire des variations remarquables sur les distributions floristiques au niveau de deux unités morphopédologiques: la vallée à lit net du Goulbi N'Kaba et les régions où le soubassement Crétacé ou Quaternaire ancien est peu profond.

Toutefois, si les extrêmes nord et sud de l'aire étudiée peuvent être caractérisés par certaines espèces végétales typiques, les régions méridionales, très artificialisées, sont plus difficiles à appréhender.

Dans le prochain paragraphe, par la méthode analytique, nous essaierons de confirmer et préciser ces premiers résultats.

4.3 - Méthode analytique

4.3.1 - Méthode analytique et traitement phyto-écologique

Dans le paragraphe précédent, nous avons déterminé l'importance relative de quelques variables synthétiques du milieu, considérées à moyenne échelle, par rapport à l'influence qu'elles exercent sur la composition floristique de l'aire étudiée.

Maintenant, nous essaierons de mettre en évidence l'influence sur la composition floristique d'une série de variables analytiques du milieu, relevées au niveau stationnel en même temps que les taxons (GODRON et al., 1968) en plus des variables considérées précédemment.

Cette approche analytique sera réalisée au moyen des profils écologiques, constitués par la répartition des espèces dans les différentes classes des variables écologiques (GOUNOT (M.), 1958). L'effectif de chaque classe peut être brut : fréquence absolue ou élaborée : fréquence relative, corrigée. Ces types de fréquence permettent la définition de différents types de profils écologiques correspondants (GODRON (M.), 1965; GUILLERM (J.L.), 1969).

L'identification des variables écologiques actives sur la répartition des espèces utilisera des méthodes issues de la théorie mathématique de l'information.

4.3.2 - Les profils écologiques

Cinq types de profils écologiques ont été considérés dans l'approche du comportement des espèces pour chaque facteur ou variable du milieu. Il s'agit de profils couramment utilisés au C.E.P.E.L. EMBERGER (GODRON (M.), 1964; GAUTHIER (B.) et al., 1977; GUILLERM (J.L.), 1969 et 1971) :

- le profil d'ensemble pour un facteur qui donne le nombre de relevés effectués dans chaque classe d'un facteur ;

- le profil des fréquences absolues pour chaque espèce qui donne le nombre des présences (ou des absences) de l'espèce dans chaque classe d'un facteur;

- le profil des fréquences relatives où le nombre de présences (ou absences) de l'espèce dans chacune des classes du facteur est divisé par le nombre de relevés effectués dans chaque classe ;

- le profil des fréquences corrigées où la fréquence relative des présences (ou des absences) de l'espèce est divisée par la fréquence moyenne de la présence (ou de l'absence) de l'espèce dans l'ensemble des relevés ;

- le profil indicé où, pour chacun des facteurs, on calcule la probabilité pour la fréquence d'une espèce soit différente de sa fréquence "attendue", compte tenu de la fréquence générale de l'espèce et du nombre de relevés effectués dans cette classe. La loi de probabilité utilisée dans ce calcul est la loi hypergéométrique.

C'est surtout l'association de ces deux derniers types de profils qui permet la caractérisation de l'écologie des espèces vis à vis de chaque facteur.

4.3.3 - L'information mutuelle entre les espèces et les variables écologiques

Le calcul de l'information mutuelle espèce-variable résulte de l'application des notions d'entropie et d'information (SCOTT (D.), 1965; SHANNON (C.E.), 1948) à l'interprétation des données phytoécologiques (GODRON (M.), 1966, 1968 et 1971).

Les principes de base de ce calcul sont donnés à l'annexe N° 8; rappelons que :

- l'entropie relative à une espèce est estimée à partir de la fréquence de l'espèce dans les relevés;

- l'entropie relative à une variable est estimée à partir du profil d'ensemble de cette variable;

- l'information mutuelle entre une espèce et une variable est estimée à partir du profil corrigé de l'espèce pour cette variable.

Outre l'identification des variables écologiques "actives", ce calcul permet aussi la sélection d'espèces sur la base des valeurs atteintes par l'information mutuelle espèce-variable.

4.3.4 - L'identification des variables actives sur la composition floristique de l'aire étudiée

Pour chacune des variables étudiées (annexe N° 6), la moyenne des informations mutuelles espèce-variable a été calculée pour les 50 espèces apportant le plus d'information.

La figure N°19 porte sur l'abscisse des valeurs de l'entropie variable $H(L)$ et sur l'ordonnée des valeurs respectives de l'information mutuelle moyenne IM . Cette représentation permet l'identification des variables ayant un rôle actif sur la distribution des espèces dans l'aire étudiée. Elles se situent vers la partie supérieure de la figure tandis que les variables peu actives se placent vers la partie inférieure. Cette représentation permet aussi l'appréciation de la qualité de l'échantillonnage car les variables, bien échantillonnées, se situent vers la partie droite de la figure et celles, mal échantillonnées, vers la partie gauche (GODRON (M.), 1958; GUILLERM (J.L.), 1976).

Trois variables se distinguent nettement par leur activité sur la distribution des espèces dans l'aire étudiée ; la morphopédologie, les précipitations (ou la latitude) et les degrés d'artificialisation.

Ceci s'explique d'un côté par l'importance écologique du gradient des précipitations et, de l'autre, par le fait que les unités morphopédologiques sont une expression synthétique des conditions du milieu (drainage, hydromorphie, topographie,...) de même que les degrés d'artificialisation le sont aussi pour les interventions sur la végétation (pâturage, piétinement,...).

Une redondance certaine existe entre ces variables étant donné leur répartition spatiale similaire (des unités morphopédologiques n'existant que sous un niveau donné de précipitations,...). Une attention particulière a été portée sur les relevés réalisés dans les rares unités morphopédologiques existant sous plusieurs niveaux de précipitations (et vice-versa).

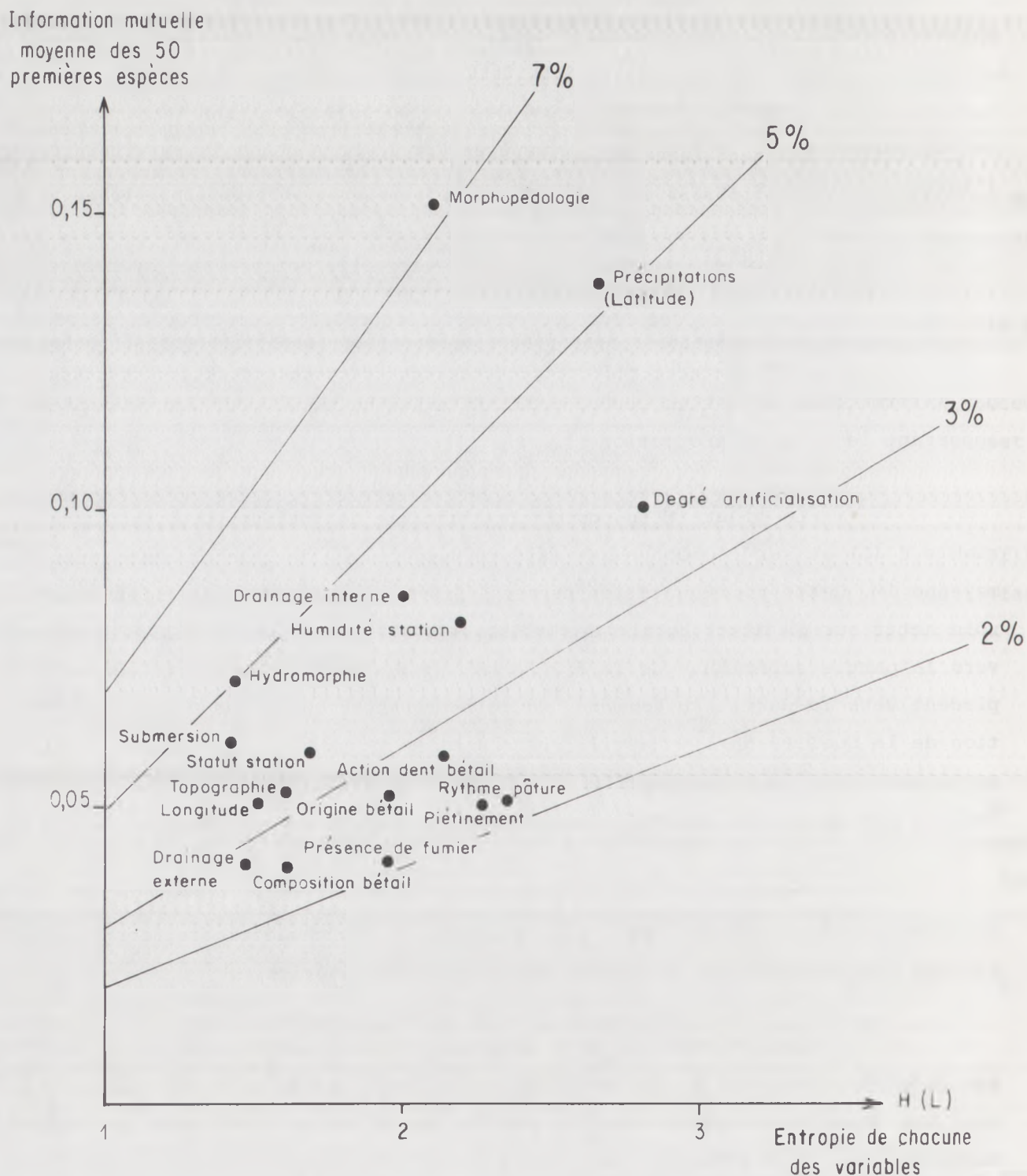


Fig.19 Relation entre la qualité de l'échantillonnage et l'activité des variables

De ces confrontations, il ressort que :

. pour un même niveau de précipitations, seules les unités pédologiques (vallées à lit net) et (Crétacé et Quaternaires anciens peu profonds) diffèrent significativement des autres unités du point de vue composition floristique;

. pour des niveaux de précipitations différents, toutes les unités morphopédologiques, dans la mesure où les comparaisons sont possibles, connaissent des variations floristiques très importantes.

Le paragraphe suivant traitera des groupes d'espèces indicatrices vis à vis du gradient climatique. Les unités morphopédologiques, ainsi que les degrés d'artificialisation, compléteront et nuanceront ces groupes, ce dernier point nous permettra d'analyser les rapports existants entre la flore et la végétation dans l'aire étudiée.

4.3.5 - Groupes d'espèces indicatrices vis à vis du gradient climatique

La parenté des profils corrigés et indicés des espèces vis à vis des précipitations, examinées par classes de 50 mm, suggère la création de 5 groupes écologiques (+). Ils s'agencent sous forme d'écailles (GODRON (M.), 1967) de part et d'autre de la vallée du Goulbi N'Kaba, comme l'illustre la figure N°20 . Cette symétrie autour de la vallée et du groupe qui la caractérise n'est qu'une coïncidence. Celui-ci est lié surtout au substrat, comme nous le verrons au paragraphe suivant.

Les trois premiers groupes montrent assez bien la disparition progressive de certaines espèces avec la diminution des précipitations. De l'autre côté de la vallée du Goulbi N'Kaba, seuls deux groupes peuvent être constitués vu le nombre plus réduit d'espèces et leur réponse plus diffuse à l'assèchement du milieu. L'apparition de quelques espèces nouvelles vers l'extrême

Tableau 6 : Profils écologiques corrigés et indicés des espèces constituant le groupe écologique N° 1 (indicateur d'un niveau de précipitations d'environ 650-700 mm)

Espèces	Fréquence de l'espèce - 211 relevés	Information mutuelle en binons	Précipitations annuelles moyennes en mm							
			650	600	550	500	450	400	350	
<i>Acacia macrostachya</i>	10	0,07	312	177	0	0	0	0	0	0
<i>Andropogon pseudapricus</i>	5	0,05	390	0	0	3	0	0	0	0
<i>Bulbostylis barbata</i>	16	0,06	268	73	57	62	57	57	57	0
<i>Butyrospermum paradoxum</i>	6	0,06	390	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cochlospermum tinctorium</i>	8	0,06	293	73	125	0	0	0	0	0
<i>Detarium microcarpum</i>	10	0,07	312	117	0	0	0	0	0	0
<i>Lannea acida</i>	12	0,08	293	146	0	0	0	0	0	0
<i>Lannea microcarpa</i>	13	0,09	330	0	70	0	0	70	0	0
<i>Monechma ciliatum</i>	11	0,05	248	159	0	0	0	83	0	0
<i>Panicum heterostachyum</i>	10	0,06	273	175	0	0	0	0	0	0
<i>Panicum nigrense</i>	10	0,07	312	117	0	0	0	0	0	0
<i>Terminalia avicennioides</i>	15	0,10	312	117	0	0	0	0	0	0

+++	Spèce significativement sensible de façon positive au seuil de 1 0/00
++	" " " " " " " " " " " "
+	" " " " " " " " " " " "
---	" " " " " " " " " " " négative
--	" " " " " " " " " " " " " "
-	" " " " " " " " " " " " " "

. Espèce non significativement sensible
Le nombre de relevés est insuffisant pour conclure.

Tableau 7 : Profils écologiques corrigés et indicés des espèces constituant le groupe écologique N° 2 (indicateur d'un niveau de précipitations d'environ 600-700 mm)

Espèces	Fréquence de l'espèce 211 relevés	Information mutuelle en binons	Précipitations annuelles moyennes en mm							350	
			650	600	550	500	450	400			
<i>Bombax costatum</i>	11	0,07	213	266 ⁺	0	0	0	0	0	0	
<i>Commiphora africana</i>	9	0,06	173	325 ⁺	0	0	0	0	0	0	
<i>Hackelochloa granularis</i>	7	0,04	223	251	0	0	0	0	0	0	
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	23	0,12	203 ⁺	229 ⁺	79	0	0	0	0	0	
<i>Indigofera nummulariifolia</i>	9	0,07	86	455 ⁺⁺	0	0	0	0	0	0	
<i>Polycarpaea eriantha</i>	29	0,10	229 ⁺⁺	141	63	0	0	0	0	0	
<i>Prosopis africana</i>	29	0,12	229 ⁺⁺	161	31	34	63	0	0	0	
<i>Strychnos spinosa</i>	7	0,04	167	344 ⁺	0	0	0	0	0	0	
<i>Tephrosia linearis</i>	22	0,10	266 ⁺⁺	106	0	91	0	38	0	0	
<i>Triumphetta pentandra</i>	37	0,20	211 ⁺⁺	221 ⁺⁺	74	0	0	0	0	0	
<i>Vernonia ambigua</i>	27	0,13	260 ⁺⁺	195 ⁺	0	0	0	0	0	0	
			+++	Espèce significativement sensible de façon positive au seuil de 1 ‰							
			++	"	"	"	"	"	"	" 1 ‰	
			+	"	"	"	"	"	"	" 5 ‰	
			---	"	"	"	"	négative	"	" 1 ‰	
			--	"	"	"	"	"	"	" 1 ‰	
			-	"	"	"	"	"	"	" 5 ‰	

. Espèce non significativement sensible

Le nombre de relevés est insuffisant pour conclure.

Tableau 9 : Profils écologiques corrigés et indicés des espèces constituant le groupe écologique N° 4 (indicateur d'un niveau de précipitations d'environ 350-500 mm)

Espèces	Fréquence de l'espèce 211 relevés	Information mutuelle en binons	Précipitations annuelles moyennes en mm						
			650	600	550	500	450	400	350
<i>Aristida longiflora</i>	84	0,25	27	34	65	167	131	180	199
<i>Aristida mutabilis</i>	121	0,18	38	87	113	149	106	139	144
<i>Cassia italica</i>	45	0,21	8	52	20	334	61	206	161
<i>Ceratopthea sesamoides</i>	35	0,07	78	16	104	28	78	217	207
<i>Crotalaria micronata</i>	8	0,05	0	0	0	376	114	105	272
<i>Maerua crassifolia</i>	17	0,06	0	103	107	59	53	148	299
<i>Pergularia tomentosa</i>	43	0,11	27	54	106	210	21	176	203
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	54	0,19	0	65	67	186	101	187	215
<i>Eragrostis elegantissima</i>	54	0,08	50	54	101	55	135	156	202

+++	Espèce significativement sensible de façon positive au seuil de 1 o/oo								
++	"	"	"	"	"	"	"	"	1 %
+	"	"	"	"	"	"	"	"	5 %
---	"	"	"	"	"	"	"	négative	1 o/oo
--	"	"	"	"	"	"	"	"	1 %
-	"	"	"	"	"	"	"	"	5 %

· Espèce non significativement sensible

Le nombre de relevés est insuffisant pour conclure.

Tableau 10 : Profils écologiques corrigés et indicés des espèces constituant le groupe écologique N° 5 (indicateur d'un niveau de précipitations d'environ 350-400 mm)

Espèces	Fréquence de l'espèce 211 relevés	Information mutuelle en binons	Précipitations annuelles moyennes en mm						
			650	600	550	500	450	400	450
<i>Acacia tortilis</i>	8	0,07	0	0	0	0	114	210	454 ₊₊
<i>Brachiaria xantholeuca</i>	7	0,05	55	83	0	0	0	0	519 ₊₊
<i>Calotropis procera</i>	24	0,13	48	0	38	83	38	105	424 ₊₊
<i>Cymbopogon schoeneantus</i>	9	0,11	0	0	0	111	0	0	646 ₊₊
<i>Indigofera diphylla</i>	4	0,04	0	0	0	0	0	220	545 ₊

+++	Espèce significativement sensible de façon positive au seuil de	1	o/oo
++	"	"	"
+	"	"	"
---	"	"	"
--	"	"	"
-	"	"	"

. Espèce non significativement sensible

Le nombre de relevés est insuffisant pour conclure.

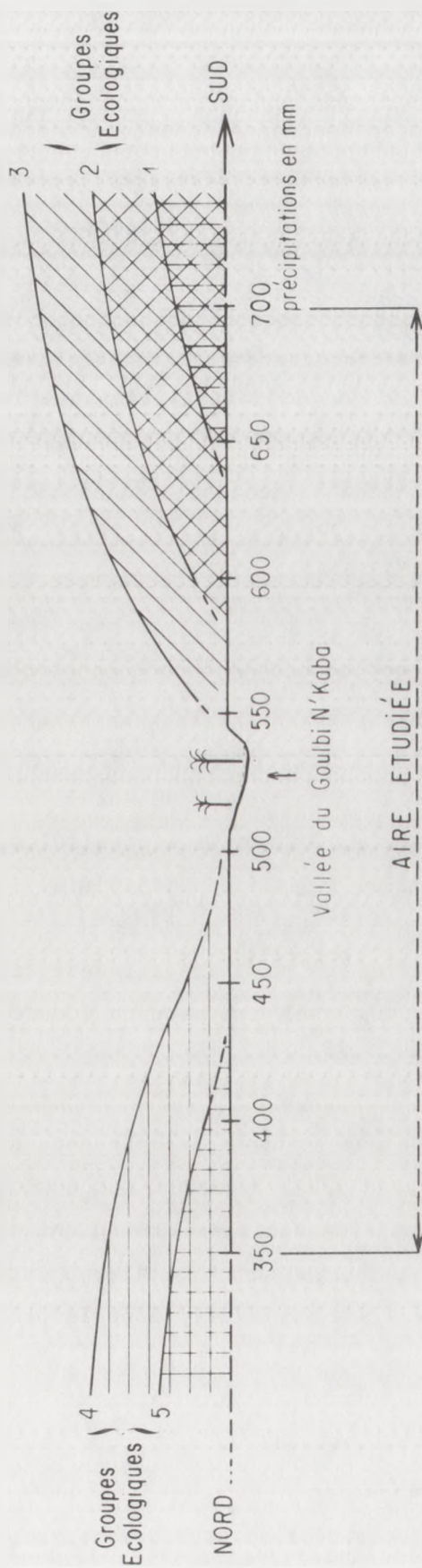


Fig.20 Disposition spatiale des groupes écologiques vis-à-vis du gradient des précipitations

Nord de l'aire étudiée, marque le dernier groupe écologique mais ne suffit pas à compenser cette tendance générale.

Ces cinq groupes écologiques indiquent des seuils climatiques significatifs et peuvent permettre, par leur répartition spatiale, un premier découpage de l'aire étudiée. Néanmoins cette première "qualification" de l'espace rural doit être affinée par des unités de substrat capables d'introduire des changements floristiques (et de végétation) remarquables pour un même niveau de précipitations. Seules les unités morphopédologiques (vallées à lit net) et (Crétacé et Quaternaire ancien peu profonds) conduisent à des changements de cette nature, vis à vis des autres unités (I, III et IV) qui ne se différencient pas dans ces conditions.

4.3.6 - Le cas de la vallée à lit net (Goulbi N'Kaba)

Le tracé de la vallée du Goulbi N'Kaba rappelle un arc de cercle: elle part du Nigéria, traverse le département de Maradi vers le nord-ouest, puis s'infléchi vers l'ouest, suit grossièrement les parallèles, pour s'infléchir une dernière fois vers le sud et aller rejoindre le Nigéria.

Sur l'essentiel de son parcours elle est caractérisée par une palmeraie d'Hyphaene thebaica d'où son nom haoussa (Goulbin : vallée du fleuve; Kaba : nom vernaculaire de l'Hyphaene thebaica).

Elle traverse l'aire étudiée dans le sens sud-ouest à un même niveau de précipitations (environ 500 à 550 mm). Les espèces dont la présence est apparue comme significative à ce seuil de précipitations n'ont pas été considérées comme telles car leur présence à ce niveau est liée à l'existence de la vallée. Il s'agit des espèces suivantes, dont le profil écologique est donné ci-dessous :

Précipitations annuelles moyennes en mm

		650	600	550	500	450	400	350
<i>Hyphaene</i>	<i>thebaica</i>	106	53	83	548	0	0	0
<i>Cassia</i>	<i>occidentalis</i>	73	109	57	565	0	0	0
<i>Cassia</i>	<i>tora</i>	117	117	91	401	0	0	0
<i>Leptadenia</i>	<i>hastata</i>	45	137	215	354	53	0	0
<i>Aristida</i>	<i>sieberina</i>	<u>27</u>	<u>34</u>	65	167	131	180	199
<i>Aristida</i>	<i>mutabilis</i>	<u>38</u>	87	113	149	106	139	144
<i>Cassia</i>	<i>italica</i>	<u>8</u>	52	20	334	61	206	161
<i>Cymbopogon</i>	<i>schoeneanthus</i>	0	0	0	111	0	0	646
<i>Crotalaria</i>	<i>micronata</i>	0	0	0	376	114	105	272
<i>Pergularia</i>	<i>tomentosa</i>	<u>27</u>	54	106	210	21	176	203
<i>Schoenefeldia</i>	<i>gracilis</i>	<u>0</u>	65	67	186	101	187	215

Ces profils suggèrent quelques commentaires.

Les résultats obtenus par la méthode globale ont montré une affinité floristique entre la vallée du Goulbi N'Kaba (unité morphopédologique N°II) et les régions les plus sèches de l'aire étudiée.

Les profils écologiques permettent la mise en évidence d'espèces communes entre cette vallée et ces régions (caractérisées par les groupes 4 et 5).

Il s'agit de :

<u>Aristida</u>	<u>sieberina</u>
<u>Aristida</u>	<u>mutabilis</u>
<u>Cassia</u>	<u>italica</u>
<u>Cymbopogon</u>	<u>schoenanthus</u>
<u>Crotalaria</u>	<u>micronata</u>
<u>Pergularia</u>	<u>tomentosa</u>
<u>Schoenefeldia</u>	<u>gracilis</u>

Cette similitude de taxons au niveau de la strate herbacée indiquerait des conditions de substrat particulièrement sèches.

Toutefois, au niveau de la strate ligneuse, nous retrouvons quelques espèces présentes dans les régions les plus arrosées de l'aire étudiée telles que Acacia laeta, Boscia salicifolia, Tamarindus indica et, en particulier Hyphaene thebaica (CHEEMA (M.S.) & QUADIR (S.A.), 1973). Bien qu'à l'exception d'Hyphaene thebaica, le nombre de présences des autres ligneux soit trop limité, il n'est pas rédhibitoire de penser que la strate ligneuse indique des conditions de milieu plus humides que celles correspondantes à la moyenne pluviométrique de cette région.

Cette vallée étant constituée de sables fluviatiles grossiers (parsemés de lentilles argileuses) très filtrants constituerait un milieu assez particulier. Les eaux peu retenues au niveau superficiel s'accumuleraient dans une nappe peu profonde où puiseraient les ligneux.

Tableau II : Profils écologiques corrigés et indicés des espèces constituant un groupe écologique indicateur de l'unité morphopédologique II (la vallée à lit net du Goulbi N°Kabs)

	Fréquence de l'espèce 211 relevés	Information mutuelle en binoms	Unités morphopédologiques				
			I	II	III	IV	V
<i>Aristida mutabilis</i>	121	0,19	146	158	118	80	37
<i>Aristida sieberina</i>	84	0,22	179	205	89	67	16
<i>Cassia italica</i>	45	0,26	146	468	184	14	10
<i>Cassia occidentalis</i>	16	0,20	--	999	188	--	86
<i>Cassia tora</i>	10	0,06	0	767	75	133	45
<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	9	0,07	297	213	0	0	0
<i>Hypochaeris thebaica</i>	22	0,24	--	959	137	91	20
<i>Indigofera astragalina</i>	10	0,05	0	575	150	33	183
<i>Leptadenia hastata</i>	17	0,13	--	677	221	118	0
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	2	0,04	0	999	0	0	0
<i>Pergularia tomentosa</i>	43	0,10	132	356	140	62	21
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	54	0,17	167	319	27	18	110

I - Erg récent	IV - Crétacé et Quaternaire ancien
II - Vallée à lit net	profonds (Erg ancien)
III - Vallée à lit peu net	V - Crétacé et Quaternaire ancien peu profonds

+++	Espèce significativement sensible de façon positive au seuil de 1 0/00
++	" " " " " " " " " " " "
+	" " " " " " " " " " " "
---	" " " " " " " " " " " "
--	" " " " " " " " " " " "
-	" " " " " " " " " " " "
.	Espèce non significativement sensible

Le nombre de relevés est insuffisant pour conclure.

Nous avons eu l'occasion d'évoquer le rôle stratégique joué par les vallées le long de l'histoire haoussa, en particulier le long du XIXème siècle. Aujourd'hui, au niveau de la vallée du Goulbi N'Kaba, à l'exception de quelques cultures pratiquées sur sa bordure (sorgho principalement), l'exploitation des ligneux (bois et fibres) et le pâturage de saison de pluie sont les seules actions de l'homme sur ce milieu assez particulier.

Ces vingt dernières années, à cause de l'extension des surfaces cultivées, de nombreux villages environnants y concentrent leurs troupeaux durant le saison des pluies. Cette concentration est en train de devenir excessive. Les signes de dégradation de la végétation sont multiples : broutage exagéré des ligneux bas, déchaussement des rares graminées pérennes, piétinement de la surface du sol et, surtout, prolifération d'espèces peu appréciées par le bétail telles que : Cassia occidentalis et Cassia tora .

Hyphaene thebaica, qui marque la physionomie de cette vallée, et les onze autres espèces présentées ci-dessus (tableau N° 11), constituent un groupe écologique caractéristique de cette unité assez particulière de l'aire étudiée.

4.3.7 - Le cas des régions où le Crétacé et le Quaternaire ancien sont peu profonds

Nous ne reviendrons pas sur la caractérisation de ces unités développées lors de l'étude de la dynamique des milieux et de l'approche globale des données floristico-écologiques. Rappelons seulement que, pendant longtemps, leur "mauvaise" dynamique hydrique, la cohésion de leurs horizons superficiels, leur compacité, etc... ont fait de ces unités un terrain répulsif à la mise en culture. Seules ces vingt dernières années, sous la poussée démographique et dans les conditions socio-économiques évoquées au chapitre, marquent le début d'une mise en culture croissante (sorgho) et un pâturage de plus en plus intensif.

Néanmoins, si l'on excepte la palmeraie du Goulbi N'Kaba, la forêt de Bakabé et quelques reliquats de végétation existant au sud de l'aire étudiée, l'essentiel des formations ligneuses se trouve sur ce type d'unité.

Tableau 12 - Profils écologiques corrigés et indicés des espèces constituant un groupe écologique indicateur de l'unité morphopédologique V (Crétacé et Quaternaire ancien peu profonds)

	Fréquence de l'espèce 211 relevés	Information mutuelle en binons	Unités morphopédologiques				
			I	II	III	IV	V
<i>leiocarpus</i>	9	0,06	0	0	0	74	356
<i>Combretum micranthum</i>	38	0,32	17	0	0	35	386
<i>Commiphora africana</i>	9	0,06	0	0	0	74	356
<i>Diospyros mespiliformis</i>	13	0,06	0	0	57	103	282
<i>Eragrostis ciliaris</i>	10	0,11	0	0	0	0	458
<i>Eragrostis squamata</i>	10	0,11	0	0	0	0	458
<i>Grewia bicolor</i>	7	0,08	0	0	0	0	458
<i>Indigofera nummulariifolia</i>	9	0,06	0	0	83	37	356
<i>Polycarpaea eriantha</i>	29	0,11	34	0	0	103	268
<i>Sclerocarya birrea</i>	54	0,11	43	0	41	130	195
<i>Sporobolus granularis</i>	32	0,25	0	0	0	73	358
<i>Triumfetta pentandra</i>	37	0,20	0	0	81	81	297
<i>Zornia glochidiata</i>	39	0,29	0	0	19	68	352

I - Erg récent	IV - Crétacé et Quaternaire ancien
II - vallée à lit net	profonds (Erg ancien)
III - Vallée à lit peu net	V - Crétacé et Quaternaire ancien peu profonds

+++	Espèce significativement sensible de façon positive au seuil de 1 o/oo
++	" " " " " " " " " " " "
+	" " " " " " " " " " " "
---	" " " " " " " " " " " "
--	" " " " " " " " " " " "
-	" " " " " " " " " " " "
.	Espèce non significativement sensible

Ces unités sont dénommées, en général "Gueza" par les haoussas. Gueza désigne aussi un arbre (Combretum micranthum). Il s'agit, en effet, d'une espèce très liée à ces milieux (Information mutuelle en binons : 0,32). L'approche analytique a permis la mise en évidence d'espèces liées à cette unité, choisies parmi celles ayant l'information mutuelle la plus importante avec la variable "morphopédologie" (tableau N° 12).

4.3.8 - Conclusions

De la méthode analytique appliquée aux données phyto-écologiques, il ressort que les précipitations et la morphopédologie comptent parmi les variables les plus actives sur la composition floristique de l'aire étudiée.

La comparaison et la sélection des profils écologiques corrigés et indicés des espèces vis à vis de ces deux variables synthétiques et principales, nous a suggéré la création de quelques groupes écologiques.

Par rapport aux résultats de la méthode globale où seules les espèces réagissant aux extrêmes climatiques étaient faciles à distinguer, ces groupes écologiques apportent des précisions supplémentaires et plus détaillées sur la composition floristique des différents milieux de l'aire étudiée.

Les seuils écologiques qu'ils discriminent seront utilisés ultérieurement dans la qualification de l'espace rural.

5 - L'approche des paysages végétaux de l'aire étudiée

5.1 - Une tentative

L'étude floristique que nous venons de présenter introduit le problème des rapports existant entre flore et végétation, cette dernière étant généralement perçue comme l'émergence spatiale organisée de la première.

Les moyens limités du programme de recherches n'autorisaient pas une étude de la végétation où l'ensemble du tryptique, structure-organisation-fonctionnement, comme le pendant de la trilogie morphologie-anatomie-physiologie, serait traité dans son ensemble. Cependant, à partir des images ERTS, des photos aériennes (1/60 000) et des prospections de terrain, nous avons tenté de caractériser les principaux paysages végétaux de l'aire étudiée.

5.2 - Deux critères

Dans cette approche des paysages végétaux, deux critères majeurs ont été utilisés.

Le premier était la (ou les) catégorie (s) de végétaux dominants dans chaque unité homogène de l'espace. Trois types étaient retenus : les ligneux hauts (taille supérieure à 2 m), les ligneux bas (taille inférieure à 2 m) et les herbacés (toutes tailles).

A partir de ce critère, qui introduit partiellement la notion de stratification verticale de la végétation, quatre grands types de formations végétales ont été identifiés dans l'aire étudiée :

- . les formations végétales herbacées;
- . les formations végétales ligneuses basses/herbacées;
- . les formations végétales ligneuses hautes/herbacées;
- . les formations végétales ligneuses hautes/ligneuses basses/herbacées

Le deuxième critère adopté était le (ou les) degré (s) d'artificialisation de la végétation. "Le degré d'artificialisation indique le poids relatif de la pression humaine et animale (domestique) sur les systèmes écologiques en présence... Cette indication ne préjuge en rien a priori de la qualité de l'environnement..." (LONG (G.), 1978).

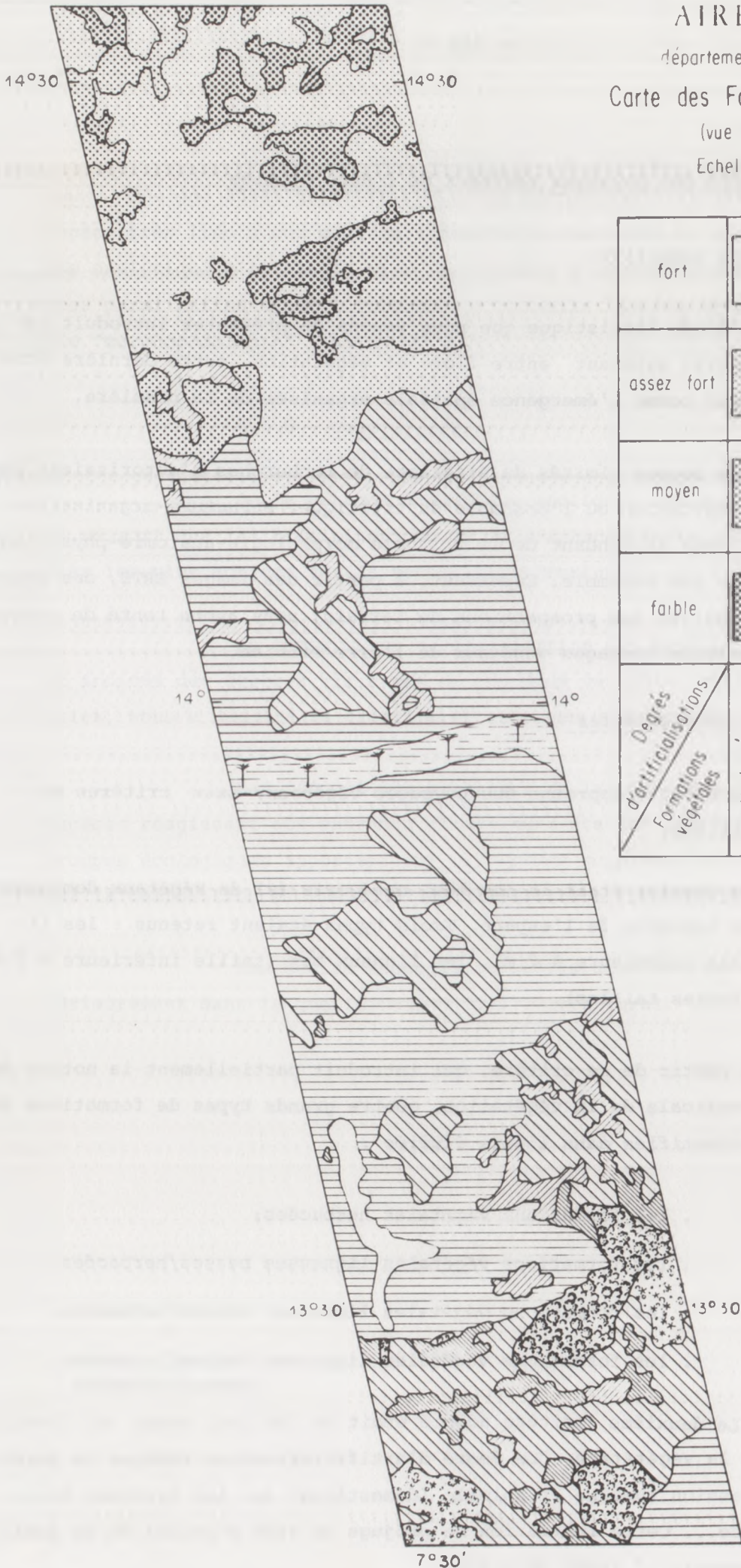
AIRE ETUDIEE

département de Maradi — Niger

Carte des Formes de Végétation

(vue schématique)

Echelle 1/500 000



fort				
assez fort				
moyen				
faible				
Degrés d'artificialisations Formations végétales	Herbacées	Ligneuses basses/ herbacées	Ligneuses hautes/ herbacées	Ligneuses hautes/ ligneuses basses/ herbacées

Carte n° 21



Etant donné le niveau de perception et le caractère de l'étude, nous nous sommes limités à 4 degrés d'artificialisation principaux, définis comme suit :

1 - Degré d'artificialisation faible : végétation et milieu peu influencés par l'homme : cueillette de matériel végétal très limitée, pâturage exceptionnel;

2 - Degré d'artificialisation moyen: terrains de parcours en équilibre relativement satisfaisant, pâturage modéré malgré des prélèvements importants au niveau des strates ligneuses;

3 - Degré d'artificialisation assez fort : terres mises en culture comportant, en proportions équivalentes, des jachères;

4 - Degré d'artificialisation fort : terres où la mise en culture est dominante sur les jachères et où la pratique de certaines techniques intensifiées (fumure) tend à se développer.

L'ensemble de ces critères a permis l'élaboration d'une carte des formes de végétation (carte N° 21) qui rend compte de la nature particulière du paysage végétal ainsi que de son utilisation actuelle.

5.3 - Quelques commentaires sur les paysages végétaux

Un fort degré d'artificialisation caractérise les paysages végétaux de l'aire étudiée. Il s'explique par les transformations socio-économiques qui ont marqué la région de Maradi depuis le début du siècle (chapitre II).

Si l'on excepte la vallée du Goulbi N'Kaba, cette artificialisation est particulièrement importante dans les régions méridionales de l'aire étudiée, alors que les paysages végétaux les moins artificialisés se trouvent vers les extrêmes nord et sud.

Leur existence au nord est liée à la colonisation tardive de ces régions par les populations rurales (risques climatiques, précipitations limitées, insécurité,...). Au sud, ces unités faiblement artificialisées correspondent soit à des territoires volontairement laissés en réserve (forêts classées), soit à des unités de substrat peu propices à l'agriculture traditionnelle.

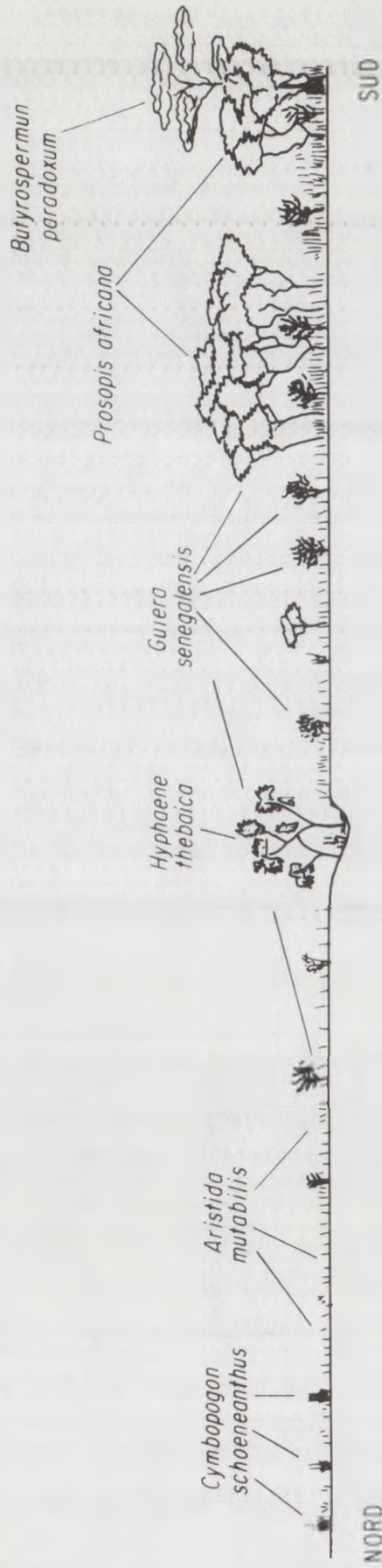


Fig.21 Coupe sommaire de l'aire étudiée mettant en évidence des rapports végétation - milieu

Malgré l'importance de l'artificialisation et les différences de substrat, par la carte des formes de végétation, on peut apprécier des changements dans la structure de la végétation suivant le gradient climatique nord-sud.

La diminution de la diversité floristique vers le nord avait été soulignée précédemment (§ 3.4), nous constatons ici qu'elle est liée en partie à la disparition des ligneux, comme l'illustre la figure N° 21 .

5.4 - Quelques réflexions sur les rapports flore/végétation/milieu dans l'aire étudiée

N'ayant pas pu étudier en détail la végétation de l'aire étudiée, dans l'optique structure-organisation-fonctionnement, nous voudrions mettre en relief quelques observations réalisées lors des relevés floristiques ou lors du traitement de l'information phyto-écologique, sur les rapports flore/végétation/milieu. Nous le ferons à partir de trois groupes d'espèces : les sciaphiles, les ubiquistes et les rares.

5.4.1 - Les espèces sciaphiles

De l'éradication des ligneux s'ensuit la disparition *ipso facto* de tout un cortège de plantes sciaphiles.

Ces espèces sciaphiles, le plus souvent annuelles, ont un cycle plus long et un appareil foliaire plus développé que les annuelles hiélophiles ou indifférentes, d'où leurs tendances hygrophytiques.

Dans les sols compacts (unité morphopédologique N° V) la destruction des formations ligneuses est rapidement suivie d'un appauvrissement floristique de la strate herbacée qui tend à devenir très éparses et presque monospécifique (*Zornia glochidiata*). Au début de la saison des pluies, les premières précipitations tassent le sol, forment une épaisse couche de battance et glacent la surface du sol. Les graines apportées par le vent y germent très difficilement. Les rares plantules périssent car l'infiltration d'eau dans ces sols est très limitée.

La reconquête par la végétation naturelle de ces grandes zones dénudées est très lente sous les conditions climatiques actuelles. Elle semblerait se faire à partir des bordures de rares reliquats de végétation, bien conservés, qui y subsistent. Cette dynamique type "tache d'huile" existe là où l'action du

bétail reste limitée.

Les observations réalisées systématiquement dans ce milieu, lors des relevés phytoécologiques, font apparaître que les seules jeunes pousses ligneuses observées se localisent vers la frontière existante entre ces zones dénudées à Zornia glochidiata et le tapis herbacé des sciaphiles dont l'extension dépasse légèrement la projection verticale des couronnes des ligneux.

La disparition de l'arbre entraîne donc celle de tout un cortège floristique de sciaphiles capables de protéger le sol aux lisières des reliquats de végétation et compromet la régénération naturelle de ces milieux.

Des études diachroniques, plus quantifiées, pourraient éventuellement confirmer ou informer, ce qui nous suggère l'observation de ces milieux.

Voici la liste des principales espèces identifiées comme sciaphiles strictes ou préférantes dans l'aire étudiée :

<u>Achyranthes</u>	<u>aspera</u>
<u>Bidens</u>	<u>pilosa</u>
<u>Borreria</u>	<u>scabra</u>
<u>Celosia</u>	<u>trigyna</u>
<u>Commelina</u>	<u>benghalensis</u>
<u>Kyllinga</u>	<u>squamulata</u>
<u>Leonotis</u>	<u>nepetifolia</u>
<u>Leucas</u>	<u>martinicensis</u>
<u>Pandiaka</u>	<u>angustifolia</u>
<u>Panicum</u>	<u>heterostachyum</u>
<u>Pennisetum</u>	<u>pedicellatum</u>
<u>Peristrophe</u>	<u>bicaniculata</u>

Soulignons enfin que certaines espèces ayant un comportement héliophile, dans la partie sud de l'aire étudiée, deviennent sciaphiles dans les régions plus méridionales. C'est le cas de Pennisetum pedicellatum qui, sous les frondaisons de certains arbres, trouve des micro-conditions de milieu qui lui permettent de "monter" jusqu'au niveau du Goulbi N'Kaba.

5.4.2 - Les espèces très fréquentes

Dans l'aire étudiée, les espèces très courantes (+) constituent le plus souvent des peuplements végétaux assez importants. Leur omniprésence s'exprime donc, aussi bien en termes qualitatifs que quantitatifs. De ce double fait elles sont peu intéressantes comme indicatrices des variations du milieu (GODRON (M.), 1971; GUILLERM (J.L.), 1978) (Fig. N°22), mais très importantes au niveau de la production primaire.

Dans les régions méridionales de l'aire étudiée, où l'éradication des ligneux a été très intense, deux espèces ubiquistes fournissent l'essentiel des matériaux ligneux indispensables à la vie courante des populations locales :

Guiera senegalensis
Combretum glutinosum

Ces deux espèces contribuent aussi à l'alimentation du bétail, bien que celle-ci soit assurée pour l'essentiel par des ubiquistes comme :

Aristida mutabilis
Cenchrus biflorus
Eragrostis tremula
Jacquemontia tamnifolia

Le concentration des cheptels villageois sur des faibles surfaces non cultivées durant la saison des pluies entraîne un surpâturage très important du tapis herbacé. Les espèces moins appréciées par le bétail tendent à occuper les vides créés par l'arrachage ou le broutage excessif de certaines plantes. Parmi ces espèces, d'une valeur fourragère négligeable, signalons en quatre très courantes :

Borreria radiata
Cassia mimosoides
Cyperus amabilis
Mitracarpus scaber

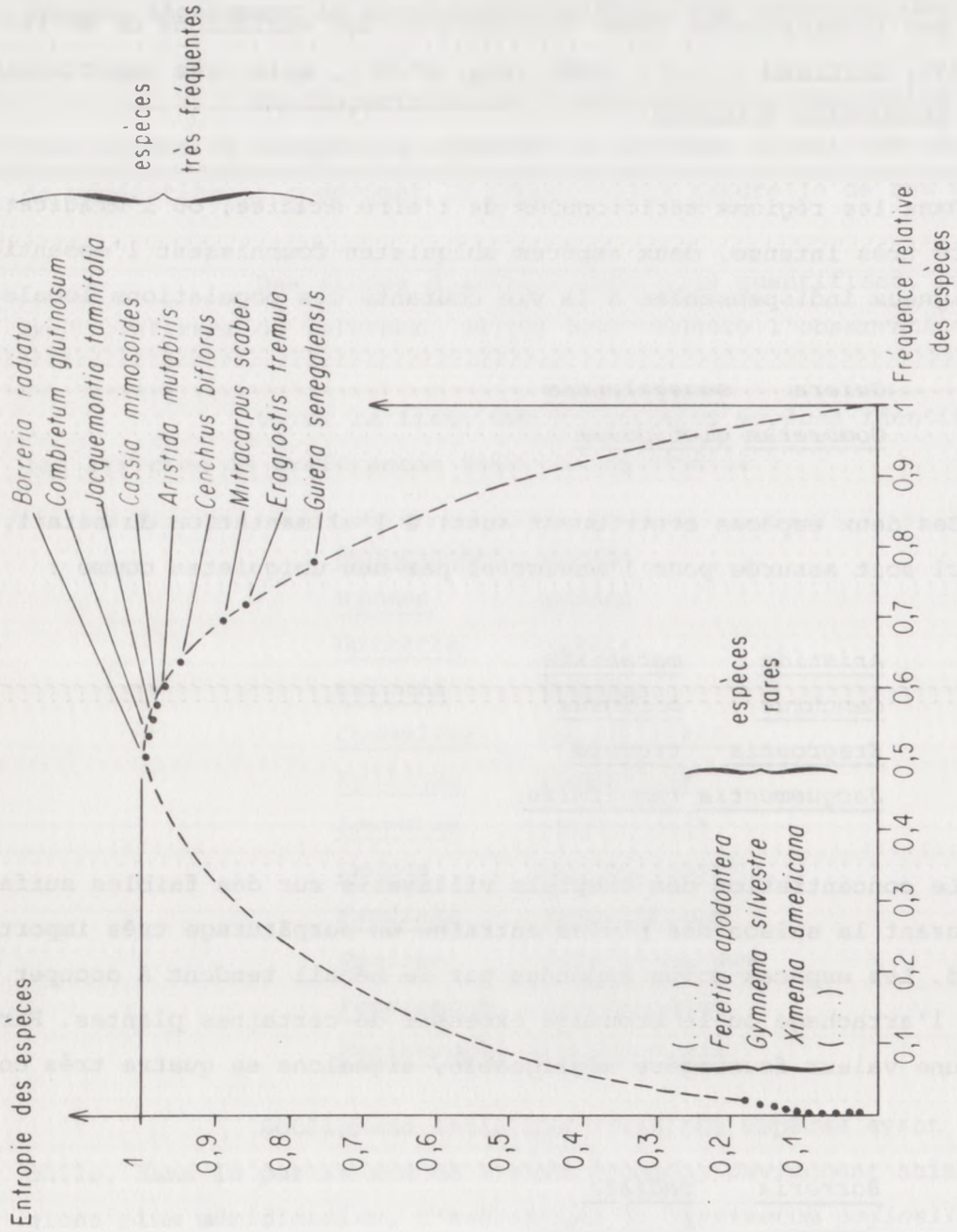


Fig 22 Relation entre l'entropie des espèces et leur fréquence relative
Le cas des espèces rares et très fréquentes

5.4.3 - Les espèces rares

Les espèces peu fréquentes (présentes sur moins de 5% des relevés) indiquent, le plus souvent, des situations écologiques particulières. Elles apportent une information, limitée (Fig. N°22) mais assez précise, sur la nature des milieux. Dans ce sens deux cas principaux sont à considérer au niveau de l'aire étudiée.

1er cas : Un certain nombre d'espèces, présentes dans les relevés, situées aux extrémités nord ou sud de l'aire étudiée, appartiennent aux flores soudano-guinéenne ou sahélo-saharienne. Rares ici (limite de leur aire écologique) elles seront abondantes ou très fréquentes ailleurs, dans leurs conditions écologiques optimales. Il s'agit d'espèces telles que :

<u>Detarium</u>	<u>microcarpum</u>
<u>Khaya</u>	<u>senegalensis</u>
<u>Parkia</u>	<u>biglobosa</u>
<u>Indigofera</u>	<u>diphylla</u>

2ème cas : Indépendamment de ce premier groupe, il existe un certain nombre d'espèces qui ne subsistent plus que comme témoin de l'ancienne végétation de la région.

A cet égard des différences sensibles existent entre les ligneux et les herbacés.

Les espèces herbacées ne subsistent que dans les forêts classées ou dans quelques reliquats de végétation naturelle bien conservée. Il s'agit d'espèces telles que :

<u>Becium</u>	<u>obvatum</u>
<u>Cardiospermum</u>	<u>halicacabum</u>
<u>Commelina</u>	<u>gambiae</u>
<u>Dolichos</u>	<u>daltonii</u>
<u>Cynanchum</u>	<u>hastifolium</u>

<u>Endostemum</u>	<u>daltonii</u>
<u>Gymnema</u>	<u>sylvestre</u>
<u>Hackelocloa</u>	<u>granularis</u>
<u>Kedrostis</u>	<u>foetidissima</u>
<u>Lagenaria</u>	<u>siceraria</u>
<u>Limeum</u>	<u>pterocarpum</u>
<u>Ocimum</u>	<u>basilicum</u>
<u>Physalis</u>	<u>angulata</u>
<u>Sebastiana</u>	<u>chamaelea</u>
<u>Thelopogon</u>	<u>elegans</u>
<u>Vernonia</u>	<u>kostschyana</u>
<u>Wissadula</u>	<u>amplissima</u>

Les espèces ligneuses présentes dans les milieux peu artificialisés peuvent parfois subsister dans certains parcours ou jachères. Il s'agit, dans ce cas, de vieux arbres, le plus souvent de ligneux hauts, isolés, rescapés des débroussaillages et de la déforestation qu'a connue la région depuis le début du siècle. Dans l'aire étudiée, soulignons les espèces suivantes :

<u>Acacia</u>	<u>polyacantha</u>
<u>Bauhinia</u>	<u>rufescens</u>
<u>Boswellia</u>	<u>dalzielli</u>
<u>Commiphora</u>	<u>pedunculata</u>
<u>Feretia</u>	<u>apodontera</u>
<u>Grewia</u>	<u>flavescens</u>
<u>Lanea</u>	<u>acida</u>
<u>Securidaca</u>	<u>longipedunculata</u>
<u>Sterospermum</u>	<u>khunthianum</u>
<u>Strychnos</u>	<u>spinosa</u>
<u>Ximenia</u>	<u>americana</u>
<u>Ziziphus</u>	<u>spina-christi</u>

En résumé, ces espèces rares ou très rares sont très intéressantes à plusieurs égards : elles fournissent aujourd'hui des renseignements sur l'ancienne végétation naturelle; elles constituent les derniers semenciers existants sur place et pouvant participer à la reconquête de certains milieux par la végétation naturelle. A cet égard elles représentent un précieux capital génétique, malheureusement très menacé.

V - ESSAI DE DECOUPAGE ECOLOGIQUE DE L'ESPACE RURAL ETUDIE

Dans la recherche d'une qualification écologique de l'espace rural de l'aire étudiée, nous avons procédé par deux approximations successives : l'étude de la dynamique et de la stabilité des milieux physiques (carte des unités morphopédologiques) et l'étude phytoécologique (définition de groupes d'espèces indicatrices et carte des formes de végétation).

Ces résultats synthétiques peuvent permettre une qualification assez pertinente de l'espace rural, car ils tiennent compte des interactions et rétroactions existantes entre les différentes variables bio-physiques qu'ils ont intégrées.

La carte des principales entités écologiques (carte N° 22) n'est donc pas une intégration *a posteriori* d'une série de cartes thématiques que nous aurions superposées... Elle résulte de deux intégrations *a priori*, celle des milieux physiques (dynamique) et celle de la végétation.

La confrontation de ces deux intégrations nous a suggéré trois grandes régions écologiques au niveau de l'aire étudiée (carte N° 22) : deux régions assez caractéristiques au Nord et au Sud et une région de transition au centre de l'aire étudiée. Ces régions discriminent des seuils bioclimatiques importants car leurs limites nous sont données par les groupes d'espèces indicatrices vis à vis des précipitations (tableau N° 13).

Au sein de chaque région nous avons distingué des secteurs écologiques liés surtout à la nature du substrat. Ils correspondent, en général, à des unités morphopédologiques et à des formes de végétation, seules ou en mosaïque (tableau N° 13).

Enfin, au sein de chaque secteur, nous avons distingué des unités plus ou moins artificialisées. Cette artificialisation nous permet de schématiser l'utilisation actuelle de l'espace et de ces ressources.

AIRE ETUDIEE

département de Maradi — Niger

Principales Entites Ecologiques

(vue schematique)

Echelle 1/500000

14°30'

14°30'

14°

Régions écologiques (bioclimat) ———

Secteurs écologiques (morphopédologie) ———

Substrat sableux profond

Crétacé et Quaternaire ancien

peu profonds

Vallées à lit peu net

Vallées à lit net



Artificialisation - - - - -

I — Faible

II — Moyenne

III — Forte

IV — Très forte

Carte n°22



13°30'

13°30'

7°30'

Tableau N° 13 : Caractérisation sommaire des principales régions écologiques de l'aire étudiée

Caractéristiques principales	Régions écologiques		
	Sud	Transition	Nord
Niveau des précipitations annuelles	600 - 700 mm	600 - 400 mm	400 - 300 mm
Groupes espèces indicatrices	1, 2 et 3	3 et 4	4 et 5
Formations végétales			
. LH : ligneux hauts	H	H	H
. LB : ligneux bas	LB/H	LB/H	LB/H
. H : herbacés	LH/LB/H	LH/H	
Dynamique des milieux	Moyenne (hydrique)	Forte (éolienne)	Forte (éolienne)
Densités de population	20-50 hab/km ²	20-50 hab/km ²	10-20 hab/km ²
Secteurs Ecologiques	1 - 60 % 2 - 25 %	1 - 75 % 2 - 12 %	1-97 % 2 - 3 %
Surfaces relatives	3 - 15 %	3 - 5 % 4 - 8 %	
Artificialisations dominantes	Faible à forte	Moyenne à très forte	Faible à forte

Rappel des secteurs écologiques :

- 1 - Substrat sableux profond
- 2 - Crétacé et Quaternaire ancien peu profonds
- 3 - Vallées à lit peu net
- 4 - Vallées à lit net

Si ce chapitre a montré dans quelle mesure la végétation pouvait intégrer les conditions du milieu et contribuer ainsi dans un découpage écologique de l'aire étudiée, il n'a fait qu'amorcer une analyse de la végétation en tant que ressource naturelle utilisable par l'homme.

La végétation, en particulier dans un pays peu développé comme le Niger, joue un rôle très important dans la protection des différents milieux (équilibres écologiques) et dans la reproduction sociale (équilibres vivriers). Pour mieux comprendre ce dernier aspect, nous allons concentrer notre recherche sur trois villages haoussas car les limites de temps et de moyens nous interdisaient une telle approche sur l'ensemble de l'aire étudiée.

Cette étude de la végétation en tant que ressource naturelle, nous permettra d'intégrer la végétation cultivée ou à reproduction spontanée, négligée jusqu'alors.

Le changement de niveau de perception, du 1/500 000 au 1/20 000, rendra possible une meilleure analyse des problèmes liés à l'utilisation et à la préservation des ressources végétales, dont une évaluation globale sera donnée par la cartographie de l'occupation des terres.

DEUXIEME PARTIE

- ETUDE DE TROIS VILLAGES HAOUSSAS -
.....

I - LES VILLAGES ETUDIÉS

1 - Localisation

Chacun des villages choisis -Dan Koulou, Serkin Haoussa et Magami- se situe dans l'une des principales régions écologiques mises en évidence dans l'aire étudiée (carte N° 23) comme l'illustre le tableau suivant :

Tableau N° 14 : Localisation des villages étudiés

<u>Région écologique</u>	<u>Village étudié</u>	<u>Localisation approximative</u>	<u>Précipitations moyennes annuelles</u>
A	Dan Koulou	14,22 Lat. N	400 mm
B	Serkin Haoussa	13,50 Lat. N	500 mm
C	Magami	13,25 Lat. N	600 mm

2 - Les exploitations agricoles étudiées


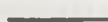




Dans chaque village un certain nombre d'exploitations agricoles ou d'unités de production a été étudié. Cette étude comprenait de nombreux aspects (inventaire des moyens de production, histoire récente de l'exploitation, systèmes de production et culture pratiquée,...). Nous ne retiendrons que ceux explicatifs par rapport à la nature et l'état actuel de la végétation villageoise. Les aspects les plus strictement agronomiques et socio-économiques ayant fait l'objet d'autres publications (de MIRANDA (E.), 1977, 1978, 1979). Le nombre d'exploitations et de champs étudiés par village sont résumés au tableau N° 15 .

AIRE ETUDIÉE

département de Maradi — Niger

Echelle 1/500 000

LÉGENDE

- route 
- pistes en latérite 
- pistes 
- chemins 
- villages principaux 
- villages étudiés 

Carte n°23

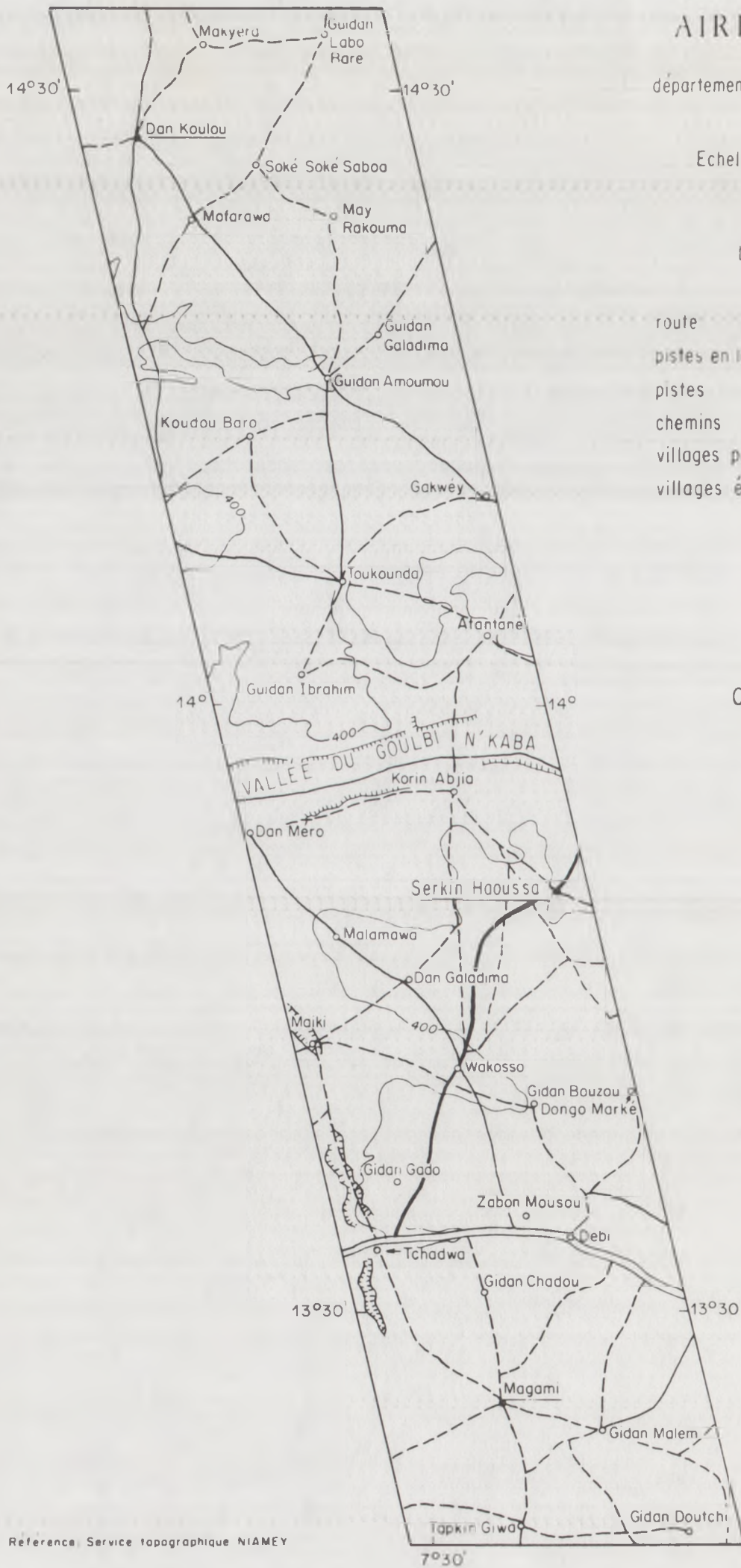


Tableau N° 15 : Exploitations agricoles et champs étudiés
par village

<u>Village étudié</u>	<u>Nombre d'exploitations agricoles choisies</u>	<u>Champs étudiés</u>
Magami	8	62
Serkin Haoussa	7	83
Dan Koulou	6	34

L'échantillon d'exploitations agricoles étudiées répondait à une double stratification : socio-économique (l'échantillon choisi était représentatif de l'essentiel des situations sociales existantes dans le village) et agro-écologique (les exploitations possédaient des champs sur l'ensemble du terroir villageois et pratiquaient des systèmes de production et de culture assez variés. Cette double stratification a été possible grâce au partage des données entre les chercheurs du programme LAT/DGRST/Maradi.

Cette étude des exploitations agricoles s'est déroulée durant la saison des pluies de 1978. Elle a permis la mise en évidence des problèmes liés à la protection et à l'utilisation des ressources naturelles (végétales en particulier), dont une évaluation globale et synthétique sera donnée, dans un premier temps, par la cartographie de l'occupation des terres. Le village de Dan Koulou ne disposant pas d'une couverture photo-aérienne au 1/10 000, sa carte de l'occupation des terres n'a pas pu être réalisée.

II - ETUDE DES RESSOURCES VEGETALES AU NIVEAU VILLAGEOIS

1 - La cartographie de l'occupation des terres

1 - Définition

Dans la grande famille des cartes phytogéographiques, la carte de l'occupation des terres rend compte de la répartition des peuplements végétaux : naturels ou artificiels (LONG (G.), 1969).

Bien que ce type de carte développé au C.E.P.E. L. EMBERGER devienne de plus en plus commun dans les études phytoécologiques, rappelons ses principaux caractères : la structure globale de la végétation, les espèces dominantes et l'influence de l'homme sur la végétation et le milieu.

2 - La structure de la végétation

Etant donné l'échelle adoptée (1/20 000), la structure de la végétation est exprimée par la nature et la répartition des formations végétales. Les critères de définition sont les mêmes que ceux utilisés dans la carte des formes de végétation : la (ou les) catégorie (s) de végétaux dominants et les recouvrements globaux.

Ils sont décrits sur les cartes N° 24 et N° 25 .

3 - Les espèces dominantes

Les espèces dominantes sont figurées par des lettres. En majuscules pour les végétaux de taille supérieure à 2 m et en minuscules pour ceux de taille inférieure à 2 m. Elles sont décrites sur les cartes N°24 et N°25 .

4 - Les degrés d'artificialisation

Comme dans la carte des formes de végétation, les degrés d'artificialisation indiquent le poids relatif de la pression humaine et animale sur les systèmes écologiques. Huit cas ont été distingués, dont deux particuliers liés

aux jachères (degré 1/3 et 2/3). Ils sont décrits sur les cartes N° 24 et N° 25 .

5 - Le choix des couleurs

Dans la représentation chromatique du thème de l'occupation des terres, nous avons adopté la logique suivante.

Le degré d'artificialisation de la végétation et du milieu est traduit par les couleurs primaires qui vont du bleu au rouge avec l'artificialisation croissante.

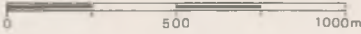
Pour un même degré d'artificialisation les différentes formations végétales sont traduites par des trames mécaniques de densités distinctes. La densité ou l'intensité de la couleur diminue des formations complexes aux formations simples, pour devenir très claire dans les unités à végétation presque absente.

Ces deux critères (couleurs et intensités) permettent, d'un premier coup d'oeil, une appréciation de l'importance de l'artificialisation (dominance des verts ou des jaunes) et de la richesse des formations végétales (diversité des tons). La comparaison des cartes N° 24 et N° 25 est frappante à ces égards.

CARTE DE L'OCCUPATION DES TERRES

MAGAMI - MARADI (NIGER)
























Dressée par Eduardo DE MIRANDA

Echelle 1/20000 

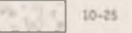

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CENTRE D'ÉTUDES PHYTOSOCIOLOGIQUES ET ÉCOLOGIQUES LEMBERGER
DÉPARTEMENT D'ÉCOLOGIE GÉNÉRALE
B.P.5051_34033 MONTPELLIER CEDEX

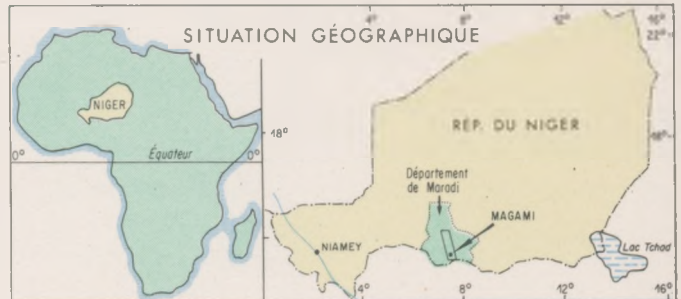
Pré-maquette réalisée par E. DE MIRANDA à partir de la mission photographique I.G.N. 76 NIG. 59/100 - 1 à 54
Levés sur le terrain effectués en 1977 et 1978
dans le cadre de la recherche L.A.T / D.G.R.S.T / MARADI

LÉGENDE SOMMAIRE DES FORMES DE VÉGÉTATION*

FORMATIONS VÉGÉTALES	DEGRÉS D'ARTIFICIALISATION							
	1	1/3	2	2/3	3	4	5	6
Végétation très claire ou presque absente								
FORMATIONS SIMPLES	Ligneuses basses							
	Herbacées							
FORMATIONS COMPLEXES	Ligneuses hautes/ herbacées							
	Ligneuses basses/ herbacées							
	Ligneuses hautes/ ligneuses basses/ herbacées							

LÉGENDE SOMMAIRE DES FORMATIONS VÉGÉTALES*

Désignation des formations végétales principales	Recouvrement en %		
	Ligneux hauts	Ligneux bas	Herbacées
Végétation très claire	0-1	0-5	0-5
Formations ligneuses basses pures	0-1	5-25	0-25
Formations herbacées pures	0-1	0-5	5-100
Formations complexes ligneux hauts/herbacées	1-10	0-5	5-100
Formations complexes ligneux bas/herbacées	0-1	5-10	5-100
	0-1	10-25	5-100
	0-1	25-50	5-100
Formations complexes ligneux hauts/ligneux bas/herbacées	1-10	5-10	5-100
Recouvrement en pourcentage des ligneux bas		10-25	



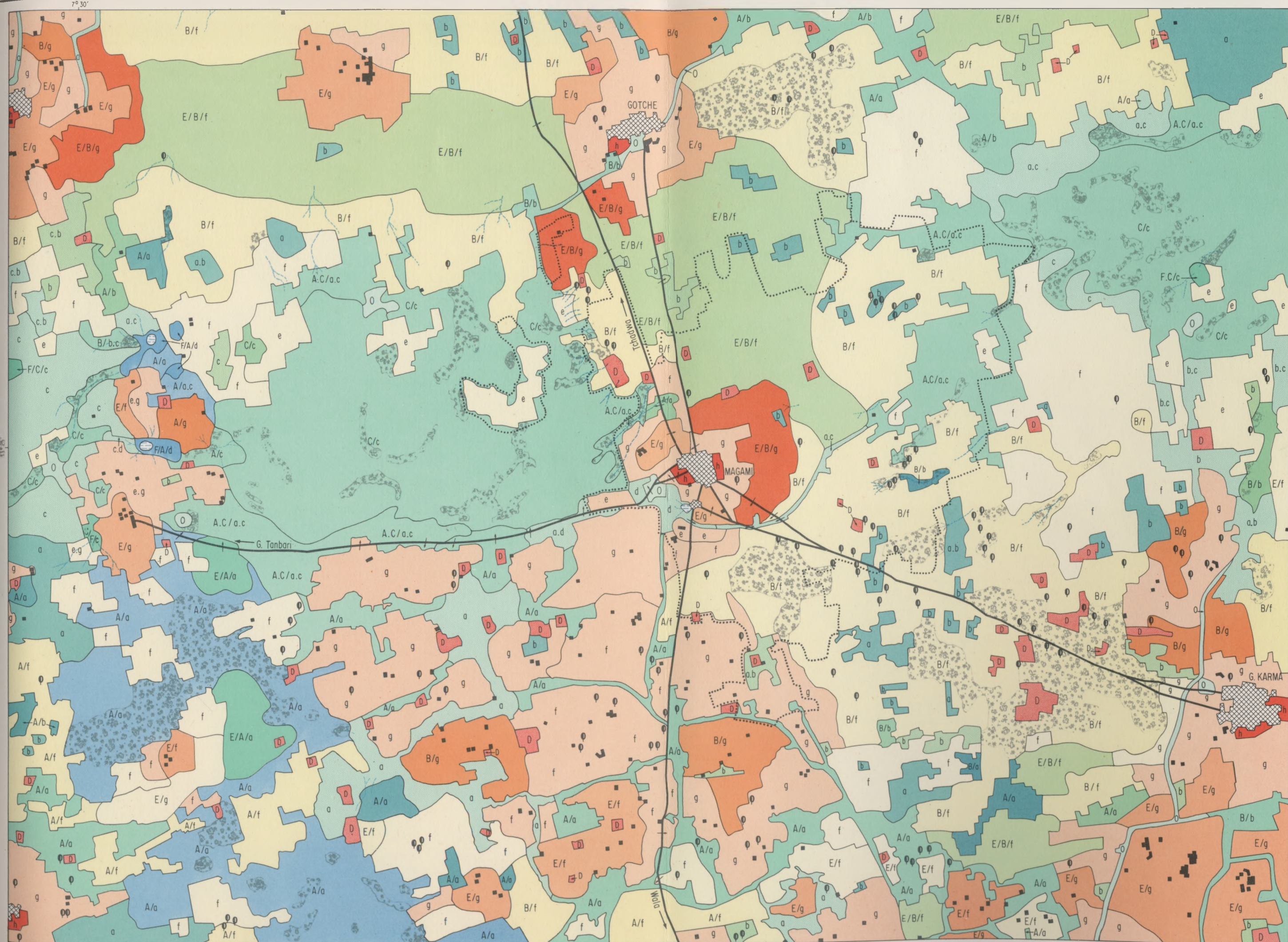
LÉGENDE SOMMAIRE DES ESPÈCES DOMINANTES*

Code	Végétaux ligneux bas	Code	Végétaux herbacés
A	<i>Gucera senegalensis</i> J.F. Gmel. <i>Cassia singuana</i> Del. <i>Ptilostigma reticulatum</i> (D.C.) Hoscht.	a	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth. <i>Ctenium elegans</i> Kunth. <i>Eragrostia tremula</i> Hochst.
B	<i>Anona senegalensis</i> Pers. <i>Ptilostigma reticulatum</i> (D.C.) Hoscht. <i>Gucera senegalensis</i> J.F. Gmel.	b	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth. <i>Evolvulus alainoides</i> L. <i>Cyperus amabilis</i> Vahl.
C	<i>Combretum micranthum</i> G. Don <i>Boscia senegalensis</i> Pers. Lam. <i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hoscht.	c	<i>Zornia glochidiata</i> D.C. <i>Sporobolus granularis</i> Mez. <i>Polycaarpa eriantha</i> Hochst.
D	<i>Mimihol utilisissim</i> Pohl.	d	<i>Acanthospermum hispidum</i> D.C. <i>Triumfetta pentandra</i> A. Rich. <i>Cyperus rotundus</i>
Végétaux ligneux hauts			
E	<i>Acacia albida</i> Del. <i>Combretum glutinosum</i> Perr. <i>Prosopis africana</i> (Guill. et Perr.) Taub. <i>Albizia chevalieri</i> Harms.	e	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.
F	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (D.C.) Guill. et Perr. <i>Diospyros mespiliformis</i> Hoscht. <i>Delarum microcarpum</i> Guill. et Perr.	f	<i>Pennisetum americanum</i> (L.) K. Schum. <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.
		g	<i>Pennisetum americanum</i> (L.) K. Schum. <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. <i>Cyperus esculentus</i> L.
		h	<i>Zea mays</i> L. <i>Setaria indica</i> L. <i>Nicotiana tabacum</i> L.
	Végétation presque absente		

X ou x: groupe d'espèces co-dominantes X.Y ou x.y: groupes d'espèces co-dominants
Les noms scientifiques des espèces sont ceux du "Catalogue des Plantes Vasculaires du Niger", B. PEYRE de FABREGUES et J.P. LEBRUN, I.E.M.V.T./avril 1976/Paris

Signes particuliers:	Chemins 	Arbre isolé 
Limites du terroir 	Habitat dispersé 	Rigole à écoulement concentré 

* Pour plus de détails se reporter à la notice



CARTE DE L'OCCUPATION DES TERRES

SERKIN HAOUSSA - MARADI (NIGER)


















Dressée par Eduardo DE MIRANDA

Échelle 1/20000 



CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CENTRE D'ÉTUDES PHYTOSOCIOLOGIQUES ET ÉCOLOGIQUES LEMBERGER
DÉPARTEMENT D'ÉCOLOGIE GÉNÉRALE
B.P.5051-34033 MONTPELLIER CEDEX

Pré-maquette réalisée par E. DE MIRANDA à partir de la mission photographique I.G.N. 76 NIG. 63 / 100-1 à 407
Levés sur le terrain effectués en 1977 et 1978
dans le cadre de la recherche L.A.T. / D.G.R.S.T. / MARADI

LÉGENDE SOMMAIRE DES FORMES DE VÉGÉTATION*

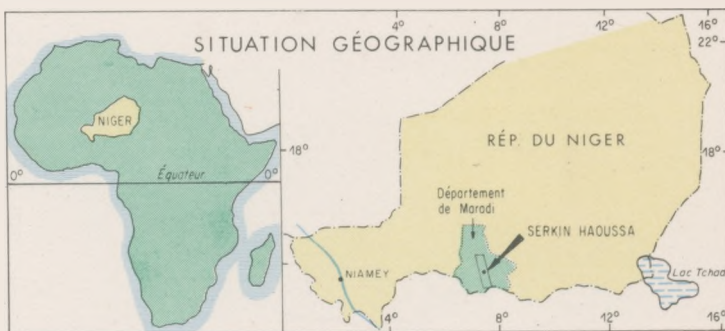
FORMATIONS VÉGÉTALES	DEGRÉS D'ARTIFICIALISATION							
	1	1/3	2	2/3	3	4	5	6
Végétation très claire ou presque absente								
FORMATIONS SIMPLES	Ligneuses basses							
	Herbacées							
FORMATIONS COMPLEXES	Ligneuses hautes/herbacées							
	Ligneuses basses/herbacées							

LÉGENDE SOMMAIRE DES FORMATIONS VÉGÉTALES*

Désignation des formations végétales principales	Recouvrement en %			
	Ligneux hauts	Ligneux bas	Herbacées	
Végétation très claire	0-1	0-5	0-5	
Formations ligneuses basses pures	0-1	5-25	0-25	
Formations herbacées pures	0-1	0-5	5-100	
Formations complexes ligneuses hautes/herbacées	1-10	0-5	5-100	
Formations complexes ligneuses basses/herbacées	0-1	5-10	5-100	
	0-1	10-25	5-100	
	0-1	25-50	5-100	
Recouvrement en pourcentage des ligneux bas		10-25		25-50

LÉGENDE SOMMAIRE DES DEGRÉS D'ARTIFICIALISATION*

- 1 Végétation et milieu faiblement influencés par l'homme. Terrains de parcours en équilibre relativement satisfaisant. Exploités en système de rotation pendant la saison des pluies.
- 1/3 Jachères à base d'herbacées (annuelles et pérennes) modérément pâturées des zones cultivées.
- 2 Terrains de parcours en rupture d'équilibre. Surcharge animale attestée par de nombreux critères (piétinement, broutage exagéré des ligneux bas, faiblesse du développement des espèces herbacées, déchaussement des pérennes).
- 2/3 Jachères à base d'herbacées (annuelles et pérennes) fortement pâturées des zones cultivées.
- 3 Cultures annuelles en sec sans fumure.
- 4 Cultures annuelles en sec intensifiées avec fumure importante.
- 5 Cultures pérennantes clôturées, très entretenues.
- 6 Villages, infrastructures, voies de communication. Végétation et milieu fortement influencés par l'homme.



LÉGENDE SOMMAIRE DES ESPÈCES DOMINANTES*

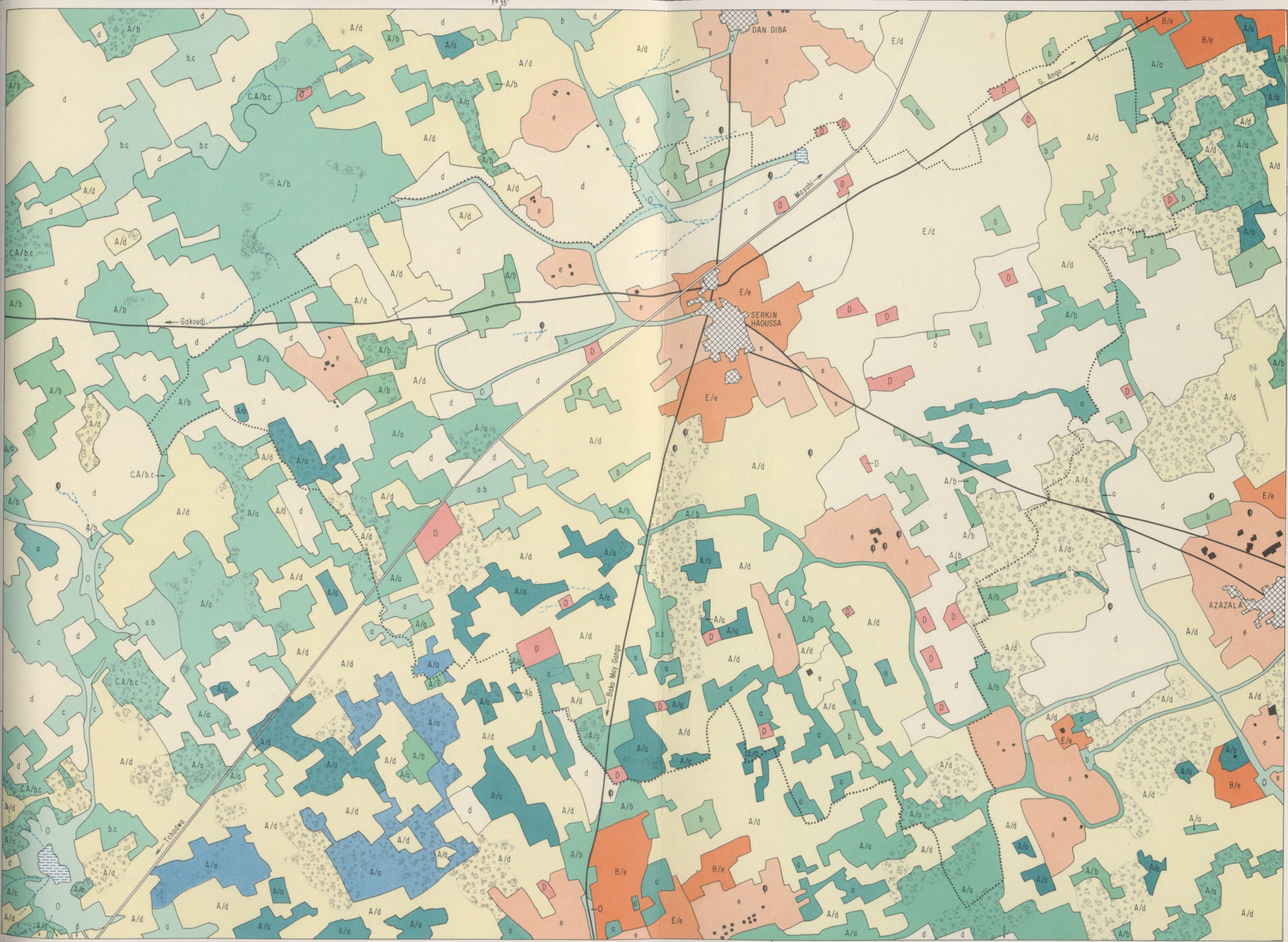
Code	Végétaux ligneux bas	Code	Végétaux herbacés
A	<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel. <i>Cassia singuana</i> Del. <i>Piliostigma reticulatum</i> (D.C.) Hochst.	a	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth. <i>Enagrostis tremula</i> Hochst. <i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.
B	<i>Anona senegalensis</i> Pers. <i>Piliostigma reticulatum</i> (D.C.) Hochst. <i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	b	<i>Mitracarpus scaber</i> Zucc. <i>Cyperus amabilis</i> Vahl. <i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.
C	<i>Boocea senegalensis</i> Pers. Lam. <i>Combretum micranthum</i> G. Don.	c	<i>Zornia glochidiata</i> D.C. <i>Sporobolus granularis</i> Mez.
D	<i>Manihot utilisima</i> Pohl. Végétaux ligneux hauts	d	<i>Pennisetum americanum</i> (L.) K. Schum. <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.
E	<i>Acacia alba</i> Del. <i>Combretum glutinosum</i> Perr.	e	<i>Pennisetum americanum</i> (L.) K. Schum. <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench. <i>Cyperus esculentus</i> L.
O	Végétation presque absente		

X ou x: groupe d'espèces co-dominantes X.Y ou x.y: groupes d'espèces co-dominants

Les noms scientifiques des espèces sont ceux du "Catalogue des Plantes Vasculaires du Niger", B. PEYRE de FABREGUES et J.P. LEBRUN, I.E.M.V.T./avril 1976/Paris

Signes particuliers:	Chemins	Arbre isolé
Piste en latérite	Habitat dispersé	Rigole à écoulement concentre
Limites du terroir		

* Pour plus de détails se reporter à la notice



6 - Principales similitudes entre Magami et Serkin Haoussa

Signalons quelques similitudes existantes entre les deux villages malgré leur situation écologique distincte :

a) La fondation des deux villages est relativement récente (début du siècle) et la population haoussa y est largement dominante;

b) Ils se caractérisent par un habitat groupé vers lequel convergent des chemins en étoile;

c) Ils possèdent une structure de terroir assez identique avec une auréole de cultures fumées autour des cases, suivie d'une deuxième auréole plus extérieure, moins nette, caractérisable par l'absence de fumure et la présence de nombreux champs en jachère;

d) Dans les deux villages des couloirs de passage, au sein des zones cultivées, permettent au bétail de circuler, durant la saison des pluies, vers les points d'abreuvement ou d'un pâturage à l'autre;

e) Dans ces couloirs ou autour des points d'eau, la végétation est souvent très dégradée (très claire ou presque absente), parfois dominée par des espèces peu appréciées, telles que :

Acanthospermum hispidum

Triumpheta pentandra

Mitracarpus scaber

Cyperus amabilis

f) Dans les deux terroirs on peut remarquer des traces de ruissellement concentré au bout desquelles se trouvent parfois des champs de manioc.

7 - Principales différences entre Magami et Serkin Haoussa

Signalons les principales différences qui ressortent de la comparaison de ces deux cartes ;

a) Le terroir de Serkin Haoussa, traversé par une piste en latérite, est beaucoup plus grand que celui de Magami (1500 ha contre 500 environ). Il en va de même pour la taille du village ;

b) Les formations végétales sont plus nombreuses à Magami qu'à Serkin Haoussa où les formations complexes ligneuses hautes/ligneuses basses /herbacées sont absentes ;

c) A Magami les jardins villageois, très intensifiés, sont plus importants qu'à Serkin Haoussa où leur faible surface n'est pas cartographiable à l'échelle du 1/20 000 ;

d) Les jachères, moins nombreuses à Magami, sont le plus souvent en bon état (modérément pâturées), tandis qu'à Serkin Haoussa elles sont assez dégradées ;

e) A Magami, il existe de nombreux champs de sorgho (unité jaune clair) en culture pure, très rares à Serkin Haoussa ;

f) Au niveau de l'influence de l'homme sur la végétation et le milieu dans la carte de Magami on pourrait distinguer, schématiquement, deux extrêmes : des unités très peu artificialisées (dominance du bleu et du vert) et des unités où l'influence de l'homme est assez importante (unités orange et rouge).

A Serkin Haoussa le degré d'artificialisation "moyen" est plus fort (dominance du jaune). La presque totalité des terres (76 %) est cultivée. Seule, au Nord-Ouest du village, une poche de brousse exploitée en commun avec d'autres villages, demeure non cultivée.

g) Les arbres isolés, rares à Serkin Haoussa, sont très nombreux à Magami ;

h) Il existe, au Sud-Est de Magami, un important terroir peul facilement repérable par son habitat dispersé et par le réseau de couloirs de passages qui encadrent des champs très fumés.

8 - Quelques commentaires...

La carte de l'occupation de terres est un document très riche en informations. Plusieurs cartes thématiques peuvent être déduites de ce document de synthèse (carte des formations végétales, carte des espèces dominantes, ...).

Sans exploiter l'ensemble des renseignements fournis par cette carte, nous nous sommes limités à signaler des convergences et des divergences existantes entre les deux terroirs étudiés.

Ces différences sont surtout liées à la situation écologique distincte entre les deux villages. Les similitudes sont très liées aux traditions ethniques communes de mise en valeur de l'espace rural. A cet égard, il est intéressant de remarquer les différences existantes entre les peuls et les haoussas sur un même territoire au niveau de la structure des terroirs (MAGAMI).

Ce véritable cadastre de la végétation, qui est la carte de l'occupation de terres, sera précisé au paragraphe suivant par une approche plus quantifiée et analytique de la végétation cultivée et spontanée réalisée à partir de l'étude des exploitations agricoles. Cette analyse intégrera Dan Koulou qui n'avait pas pu être cartographié.

2 - La végétation cultivée (ou à reproduction artificialisée)

L'étude des champs des exploitations agricoles a permis la détection et l'identification de l'ensemble des espèces cultivées dans les trois villages.

Ces espèces témoignent d'une agriculture traditionnelle peu touchée par les services agricoles (absence de sélection, sauf pour le niébé), avec des systèmes culturaux rudimentaires. Toutes les espèces cultivées sont annuelles (à l'exception du manioc et de certains ricins). L'introduction d'arbres fruitiers nouveaux (manguiers, goyaviers, anacardes, ...) n'a pas abouti. La nature et l'état de ces ressources végétales varient suivant les villages et les exploitations agricoles.

2.2.1 - Les espèces cultivées

Les relevés réalisés sur l'ensemble des champs étudiés mettent en évidence 17 espèces cultivées ou faisant l'objet d'un semis ou de plantation de la part des agriculteurs.

Ces cultures, strictement pluviales, sont le plus souvent monospécifiques et bispécifiques (rarement trispécifiques).

Voici les 17 espèces cultivées :

<u>Nom scientifique</u>	<u>nom français</u>
<u>Arachis hypogea</u>	Arachide
<u>Capsicum annum</u>	Piment
<u>Cyperus esculentus</u>	Souchet
<u>Hibiscus cannabinus</u>	Dah
<u>Hibiscus esculentus</u>	Gombo
<u>Hibiscus sabdarifla</u>	Oseille de Guinée
<u>Lagenaria siceraria</u>	Calebassier
<u>Manihot utilissima</u>	Manioc
<u>Nicotina tabacum</u>	Tabac
<u>Pennisetum americanum</u>	Mil
<u>Ricinus communis</u>	Ricin
<u>Sesame indicum</u>	Sesame
<u>Sorghum bicolor</u>	Sorgho
<u>Sorghum sp.</u>	Sorgho sucré
<u>Vigna unguiculata</u>	Niébé
<u>Voandzeia subterranea</u>	Voandzou
<u>Zea mais</u>	Maïs

Un petit nombre d'espèces représentent à elles seules la presque totalité des surfaces cultivées (environ 80 % pour le mil, 15 % pour le niébé, le sorgho et l'arachide). Les autres (5 %) se limitent, généralement, à quelques petites parcelles très fumées à l'intérieur ou à côté des concessions (gombo, maïs, piment, ricin, sésame).

Fréquences cumulées des espèces cultivées
(en % du total des espèces)

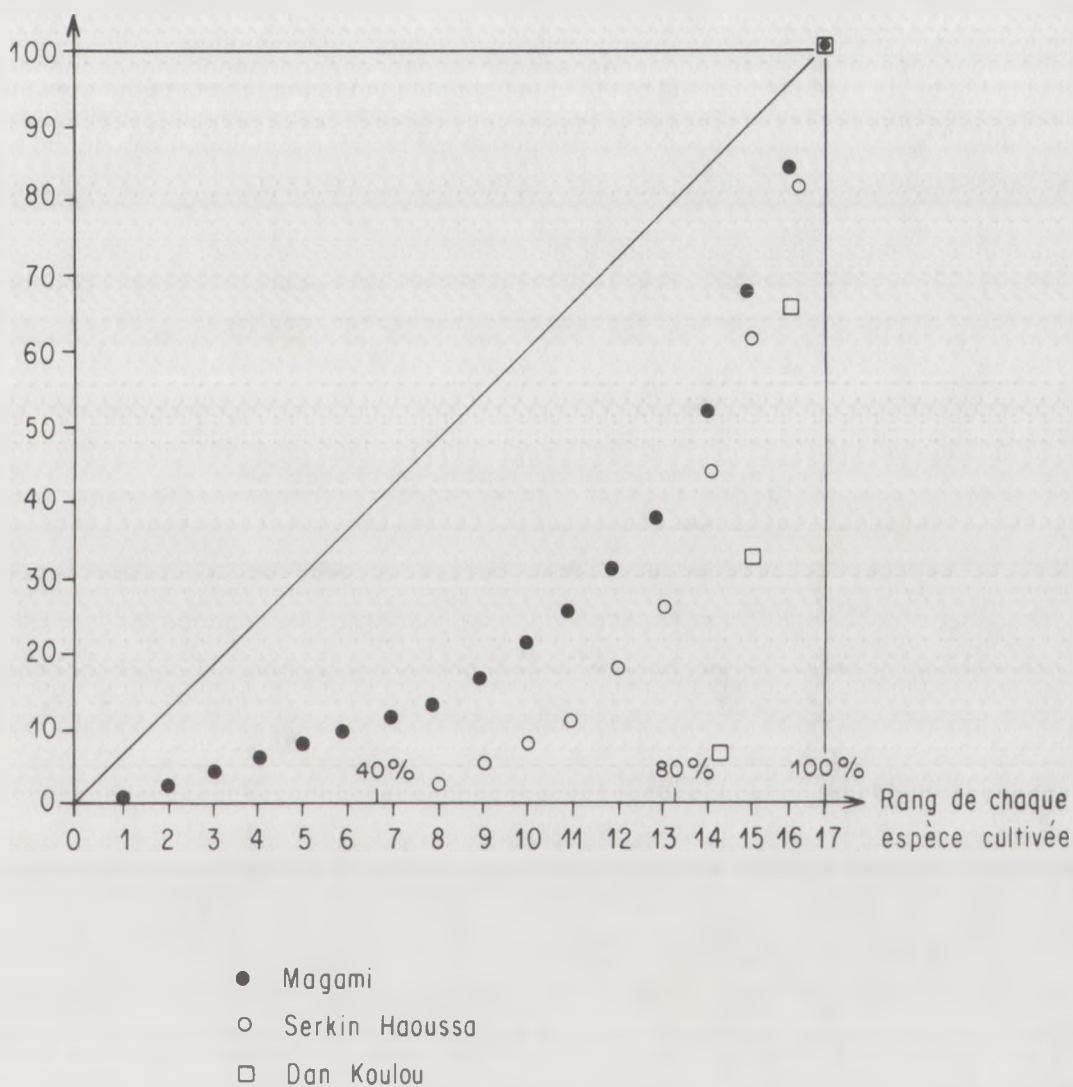


Fig.23 Espèces cultivées—distribution des fréquences spécifiques exprimée par la courbe de concentration (le cas des trois villages étudiés)

2.2.2 - Variabilité inter-villageoise

A Dan Koulou, où les précipitations sont réduites, les relevés n'ont mis en évidence que 4 espèces cultivées : le mil, le niébé, le sorgho et l'arachide.

A Magami, où les précipitations sont élevées, toutes les espèces citées ci-dessus ont été relevées (sauf le Voandzou). Serkin Hamssa occupe une position intermédiaire (figure N°23).

2.2.3 - Variabilité intra-villageoise

Le nombre d'espèces cultivées par exploitation agricole au sein de chaque village varie suivant l'emplacement des champs (type de sol, distance au village, apports en fumure), les surfaces disponibles et certaines traditions familiales, soit :

Tableau N° 16 : Espèces cultivées par village et par exploitation agricole

ESPECES CULTIVEES	Proportion des exploitations où se pratique chaque culture		
	MAGAMI 8 exploit.	S. HAUSSA 7 exploit.	D. KOULOU 6 exploit.
Mil	1	1	1
Niébé	1	1	1
Sorgho	1	1	5/6
Arachide	1	1	1/6
Souchet	1/8	1/7	0
Manioc	2/8	1/7	0
Oseille de Guinée	4/8	3/7	0
Sésame	3/8	1/7	0
Maïs	2/8	3/7	0
Voandzou	0	1/7	0
Dah	1/8	0	0
Piment	1/8	0	0
Gombo	1/8	0	0
Sorgho sucré	2/8	0	0
Calebassier	1/8	0	0
Tabac	1/8	0	0
Ricin	1/8	0	0

Les précipitations semblent expliquer la variabilité inter-villageoise au niveau des espèces cultivées, mais ne suffisent pas à expliquer la variabilité constatée dans les exploitations agricoles d'un même village.

La présence ou l'absence de certaines espèces cultivées au sein d'une exploitation agricole dépend, en dernière instance, du processus (historique) qui a déterminé son accès aux différents milieux du terroir villageois.

L'enquête auprès du cultivateur confirme, à court terme, la relative constance des assolements, d'où les constatations suivantes :

- le nombre d'espèces cultivées diminue du Sud vers le Nord avec les précipitations décroissantes ;
- la variabilité du nombre d'espèces cultivées par exploitation agricole, au sein d'un même village, peut être expliquée par l'accès inégal aux différentes situations écologiques du terroir ;
- le mil représente l'écrasante majorité des surfaces cultivées dans l'ensemble des villages. Cette importance spatiale est également ressentie au niveau des structures socio-économiques, car il est l'objet (surtout après la sécheresse 1968/73) d'un important commerce inter et intra-villageois (RAYNAUT (C.), 1975).

Compte tenu de ces trois constatations, les observations concernant l'état de la végétation cultivée se sont pratiquement limitées aux céréales.

2.2.4 - Usage et état de la végétation cultivée (principales espèces)

2.2.4.1 - Le mil (*Pennisetum americanum*)

Le mil, cultivé pour son grain, constitue l'alimentation de base dans la région étudiée. Le grain est aussi utilisé à la fabrication de bières familiales.

Les feuilles servent de fourrage après la récolte et les tiges ont des usages divers (matériaux de construction, combustible, fabrication de jouets, ...).

Le mil est une espèce protogyne et allogame. Le polymorphisme des populations, déjà très important, est accentué au niveau d'un village par les conditions de milieu. Certains chercheurs ou développeurs avancent l'existence de

toute une gamme de variétés de mil, cultivées traditionnellement par les paysans. Les observations morphologiques et le suivi pentadaire des stades phénologiques réalisés en 1978 contredisent ces affirmations. Dans la région étudiée, en tout cas, nous n'avons pu distinguer que trois variétés de mil, appelées localement ZANGO, ANKOUTES et BAANGOURE. Les caractéristiques des deux premières variétés sont proches de celles connues à la station agronomique de Tarna à Maradi (NABOS (J.), 1978). Les voici :

Variété ZANGO : Cycle de 90 à 100 jours

épi allongé 0,8 à 1,2

de forme cylindrique, légèrement fusiforme

à densité de grains sur l'épi assez lâche

grain de coloration grise

texture semi-farineuse

paille haute de 1,80 à 2,00 m.

Variété ANKOUTES :

cycle de 90 à 100 jours

épi court de 20 à 30 cm

de forme trapue et cylindrique

à densité de grains sur l'épi assez forte

grain de coloration grise-blanchâtre

texture semi-farineuse

paille haute de 1,50 à 2,00 m.

Variété BAANGOURE :

cycle de 100 jours

épi court de 15 à 30 cm

de forme cylindrique et légèrement fusiforme
(plusieurs épis par talle basal)

à densité de grains sur l'épi assez lâche

grain idem précédents

paille haute de 1,50 à 2,00 m.

Les agriculteurs interrogés distinguent d'autres variétés (Maiwa, Zanfaruwa) qui, à l'égard de critères agronomiques considérés, ne semblent pas essentiellement différentes.

La variété ZANGO est de loin la plus cultivée : 93 % des champs contre 5 % pour l'ANKOUTES et 2 % pour le BAANGOURE. Les rendements, très variables (en moyenne 400 kg/ha) peuvent aller des récoltes résiduelles des champs de brousse (moins de 50 kg/ha) à des récoltes assez importantes dans les champs proches du village, très fumés (entre 1 000 à 1 500 kg/ha).

2.2.4.1 - Le niébé (Vigna unguiculata)

Le niébé est cultivé pour ses graines mais aussi pour ses feuilles consommées par le bétail.

Le genre Vigna, et plus particulièrement l'espèce unguiculata, est d'origine asiatique. Le Nigéria du Nord constitue un centre de diversification secondaire (Ministère de la Coopération, 1974).

Plante herbacée annuelle, autogame, le niébé présente une grande variété de formes et de comportements physiologiques.

Deux variétés sont cultivées dans les villages : le niébé local "Farin Wake" tardif et le niébé précoce : TN 88.63 "Mota Wake". Ses caractéristiques sont identiques à celles connues à la station agronomique de Tarna à Maradi (NABOS (J.), 1978).

Le niébé local "FARIN WAKE" tardif

- sensible au photopériodisme avec floraison de début octobre et maturation de début novembre,
- port rampant avec développement végétatif important surtout si l'arrière saison des pluies est pluvieuse. Il s'agit surtout d'une variété à aptitude fourragère, la production de grain est en général réduite,
- gousse et graine de taille moyenne, avec un poids de 100 grains de 15 à 18 g,
- graines de coloration crème.

Le niébé précoce : TN 88.63 "MOTA WAKE"

- insensible au photopériodisme avec floraison de 40 jours et maturation de 70 jours. A ce sujet, il est bon d'indiquer que c'est la première variété, authentiquement insensible au photopériodisme et très précoce, qui a été diffusée au Niger, les variétés DAN ARBAIN signalées ont toujours existé dans la zone, testées à TARNA, elles se sont avérées être photopériodiques. Ces variétés semées fin août, début septembre, en culture de décrue (Nord Nigéria, Maggia) fleurissent effectivement à 40 jours en octobre;
- port rampant avec développement végétatif plus réduit que la variété locale. A maturité des gousses, la plante se dessèche et perd rapidement ses feuilles.

La nouvelle variété de niébé précoce connaît un succès certain auprès des agriculteurs car elle a un cycle végétatif parfaitement calé à la durée de la saison des pluies. Toutefois, elle continue à être semée à des densités beaucoup trop faibles (2 à 4 000 poquets/ha) qui pourraient être quadruplées. Les rendements sont de l'ordre de 100 à 300 kg/ha en culture pure.

2.2.4.3 - Le sorgho (Sorgho bicolor)
.....

Le sorgho (céréale autogame) est surtout cultivé pour son grain, utilisé dans l'alimentation. Il existe des variétés spécialisées dans une production secondaire : les sorghos sucrés, mâchés comme de la canne à sucre. Comme dans le cas du mil, l'ensemble de la plante est utilisé : les feuilles (fourrage), les tiges (construction des cases et tapades) et la hampe dépouillée de ses grains (petits balais).

La variété cultivée, largement dominante, est le sorgho "MOTA" caractérisé par :

- des panicules semi-compactes en forme d'un large fuseau; le grain blanc à texture farineuse possède des glumes semi-enveloppantes;
- il s'agit d'un sorgho de la sub-série caffra, de type Caudatum, sensible au photopériodisme avec maturité début novembre;

- la hauteur de la paille est fonction de la date de semis (photo sensibilité).

Plusieurs agriculteurs défendent que le sorgho doit être semé tardivement.

Les rendements sont donc très limités (semis tardifs et écartement trop lâche) : 100 à 200 kg/ha dans les champs de culture pure. Associé avec le mil (moins de 1 000 poquets/ha) le sorgho n'assure qu'une très faible proportion de l'ensemble de la récolte, mais la phytotoxicité induite par ses résidus la récolte, surtout dans les sols sableux, (BURGOS LEON, 1976) accentue la "fatigue" des sols.

2.2.4.4 - Quelques commentaires sur les autres espèces cultivées

- L'arachide (Arachis hypogea) :

Les surfaces cultivées en arachide semblent assez limitées dans les villages étudiés. La régression spectaculaire de cette plante, autrefois la culture de rente par excellence, est due à plusieurs raisons : manque de variétés bien adaptées, difficultés dans l'approvisionnement en semences, la monétarisation possible d'autres cultures comme le niébé et le mil...

- Le manioc (Manihot utilissima) :

Connait une progression certaine dans deux villages (S. HAUSSA et MAGAMI). Très apprécié dans la diversification de l'alimentation locale, le manioc se vend, très bien, sur les marchés villageois ou sous forme de plat cuisiné. Cette culture impose des contraintes assez importantes (type de sol, clôture de protection, préparation du sol, entretien...).

- Le souchet (Cyperus esculentus) :

Les conditions de culture limitent les surfaces de souchet (exigences vis à vis des sols qui doivent être plutôt lourds et bien fumés). La récolte, réalisée à la fin novembre, exige beaucoup de travail (arrachage plantes, nettoyage et tri des tubercules). Le souchet se vend très facilement sur

les marchés à des prix intéressants de l'ordre de 150 à 200 F CFA/kg.

- Le maïs (Zea maïs)

Cultivé à côté des cases, dans des sols très fumés, il demande une répartition des pluies très favorable pour des rendements limités (100 kg/ha) Cette variété précoce (cycle de 90 jours), à grains jaunes semi-vitreux, atteint dans les semis précoces réussis 1,0 à 1,2 m.

3 - La végétation naturelle (ou à reproduction spontanée)

3.1 - La nature de la végétation à reproduction spontanée

Dans ce deuxième volet sur les ressources végétales, la végétation considérée est celle dont "la reproduction se fait spontanément, sans l'intervention de l'homme par les voies du semis et de la plantation, ce qui n'exclut pas des interventions favorisant la meilleure reproduction spontanée, entre autre par la mise en oeuvre de pratiques de mise en valeur, de gestion et d'exploitation appropriées" (LONG (G.), 1978).

La cartographie de l'occupation des terres a permis une caractérisation globale de la végétation naturelle (types de formations végétales, espèces dominantes, surfaces relatives par rapport à la végétation cultivée,...).

Nous développerons ici quelques réflexions sur l'usage et l'état actuel de la végétation à reproduction spontanée (lignes isolés dans les zones de culture, jachères, terrains de parcours,...).

3.2 - Une ressource diversifiée à usages multiples

Les usages actuels et potentiels (marchands ou non) de cette végétation sont multiples : pâturage en saison de pluies pour le bétail villageois, production de bois de chauffage et bois de construction, production de fibres, protection des sols, protection des cultures (brise-vents).

Les observations de terrain et l'enquête menée aux villages permettent de définir l'usage actuel des principales espèces représentées (ou restantes) dans les villages étudiés. Les voici :

<u>Espèces</u>	<u>Usages principaux</u>
<u>Acacia</u> <u>albida</u>	Production végétale et animale
<u>Acacia</u> <u>nilotica</u>	Tannerie
<u>Acacia</u> <u>raddiana</u>	Production animale
<u>Adansonia</u> <u>digitata</u>	Alimentation
<u>Alysicarpus</u> <u>ovilifolius</u>	Production fourragère marchande
<u>Andropogon</u> <u>gayanus</u>	Construction des greniers et cases
<u>Annona</u> <u>senegalensis</u>	Alimentation humaine
<u>Balanites</u> <u>aegyptica</u>	Bois/outils agricoles
<u>Boscia</u> <u>salicifolia</u>	Bois/construction greniers
<u>Butyrospermum</u> <u>paradoxum</u>	Alimentation humaine
<u>Calotropis</u> <u>procera</u>	Construction cases, greniers, clôtures (D. KOULOU)
<u>Ceratotheca</u> <u>sesamoides</u>	Alimentation
<u>Cochlospermum</u> <u>tinctorium</u>	Teinture - pharmacie
<u>Combretum</u> <u>glutinosum</u>	Bois construction
<u>Combretum</u> <u>micranthum</u>	Bois/outils agricoles
<u>Corchorus</u> <u>tridens</u>	Alimentation
<u>Cymbopogon</u> <u>proximus</u>	Construction cases et greniers (D. KOULOU)
<u>Cyperus</u> <u>rotondus</u>	Pharmacie
<u>Eragrostis</u> <u>tremula</u>	Production fourragère marchande
<u>Gisekia</u> <u>pharmaceoides</u>	Pharmacie
<u>Guiera</u> <u>senegalensis</u>	Construction
<u>Hyphaene</u> <u>thebaica</u>	Construction
<u>Indigofera</u> <u>tinctoria</u>	Teinture
<u>Lagenaria</u> <u>siceraria</u>	Outils
<u>Lannea</u> <u>microcarpa</u>	Alimentation
<u>Leptadenia</u> <u>hastata</u>	Alimentation
<u>Merremia</u> <u>tridentata</u>	Production fourragère marchande
<u>Ocimum</u> <u>basilicum</u>	Pharmacie
<u>Parkia</u> <u>biglobosa</u>	Alimentation
<u>Prosopis</u> <u>africana</u>	Outils - construction
<u>Sclerocarya</u> <u>birrea</u>	Outils - construction
<u>Securidaca</u> <u>longipedunculata</u>	Pharmacie
<u>Sesamum</u> <u>alatum</u>	Alimentation
<u>Tamarindus</u> <u>indica</u>	Alimentation
<u>Vitex</u> <u>cienkowskii</u>	Alimentation
<u>Ximenia</u> <u>americana</u>	Alimentation
<u>Ziziphus</u> <u>mauritiana</u>	Bois/outils

2.3.3 - Espèces végétales et usages

Pour une même espèce, l'usage actuel peut changer suivant le village et sa diversité en ressources végétales.

Par exemple, Calotropis procera à S. Haussa n'est pas l'objet d'un usage précis important, mais à Dan Koulou il est très utilisé dans la construction des cases, des greniers et des clôtures.

Un même usage peut être assuré par des espèces différentes suivant la situation écologique du village.

Par exemple, à Dan Koulou, les pilons et mortiers sont fabriqués avec le Sclerocarya birrea et à Magami avec du Prosopis africana.

A Dan Koulou, les manches des outils agricoles sont faits avec des branches de Balanites aegyptica ou avec les racines d'Acacia raddiana.

A Magami, ils sont faits avec du Combretum micranthum ou avec du Ziziphus mauritiana.

Certains usages peuvent être assurés par des espèces comme le cas du bois de chauffage et du pâturage. Volontairement, elles n'ont pas été évoquées dans la liste précédente, sauf le cas de certaines espèces faisant l'objet d'une récolte en vue d'être vendue sur le marché (Merremia tridentata, Eragrostis tremula, Alysicarpus ovalifolius) comme fourrage.

2.3.4 - Quelques commentaires sur l'état de la végétation

La progression des surfaces cultivées (inexorable croissance des besoins et absence d'une autre stratégie de gestion des ressources naturelles) entraîne aujourd'hui des prélèvements trop importants au niveau de la végétation naturelle, aussi bien par les hommes que par les animaux.

Cette surexploitation des matières cellulosiques et ligneuses affecte gravement l'équilibre des écosystèmes locaux et régionaux. Elle se traduit par :

a) l'éradication des ligneux en vue de satisfaire les besoins villageois en bois de chauffage, construction, ... Eradication qui n'est compensée par aucune plantation.

Conséquences immédiates pour l'écosystème :

- la protection des sols et des cultures diminue (effet brise-vents)
- les effets synergiques entre les différentes strates de végétation disparaissent (entre la strate herbacée et des ligneux tels que Acacia albida, Piliostigma reticulatum,...)
- les possibilités de régénération du couvert ligneux diminuent avec la disparition des semenciers.

b) le surpâturage des terrains de parcours (Magami et Serkin Haoussa

Conséquences :

- la disparition de certaines espèces (surtout des annuelles comme Eragrostis tremula, Aristida mutabilis, Ctenium elegans, Schizachyrium exile,...)
- le développement d'espèces peu appréciées et peu digestibles (Cassia singueana, Mitracarpus scaber, Sida cordifolia, Acanthospermum, Sesbania dalzielii, ...)
- le déchaussement des ligneux bas (Guiera senegalensis, Anona senegalensis, Piliostigma reticulatum,...)
- l'augmentation de l'érodabilité des sols par l'action conjointe du piétinement et de l'absence de protection végétale.

La figure N° 24 résume les principales influences qui déterminent l'état actuel de la végétation à reproduction spontanée.

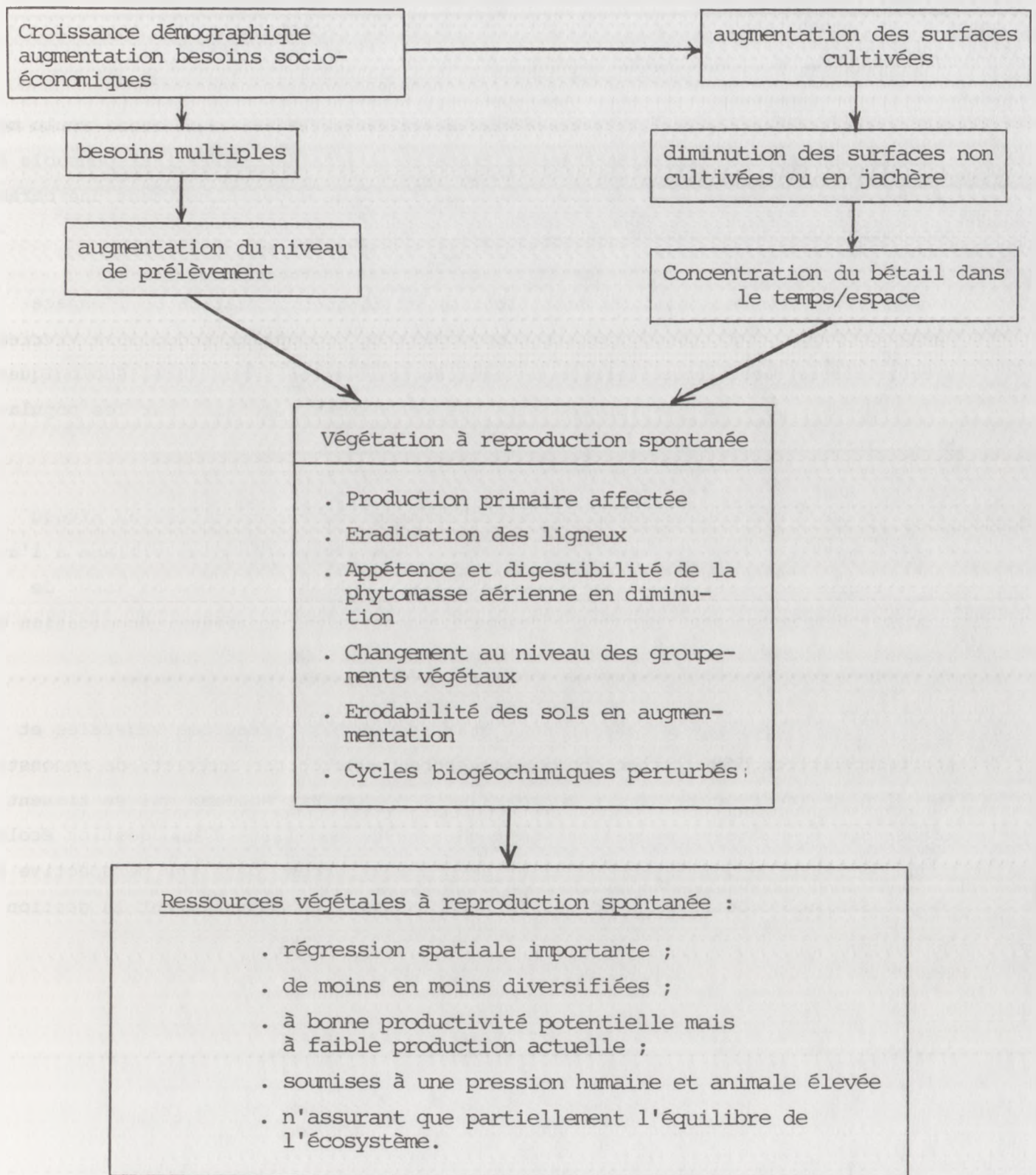


Fig. N° 24

PRINCIPALES INFLUENCES SUR LA VEGETATION A REPRODUCTION SPONTANEE

CONSEQUENCES

2.4 - Quelques commentaires...

Dans cette étude au niveau de trois villages, nous avons voulu mettre l'accent sur la végétation en tant que ressource naturelle indispensable à la reproduction sociale et non seulement en tant que moyen permettant une caractérisation des différents milieux.

De cet essai de qualification et de quantification de l'espace rural villageois, il ressort que les objectifs de production (équilibre vivrier à court terme) sont prioritaires sur ceux de protection (équilibres écologiques à long terme) dans la gestion actuelle des ressources végétales par les populations locales.

Les conséquences de cette "stratégie" sont multiples au niveau d'une végétation relativement fragile et de nature variable d'un village à l'autre : régression spatiale très importante des jachères, parcours et zones de brousse; des ressources végétales de moins en moins diversifiées; éradication des ligneux;...

Pour mieux comprendre l'état actuel des ressources végétales et ses perspectives d'évolution, nous essayerons, au chapitre suivant, de reconstituer l'histoire récente de ces terroirs et les rapports sociaux qui se tissent autour des ressources naturelles. La recherche de modalités d'une gestion écologique optimale de cet espace rural et de ses ressources, dans une perspective à long terme, exige cette analyse des rapports sociaux qui structurent la gestion actuelle.

3 - Des ressources naturelles de l'espace rural objet de rapports sociaux complexes

3.1 - L'appropriation de l'espace à la fondation des villages

Une partie des familles qui composent aujourd'hui la population des villages de Magami et de Serkin Haussa chassaient ou/et cultivaient aux environs de l'emplacement actuel des villages avant leur fondation. L'insécurité de la région, décrite par BARTH en 1850 comme une des moins sûre qu'il ait connu en Afrique, exigeait des déplacements réguliers. Souvent ces populations ont dû chercher un refuge soit au Nord de la vallée du Goulbi N'Kaba dont la palmeraie dense constituait une véritable barrière à la cavalerie ennemie, soit dans les environs de la ville fortifiée de Maradi.

La colonisation, en pacifiant la région et en développant une politique de fixation des populations locales, sera à l'origine de la fondation des villages étudiés. Le nom du village de Magami évoque "que nous nous rassemblons". Des groupes familiaux viennent successivement s'installer autour de ces noyaux initiaux au gré d'évènements divers : famines, réquisition de travail forcé, etc,... Ces apports disparates expliquent, avec les dates de fondation récente, le degré de cohésion sociale réduit des communautés villageoises.

Au début, le territoire villageois n'avait pas de limites précises. Les familles avaient un accès égal aux ressources naturelles de l'espace, mais l'appropriation concrète de l'espace (et de ses ressources) était un reflet des inégalités sociales. Les inégalités entre hommes et femmes et entre classes d'âge déterminaient une appropriation différenciée en fonction des capacités physiques et intellectuelles des membres de chaque famille ou maison (*gida*).

Au début de cette période (1910 à 1950) un ensemble de règles abstraites déterminaient de façon précise et satisfaisante l'accès et le contrôle d'une partie du territoire par une famille. Ainsi, par exemple, un champ abandonné depuis plusieurs années, sur lequel on pouvait trouver des ligneux dont l'épaisseur des troncs dépassait celle d'un bras d'homme, pouvait être cultivé par un nouvel agriculteur.

Les terres cultivées par une maison étaient sous la tutelle du chef de maison (mai gida) et leur transmission par héritage consistait, en général, à un transfert de cette tutelle. L'ensemble de la maison ou de la famille partageait un même héritage (gado) qui comprenait cette portion de territoire relativement aménagée et, surtout, un nom commun, des devises communes (take), des protections divines, des alliances, des coutumes de mariage... propres à chaque lignage ou "clan" (dangui).

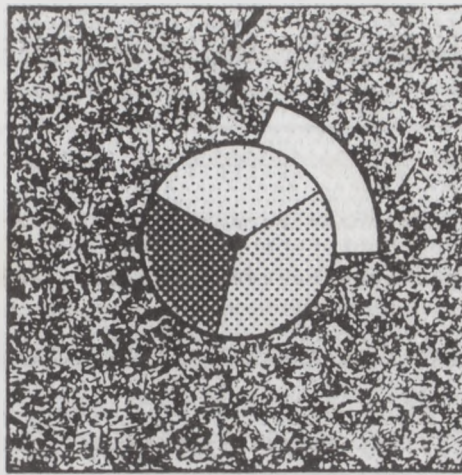
Un individu "héritait" en fonction de son appartenance à un (dangui), d'un ensemble de moyens matériels et imaginaires pour produire et se reproduire. La mise en valeur de l'espace exigeait des accords avec une instance divine, assurés par un représentant du groupe social le magagi (l'héritier). Partager un héritage comprenait des prescriptions et des proscriptions multiples dans les rapports sociaux et avec les ressources naturelles. Exemples: sacrifices pour l'ouverture de brousse avant les semis, plantation rituelle de plants de Commiphora africana au moment du défrichement... Le non-respect de ces prescriptions et proscriptions donnait lieu à des répressions divines (rarement humaines). Par exemple, quelqu'un qui volait du mil dans un grenier protégé par les divinités uwag et kure mourait le ventre enflé (RAYNAUT (C.), 1972).

3.2 - L'apparition d'un terroir villageois

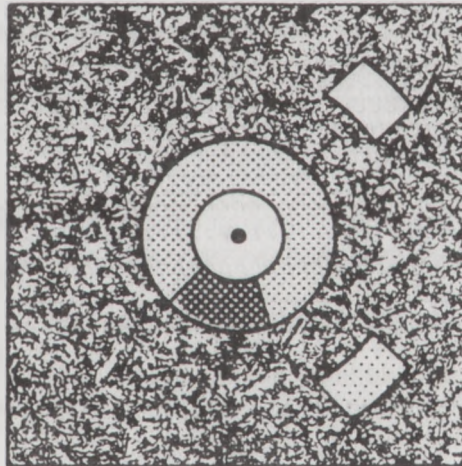
A la croissance démographique, à laquelle il faut ajouter le besoin de cultiver de l'arachide pour pouvoir payer l'impôt, les haoussas ont répondu par une extension des cultures.

Cette capacité de conquête de l'espace, chantée et rapportée par la tradition orale, va se traduire par une progression centrifuge des champs par rapport au village.

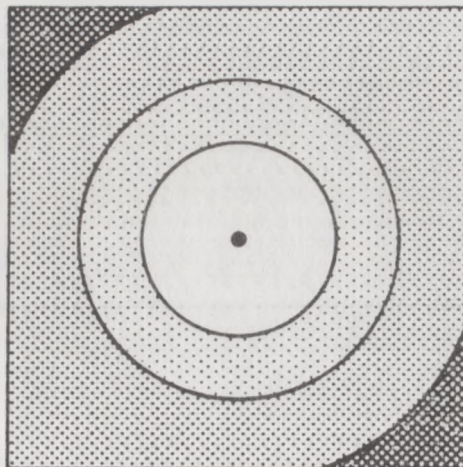
Cette progression se fera d'abord sur les terres favorables à la mise en culture (sols ferrugineux tropicaux non hydromorphes). Elle tendra à mettre en cause l'organisation traditionnelle de terroirs, c'est à dire une tâche centrale (karkara) supportant des cultures continues grâce à une fumure organique importante, entourée par une zone de champs et de jachères non fumés (maiso) (Fig. N° 25). On finira par cultiver des sols compacts malgré le faible rendement des cultures dans ces conditions (partie Ouest du terroir de S. Haoussa et parties Est-Ouest du terroir de Magami).



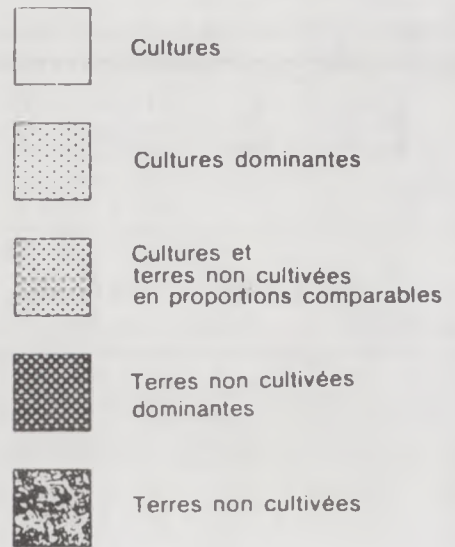
A : Zone Gourjae 1957



B : Zone S. Haoussa 1957



C : Toutes ces zones 1975



En plus de l'obstacle relatif à la progression des cultures que constituaient les sols compacts (sols ferrugineux tropicaux hydromorphes), l'existence d'autres villages voisins revendiquant le même espace, limitera l'expansion des terroirs.

Aujourd'hui, à l'exception de Dan Koulou, on assiste à la fin de cette progression centrifuge des surfaces cultivées. Dorénavant, cette progression ne pourra plus se faire qu'au sein d'un terroir parfaitement délimité par rapport aux villages voisins.

La situation des villages étudiés n'apparaît pas comme le résultat d'un déterminisme écologique, mais d'une réponse sociale à des déterminations écologiques et socio-économiques par les systèmes techniques disponibles.

Cette réponse sociale explique la forme actuelle des terroirs villageois et donne un sens à leur structure spatiale (figure N° 26).

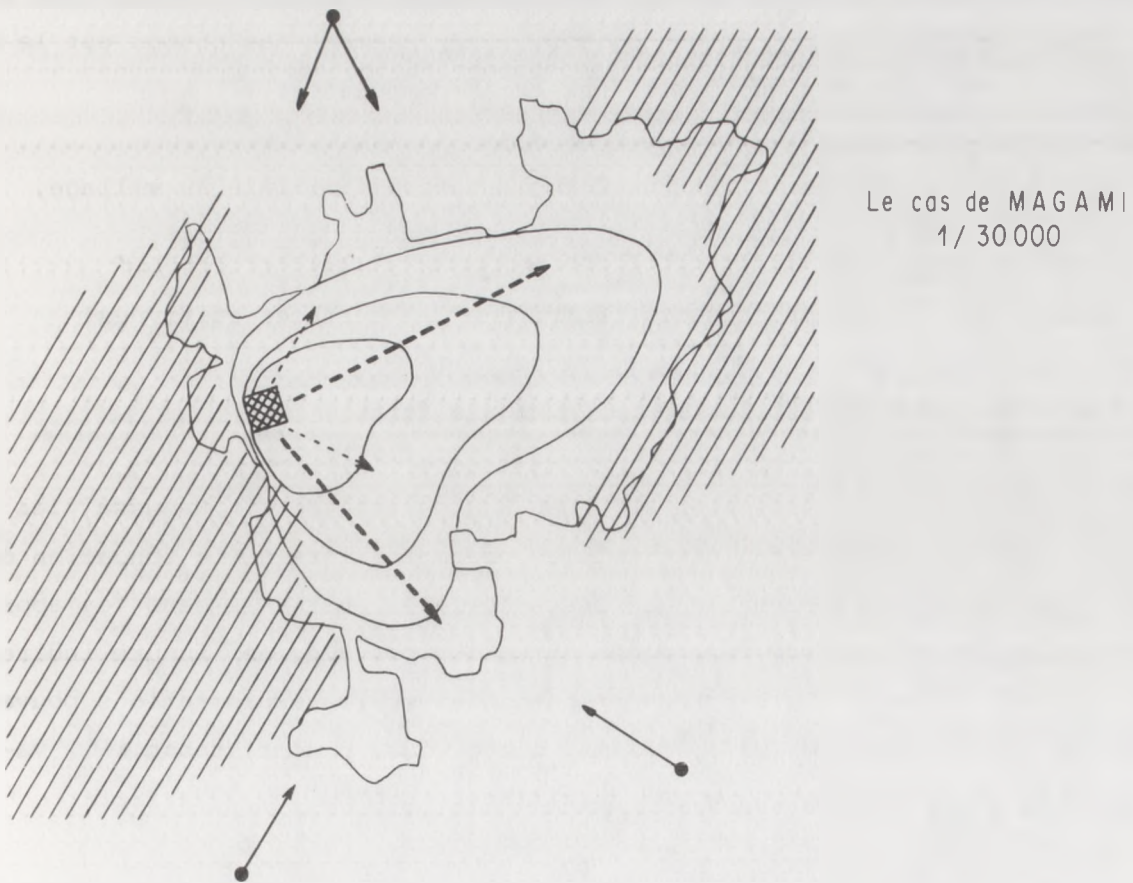
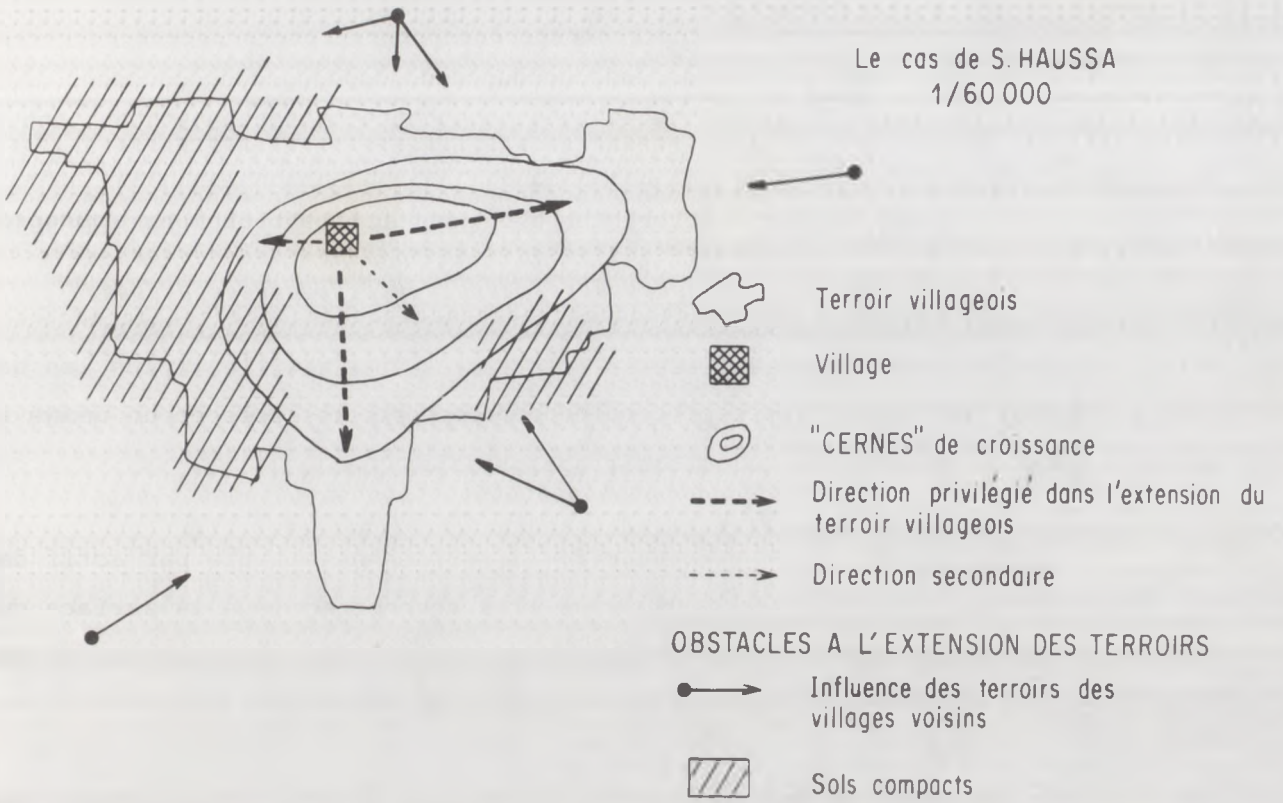


Fig.26 Vue schématique de l'évolution des terroirs par rapport aux contraintes du milieu (physique et humain)

3.3 - L'appropriation des ressources au sein d'un terroir

Du point de vue foncier, les terroirs sont entièrement appropriés comme le montrent les cartes N° 26 et N° 27 .

L'évolution inégale de la démographie des familles (plus les hasards) dans un territoire limité détermine aujourd'hui un accès et un usage inégal de l'espace, aussi bien quantitatif que qualitatif.

Du point de vue quantitatif, la surface disponible par actif dans les exploitations étudiées tend à diminuer et à devenir égale à la surface cultivée par actif, suite aux partages et à l'impossibilité de conquérir des terres nouvelles (figure N° 27).

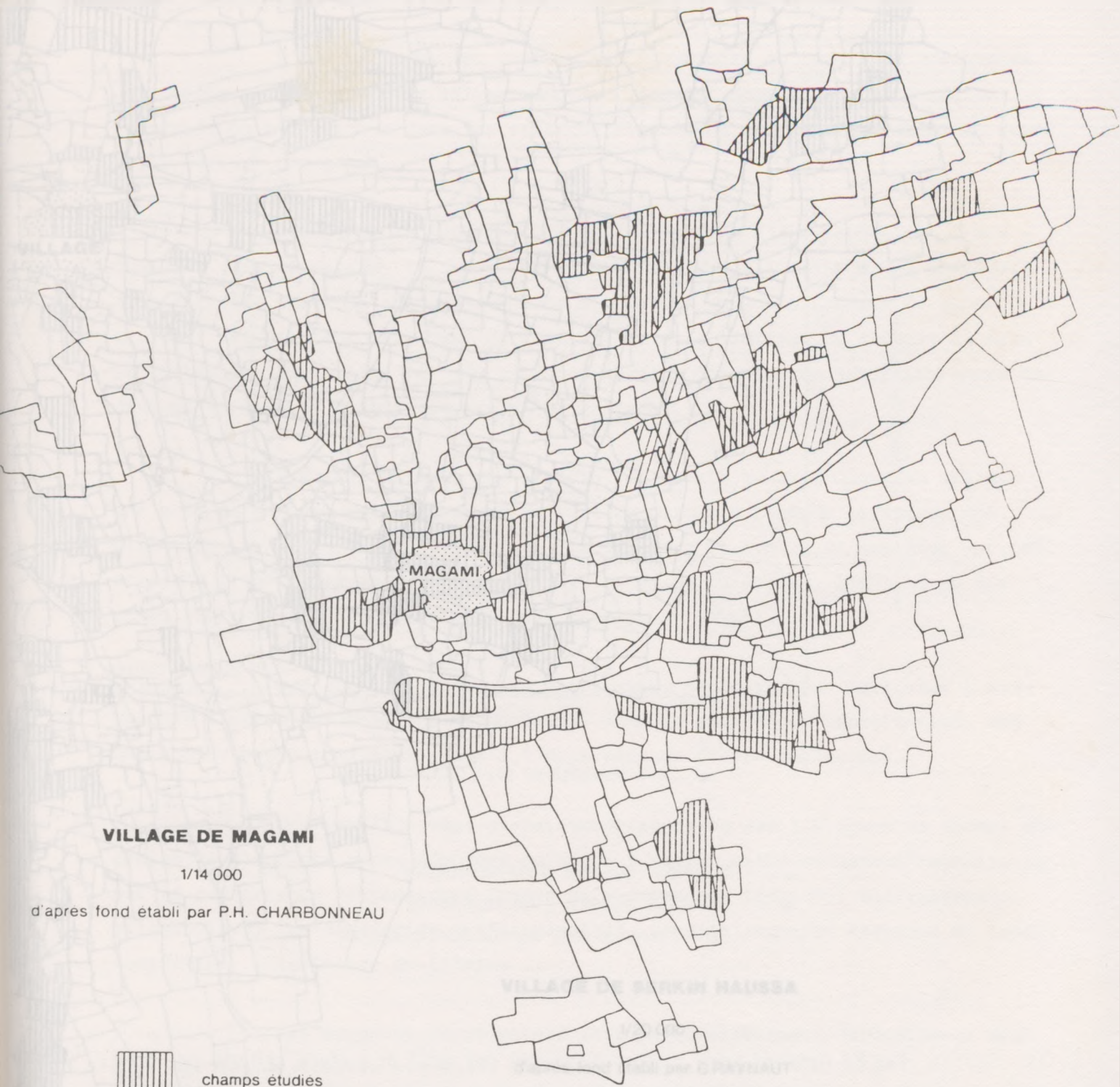
Du point de vue qualitatif, il faut considérer l'emplacement des champs d'une exploitation par rapport aux différentes situations écologiques du terroir. Pour une famille ou pour une maison, l'emplacement des champs est le résultat d'un processus historique dominé par trois composantes :

- 1 - L'ancienneté de l'implantation familiale au village,
- 2 - Sa capacité d'occuper et de contrôler l'espace,
- 3 - La progression centrifuge des surfaces cultivées.

Ceci peut être illustré par quelques faits :

- A Magami, aussi bien qu'à Dan Koulou et à Serkin Haoussa, les chefs de village appartiennent à des familles présentes lors de la fondation des villages. Tous possèdent l'essentiel de leurs surfaces cultivées dans les abords du village. Ils bénéficient de fait d'une situation privilégiée (fumure indirecte, éloignement minimal). Ils se trouvent parmi les seules exploitations pouvant pratiquer un petit jardinage (maïs, sésame, gombo, dah, piment, tabac,...) variable suivant la situation écologique du village.

- A l'opposé, d'autres exploitations, appartenant à des familles tardivement venues aux villages ou résultantes d'un partage poussé d'anciennes maisons, se retrouvent aujourd'hui avec des champs situés dans un même type de sol (parfois impropre à l'agriculture) et/ou rejetées dans la périphérie lointaine du terroir.



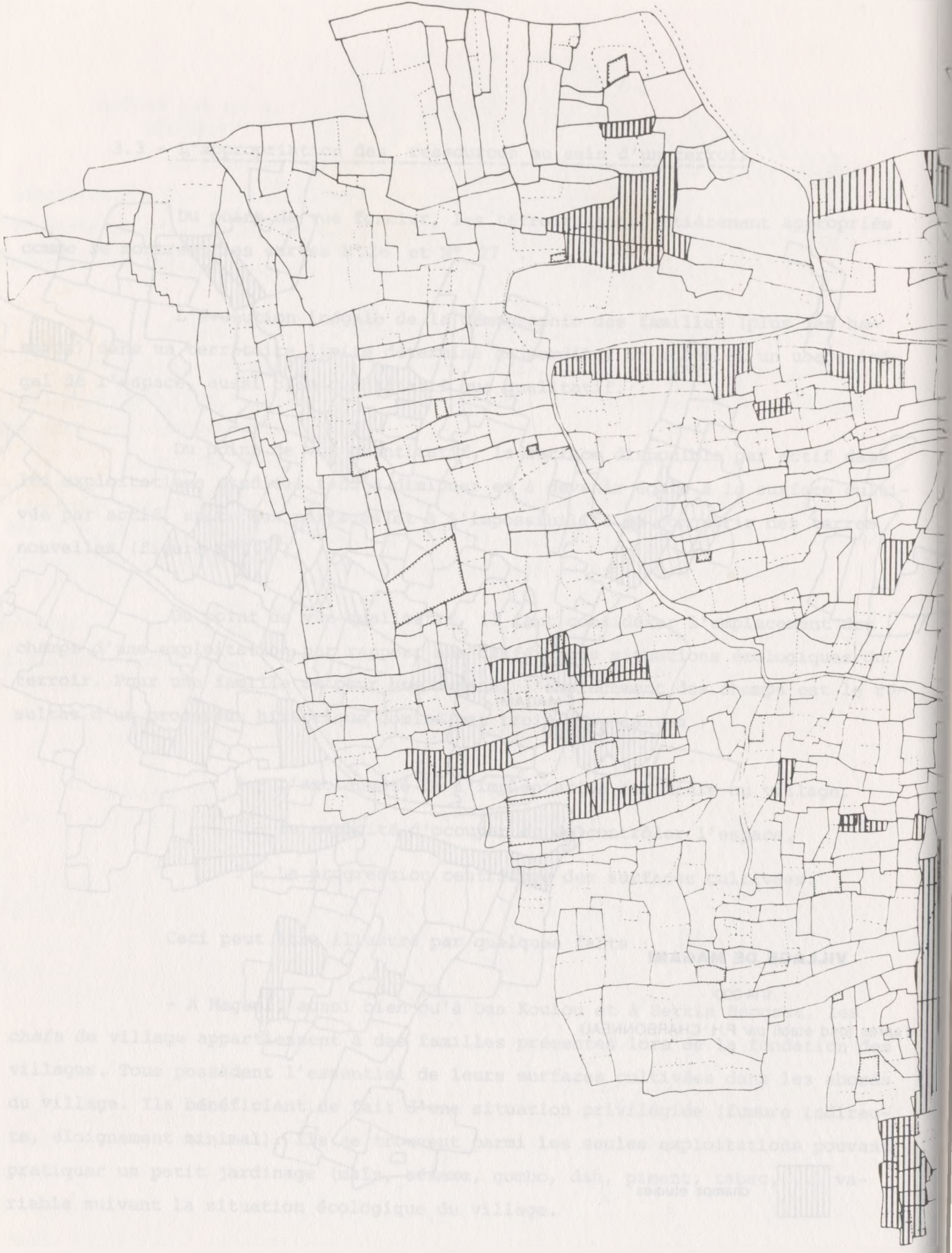
VILLAGE DE MAGAMI

1/14 000

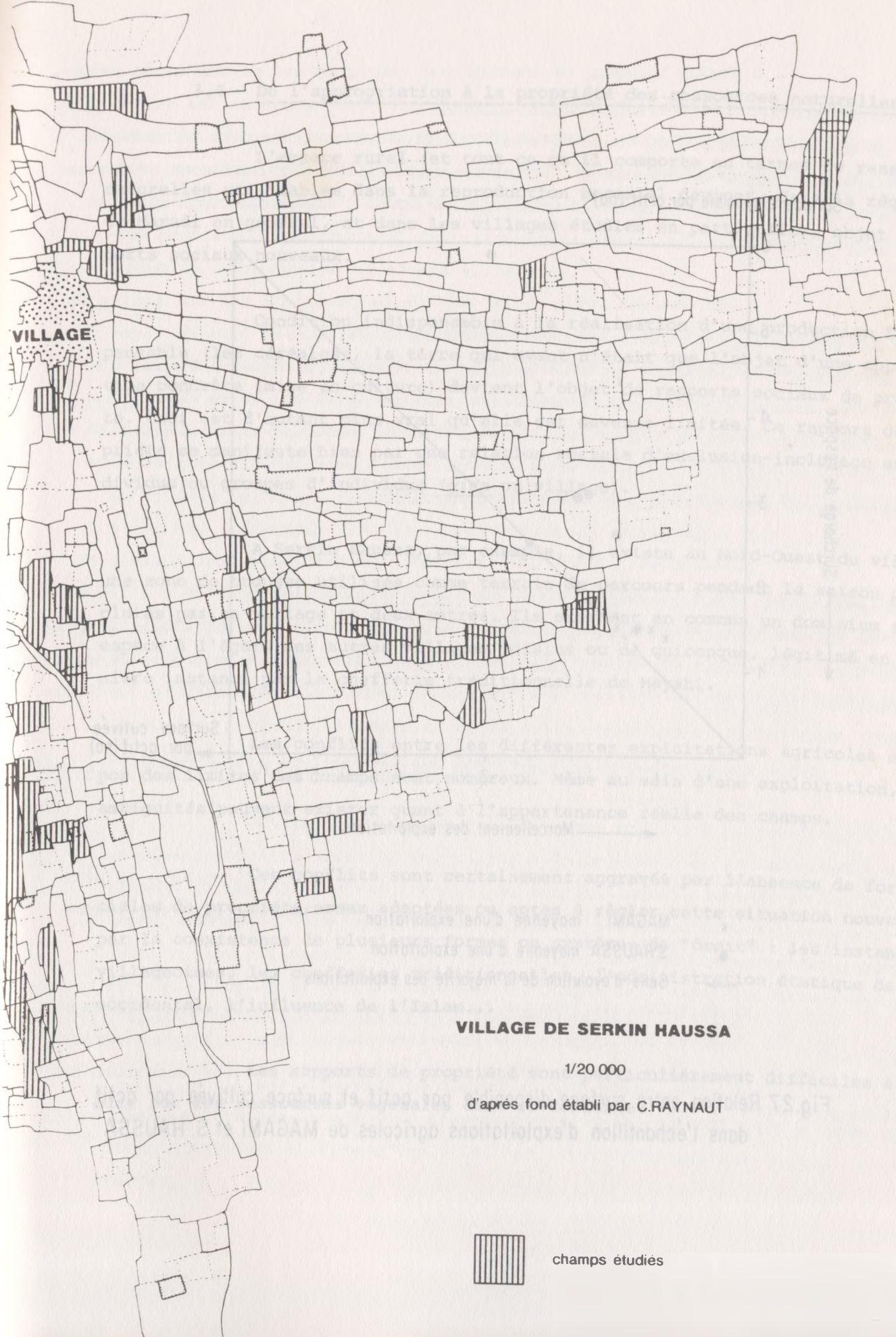
d'après fond établi par P.H. CHARBONNEAU



champs étudiés



carte n° 27



VILLAGE

VILLAGE DE SERKIN HAUSSA

1/20 000

d'après fond établi par C.RAYNAUT



champs étudiés

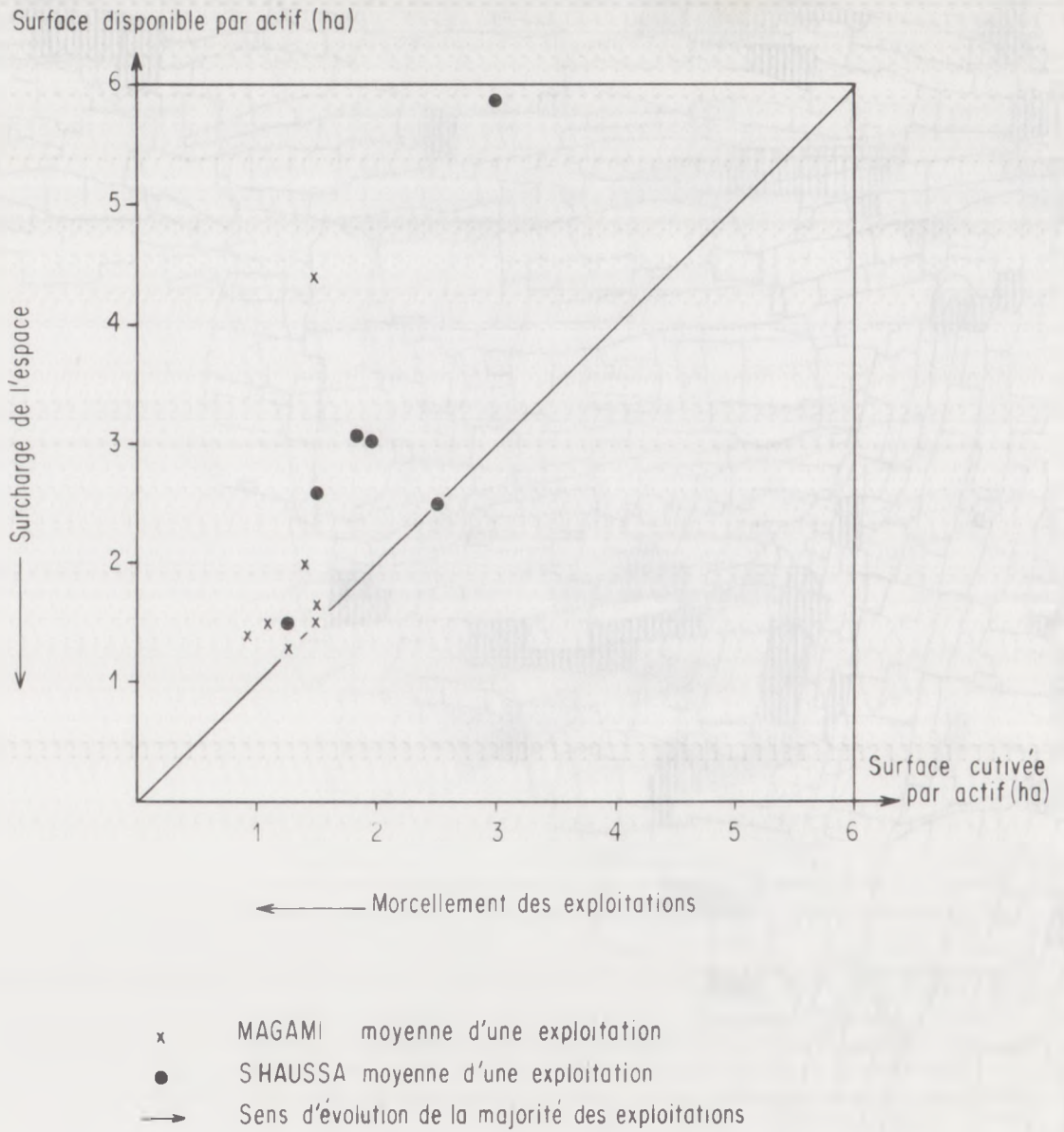


Fig 27 Relation entre surface disponible par actif et surface cultivée par actif dans l'échantillon d'exploitations agricoles de MAGAMI et S. HAUSSA

3.4 - De l'appropriation à la propriété des ressources naturelles

L'espace rural (et tout ce qu'il comporte en termes de ressources naturelles utilisables dans la reproduction sociale) devient, dans la région de Maradi en général, et dans les villages étudiés en particulier, objet de rapports sociaux nouveaux.

Condition indispensable à la réalisation d'une production indispensable (les céréales), la terre qui avant n'était que l'objet d'une appropriation concrète (mise en culture) devient l'objet de rapports sociaux de propriété. Ceci est d'autant plus vrai qu'elle est devenue limitée. Ce rapport de propriété se manifeste bien par une relation sociale d'exclusion-inclusion entre individus ou groupes d'individus (gida ou village).

A Serkin Haussa, par exemple, il existe au Nord-Ouest du village une zone de brousse utilisée comme terrain de parcours pendant la saison des pluies par ce village et deux autres. Ils exercent en commun un dominium sur cet espace à l'égard des autres villages voisins ou de quiconque, légitimé en dernière instance par la chefferie traditionnelle de Mayahi.

Les conflits entre les différentes exploitations agricoles a propos des limites des champs sont nombreux. Même au sein d'une exploitation, des ambiguïtés peuvent exister quant à l'appartenance réelle des champs.

Ces conflits sont certainement aggravés par l'absence de formes sociales de propriété assez adaptées ou aptes à régler cette situation nouvelle ou par la coexistence de plusieurs formes ou systèmes de "droit" : les instances villageoises, les chefferies traditionnelles, l'administration étatique de type occidental, l'influence de l'Islam...

Les rapports de propriété sont particulièrement difficiles à établir sur les ressources végétales dans ce contexte.

A Serkin Haoussa, la construction des greniers et des cases exige l'utilisation des tiges d'Andropogon gayanus. Avec l'extension des cultures et la dégradation des parcours, cette espèce a pratiquement disparue. Toutefois, les paysans ont favorisé son développement sur les limites des champs. Chaque année, alternativement, un propriétaire a le droit d'exploiter cette haie de graminées vivaces.

A Dan Koulou, cette forme sociale de propriété sur une partie de la végétation n'existe pas. Les familles manquent de plus en plus de tiges de graminées pour construire et entretenir leurs cases et greniers. D'après les paysans, ils ne plantent pas de graminées vivaces (en l'occurrence Cymbopogon schoenanthus) car elles seraient "volées" par des "inconnus". L'impossibilité de contrôler l'usage de cette ressource, extensible à beaucoup d'autres espèces (surtout les ligneux bas), entraîne sa disparition.

Ainsi, nous pensons que la végétation naturelle continuera à se dégrader étant donné l'inexistence d'une forme sociale de propriété à l'intérieur de laquelle, et par laquelle, les différents groupes ou individus accepteraient de légitimer, de façon stable et efficace, l'accès, le contrôle, l'usage, le transfert et la transmission des ressources naturelles (GODELIER (M.), 1978).

3.5 - Perspectives d'évolution des formes sociales de propriété : le cas de la terre

La terre, physiquement limitée et physiquement limitable au sein d'un village, semble destinée à prendre une place déterminante dans le système agricole en tant qu'enjeu social.

Si la terre est l'objet de rapports sociaux elle n'est pas leur finalité. La finalité des rapports de propriété semble être, à l'heure actuelle, d'assurer uniquement que les fruits du travail exercé sur une extension de terre reviennent à son propriétaire.

Ceci marque un changement fondamental au niveau des structures sociales. Les comportements individuels émergent en contradiction et en opposition avec les traditions communautaires de gestion de l'espace (mai gida = tutelle des ressources). Cette multiplicité de "logiques individuelles" aggrave les problèmes d'aménagement des ressources, impossible à envisager sans un minimum de concertation au niveau villageois.

L'utilisation par certaines exploitations agricoles d'une main d'oeuvre salariée disponible au village ou à ses environs est croissante, à l'instar de ce qui se passe dans les centres urbains plus importants. L'importance du salariat varie suivant les villages et suivant les exploitations (figures N° 28 et N° 29) et, dans certains cas, il est devenu un élément de base du système technique de production, d'autant plus intéressant dans les cas où l'eau est un facteur limitant (sarclo-binage) (DE MIRANDA (E.), 1979).

L'engagement de main d'oeuvre salariée, ainsi que l'échange ou l'achat des terres, se fait dans le cadre de relations individuelles. L'univers symbolique qui organisait et rendait possible le travail agricole autrefois a pratiquement disparu (les sacrifices d'héritage - tsafingado par exemple). La monnaie véhicule l'ensemble des rapports matériels et symboliques liés à la production et à la consommation (RAYNAUT (C.), 1972).

Cette évolution montre et laisse envisager la possibilité de voir se développer l'utilisation des rapports de propriété de la terre comme un instrument de captation d'une fraction du travail social. Surtout si les exploitations "montantes" sont capables de se donner des structures techniques de production plus efficaces. Ce sont ces exploitations qui cherchent des systèmes de production et de culture capables de tamponner l'aléatoire climatique et d'assurer un niveau de production soutenu, durable et élevé.

Les modalités de diffusion du progrès technique (surtout en ce qui concerne l'intensification de l'agriculture) semblent destinées à jouer un rôle déterminant dans le type d'évolution des structures agraires locales (et vice versa).

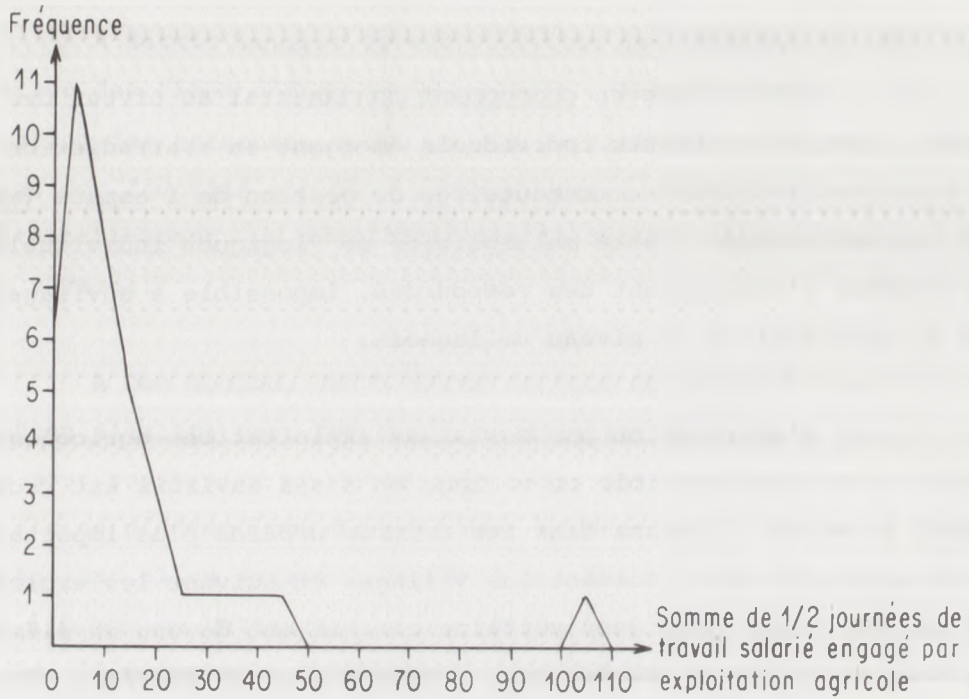


Fig.28 Importance de l'utilisation du salariat agricole dans les exploitations étudiées (tous villages confondus)

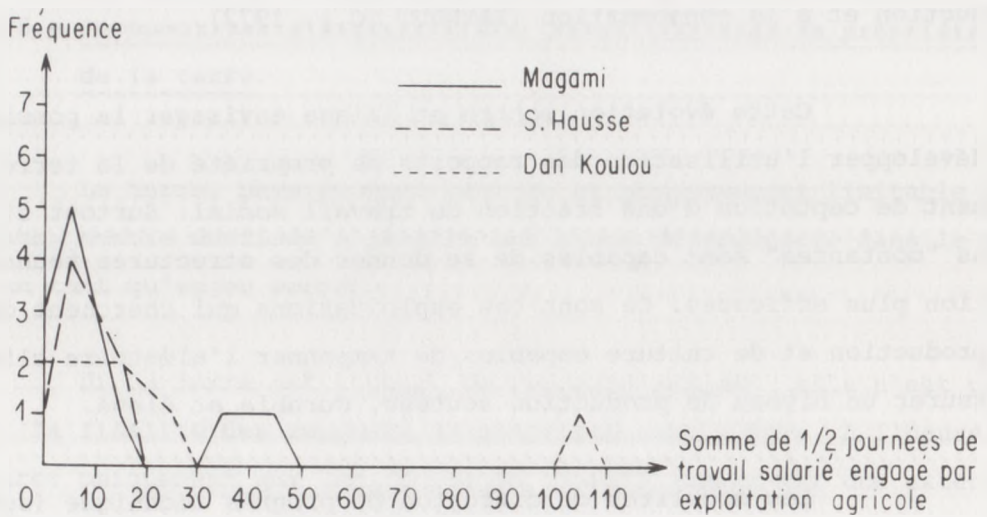


Fig.29 Importance de l'utilisation du salariat agricole dans les exploitations étudiées (par village)

IV - EQUILIBRE ECOLOGIQUE OU EQUILIBRE VIVRIER ?

A grande échelle, la végétation de ces territoires villageois s'inscrit dans le découpage écologique, proposé dans la première partie de ce travail. Bien que le but de cette deuxième partie ne soit pas de tester la pertinence de la qualification écologique proposée, cette étude de la végétation (naturelle et cultivée) a mis en évidence des différences inter-villageoises, liées, sans aucun doute, à la situation écologique de chaque village (espèces dominantes dans les pâturages, types de formations végétales, espèces cultivées, ...).

Cette étude montre aussi que les ressources végétales sont limitées et que l'on assiste, au sein des terroirs villageois, à une opposition certaine entre les cultures et la végétation spontanée.

Les premières ont pris une telle extension, qu'il devient impossible aux agriculteurs d'assurer des restitutions organo-minérales sur l'ensemble des terres cultivées. Les cartes d'occupation des terres montraient une mince auréole de champs fumés, autour des villages, au milieu de grandes surfaces cultivées sans jachère. Dans ces conditions, les rendements restent très limités et tendent à diminuer.

Les secondes sont soumises à une surexploitation généralisée et permanente (coupe de bois, pâturage, cueillette de fibres, fruits, feuilles, ...), qui met en cause les possibilités de reproduction durables. L'éradication des ligneux, la concentration trop importante de troupeaux dans des faibles surfaces, etc.,... entraînent des changements floristiques remarquables au niveau des espèces dominantes, accompagnés de signes visibles de la dégradation du tapis végétal (déchaussement des graminées pérennes, broutage excessif des ligneux bas, ...) prodromes d'une disparition presque totale de la végétation (cas actuel des couloirs de passage et des abords des points d'abreuvement).

Les seules préoccupations des agriculteurs semblent être celles d'une production immédiate. Le long terme, la protection des milieux, la préservation du capital végétal disponible, etc.,... ne semble pas les inquiéter pour l'instant... est-ce possible ? L'équilibre vivrier se poserait-il d'une façon si antagoniste face à l'équilibre écologique ?

Si l'étude des systèmes écologiques a mis en évidence toute une gamme de situations distinctes au sein de l'aire étudiée et au sein des villages, l'étude des systèmes sociaux va dans le même sens. Ainsi, si l'équilibre écologique et vivrier inquiètent certaines exploitations agricoles, ce n'est pas le cas d'autres unités de production. Notre étude a montré, schématiquement, l'approbation des ressources au sein des terroirs et la tendance de la plupart des exploitations agricoles au morcellement.

Actuellement les grands enjeux, pour s'assurer un équilibre vivrier convenable, s'articulent autour de l'appropriation de la terre et de la possibilité d'engager de la main d'oeuvre salariée. Nous pensons que c'est autour de ces deux points que va se polariser l'évolution des rapports sociaux dans les villages, à court et à moyen termes.

Dans ce contexte, l'équilibre écologique semble impossible dans l'immédiat et la tendance serait à la péjoration, surtout en ce qui concerne la végétation naturelle. La perte d'espèces ligneuses et herbacées continuera certainement à se développer. Les graminées pérennes (Andropogon gayanus, Cymbopogon schoeneanthus,...) seront de moins en moins importantes. La plantation de ligneux et même la protection de certains (Acacia albida, Balanites aegyptiaca,...) semble difficile, dans l'impossibilité actuelle de garantir, par une forme sociale, la propriété de cette ressource.

Dans cette perspective, à long terme, l'équilibre vivrier est aussi menacé (érosivité accrue des terres, diminution de la fumure organique,...), c'est une vérité d'évidence.

Les propositions techniques mises à la disposition des agriculteurs, du fait des disparités sociales existantes au sein des villages, ne seront adoptées que par une partie des intéressés (problème des coûts et de la faible capacité d'investissement des exploitations).

Une nouvelle stratégie d'intensification de la production agricole devrait obligatoirement s'intéresser aux problèmes de régénération, amé-

lioration et gestion des zones non cultivées (point absent des projets actuels de développement rural). Elle devrait aussi faire des thèmes techniques (fumure minérale, variétés sélectionnées, traitements phytosanitaires, etc...) non un objectif mais des moyens pour atteindre des objectifs tels que l'équilibre vivrier, pour une grande partie des familles paysannes, et l'équilibre écologique, pour la plupart des unités de l'espace rural.

L'élaboration de modalités d'une gestion écologique optimale de l'espace rural et de ses ressources, dans une perspective à long terme, passe par la connaissance des pratiques actuelles, que les projets de développement semblent rejeter en bloc, sans connaissance préalable.

Les couloirs de bétail, les zones de pâturage communes à plusieurs villages, les lignes de graminées pérennes dans les limites des champs, montrent des initiatives collectives de gestion de l'espace, qu'il faudrait appuyer, en complément des actions au niveau des exploitations agricoles et des individus... D'autres initiatives individuelles et collectives sont en train d'émerger au niveau local mais, trop lentement, face aux processus de dégradation.

A ce grave constat certains planificateurs affirment que la végétation est une ressource renouvelable. Les écologistes et les agriculteurs savent que ceci est très relatif, surtout en milieu tropical semi-aride où la perte de patrimoines génétiques (disparition de semenciers) ou la destruction du couvert végétal sont suivies de changements pédologiques quasi irréversibles...

Le temps n'est plus à la procrastination, mais pourtant...

- CONCLUSION -

*" Os discursos dos que não viram são discursos.
Os discursos dos que viram, profecias."*

Padre A. Vieira

(Sermões)

CONCLUSION

Ce travail montre que, depuis le début du XIX^{ème} siècle, la région de Maradi connaît des transformations socio-économiques importantes. Dans les cinquante dernières années, une conjonction de facteurs nouveaux (croissance démographique accélérée, pression monétaire des villes sur les campagnes, diversification des sources de revenu, stabilisation et concentration de l'habitat, affaiblissement des conceptions religieuses,...) a conduit à une désorganisation des structures traditionnelles de production et à une surexploitation des ressources naturelles de l'espace rural. Les déséquilibres écologiques et agricoles qui en résultent, se manifestent par de nombreux phénomènes : insécurité alimentaire, exode rural, faible capacité de production agricole, raréfaction des ressources végétales, développement de la morphogénèse, etc...

Dans l'aire étudiée, la nature et l'intensité de ces phénomènes reste assez variable en fonction des systèmes écologiques. Ce travail a mis en évidence certains aspects de la complexité de ces derniers: variabilité spatiotemporelle des précipitations, dynamique des milieux physiques, hétérogénéité des formes de végétation,... Par le biais de quelques concepts, comme les unités morphopédogénétiques ou les groupes d'espèces indicatrices, nous avons tenté de fournir quelques éléments de la structure même de cette complexité. Avec d'autres éléments, moins synthétiques, ils ont permis une première qualification de l'espace rural, dont une schématisation ultime a été donnée par le découpage de l'aire étudiée en entités écologiques majeures. Les limites proposées n'ont, en aucun cas, un caractère définitif ou immuable. Elles doivent être comprises comme le résultat d'un essai de synthèse écologique à partir des connaissances disponibles actuellement.

L'étude de trois villages Haoussas, avec la première partie de ce travail, confirme définitivement la grande hétérogénéité des systèmes écologiques de l'aire étudiée et infirme les visions simplificatrices ou réductionnistes sur cet espace rural. Elle a montré la grande diversité des paysages végétaux et la variabilité inter et intra villageoise quant à la nature et à l'état de la végétation cultivée ou spontanée (cartographie de l'occupation des terres), dont les usages multiples et diversifiés, actuels et potentiels, restent peu connus (étude des exploitations agricoles).

A la fin de cette dernière partie de notre étude, estimant qu'il était aussi important, pour le devenir à long terme de ces systèmes écologiques, de jauger les précipitations que les convoitises, nous avons essayé d'aborder les problèmes des rapports sociaux existant dans ces villages. Terrain vaste et difficile où, sans vouloir nous substituer aux spécialistes, notre intention se limitait à appréhender la végétation en tant qu'objet de rapports sociaux. Là aussi, une complexité -insoupçonnée- a émergé .

D'abord au niveau des limites et des formes des terroirs, qui illustrent comment l'espace rural est vécu en tant que rapport entre sociétés. Puis, au niveau du partage foncier des terroirs villageois, qui illustrent comment et combien l'espace rural est l'objet d'un rapport entre groupes d'individus (les exploitations agricoles). Les ressources naturelles limitées et limitables, comme la terre, font l'objet de formes sociales de propriétés nouvelles. L'augmentation des disparités et de la concurrence entre les exploitations agricoles tend à accélérer la surexploitation des ressources végétales et à créer de nouvelles formes d'utilisation de la main d'oeuvre agricole (salarariat). Ces éléments sont autant de réponses que de questions...

Devant cette situation, la conclusion de ce travail peut être l'occasion d'une réflexion rapide sur trois stratégies possibles.

La première serait celle d'une absence d'intervention des organismes et des instances du développement rural. Dans ce cas, hypothétique, il est probable que les déséquilibres écologiques et agricoles s'accentueraient en fonction, surtout, de l'évolution des rapports villes/campagnes. Mais laissons cette hypothèse car les interventions existent et tendent à toucher des régions de plus en plus importantes. Cette "deuxième" stratégie se caractérise, comme nous l'avons souligné au début de ce travail, par la proposition d'un certain nombre de thèmes techniques à l'ensemble du monde rural. Ces interventions, du type passe-partout, risquent de se heurter à la complexité des situations existantes dans l'espace rural et au sein des populations paysannes. Très sélectives, elles

se traduisent et se traduiront par un accès inégalitaire des agriculteurs aux techniques proposées. Ceci tendra à accroître les disparités et la compétition entre les exploitations agricoles. Actuellement, elles n'intègrent pas la régénération des ressources végétales naturelles (jachères, parcours,...) et se limitent à une recherche d'intensification de la production agricole au sens strict (fumure minérale, semences sélectionnées, traitements phytosanitaires,...). Sous leur forme actuelle, ces interventions tendraient à aggraver les déséquilibres écologiques à court terme.

Si les thèmes techniques sont indispensables, ils ne doivent pas être l'objectif même d'un projet de développement rural. Ils ne peuvent être qu'une partie des moyens. Dans la définition de ces objectifs, une connaissance préalable minimale des systèmes écologiques et sociaux nous semble indispensable. Dans ce sens, les résultats de notre travail indiquent que dans la région de Maradi, l'objectif principal à rechercher serait celui d'un rééquilibrage durable des systèmes écologiques et agricoles. Les solutions ponctuelles, applicables au seul niveau des individus ou des exploitations agricoles, seraient insuffisantes face à la dimension et à la complexité de la problématique actuelle.

Nous pensons que, dans la recherche d'un équilibre vivrier en harmonie avec l'équilibre écologique, une attention particulière devrait être portée à l'étude des mécanismes d'accumulation marchande des facteurs de production au sein des villages, ainsi qu'à ceux de l'exode vers les villes (temporaire ou permanent).

Au niveau des propositions, c'est plutôt à plusieurs "paquets technologiques", modulés suivant les régions et les secteurs écologiques, accessibles à la majorité des producteurs, qu'il faudrait penser. Ils ne devraient pas comporter des techniques susceptibles d'accroître les surfaces cultivées, mais inclure une amélioration de la gestion des ligneux dans les terres de culture et de l'ensemble des ressources végétales naturelles. Ces ressources ont des fonctions de protection et de production très importantes et ne peuvent en aucun cas être négligées.

Pour mieux intégrer ces propositions dans une perspective d'évolution à moyen terme du système social de production, il faudrait envisager la mise en place d'un dispositif de recherche appliquée reposant sur la participation des agriculteurs. Il permettrait, en plus du suivi et de l'évaluation des opérations

réalisées, la confrontation, sur le terrain, entre le savoir scientifique et l'expérience paysanne.

Si, en définitive, nous envisageons ce travail comme un itinéraire qui irait de percept au concept, ne pourrions-nous pas, alors, nous interroger sur le pouvoir de persuasion qu'aurait cette conceptualisation auprès de certains responsables du développement rural ? "Voilà pourquoi si on racontait à quelqu'un des choses dont il n'aurait jamais entendu parler, et dont il n'aurait jamais vu la ressemblance, il n'en aurait pas plus d'idées que si on ne lui avait jamais rien dit" (St. Jean de la Croix - M. du C., L. II). *Ab objecto et potentia paritur notitia.*

- BIBLIOGRAPHIE -

BIBLIOGRAPHIE

- ALIMEN H., 1973 - Le Quaternaire in *Géologie*, pp. 725-737. Encyclopédie de la Pléiade Ed. Gallimard.
- ARAMBOURG C et al., 1951 - Découverte du genre *Moeritherium* Andrews dans le Tertiaire continental du Soudan. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, 233, p. 68-70.
- ARNETT E.J., 1925 - *The Rise of the Sokoto. Fulani, Kano, 1925.* Manuscrit du Sultan Mohammed Bello. Fulani, Printing Department.
- AUBREVILLE A., 1936 - Les forêts de la colonie du Niger, *Bull. du Comité d'Etudes Historiques et Scientifiques de l'AOF*, janv.-mars 1936, Tme XIX, n° 1, pp. 1-95.
- AUBREVILLE A., 1949 - *Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale*, Paris, Société d'éditions géographiques maritimes et coloniales, 351 p.
- AUBREVILLE A., 1950 - Flore forestière Soudano-Guineenne in *Soc. d'Ed. Geog. Maritimes et Col. Paris* 523 p.
- AUBREVILLE A., 1973 - Rapport de la mission forestière Nigéria-Niger (décembre 1936 - février 1937) par MM. Patterson, Collier, Brynmor Jones, Dundas, Mathey, Aubreville, Bachelier, in *Bois et Forêts des Tropiques* n° 148, mars-avril 1973. 3-26.
- BACHACOU J., 1973 - L'effet Guttman dans l'analyse de données phytosociologiques I.N.R.A., doc. 73/5, 30 p.
- BACHACOU J., 1974 - Analyse de données non linéaires à 2 gradients I.N.R.A., doc. 74/1, 10 p.
- BARBER W., 1957 - Lower Turonian Ammonites from North. Eastern Nigeria. *Geol. Surv. Nigeria, Bull.*, n° 26.
- BARTH H., 1965 - *Voyages et découvertes de l'Afrique septentrionale et centrale de 1849 à 1859.* London Frankcass & Cie. Ltd.
- BASSE E., 1953 - Description d'une nouvelle espèce d'Ammonites tunisiennes appartenant au genre *Néolobites* 1882 *N. medinensis* nov. sp. et considérations sur ce genre. *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie* 6, 197 p.
- BENZECRI J.P., 1973 - L'analyse des données Tome 2. L'analyse des correspondances.
- BERHAULT J., 1967 - *La flore du Sénégal*, 2ème Edition, 485 p.

- BERNARD E.A., 1962 - Interprétation astronomique des pluviaux et inter-pluviaux du quaternaire africain. Actes IV^o Congr. Panfr. Préhist. Et. Quater. 1959. Léopoldville, 67-95.
- BERNARD E., 1962 - Le caractère tropical des paléoclimats à cycles conjoints de 11 et 21 000 ans et ses causes : migrations des pôles ou dérive des continents Mem. in-8^o Acad. Roy. Sc. Outre mer (Bruxelles), Cl. Sc. Nat. et Medic. n.s.t. 13, Fasc. 6,60 p., 1 fig., 3 Tabl., 43 Réf. Biblio., Résumé Angl., Franç., Neerl.
- BEUCHER F., 1971 - Etude Palynologique des formations néogènes et quaternaires au Sahara Nord-occidental. Thèse Paris, I-II, 796 p. multigr.
- BILLE J.C., 1977 - Etude de la production primaire nette d'un écosystème Sahélien. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M. n^o 65.
- BLANCK J.P., & CLOOTS-HIRSCH A.R., 1977 - Etude écodynamique. Unité écologique expérimentale. Région de Maradi, Université Louis Pasteur/D.G.R.S.T. 66 p.
- BOUDET G., 1972 - Désertification de l'Afrique tropicale sèche, Adansonia Série 2, 12 (4), 1972, pp. 505-524.
- BOUQUET C., 1974 - Le déficit pluviométrique au Tchad et ses principales conséquences, Cahiers d'Outre-mer, n^o 107 juil-sept. 1974, pp. 245-270, cartes, graph. ill.
- BOURLIERE F., 1978 - La savane sahélienne de FETE OLE. Sénégal in : écosystèmes terrestres. Ed. Masson. pp. 187-229.
- BRADLEY P. et al., 1977 - Le guidimaka Mauritanien. Diagnostic et propositions d'action. War ou Want, 156 p.
- BUTZER K.W., 1962 - Les changements climatiques dans les régions arides depuis le Pliocène in : Histoire de l'utilisation des terres dans les régions arides. UNESCO.
- BUTZER K.W. et al., 1972 - Radiocarbon dating of East African Lakes levels. New observations provide fresh insights into late Quaternary pal oclimates, in Science, 175 (40-27), 1069-1076.
- CHAMARD, P.C., 1973 - Essai sur les paléoclimats du Sud-Ouest saharien au quaternaire récent, Actes du Colloque de Nouakchott sur la désertification, déc. 1973. in Intergéo n^o 35.
- CHARMEY J.G., 1975 - Dynamic of desert and drought in the Sahel. Quent. J. Roy. Net. Soc. Vol 101 n^o 428, p. 193-202.
- CHEEMA M.S. & QUADIR S.A., 1973 - Auto ecology of Acacia Senegal (L.) Willd, Vegetatio, 27, 131-162.

- CHEVALLIER A., 1928 - L'assèchement de l'Afrique Occidentale et Centrale : les irrigations et le reboisement, Rev. Bot. appl. Agron. trop., n° 8, 1928, pp. 212-214.
- CHUDEAU R., 1905 - Sur la géologie du Sahara C.R. Acad. Sci. Fr., 141 p.
- CHUDEAU R., 1921 - Les changements de climat du Sahara pendant le quaternaire. C.R. Acad. Sci. Fr., 172, p. 604.
- CLAYTON W.D., 1963 - The vegetation of katsina province, Nigeria in the Journal of ecology, Vol. 51-1963. Oxford.
- COPANS J et al., 1975 - Sècheresses et famines du Sahel, Ed. F. MASPERO Tomes I et II.
- CORDIER B., 1965 - Analyse factorielle des correspondances. Thèse faculté des Sciences de Rennes, 65 p.
- C.T.F.T., 1973 - Contribution à l'étude de la désertification de l'Afrique tropicale sèche, 1973, Nogent-sur-Marne, C.T.F.T., 80 p.
- CUNHA E., 1901 - OS SERTOES - A terra e o homem. Ed. Paulo de AZEVEDO Rio de Janeiro.
- DAGET Ph., 1978 - Cours sur la classification des climats Doc. C.P.U./ UNESCO/CNRS/INRA.
- DAGNELIE P., 1960 - Contribution à l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle. Bull. Serv. Carte Phytogéogr., Série B, 5, 7-71 et 93-195.
- DAGNELIE P., 1965 - L'étude des communautés végétales par l'analyse statistique des liaisons entre les espèces et les variables écologiques Principes fondamentaux. Biométries, 21,2.
- DAUMAS E., 1848 - Grand désert ou itinéraire d'une caravane du Sahara au pays des nègres (royaume Haussa). Paris. Napoléon. Chaix et Cie.
- DAVID Ph., 1964 - Le geste du grand Kaura Assao, in Etudes nigériennes n° 17.
- DAVID Ph., 1964 - MARADI, L'ancien état, l'ancienne ville in Etudes nigériennes n° 18.
- DAVY E.G., 1974 - A survey of meteorological and hydrological data available in six sahelian countries of West Africa. A survey of studies in meteorology and hydrology in the sudano sahelian zone of west Africa. World Meteorological Organisation Geneva, WMO - 379, 1974, 125 pp.
- DELIBRIAS G., & DUTIL P., 1966 - Formations calcaires lacustres du Quaternaire supérieur dans le massif central Saharien (Hoggar) et datations absolues. C.R.A. Sc. Paris, 262, 55-58.

- DELWAULLE M., & DELWAULLE J.C., 1973 - Désertification de l'Afrique au sud du Sahara, In : Contribution à l'étude de la désertification de l'Afrique tropicale sèche, Paris. pp. 51-68, bibl.
- DEMANGEOT J., 1976 - Les espaces naturels tropicaux (essai de géographie physique), Ed. Masson, Paris, 188 p.
- DE MIRANDA E., 1976 - L'Enseignement Moyen Pratique (Sénégal) Doc. IRFED/ESAT, 73 p.
- DE MIRANDA E., 1977a - Le cycle de l'eau et les cultures pluviales en milieu aride (Sahel) Problématique et considération Doc. ESAT/ISARA 170 p., 529 réf. bibl.
- DE MIRANDA E., 1977b - Rapport de mission d'étude agronomique sur les villages témoins. Univ. de Bordeaux II/D.G.R.S.T./I.R.A.M. 38 p.
- DE MIRANDA E., 1978a - Note sur l'état des travaux de recherche à Maradi (Niger). Sous-programme : agronomie, D.G.R.S.T./Univ. de Bordeaux II/I.R.A.M.
- DE MIRANDA E., 1978b - Protocole de recherches Agronomie/Écologie. Opération lutte contre l'aridité tropicale à Maradi (Niger). D.G.R.S.T./I.R.A.M./Univ. de Bordeaux II.
- DE MIRANDA E., 1978c - Une première approche des problèmes écologiques d'une région tropicale semi-aride. Le cas de Maradi au Niger. D.E.A. en Ecologie/U.S.T.L./Académie de Montpellier. 40 p.
- DE MIRANDA E., 1979 - Etude des déséquilibres écologiques et agricoles d'une région tropicale semi-aride au Niger. Univ. Bordeaux II/D.G.R.S.T./A.C.C. Lutte contre l'aridité en milieu tropical. 81 p.
- DE MIRANDA E., & BILLAZ R., 1978 - Apports de l'analyse agronomique à la compréhension des modes de mise en valeur des terrains sahéliens. Aspects méthodologiques. Communication au Colloque C.V.R.S./O.R.S.T.O.M. (Haute Volta). 13 p.
- DE MIRANDA E., & BILLAZ R., 1979 - Méthodologie de la recherche en milieu rural sahélien. Les approches écologiques et agronomiques d'une démarche pluridisciplinaire. L'exemple de Maradi au Niger. Communication au Séminaire UNESCO. Approches intégrées et écologiques du développement rural (TUNISIE).
- DE MIRANDA E., & FOREST F., 1979 - Une analyse de la variabilité de la production du mil en milieu réel (Maradi-Niger) par la simulation des bilans hydriques, 13 p., 3 cartes.
- DORIZE L., 1976 - L'oscillation climatique actuelle au Sahara. Rev. Géogr. et de Géol. Dynam. Vol XVIII, 2-3, pp. 200-217, 1976.
- DUBOIS J., 1967 - Quelques observations utilisables pour la chronologie du quaternaire au Sénégal et en Mauritanie. Congrès Panaf. Préh. et Quat. (Dakar), p. 363-365, 3 fig., 8 photos, 31 réf. biblio.

- DUMONT R., 1978 - Paysans écrasés terres massacrées. Ed. Robert Laffont. Paris.
- DUPONT B., 1970 - Distribution et nature des fonds du lac Tchad (nouvelles données) Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Géol., 2 (1), 9-42.
- DURANTON J.F., 1976 - Contribution à l'étude des groupements végétaux des environs de Maradi par J.F. DURANTON. Rapport GERDAT/PRIFAS D 41 - C/001/1 21.1.76.
- DURANTON J.F., 1978 - Etude phytophénologique de groupements herbeux en zone tropicale semi-aride I. Méthodologie ADANSONIA, sér. 2, 18 (2):183-197
- DURANTON J.F., & LAUNOIS M., 1978 - Ecologie opérationnelle en zone tropicale semi aride Doc. GERDAT/Minist. Coopération 30 p.
- ELOUARD P., 1967 - Réunion de la commission ou lexique stratigraphique : définition du Nouakchottien. Bull. Liais. Ass. Sénég. et Quat. W. Afr. (Dakar) N° 10, p. 9 et Bull. Inst. Fondam. Afr. Noire (Dakar) t. 19 série A, N° 2, p. 836.
- ELOUARD P., 1973 - Oscillations climatiques de l'holocène à nos jours en Mauritanie atlantique et dans la vallée du Sénégal, Colloque désertif., 17-18 déc. 1973, Nouatchott, Bulletin IFAN, Dakar.
- ELOUARD P et al., 1966 - Nouveaux âges absolus (C 14) en Afrique de l'ouest. Bull. liais. Ass. Sénég. et Quat. W. afr. (Dakar) n° 12, p. 14-19, biblio. et Bull. Inst. fondam. Afr. noire (Dakar) t. 19 série A n° 2, p. 845-849, biblio.
- FAIDHERBE Colonel., 1862 - L'avenir du Sahara. Résumé du Dr. Quintin in Bull. de la Société d'Etudes scientifiques du Finistère, 1880, 2ème fascicule.
- FALCONER J.D., 1911 - The geology and geography of Northern Nigeria Londres.
- FAURE H., 1962 - Reconnaissance géologique des formations sédimentaires post-paléozoïques du Niger oriental. Thèse Fac. Sc. Paris et Mém. B.R.G.M; 1966, 47, 630 p.
- FAURE H., 1967 - Le problème de l'origine et de l'âge de l'eau des oasis sahariennes du Niger. Mém. Congr. A.I.H., Hanovre 1965, 7, 277-278.
- FAURE H., 1969 - Lacs quaternaires du Sahara. Mitt. Internat. Verein. Limnol. N° 17, p. 131-146, 3 fig., 38 réf., biblio., Résumé Fr., Angl.
- FEAU C., 1976 - Unité écologique expérimentale de Maradi. Etude morphopédologique I.N.R.A.N./G.E.R.D.A.T./I.R.A.T./ 32 p . 1 carte.
- FORRESTER J.W., 1968 - Principles of Systems, Wright Allen Press, Cambridge. Mass 182 pp.
- FURON R., 1934 - Le crétacé et le tertiaire du Sahara soudanais (Soudan, Niger, Tchad). Bull. Mus. Nation. Hist. Nat. Fr. 13.
- GASSE F., 1971 - Les diatomées des sédiments holocènes du Bassin du lac Afrera (Afar septentrional, Ethiopie). Essai de reconstitution de l'évolution du milieu. Int. Rev. du Ges. Hydrobiol., 1 p.

- GASSE F. et al., 1974 - Variations hydrologiques et extension des lois holocènes du désert Danabil. Paléogéog., Paléoclimat., Paléocol. Amsterdam. vol. 14, sous presse.
- GAUCH H., & WHITTAKER R.H., 1977 - A comparative study of reciprocal averaging and others techniques J. ecol. 65 : 157-174.
- GAUTHIER B., et al., 1977 - Un type complémentaire de profil écologique : le profil écologique "indicé". Ext. Canadia J. of Botany 55, 23 : 2859 - 2865.
- GODELIER M., 1978 - L'appropriation de la nature, in *la pensée* n° 198, Avril 1978, pp. 7-48.
- GODRON M., et al., 1968 - Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu C.E.P.E./C.N.R.S. 292 p.
- GODRON M., et al., 1968 - Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu C.E.P.E./C.N.R.S. 292 p.
- GODRON M., 1965 - Les principaux types de profils écologiques ; C.E.P.E., 8 p.
- GODRON M., 1966 - Une application de la théorie de l'information à l'étude de l'homogénéité et de la structure de la végétation. C.E.P.E., Montpellier, 67 p.
- GODRON M., 1967 - Les groupes écologiques imbriqués en écailles, *Oecol. Plant.*, 2, 217-226.
- GODRON M., 1968 - Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale (recouvrement, information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques, échantillonnage), *Oecol. Plant.*, 3, 185-212.
- GODRON M., 1971 - Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux. Thèse docteur ès Sciences Naturelles. Acad. Montpellier Univ. Sci. et Techn. Languedoc, 218 p.
- GOUFFE C., 1967 - Problèmes de toponymie haoussa : les noms de villages dans la région de Maradi, *Revue internationale d'onomastique*, 19 (2) 1967, Paris pp. 95-127.
- GOUNOT M., 1969 - Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson Paris 314 p.
- GREIGERT J., 1966 - Description des formations crétacées et tertiaires du bassin des Iullemmeden (Afrique occidentale). Edition du bureau de recherches géologiques et minières publ. n° 2, p. 208.
- GREIGERT J., 1968 - Les eaux souterraines de la république du Niger. Rapport B.R.G.M. 68 - A.B.I 006 N.I.A.
- GREIGERT J., & POUUNET R., 1967 - Essai de description des formations géologiques de la république du Niger. Ed. B.R.G.M., n° 48 p. 198.

- GROVE A.T., 1973 - A Note on the remarkably low rainfall of the Sudan zone in 1913, Symposium on drought in Africa, Center for African Studies, School of oriental and African Studies July 19 th.20th,1973.
- GUILLERM J.L., 1969 - Relations entre la végétation spontanée et le milieu dans les terres cultivées du bas Languedoc. Thèse 3ème cycle, Ecologie, Fac. Montpellier, 165 p.
- GUILLERM J.L., 1971 - Information mutuelle et valeur indicatrice des espèces. Oecol. Plant., 6 : 209-225.
- GUILLERM J.L., 1976 - Traitement de l'information phyto-écologique Univ. Sci. et Techn. du Languedoc. D.E.A. d'écologie Générale et Appliquée. Institut de botanique. Laboratoire d'écologie et de phytosociologie p. 26.
- GUILLERM J.L. 1978 - Sur les états de transition dans les phytocénoses post-culturelles. Thèse d'état U.S.T.L. Montpellier 127 p.
- HEBRARD L., 1972 - Contribution à l'étude géologique du quaternaire du littoral Mauritanien entre Nouakchott et Noudhibou 18°-21° latitude nord. Publ. Lab. Géol. Fac. Sci. Univ. Dakar, 2 vol. multigr.
- HEGEL G.W.F., 1822 - La raison dans l'histoire Paris, U.G.E., coll. 10-18, 311 p.
- HIERNAUX P., 1975 - Etude phyto-écologique des savanes du pays Baoulé Méridional (Côte d'Ivoire Centrale) Thèse soutenue le 18 Déc. 1975 de Doc. Ing. en écologie. Acad. de Montpellier Univ. Sci. et Techn. du Languedoc p. 192.
- HILL H.O., 1973 - Reciprocal averaging : an eigen vector method of ordination J. ecol. 61 : 237-249.
- HUBERT H., 1920 - Le dessèchement progressif en Afrique Occidentale, Bulletin d'Etudes Historiques et Scientifiques de l'A.O.F., 1920, pp. 401-467 in Biblio géogr. 1928 Pr. 14.
- HUBERT H., 1926 - Nouvelles Etudes sur la météorologie de l'Afrique Occidentale Française (Publication du gouvernement général de l'A.O.F.), Paris, Emile Larose, 1926, 332 fig., 3 pl., Carte et diagr., 2 pl. phot.
- HUETZ de LEMPS A., 1970 - La végétation de la terre. Masson et Cie. Editeurs 133 p.
- HUTCHINSON J. Ch., & DALZIEL J.M., 1972 - Flora of west tropical Africa Edition Londres 4 vol.
- JOHNSTON H.A.S. 1967 - The Fulani empire of Sokoto O.U.P. Edit., 1967.

- JONES E.W., 1963 - The Forest outliers in the guinea zone of northern Nigeria. The cece forest reserve, Northern Nigeria in the journal of ecology, vol. 51-1963- Oxford.
- JOR. ARID. ENVIR., 1978 - Climatic variation in the Sahel and other african regions during the past five centuries. J. Arid Environ 1 (1) 3-24, Mai 78. Adrs: Géog. Inst. J. BONN, 53, BONN, West Germany.
- JOULIA F., 1951 - Rapport de mission à Maradi (Niger) Arch. Dir. Mines A.O.F.
- JOULIA F., 1959 - Précisions sur la discordance Cambro-ordonicienne d'in Azaoua C.R. Soc. géol. Fr., 9 Novembre 1959.
- JURDANT et al., 1977 - L'inventaire du capital-terre. Service, des Etudes Ecologiques Régionales. Direction régionale des Terres Pêches et Environnement. Quebec. Canada. 202 p.
- KARPOFF R., 1962 - Précisions sur la stratigraphie de l'anté-Cambrien au Sahara Central. C.R. Soc. Géol. Fr., n° 4, p. 130-132.
- KASSAS M.D., 1970 - Desertification versus potential for recovery in circum-saharan territories, in ; Dregne, H.E., Arid lands in transition, Washington, 1970, pp. 123-142.
- KILIAN C., 1931 - Des principaux complexes continentaux du Sahara C.R. Soc. Géol. Fr., p. 109.
- KILIAN J., 1973 - Aménagement des Vallées des Volta. Etudes pédologiques Conception de travail. Rep. de Haute Volta. Ministère du Plan I.R.A.T., 20 p., 1 carte.
- KILIAN J., 1974 - Etude du milieu physique en vue de son aménagement. Conception de travail. Méthodes cartographiques. L'agronomie tropicale, 1974, n° 2-3, p. 141-143.
- KILIAN J., & TRICART J., 1978 - L'Eco-géographie, Ed. F. Maspero, Paris .
- KILLIAU C., 1934 - Une variation de climat pendant la période historique. Le dessèchement progressif du Sahara depuis l'époque précaméline et des Caramantes, C.R.S. géol. Fr. 7 mai 1934, pp. 110-111.
- KI-ZERBO J., 1972 - Histoire de l'Afrique noire. Hatier Paris 652 p.
- KOECHLIN J., 1976 - Notes de mission Décembre, Univ. de Bordeaux II/D.G.R.S.T.
- KOECHLIN J., 1977 - Rapport de mission d'étude sur le milieu naturel et l'utilisation du sol dans la région de Maradi. Univ. Bordeaux II/D.G.R.S.T./Lutte contre l'aridité en milieu tropical, p. 23.

- LACOSTE A. & ROUX M., 1971 - L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie. *Oeco. Plant.* 6.4 353-369.
- LAPPARENT A.F., 1953 - Gisements de dinosauriens dans le continental intercalaire d'in Abangharit (Sahara méridional) *C.R. Acad. Sci. fr.*, 236, p. 1905.
- LARRIEU E., 1977 - Les variations climatiques au Niger. Région de Maradi
Mémoire de Maîtrise de Géographie tropicale Univers. Bordeaux II.
- LAST O.M., 1967 - The Sokoto Caliphate, Lond, 1967.
- LE HOUEROU H.N., 1979 - La désertisation des régions arides in la recherche N° 99, avril 79, vol. 10, p. 336-344.
- LE HOUEROU H.N., & HOSTE C.H., 1977 - Rangeland production and annual rainfall. Relations in the mediterranean bassin and in the African Sahelo-Sudanian Zone in *journal of range management* vol. 30, N° 3, May 1977, p. 181-189.
- LE ROUX M., 1972 - La dynamique des précipitations en Afrique Occidentale
Thèse de Doc. 3ème cycle, Fac. Lettres et Sciences humaines de Dakar.
- LE ROUX M., 1972 - Climatologie dynamique de l'Afrique Occidentale. Atlas international de l'ouest Africain, I.F.A.N., Dakar.
- LE ROUX M., 1974 - Les oscillations climatiques tropicales, communication au colloque de Nouakchott sur la désertification au sud du Sahara (17-19 déc. 1973), Numéro spécial du Bulletin de l'I.F.A.N., Dakar, 1974. *Intergéo* n° 35.
- LE ROUX M., 1974 - Compte-rendu sur le colloque de Nouakchott sur la désertification, Cahiers d'Outre-Mer, CEGET, Bordeaux 1974.
- LONG, G., 1973 - Premières propositions pour un programme de cartographie des ressources renouvelables et des terres concernant la zone cotière du Désert Occidental Egyptien. *Polycopie* 31 p. Janvier 1973, *Ecothèque Méditerranéenne CEPE/CNRS Montpellier*.
- LONG G., 1974 - Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. Tome I. Ed. Masson et Cie. 252 p.
- LONG G., 1975 - Essai de synthèse sur les possibilités de la télédétection notamment en rapport avec les besoins des pays méditerranéens en cours de développement. CEPE-CNRS - Montpellier 37 p.
- LONG, G., 1978 - Essai sur les conditions de la détermination des potentialités biologiques des ressources naturelles de l'espace rural, in *Bulletin d'Ecologie. Fasc. 4, tome 9, p. 323-328.*

- LUTZENKIRCHEN W.R., 1974 - La progression des déserts, in Problèmes économiques n° 1377, juin 1974, pp. 30-32.
- MAGARINOS H.A., 1973 - The expansion of the Sahara and the problem of desertisation along its fringe, 1973, 22 p., multigr.
- MAINGUET M., et al., 1977 - A.C.C. Lutte contre les effets de l'aridité "Localisation d'une unité écologique expérimentale dans la région de Maradi" (Niger). Laboratoire de géographie physique zonale Univ. Reims. D.G.R.S.T./G.E.R.D.A.T./p. 290.
- MAINGUET M., et al., 1978 - Dunes et autres édifices sableux éoliens. Laboratoire de géographie physique zonale Univ. Reims. D.G.R.S.T./G.E.R.D.A.T. p. 316.
- MAINGUET M., et al., 1979 - A.C.C. Lutte contre les effets de l'aridité. "Localisation d'une unité écologique expérimentale dans la région de Maradi" (Niger) Rapport n° 4. D.G.R.S.T./G.E.R.D.A.T./Laboratoire de géographie physique zonale p. 98.
- MALEY J., 1973 - Les variations climatiques dans le bassin du Tchad durant le dernier millénaire. Bull. ASEQUA, 37-38, p. 31-40.
- MALEY J., 1974 - Mécanisme des changements climatiques aux basses latitudes. Palaéogéog. Palaéoclimat., Palaéoécologie. Amsterdam, vol. 14 (4), à paraître.
- MAMOUDOU S., 1979 - Les effets sanitaires de la sécheresse au Niger (1968 - 1974). Thèse pour l'obtention du grade de Docteur en Médecine Fac. Méd. Montpellier. Mars 1979.
- MANDOM EL MAHDI., 1965 - A Short history of the Sudan Lond., O.U.P. Edit., 1965.
- MATTHEWS W.H., 1973 - Climatic effects of man's activities. International Journal of Environmental Studies, Vol. 4, n° 4, may 1973, pp. 283-289.
- MENSCHING H., 1974 - Die sahelzone afrikas. Ursachen und Konsequenzen der Dürrekatastrophe (la zone sahélienne de l'Afrique. Origines et conséquences de la sécheresse), Afrika Spectrum, n° 3, 1974, pp. 241-259.
- MICHEL P, 1967 - Les grandes étapes de la morphogénèse dans les bassins des fleuves Sénégal et Gambie pendant le Quaternaire. Congrès panaf. Préh. Et. Quat. (Dakar) 6ème session, p. 395-406, 6 fig., 10 photos, 34 réf. biblio., 1 tabl. et Bull. Inst. fondam. Afr. noire (Dakar), t. 31, série A, n° 2, p. 293-324, 6 fig., 1 tabl., 10 photos, biblio. résumé Fr., Angl.

- MICHEL P., 1969 - Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie, étude géomorphologique. Thèse Univ. Strasbourg, 3 vol., 1169 p.
- MICHEL P., et al., 1957 - Oscillations climatiques quaternaires en Afrique occidentale. V° Congr. I.N.Q.U.A. Madrid-Barcelone.
- MICHON P., 1973 - Le Sahara avance-t-il vers le Sud ? Bois et forêts des tropiques, n° 150, juil. août 1973, -p. 69-80.
- MISSION TILHO., 1914 - Documents scientifiques de la mission Tilho. Imprimerie Nat., Paris, 3 vol.
- MONCIARDINI C., 1959 - Etude micropaléontologique de la série marine crétacée tertiaire du bassin des Iullemmeden principalement dans la subdivision de Ménaka (Soudan oriental, Niger occidental, Arch. B.R.G.M.
- MONOD T., 1950 - Autour du problème du dessèchement africain, Bull. Ifan, XII, 2, 1950, pp. 514-523.
- MOUFADAL M., 1979 - Contribution à l'étude des possibilités d'extension du cèdre de l'atlas en dehors de son aire actuelle. Thèse de 3ème cycle, Inst. Agron. et Vet. HASSAN II (MAROC) 4 Juil. 1979 85 p.
- NICOLAS G., 1965 - Circulation des richesses et participation sociale dans une société haussa du Niger. Thèse de doctorat de 3ème cycle. Centre Universitaire de polycopiage. Bordeaux.
- NICOLAS G., 1968 - Problèmes posés par l'introduction de techniques agricoles modernes au sein d'une société africaine. Faculté de Lettres et sciences humaines. Bordeaux.
- NO-MEYER I & WHITTAKER R.H., 1977 - Continuos multivariate methods in community analysis : some problems and developments, in Vegetatio Vol. 33, 2/3 : 79-98, 1977.
- O.R.S.T.O.M., 1964 - Etude pédologique du Niger central. Rapport général Centre O.R.S.T.O.M. de Dakar-Hann 1964 211 p.
- OZENDA P., 1958 - Flore du Sahara septentrional et central C.N.R.S., 486 p.
- PAGNEY P., 1976 - Les climats de la terre. Ed. Masson, Paris. 140 p.
- PEDELABORDE P., 1976 - Bilan d'énergie, bilan hydrique et circulation atmosphérique du Sahara in Rev. Géographie Physique et de Géologie Dynamique (2), vol XVIII, Fasc 2-3, pp. 229-240, Paris 76.
- PELISSIER, P., 1951 - Sur la désertification des territoires septentrionaux de l'A.O.F., Cahiers d'Outre-Mer, n° 13, tome IV, 1951, pp. 80-85.
- PEREBASKINE V., 1932 - Contribution à l'étude géologique du Soudan oriental. Thèse Strasbourg. Bull. Ag. Gén. Colonies.

- PEYRE DE FABREGUES B., & LEBRUN J.P., 1976 - Catalogue des Plantes vasculaires du Niger. I.E.M.V.T./Paris.
- POURSIN G., 1974 - A propos des oscillations climatiques : la sécheresse au Sahel, Annales (Economies, Sociétés, Civilisations), 1974, XXIX, 3, pp. 640-647.
- QUEZEL P., 1965 - La Végétation du Sahara, du Tchad à la Mauritanie, Stuttgart, Fischer, 1965.
- RADIER H., 1957 - Contribution à l'étude géologique du Soudan oriental (A.O.F.) I. Le Précambrien saharien au sud de l'Adrar des Iforas II. Le bassin de Gao. Crétacée et Tertiaire. Thèse, Fac. Sci. Univ. Strasbourg T.I. 65 p., 9 fig., cartes T II : 156 p., 16 fig., 1 pl. T. III : 171 p., 14 pl. h.t.
- RAYNAUT C., 1971 - Soumarana, notes sur le terroir et l'économie. Centres d'Etudes et de Recherches Ethnologiques n° 2, Bordeaux, 1971.
- RAYNAUT C., 1972 - Structures normatives et relations électives. Etude d'une communauté villageoise haoussa Mouton et Cie 314 p.
- RAYNAUT C., 1973 - La circulation marchande des céréales et les mécanismes d'inégalité économique, in Cahiers du Centre d'Etudes et de Recherches Ethnologiques n° 2, Bordeaux, 1973 b.
- RAYNAUT C., 1973 - Structures normatives et relations électives : Etude d'une communauté villageoise Haoussa. MOUTON, PARIS, 1973 a.
- REINHOLD BARTHA M., 1970 - Plantes fourragères de la zone sahélienne d'Afrique, C.R. Acad. Sci. Outre-Mer, 1970, T. 30, n° 8, p. 386.
- ROCHE M., 1973 - Les incidences climatiques et hydrologiques de la sécheresse, Technique et développement, n° 10 Nov. Déc. 1973, pp. 4-15.
- ROGNON, P., 1967 - Le Massif de l'Atakor et ses bordures (Sahara Central) Etude géomorphologique. C.N.R.S. Paris, 9, 559 p.
- ROGNON, P., 1976 - Essai d'interprétation des variations climatiques au Sahara depuis 40 000 ans. Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique, 18, pp. 251-282. V° spécial sur le changement climatique en Afrique.
- ROMANE F., 1972 - Application à la phytoécologie de quelques méthodes d'analyse multivariante. Discussion sur des exemples pris dans les basses Cévennes et les garrigues occidentales. Thèse Doc. Ing. U.S.T.L. Montpellier n° C.N.R.S. A.C. 5865 110 p.
- ROQUES M., 1948 - Le Précambrien de l'A.O.F. Bull. Soc. Géol. Fr. (5), 18, p. 589.
- ROUX G., & ROUX M., 1967 - A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie Rev. Stat. Appl., XV, 2, 59-72.

- SCHNELL R., 1971 - Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux, Gauthier-Villars, Paris, 2 Vol., 951 p., 289 fig.
- SCOOT D., 1965 - The détermination and use of thermodynamic data in ecology. *Ecology*, 461, 5, 673-679.
- S.D.P., 1977 - Bilan 77. Département de Maradi. Ministère du Plan. Service Départemental du plan 307 p.
- S.D.P., 1978 - Contribution du Département de Maradi à l'élaboration du plan quinquennal de développement économique et social. Ministère du Plan République du Niger 63 p.
- SERVANT M., 1967 - Données stratigraphiques sur le quaternaire supérieur et récent au Nord-Est du lac Tchad VIème Congr. Panafr. Préhist. Et. quatern. et Cah. O.R.S.T.O.M., *Sci. Géol.* 1970, 2 (1), 95-114.
- SERVANT M., 1973 - Séquences continentales et variations climatiques : évolution du bassin du Tchad au Cénozoïque supérieur. Thèse, Univ. Paris, 348 p.
- SERVANT M., 1974 - Les variations climatiques des régions intertropicales du continent africain depuis la fin du Pleistocène, in XIII Journées de l'Hydraulique, Rapport 8/Paris 1979/ 10 p.
- SERVANT M et S., 1970 - Les formations lacustres et les diatomées du quaternaire récent du fond de la cuvette tchadienne. *Rev. Géog. Phys. et Géol. Dyn.*, 12 (1), 63-76.
- SERVANT M et S., 1972 - Nouvelles données pour une interprétation paléoclimatique des séries continentales du bassin tchadien. *Palaéoécologie of Africa*, 6, 87-92.
- SHANNON C.E., 1948 - A mathematical theory of communication, *Bell. Syst. Techn. Journ.*, 27, 379-423, 623-656.
- SIRCOULON J., 1974 - Les données climatiques et hydrologiques de la sécheresse en Afrique de l'ouest sahélienne. SIES report n° 2, Stockholm Secrétariat for International Ecology, Sweden. 44 pp.
- STEBBING, E.P., 1935 - The encroaching Sahara : the threat to the West African colonies, *Geographical Journal*, 85, 6, 1935, pp. 506-524.
- STIGLIANO M., 1977 - Carte de l'utilisation du sol dans la région de Maradi et compte-rendu méthodologique. Univ. Bordeaux II/D.G.R.S.T./ Programme de recherches sur la région de Maradi. 6 p., 2 cartes.
- THOMAS M.E.R., & DES BOUVRIE C., 1973 - Investigation into the magnitude of drought conditions in the sahelian zone. Mali, Niger, Upper Volta, Rome, FAO, 1973. (document FAO n° 23894-73 - WS), 20 p., ronéot.

- TILHO Général 1947 - Le Tchad et la capture du Logone par le Niger. Gauthier Villars, Paris 202 p., 13 fig., 15 planches photog., 1 carte h.t.
- TOUPET C., 1975 - La désertification au Sud du Sahara, Environnement africain, vol. 1, n° 2, Avril 1975, pp. 7-11.
- TOURTE R., 1974 - Réflexions sur les voies et moyens d'intensification de l'agriculture en Afrique de l'ouest, in Agro. Trop. n° 9.
- TOURTE R., 1978 - Pour une étude régionalisée des systèmes techniques de production agricole en Côte d'Ivoire. I.R.A.T./G.E.R.D.A.T. 70 p.
- TRICART J., 1974 - De la géomorphologie à l'étude écographique intégrée, l'agron. Trop. n° 2-3, Fév.-Mars.
- TRICART J., 1976 - Géodynamique externe. Etude intégrée du milieu naturel. Ecodynamique et aménagement in Revue de Géomorphologie dynamique XXVème année n° 1, 1976 pp. 19-32.
- TRICART J., 1977 - "Ecodinâmica" I.B.G.E. Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente (SUPREN) Rio de Janeiro.
- TRICART J., et al., 1957 - Oscillations climatiques quaternaires en Afrique occidentale, V° Congr. I.N.Q.U.A., Madrid-Barcelone.
- UNESCO/W.M.O., 1963 - Changes of climate (proceedings of the Rome Symposium organized by UNESCO and the World meteorological organisation), Paris, UNESCO, 1963.
- U.S.A.I.D., 1972 - Agency for international development, Desert encroachment on arable lands : significance, causes and control, Washington, DC, AID, 1972, 55 p.
- WERGER M.J.A., et al., 1978 - Vegetation structure and substrate of the northern part of the great dyke, Rhodesia : Gradient analysis and dominance-diversity relationships in vegetation vol. 37, 3 151-161, 1978.
- WILLIAMS M.A.J., 1975 - Late Pleistocene tropical aridity synchronous in both hemispheres, Nature, vol 253, p. 617-618.

- A N N E X E S -

POSTES PLUVIOMETRIQUES DANS LE DEPARTEMENT AU MARADI (NIGER) (1978)

Localité	Nombre de postes
Aguie	2
Atchidakofoto	1
C.F.J.A.	1
Dakoro	1
Dan-Issa	1
Dan Koulou	1
Djiratawa	1
Dodori	1
Gabaouri	1
Gabi	1
Gazaoua	2
Gouragê	1
Guidan Roumdji	1
Koona	1
Korgom	1
Kornaka	1
Madarounfa	1
Magami	1
Maraka	1
Mayahi	1
Ourafane	1
Serkin-Haoussa	1
Serkin Yama	1
Tarna	1
Tchadaoua	1
Tessaoua	2

L'HISTOIRE GEOLOGIQUE DE LA REGION ETUDIEE DU PRECAMBRIEN AU QUATERNAIRE
Le bassin sédimentaire des Iullemmeden

Un exposé très complet des formations géologiques du Niger (plus de 600 références bibliographiques) a été réalisé par J. GREIGERT et R. POUUNET en 1967. Avec la description des formations Crétacées et Tertiaires du Bassin des Iullemmeden (GREIGERT J., 1966), il a servi de cadre au résumé schématique et succinct présenté ci-dessous. Ce résumé, en retraçant l'histoire géologique de la région étudiée entre le Précambrien et le Quaternaire, voudrait mettre en évidence l'origine de ses matériaux et de son modelé actuel. (Sur une feuille dépliant placée à la fin du volume, de manière à pouvoir être constamment visible, une coupe schématique du bassin permet de visualiser les différentes formations que nous présenterons).

1 - Le Bassin des Iullemmeden

La région étudiée se situe en bordure sud-est du Bassin des Iullemmeden, du nom de l'importance fédération targuie qui en peuple la partie centrale (Fig. n° 11).

Ce gigantesque bassin sédimentaire (longueur nord-sud 1100 km et est-ouest 800 km) couvre en partie 6 pays (Algérie, Bénin, Haute Volta, Mali, Niger et Nigeria) (RADIER H., 1957).

2 - Le socle antecambrien

Le soubassement du bassin est constitué par un ensemble très varié de roches éruptives et métamorphiques cambriennes et précambriennes dont les directions tectoniques sont submeridiennes (N. NE - S. SW).

Leur affleurement en bordure sud du bassin est à l'origine des massifs montagneux qui jalonnent la frontière du Niger dans les régions de Maradi et de Magaria et qui culminent vers 900 m à l'ouest de Zaria (CHUDEAU R., 1905 ; FALCONER J.D., 1911 ; GARDE G. in mission TILHO, 1906-1909 ; JONES B., 1948 ; KARPOFF R., 1962 ; ROQUES M., 1948).

3 - Une amorce du bassin au Paléozoïque

C'est au cours du Paléozoïque qu'une amorce du bassin de Iullemmeden se serait ébauchée comme un golfe ouvert vers le nord. Au cours du Secondaire et du Tertiaire il s'est enfoncé de plus en plus vers le sud pour s'arrêter au nordde Bénin. La liaison avec l'Atlantique ne s'est pas établie comme l'attestent les différences de faune entre le bassin et la côte du golfe du Bénin (FAURE H., 1962 et 1966 ; FURON R., 1934).

4 - Le Continental intercalaire

A la fin du Carbonifère débute un comblement du bassin et une longue période continentale qui ne sera interrompue qu'au Cénomaniens Supérieur : le Continental Intercalaire.

Les géologues rangent dans ce complexe les formations mal datées qui séparent les derniers dépôts marins du Primaire de ceux de la première transgression marine du Secondaire (KILLIAN C., 1931), soit : les grès d'Agadez, les argiles d'Irhazer, les arkoses d'Izegouandane et le groupe du Tégama (calcaires gréseux, grés fins micacés, grés et argiles) (JOULIA F., 1959).

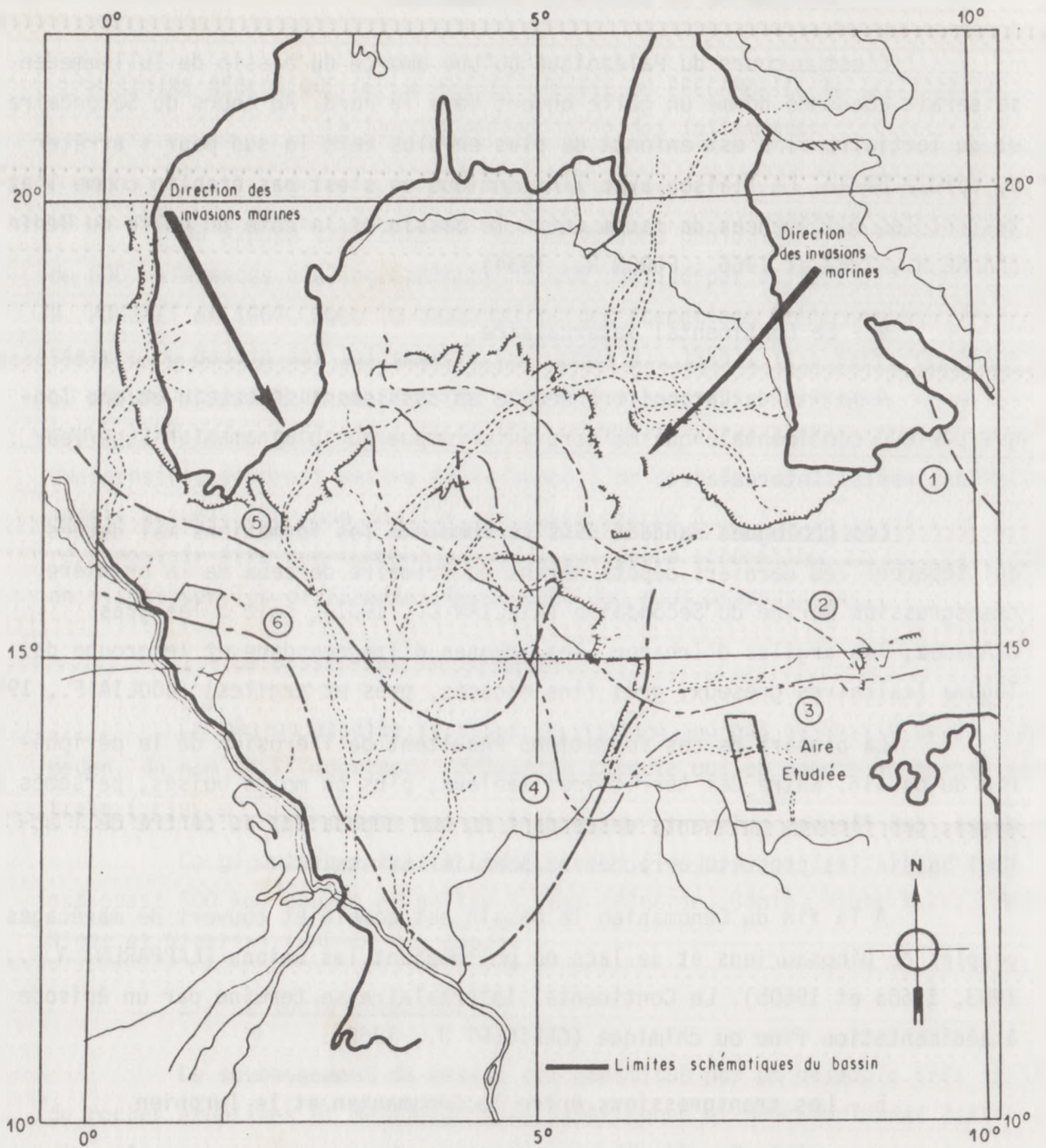
La plupart de ces formations résultent de l'érosion de la périphérie du bassin. Entre des territoires sableux, plus ou moins boisés, parsémés de mares, des fleuves puissants descendant du sud déposaient au centre de l'actuel bassin les produits arrachés au bouclier africain.

A la fin du Cénomaniens le bassin est comblé et couvert de marécages peuplés de Dinosauriens et de lacs où pullulaient les Unions (LAPPARENT A.F., de 1953, 1960a et 1960b). Le Continental Intercalaire se termine par un épisode à sédimentation fine ou chimique (GREIGERT J., 1966).

5 - Les transgressions entre le Cénomaniens et le Turonien

Au Cénomaniens inférieur la mer envahi le bassin par le nord-est mais ne va guère au-delà du 3ème méridien (Fig. n° 10).

Elle laisse quelques mètres de sédiments dont l'homogénéité et la régularité sont étonnantes. Une faune riche et variée (Neolobites), typiquement mésogéenne, indique que cette mer était ouverte vers le nord (BASSE E., 1953). A la fin du Cénomaniens de légers mouvements de soulèvement vont rendre



- | | |
|---|---|
| La mer avant la transgression à <i>Neolobites</i> | ① |
| La transgression à <i>Neolobites</i> | ② |
| La transgression à <i>Nigericeras</i> | ③ |
| La première transgression à <i>Libycoceras</i> | ④ |
| La seconde transgression à <i>Libycoceras</i> | ⑤ |
| La transgression du Paléocène supérieur | ⑥ |

Fig. 10 Les transgressions marines dans le Bassin des Iullemmeden

difficiles les communications avec la Mésogée. Cette riche faune disparaîtra presque entièrement tandis que des argiles bariolées à sel et gypse se déposeront.

Au Turonien inférieur la mer s'étalera plus largement vers le continent africain pour atteindre les régions de l'Adar Douthi, de Dakoro, du Damergou et d'Elleba. Quelques mètres de grès fins se déposeront (faune à *Nigericeras*) (BARBER W., 1957).

Le Turonien supérieur sera marqué par une subsidence importante, caractérisée par l'apparition d'une sédimentation chimique (calcaires, gypse, glauconie, attapulгите) (GREIGERT J., 1966 ; JOULIA F., 1951).

6 - Les transgressions entre le Sénonien et le Danien

Le long de cette période des mouvements de surrection entraîneront des retraits de la mer, la reprise de l'érosion et l'accumulation d'argiles, limons et sables fins (lower sandstones and mudstones) dans des vastes marécages peuplés de Dinosaures (JONES B., 1948 ; PEREBASKINE V., 1932 ; RADIER H., 1957).

Les périodes de transgression donneront origine à des dépôts calcaires et argileux très riches en organismes. De toutes ces transgressions la plus importante aura lieu au Maestrichtien. Le bassin sera envahi jusqu'à l'Adar Douthi et le Nord Sokoto. Les rivages de cette mer peu profonde, peuplée de Mosasauriens, se devine dans les reliefs entre les vallées de Tarka et du Goulbi N'Kaba.

L'ensemble des dépôts constitués entre le Maestrichtien et le Danien caractérisent le complexe Continental Hamadien très important dans la région de Maradi (Formation du Koutous) (FAURE H., 1954 et 1962).

7 - La Fin des transgressions entre le Paléocène et l'Ypresien

Des mouvements verticaux à la périphérie de l'Adrar seraient la cause d'un changement d'origine des invasions marines à partir du Danien.

Une première tentative d'invasion par le nord-ouest a marqué le Paléocène inférieur avec quelques argiles et sables à crocodiliens.

Le deuxième recouvrira le bassin des Iullemmeden, pour une dernière fois, jusqu'aux abords du fleuve Niger sur le 12ème parallèle pour se retirer définitivement à l'Ypresien (GREIGERT J. et PUGNET R., 1967 ; MONCIARDINI C., 1959) (Fig. n° 10).

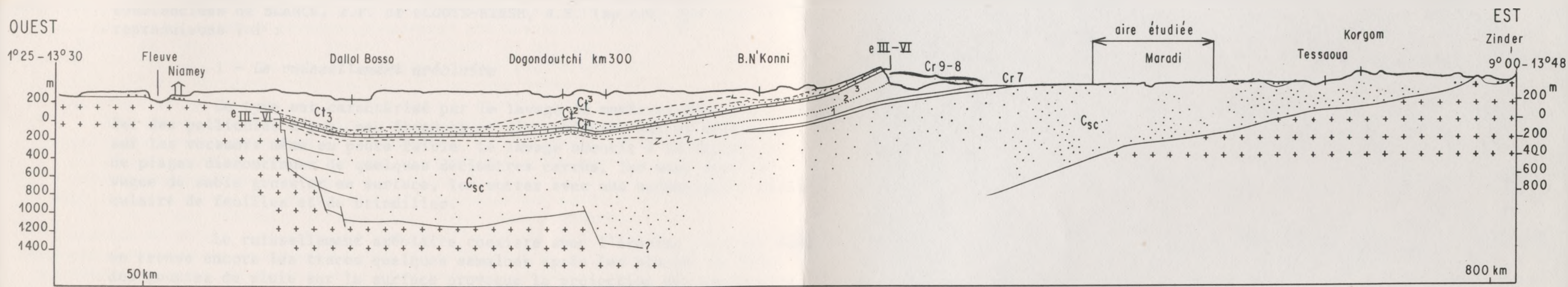
8 - Le Continental terminal

Le relèvement du cadre actuel du bassin entrainera le retrait de la mer paléocène et la formation d'une cuvette.

Sous un régime fluvial ou lacustre les produits d'érosion provenant principalement des formations sédimentaires du nord du bassin s'accumuleront (argiles kaoliniques et sables). Les sédiments du Continental terminal n'atteignent pas la région de Maradi et se limitent à la partie centrale et nord du bassin. A Dogondoutchi leur épaisseur est de plus de 450 m (ARAMBOURG C. et al., 1951 ; GREIGERT J., 1963).

9 - Le Quaternaire

Dans la région de Maradi le Continental hamadien est entièrement recouvert par des formations quaternaires dont plusieurs peuvent être aisément confondues avec lui. Il s'agit, pour le Quaternaire ancien, de cailloutis et de galets plus ou moins ferruginisés. Le Quaternaire récent est caractérisable, surtout, par le manteau sableux d'origine éolienne (Ogolien) qui recouvre, plus ou moins, l'ensemble des formations précédentes. Ces dernières formations ont été volontairement omises dans la coupe schématique du bassin (fig. n° 11).



Continental terminal { Ct³ Grès argileux du Moyen-Niger
 Ct² Série argilo-sableuse à lignites
 Ct¹ Série sidérolithique de l'Adar Doutchi

Paléocène e III-VI

Maestrichtien-Danien Cr⁹⁻⁸ { 3 Upper sandstones and mudstones
 2 Mosasaurus shales
 1 Lower sandstones and mudstones } C_{sc} = Continental hamadien

Sénonien inférieur Cr⁷ ?

Socle antécambrien

Fig.11_Coupe schématique à travers la partie sud du Bassin des Iullemmeden

TYPES DE RUISELLEMENT

Nous avons distingués cinq types de ruissellement : le ruissellement aréolaire, le ruissellement embryonnaire, le ruissellement diffus, le ruissellement concentré et le ruissellement organisé en écoulement avec ravinement incipient, suivant des définitions circonstanciées de BLANCK, J.P. et CLOOTS-HIRSH, A.R. (sp.cit) que nous reproduisons ici :

1 - *Le ruissellement aréolaire*

Ce type est caractérisé par le lavage du matériel fin sous l'effet des pellicules d'eau, peu étendues et discontinues, qui se déplacent sur les versants même en pente faible. Le lavage aboutit à la formation de plages discontinues de quelques décimètres carrés, les unes avec pavages de sable grossier en surface, les autres avec une accumulation pelliculaire de feuilles et de brindilles.

Le ruissellement aréolaire coexiste avec l'érosion pluviale dont on trouve encore les traces quelques semaines après les pluies. Le choc des gouttes de pluie sur la surface provoque la projection des particules fines autour du point d'impact. Sur les versants de pente moyenne à 1°, celles-ci sont reprises par le ruissellement aréolaire qui les dépose quelques centimètres plus loin. Il y a ainsi formation d'un glaçage en tache, qui en durcissant, forme une croûte de battance mince (1 mm). L'érosion pluviale est localisée sur les pentes les plus faibles (pente de 1°). Le ruissellement aréolaire démarre sur des pentes de 1 à 2°. Il entraîne alors les particules les plus fines sur quelques centimètres. On peut observer quelques plages où le matériel fin a été balayé et où la croûte de battance est mise à nue, et de petites embâcles en arrière des brindilles ou des feuilles. Ces manifestations sont de peu d'importance et peuvent être tenues pour négligeables du point de vue érosif. Les particules sont déplacées sur des distances très courtes, il n'y a aucune entaille car le ruissellement est trop faible par suite du manque de pente et de la rapidité de l'infiltration. Le ruissellement aréolaire est observable principalement sur les épandages fluviatiles et au sommet des dunes orangées sableuses.

2 - *Le ruissellement embryonnaire*

Il se manifeste par un écoulement en petits filets d'eau sur les versants dont la pente se situe autour de 2 à 3°. Ces filets sont discontinus et s'écoulent sur de courtes distances. Il suffisent cependant à provoquer de petites embâcles en arrière des touffes d'herbe ou de mil, à dégager les croûtes de glaçage qui sont un peu plus épaisses et plus continues que dans le cas du ruissellement aréolaire (3 mm environ). Les ruisselets d'eau anastomosés et discontinus transportent donc du matériel fin même sur les pentes faibles. Mais ce déplacement se fait sur des distances courtes et de manière discontinue. Les ruisselets sont petits et n'ont pas de débit suffisant pour provoquer d'entaille.

Ce type de ruissellement provoque cependant de petits épandages de quelques décimètres au débouché des ruisselets. Le ruissellement embryonnaire n'a donc pas de pouvoir érosif important, il se contente de remanier localement les particules fines de surface. Il peut aboutir au bout d'un certain laps de temps à un façonnement de l'ensemble du versant et à un enrichissement en limons et argiles au pied des versants.

On peut l'observer principalement en tête des épandages fluviales, en bas de versants des dunes orangées, à proximité des cuvettes interdunaires. Dans les secteurs de dunes rouges arasées ou en place, le ruissellement embryonnaire se développe en haut de versant avant les ruptures de pentes, aussi bien sur les dunes qu'autour des cuvettes.

3 - *Le ruissellement diffus*

Il se caractérise par une généralisation sur les versants des ruisselets. Ceux-ci sont relativement larges (10 à 20 cm en moyenne). Les cheneaux, discontinus et anastomosés, transportent le matériel sableux sur quelques centimètres d'épaisseur par relais. Ce transport est lent mais peut aboutir en quelques années à dégager une partie du matériel superficiel le long des versants et à l'accumuler en bas de pente et dans certaines cuvettes.

Ce type de ruissellement est suffisamment important pour déchausser les plants de mil sur les versants et à les ensabler dans les cuvettes interdunaires peu marquées et en bas de glaciis. La quantité d'eau écoulée dans les cheneaux des ruisselets, et donc sa capacité de transport, sont directement liées à l'intensité des averses. A la fin des averses, les ruisselets ne transportent plus que du matériel en suspension qui se dépose à la surface du sol lorsque les eaux s'infiltrent et s'évaporent. Il se forme une croûte pelliculaire argilo-limoneuse qui durcit et s'imperméabilise entre les averses. Les eaux de l'averse suivante vont ruisseler sur la croûte ainsi mise en place. Le ruissellement diffus engendre ainsi la formation d'une croûte pelliculaire relativement épaisse (4 à 5 mm) pouvant atteindre près d'un cm les surfaces où ce type de ruissellement est généralisé (les dépressions fermées).

Ce ruissellement peut dégager ainsi de larges plaques de sols nus où la végétation ne pousse pas. Les eaux ruisselées sur la croûte s'accumulent dans les micro-dépressions le long des versants et provoquent un engorgement temporaire de quelques heures après les chutes de pluies.

Le ruissellement diffus a donc une action notable : dégagement du matériel en haut du versant, accumulation importante en bas de versant et dans les cuvettes interdunaires les plus évasées.

On peut noter le développement de ce type de ruissellement en haut des versants des glaciis à pentes longues et des épandages sablo-argileux sur le quaternaire ancien, sur les glaciis remaniant les dunes orangées. Le ruissellement diffus est généralisé sur les versants des dunes rouges résiduelles et sur les dunes arasées situées en bordure de dépressions fermées. Sur les dunes orangées il arrive que localement, le ruissellement embryonnaire passe au ruissellement diffus en bas de versants à proximité des cuvettes. Ceci est fréquent dans les dunes orangées sablo-limoneuses.

Le ruissellement diffus se déclenche à partir de pentes faibles (2°). La pente peut être courte (bas des dunes, petits glacis de versants) ou longue et régulière (grands glacis ou têtes des épandages). Lorsque la pente s'accroît légèrement il s'associe à un autre type de ruissellement : le ruissellement concentré.

4 - Le ruissellement concentré

Il se caractérise par de petites rigoles individuelles et par un réseau de ruisselets importants. Les filets d'eau se concentrent dès que la pente atteint ou dépasse les 3°. Il se forme alors des petits ravineaux de 10 à 20 cm de largeur à fond plat aux berges abruptes qui peuvent atteindre 10 cm de profondeur. Ces petits ravineaux s'entaillent profondément dès leur origine et peuvent s'inciser sur quelques mètres de longueur. Ils se terminent en bas de pente par des petits épandages qui s'étalent sur une distance très variable (en moyenne moins d'un mètre).

Les ravineaux s'incisent dès le début de la saison des pluies mais peuvent se combler au cours de la saison sèche. Ils ne se survivent pas toujours d'une année à l'autre. Ils peuvent s'inciser chaque année à un endroit différent.

Ces ravineaux peuvent aussi fonctionner selon la pente par un système de relais. Les ravineaux incisent la pente la plus forte (3 à 4°) puis s'étalent en épandage quand la pente s'adoucit. L'eau perd de sa compétence s'étale en cheneau anastomosés sur ces épandages puis se concentre à nouveau en aval quand la pente est à nouveau suffisante.

L'incision en tête de ces ravineaux est très forte. Les eaux de ruissellement qui s'accumulent en amont "cascadent" sur les talus de l'entaille. Celui-ci est sapé et le ravineau remonte vers l'amont par le sapement de la base du talus et son éboulement.

Le ruissellement concentré se manifeste également par l'incision en rigoles individualisées. Ces rigoles sont profondément entaillées et peuvent avoir plusieurs mètres de longueur. Elles sont très incisées et ne disparaissent pas d'une saison à l'autre. Elles concentrent les eaux ruisselées mais leur écoulement est temporaire. Elles sont isolées sur les versants ou en bas de certaines pentes. Leur genèse est la même que celle des ravineaux, mais leur longueur, leur entaille et la taille des épandages sont plus importants que pour les ravineaux.

Le ruissellement concentré est très souvent associé au ruissellement diffus. Ainsi sur les versants des dunes rouges en place ou arasées, le ruissellement diffus démarre dès le sommet en ruisselets anastomosés sur des pentes de 1 à 2°. Ce ruissellement dégage et forme une croûte pelliculaire fine. Lorsque les plages de croûte mises à nues se situent au niveau de la rupture de pente (3° environ), elles favorisent la concentration des eaux et l'incision des ravineaux et des rigoles démarrent. Dès que la pente s'adoucit en bas de versant, le ruissellement s'anastomose en très petits cheneaux qui s'entaillent de 5 à 6 cm.

Sur les bords des cuvettes, le ruissellement concentré est très important et contribue notablement au comblement de ces cuvettes par du matériel fin et à leur engorgement temporaire. La croûte pelliculaire dans le fond des cuvettes inondables est souvent plus épaisse (5 à 6 mm) mais n'est pas toujours continue.

Le pouvoir érosif de ce type de ruissellement est important. L'incision permet l'évacuation rapide le long du versant, des particules, grossières. Les entailles déchaussent les pieds de mil. Les accumulations sableuses en bas de versant cause des dommages à l'agriculture (pieds mil enterrés par exemple). L'engorgement temporaire provoque également des dégâts.

On retrouve ce type de ruissellement dans de nombreux cas. Associé au ruissellement diffus en haut de pente ou sur les parties basses de certains versants, on peut noter du ruissellement concentré sur les dunes rouges en place ou arasées, sur les glacis de versants surtout lorsqu'ils sont à proximité des épandages fulviatiles. Sur les longs glacis réguliers, le ruissellement se concentre en base de versant à proximité des cuvettes comme c'est le cas sur les glacis mis en place sur le quaternaire ancien. On peut le noter localement sur les épandages en place sur le quaternaire ancien et, systématiquement sur le pourtour des cuvettes, ou le long de certains cheneaux anciens.

5 - Le ruissellement avec ravinement incipient

Ce ruissellement s'organise en écoulement saisonnier temporaire. Ce cas est peu représenté (...). Le ruissellement dans ce type est suffisamment important pour passer à un écoulement organisé qui permet l'entaille de rigoles individualisées très incisées (au moins 20 cm de profondeur) de plusieurs mètres de longueur se terminant souvent à l'aval par des épandages qui peuvent être bien développés (1 à 2 mètres sur 30 à 40 cm d'épaisseur). Certaines de ces rigoles s'anastomosent mais dans d'autres cas il y a début d'organisation d'où le terme de ravinement incipient.

LISTE DES ESPECES

Genre - espèce	Famille
<i>Acacia albida</i> Del.	Mimosaceae
<i>Acacia ataxacantha</i> D.C.	Mimosaceae
<i>Acacia laeta</i> R. Br. ex. Benth	Mimosaceae
<i>Acacia macrostachya</i> Reichenb ex. Benth	Mimosaceae
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex. Del.	Mimosaceae
<i>Acacia polyacantha</i> Willd.	Mimosaceae
<i>Acacia seyal</i> Del.	Mimosaceae
<i>Acacia tortilis</i> Forsk.	Mimosaceae
<i>Acanthospermum hispidum</i> D.C.	Compositae
<i>Achyranthes argentea</i> Lam.	Amaranthaceae
<i>Adansonia digitata</i> L.	Bombacaceae
<i>Albizia chevalieri</i> Harms.	Mimosaceae
<i>Alternanthera nodiflora</i> R. Br.	Amaranthaceae
<i>Alysicarpus glumaceus</i> (Vahl.) D.C.	Papilionaceae
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schum. et Thonn.) J. Léonard	Papilionaceae
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth.	Gramineae
<i>Andropogon pseudapricus</i> Stapf.	Gramineae
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	Annonaceae
<i>Anogeissus leiocarpus</i> (D.C.) Guill. et Perr.	Combretaceae
<i>Aristida adscensionis</i> L.	Gramineae
<i>Aristida mutabilis</i> Trin. et Rupr.	Gramineae
<i>Aristida sieberana</i> Trin.	Gramineae
<i>Aristida stipoides</i> Lam.	Gramineae
<i>Aspilia cf. helianthoides</i> (Schumach et Thonn.) Oliv. et Hiern.	Compositae
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	Zygophyllaceae
<i>Bauhinia rufescens</i> Lam.	Caesalpiaceae
<i>Becium obovatum</i> (E. Mey.) N.E. Br.	Labiatae
<i>Bidens pilosa</i> L.	Compositae
<i>Blepharis linearifolia</i> Pers.	Acanthaceae
<i>Blepharis maderaspatensis</i> (L.) Heyne ex Roth	Acanthaceae
<i>Bombax costatum</i> Pellegr. et Vuillet	Bombacaceae

<i>Borreria chaetocephala</i> D.C.	Rubiaceae
<i>Borreria radiata</i> D.C.	Rubiaceae
<i>Borreria scabra</i> (Schum. et Thonn.) K. Schum.	Rubiaceae
<i>Borreria stachydea</i> (D.C.) Hutch. & Dalz	Rubiaceae
<i>Boscia salicifolia</i> Oliv.	Capparidaceae
<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam. ex Poir.	Capparidaceae
<i>Boswellia dalzielli</i> Hutch.	Burceraceae
<i>Brachiaria distichophylla</i> (Trin.) Stapf.	Gramineae
<i>Brachiaria</i> sp.	Gramineae
<i>Brachiaria xantholeuca</i> (Hack. ex Schinz) Stapf.	Gramineae
<i>Bulbostylis barbata</i> (Rottb.) C.B. Cl.	Cyperaceae
<i>Butyrospermum paradoxum</i> (Gaertn. f.) Hepper.	Sapotaceae
<i>Cadaba farinosa</i> Forsk.	Capparidaceae
<i>Calotropis procera</i> (Ait.) Ait. f.	Asclepiadaceae
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	Sapindaceae
<i>Cassia absus</i> L.	Caesalpiniaceae
<i>Cassia italica</i> (Mill.) Lam. ex F. W. Andr.	Caesalpiniaceae
<i>Cassia mimosoides</i> L.	Caesalpiniaceae
<i>Cassia occidentalis</i> L.	Caesalpiniaceae
<i>Cassia sieberiana</i> D.C.	Caesalpiniaceae
<i>Cassia singueana</i> Del.	Caesalpinaceae
<i>Cassia tora</i> L.	Caesalpinaceae
<i>Celosia trigyna</i> L.	Amaranthaceae
<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	Gramineae
<i>Cenchrus prieurii</i> (Kunth.) Maire	Gramineae
<i>Centaurea perrottetii</i> D.C.	Compositae
<i>Centaurea senegalensis</i> D.C.	Compositae
<i>Ceratotheca sesamoides</i> Endl.	Pedaliaceae
<i>Chloris pilosa</i> Schumach.	Gramineae
<i>Chloris prieurii</i> Kuntch.	Gramineae
<i>Chrozophora brocchiana</i> Vis	Euphorbiaceae
<i>Cochlospermum tinctorium</i> A. Rich.	Cochlospermaceae
<i>Colocynthis vulgaris</i> Schrad.	Cucurbitaceae
<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	Combretaceae
<i>Combretum micranthum</i> G. Don.	Combretaceae
<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae

<i>Commelina forskalei</i> Vahl.	Commelinaceae
<i>Commelina nigritana</i> L.B. Ce.	Commelinaceae
<i>Commiphora africana</i> (A. Rich.) Engl.	Burseraceae
<i>Commiphora pedunculata</i> (Kotschy & Peyr.) Engl.	Burseraceae
<i>Corchorus tridens</i> L.	Tiliaceae
<i>Crotalaria confusa</i> Hepper.	Papilionaceae
<i>Crotalaria microcarpa</i> Hoscht. ex Benth.	Papilionaceae
<i>Crotalaria mucronata</i> Desv.	Papilionaceae
<i>Ctenium elegans</i> Kuntch.	Gramineae
<i>Ctenolepis cerasiformis</i> (Stocks.) Naud	Cucurbitaceae
<i>Cucumis melo</i> L.	Cucurbitaceae
<i>Cucumis metuliferus</i> E. Mey. ex Naud.	Cucurbitaceae
<i>Cymbopogon schoenanthus</i> (L.) Spreng.	Gramineae
<i>Cynanchum hastifolium</i> N.E. BR.	Asclepiadaceae
<i>Cynodon dactylon</i> L. Pers.	Gramineae
<i>Cyperus amabilis</i> Vahl.	Cyperaceae
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae
<i>Dactyloctenium aegyptiacum</i> (L.) P. Beauv.	Gramineae
<i>Detarium microcarpum</i> Guill. & Perr.	Caesalpinaceae
<i>Dichrostachys cinerea</i> L. Wight & Arn.	Mimosaceae
<i>Dicoma tomentosa</i> Cass.	Compositae
<i>Digitaria gayana</i> (Kunth.) Stapf ex A. chev	Gramineae
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Gramineae
<i>Diheteropogon hagerupii</i> Hitchc.	Gramineae
<i>Dinebra retroflexa</i> (Vahl.) Panz	Gramineae
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A.D.C.	Ebenaceae
<i>Dolichos daltoni</i> Webb.	Papilionaceae
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Gramineae
<i>Endostemon tereticaulis</i> (Poir.) M. Ashby.	Labiatae
<i>Entada africana</i> Guill. & Perr.	Mimosaceae
<i>Eragrostis atrovirens</i> (Desf.) Trin. ex Steud.	Gramineae
<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R. Br.	Gramineae
<i>Eragrostis elegantissima</i> Chiov.	Gramineae
<i>Eragrostis gangetica</i> (Roxb.) Steud.	Gramineae
<i>Eragrostis pilosa</i> (L.) P. Beauv.	Gramineae
<i>Eragrostis squamata</i> (Lam.) Steud.	Gramineae

<i>Eragrostis tremula</i> Hochst. ex. Steud.	Gramineae
<i>Euphorbia aegyptiaca</i> Boiss.	Euphorbiaceae
<i>Euphorbia balsamifera</i> Ait.	Euphorbiaceae
<i>Euphorbia convulvuloïdes</i> Hochst. ex Berth.	Euphorbiaceae
<i>Euphorbia polycnemoïdes</i> Hochst. ex. Boiss.	Euphorbiaceae
<i>Evolvulus alsinoïdes</i> L.	Convolvulaceae
<i>Feretia apondonthera</i> Del.	Rubiaceae
<i>Fimbristylis hispidula</i> (Vahl) Kunth.	Cyperaceae
<i>Gisekia pharmacioïdes</i> L.	Aizoaceae
<i>Gloriosa superba</i> L.	Liliaceae
<i>Grewia bicolor</i> Juss.	Tiliaceae
<i>Grewia flavescens</i> Juss.	Tiliaceae
<i>Grewia villosa</i> Willd.	Tiliaceae
<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	Combretaceae
<i>Gymnema sycostre</i> (Retz.) Schultes	Asclepiadaceae
<i>Hackelochloa granularis</i> (L.) O. Ktze.	Gramineae
<i>Hermannia tigreensis</i> Hochst. ex. A. Rich	Sterculiaceae
<i>Hibiscus asper</i> Hook. f.	Malvaceae
<i>Hibiscus micranthus</i> L.f.	Malvaceae
<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	Malvaceae
<i>Hyphaene thebaica</i> (L.) Mart.	Palmae
<i>Indigofera aspera</i> Perr. ex D.C.	Papilionaceae
<i>Indigofera astragalina</i> D.C.	Papilionaceae
<i>Indigofera diphylla</i> Vent.	Papilionaceae
<i>Indigofera leptoclada</i> Harms.	Papilionaceae
<i>Indigofera nummulariifolia</i> (L.) Livera. ex Alston.	Papilionaceae
<i>Ipomoea pest-tigridis</i> L.	Convolvulaceae
<i>Indigofera pilosa</i> Poir.	Papilionaceae
<i>Indigofera prioureana</i> Guill. & Perr.	Papilionaceae
<i>Indigofera strobilifera</i> (Hochst.) Hochst. ex Bak.	Papilionaceae
<i>Indigofera tinctoria</i> L.	Papilionaceae
<i>Ipomoea pileata</i> Roxb.	Convolvulaceae
<i>Ipomoea vagans</i> Bak.	Convolvulaceae
<i>Jacquemontia tannifolia</i> (L.) Griseb.	Convolvulaceae
<i>Kedrostis foetidissima</i> (Jacq.) Cogn.	Cucurbitaceae
<i>Khaya senegalensis</i> (Desv.) A. Juss.	Meliaceae

<i>Kohautia senegalensis</i> Cham. & Schecht.	Rubiaceae
<i>Kyllinga erecta</i> Schumach.	Cyperaceae
<i>Kyllinga squamulata</i> Tonn. ex Vahl.	Cyperaceae
<i>Lagenaria siceraria</i> (Molina.) Standl.	Cucurbitaceae
<i>Lannea acida</i> A. Rich.	Anacardiaceae
<i>Lannea microcarpa</i> Engl. & K. Krausse.	Anacardiaceae
<i>Leonotis africana</i> (P. Beauv.) Briq.	Labiatae
<i>Lepidagathis anobrya</i> Nees.	Acanthaceae
<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.	Asclepiadaceae
<i>Leptadenia pyrotechnica</i> (Forshk.) Decne	Asclepiadaceae
<i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) Ait. F.	Lamiaceae
<i>Liliaceae</i> sp.	Liliaceae
<i>Limeum pterocarpum</i> (Gay.) Heimeil.	Molluginaceae
<i>Louletia hordeiformis</i> (Stapf.) Hubb.	Gramineae
<i>Maerua angolensis</i> D.C.	Capparidaceae
<i>Maerua crassifolia</i> Forsk.	Capparidaceae
<i>Merremia pinnata</i> (Hochst. ex Choisy) Hallier. f.	Convolvulaceae
<i>Merremia tridentata</i> (L.) Hallier. f.	Convolvulaceae
<i>Mimosa pigra</i> L.	Mimosaceae
<i>Mitracarpus scaber</i> Zucc.	Rubiaceae
<i>Momordica balsamina</i> L.	Cucurbitaceae
<i>Monechma ciliatum</i> (Jac.) Milne - Redhead.	Acanthaceae
<i>Mukia maderaspatana</i> L.M.J. Roem.	Cucurbitaceae
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Lamiaceae
<i>Ocimum cf. canum</i> Sims.	Labiatae
<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	Rubiaceae
<i>Pandiaka involucrata</i> (Moq.) Hook. f.	Amaranthaceae
<i>Panicum heterostachyum</i> Hack.	Gramineae
<i>Panicum nigerense</i> Hitchc.	Gramineae
<i>Panicum subalbidum</i> Kunth.	Gramineae
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Benth.	Mimosaceae
<i>Pavonia hirsuta</i> Guill. & Perr.	Malvaceae
<i>Pennisetum americanum</i> (L.) K. Schum.	Gramineae
<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	Gramineae
<i>Pennisetum violaceum</i> (Lam.) L. Rich.	Gramineae
<i>Pergularia tomentosa</i> L.	Asclepiadaceae

<i>Peristrophe bicalyculata</i> (Retz.) Ness.	Acanthaceae
<i>Phyllanthus maderaspatensis</i> L.	Euphorbiaceae
<i>Phyllanthus pentandrus</i> Schum. & Thonn.	Euphorbiaceae
<i>Physalis angulata</i> L.	Solanaceae
<i>Piliostigma reticulatum</i> (D.C.) Hochst.	Caesalpiniaceae
<i>Polycarpaea eriantha</i> Hochst. ex. Rich.	Caryophyllaceae
<i>Polycarpaea linearifolia</i> (D.C.) D.C.	Caryophyllaceae
<i>Polygala arenaria</i> Willd.	Polygalaceae
<i>Polygala irregularis</i> Boiss.	Polygalaceae
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae
<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	Mimosaceae
<i>Pupalia lappacea</i> (L.) Juss.	Amaranthaceae
<i>Schizachyrium exile</i> (Hoscht) Pilger.	Gramineae
<i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth.	Gramineae
<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.	Anacardiaceae
<i>Sebastiania chamaelea</i> (L.) Müll. arg.	Euphorbiaceae
<i>Securidaca longepedunculata</i> Fres	Polygalaceae
<i>Sesamum alatum</i> Thonn.	Pedaliaceae
<i>Sesbania dalzielli</i> Phill. & Hutch.	Papilionaceae
<i>Setaria palidifusca</i> Stepf. & Hubb.	Gramineae
<i>Sida cordifolia</i> L.	Malvaceae
<i>Solanum incanum</i> L.	Solanaceae
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.	Gramineae
<i>Sporobolus granularis</i> Mez.	Gramineae
<i>Sporobolus spicatus</i> (Vahl.) Kunth.	Gramineae
<i>Sterculia setigera</i> Del.	Sterculiaceae
<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.	Bignoniaceae
<i>Striga asiatica</i> (L.) O. Ktze.	Scrofulariaceae
<i>Striga hermonthica</i> (Del.) Benth.	Scrofulariaceae
<i>Striga macrantha</i>	Scrofulariaceae
<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	Loganiaceae
<i>Stylosanthes mucronata</i> Willd.	Papilionaceae
<i>Tamarindus indica</i> L.	Caesalpiniaceae
<i>Tephrosia bracteolata</i> Guill. & Perr.	Papilionaceae

<i>Tephrosia linearis</i> (Willd.) Pers.	Papilionaceae
<i>Tephrosia lupinifolia</i> D.C.	Papilionaceae
<i>Tephrosia purpurea</i> (L.) Pers.	Papilionaceae
<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr.	Combretaceae
<i>Thelepogon elegans</i> Roth. ex Roen. & Schvlt.	Gramineae
<i>Tribulus terrestris</i> L.	Zygophyllaceae
<i>Trichoneura mollis</i> (Kunth.) Ekmann.	Gramineae
<i>Triumfetta pentandra</i> A. Rich.	Tiliaceae
<i>Vernonia ambigua</i> Kotschy & Peyr.	Compositae
<i>Vernonia kotschyana</i> Sch.	Compositae
<i>Vernonia perrottetii</i> Sch. Bip.	Compositae
<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	Papilionaceae
<i>Vitex doniana</i> Sweet.	Verbenaceae
<i>Xeromphis nilotica</i> (Stapf.) Keay.	Rubiaceae
<i>Ximenia americana</i> L.	Oleaceae
<i>Waltheria indica</i> L.	Sterculiaceae
<i>Wissadula amplissima</i> (L.) R.E. Fries.	Malvaceae
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	Rhamnaceae
<i>Ziziphus spina-christi</i> (L.) Desf.	Rhamnaceae
<i>Zornia glochidiata</i> D.C.	Papilionaceae

LISTE DES FAMILLES

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1 - Acanthaceae | 23 - Lamiaceae |
| 2 - Aizoaceae | 24 - Liliaceae |
| 3 - Amaranthaceae | 25 - Loganiaceae |
| 4 - Anacardiaceae | 26 - Malvaceae |
| 5 - Annonaceae | 27 - Meliaceae |
| 6 - Asclepiadaceae | 28 - Mimosaceae |
| 7 - Bignoniaceae | 29 - Olacaceae |
| 8 - Bombacaceae | 30 - Palmae |
| 9 - Burceraceae | 31 - Papilionaceae |
| 10 - Caesalpiaceae | 32 - Pedaliaceae |
| 11 - Cappariaceae | 33 - Polygalaceae |
| 12 - Caryophyllaceae | 34 - Portulacaceae |
| 13 - Cochlospermaceae | 35 - Rhamnaceae |
| 14 - Combretaceae | 36 - Rubiaceae |
| 15 - Commelinaceae | 37 - Sapindaceae |
| 16 - Compositae | 38 - Sapotaceae |
| 17 - Convolvulaceae | 39 - Scrofulariaceae |
| 18 - Cucurbitaceae | 40 - Solanaceae |
| 19 - Ebenaceae | 41 - Sterculiaceae |
| 20 - Euphorbiaceae | 42 - Tiliaceae |
| 21 - Gramineae | 43 - Verbenaceae |
| 22 - Labiatae | 44 - Zygothylaceae |

RELEVÉ DE RECONNAISSANCE

Numéro	.....	2	3	4
Auteur	.....	5	6	
Année	.....	7	8	
Elément	.....	9		

Nom de la carte Date : Jour 12 13 Mois 10 11

Latitude Numéro de la carte 15 16 17 18

Longitude Auteur (s)

Département Commune

Région naturelle 21 22 23 24

Surface de l'élément % 14

Photographies noir

Photographies couleur

Pas de photographie

Surface du relevé m² 19

..... m² 20

Degrés d'ouverture des strates principales

1. Fermé	(> 90 %)	<u>52</u>
2. Peu ouvert	(75 à 90 %)	<u>53</u>
3. Assez ouvert	(50 à 75 %)	
4. Ouvert	(25 à 50 %)	
5. Très ouvert	(10 à 25 %)	
6. Extrêmement ouvert	(0 à 10 %)	
7. Totalelement ouvert	(0 %)	

Age de la roche (voir Code) 15 16 17

Réaction à CIH de la roche affleurante 19'

0. La roche n'affleure pas	
1. La roche affleurante ne fait pas effervescence	
2. Effervescence très faible	
3. Effervescence faible	
4. Effervescence forte	
5. Effervescence très forte	
6. Effervescence nettement localisée	

Formation 55

0. Zone à végétation très claire ou nulle	
1. Formation ligneuse haute dense	
2. Formation ligneuse haute assez claire	
3. Formation ligneuse haute claire	
4. Formation ligneuse basse	
5. Formation herbacée	
6. Formation complexe ligneuse	
7. Formation complexe herbacées-ligneux hauts	
8. Formation complexe herbacées-ligneux bas	
9. Formation complexe herbacées-ligneux bas et hauts	

Nature de la roche (voir Code) 20' 21' 22'

Surface couverte par :

la roche dure et les blocs	..... %	<u>25' 26'</u>
les pierrailles	..... %	<u>27' 28'</u>
la terre fine	..... %	<u>29' 30'</u>
la végétation (recouvrement basal)	..... %	<u>31' 32'</u>
la litière	..... %	<u>33' 34'</u>

Degré d'artificialisation 56

1. Végétation climacique	
2. Artificialisation faible	
3. Artificialisation assez faible	
4. Artificialisation moyenne	
5. Artificialisation assez forte	
6. Artificialisation forte	
7. Milieux artificiellement dépourvus de végétation	

1^{ère} Espèce dominante 57 58 59 60 61

2^{ème} Espèce dominante 62 63 64 65 66

Humidité apparente de la station 36'

0. Cas particuliers	
1. Station très sèche	
2. Station sèche	
3. Station assez sèche	
4. Station moyenne	
5. Station assez humide	
6. Station humide	
7. Station très humide (sol saturé)	
8. Station extrêmement humide (sol sursaturé)	

Altitude m 10 11'

Exposition 12

0. Terrain plat ou sans exposition définie	
1. N	5. S
2. NE	6. SW
3. E	7. W
4. SE	8. NW

Submersion 37'

1. Station apparemment jamais inondée	
2. Station inondable accidentellement	
3. Station submergée périodiquement (moins de 6 mois)	
4. Station submergée périodiquement (plus de 6 mois)	
5. Station toujours submergée en eau peu profonde	
6. Station toujours submergée en eau profonde	
11. Eau circulante oxygénée	
12. Eau stagnante	

Situation topographique 13'

0. Terrain plat	
1. Sommet vif (pic, arête, éperon)	
2. Escarpement (corniche)	
3. Sommet arrondi (butte, mamelon, crête, croupe)	
4. Haut de versant (talus)	
5. Mi-versant	
6. Replat	
7. Bas de versant	
8. Dépression ouverte	
9. Dépression fermée	

Hauteur de la couche d'eau de submersion 14'

0. Pas d'eau de submersion	
11. Profondeur non déterminée	
12. Profondeur très variable d'un point à un autre	

..... cm

Pente (noter en clair la valeur observée) 14'

0. 0 à 0,9 %	6. 36 à 48 %
1. 1 à 3,9 %	7. 49 à 63 %
2. 4 à 8,9 %	8. 64 à 80 %
3. 9 à 15 %	9. 81 à 99 %
4. 16 à 24 %	11. 100 à 275 %
5. 25 à 35 %	12. plus de 275 %

Profondeur de la nappe au moment du relevé (Echelle II) 14'

11. Nappe non observée

..... cm

Degré d'hydromorphie du profil

- 0 . Non déterminé
- 1 . Non hydromorphe
- 2 . Temporairement hydromorphe sans submersion
- 4 . Temporairement hydromorphe avec submersion
- 6 . A hydromorphie permanente sans submersion
- 8 . A hydromorphie permanente avec submersion en dehors de la période de végétation
- 9 . A hydromorphie permanente avec submersion pendant la saison de végétation (aquatique)

Numéro	.....	2	3	4
Auteur	.....	5	6	
Année	.....	7	8	
Élément	.....	9		

Drainage externe - Drainage interne

- | | |
|------------|------------------|
| 1 . Nul | 1 . Excessif |
| 2 . Lent | 2 . Bon |
| 3 . Moyen | 3 . Moyen |
| 4 . Rapide | 4 . Imparfait |
| | 5 . Mauvais |
| | 6 . Très mauvais |

TYPE DE SUBSTRATUM

Matériau de constitution

- 00 . Non déterminé
- 02 . Terreux
- 04 . Organo-terreux
- 06 . Organique
- 08 . Gravelo-pierreux
- 20 . Aqueux
- 90 . Rocheux

Profondeur de la couche meuble

- 11 . Profondeur non déterminée
- 12 . Profondeur très variable d'un point à un autre
..... cm

Nature de l'assise

- 0 . Non déterminée ou pas d'assise à moins de 120 cm
- 1 . Assise rocheuse
- 2 . Assise terreuse
- 3 . Assise organique
- 4 . Assise organo-terreuse
- 5 . Assise gravelo-pierreuse
- 9 . Rochers encaissants

NATURE DE L'HUMUS

Type Sous-type

Humus terrestre

- 1 . Mull
- 2 . Mull - moder
- 3 . Moder
- 4 . Mor

- 0 . Indéterminé
- 1 . Fibreux
- 2 . Dur (ou séra-)
- 3 . Sableuse (ou Crypto-)
- 4 . Grossier
- 5 . Moyen
- 6 . Fin
- 7 . Calcique
- 8 . Tourbeux
- 9 . Hydro-

Humus semi-aquatique et sous-aquatique

- 5 . Anmoor
 - 6 . Tourbe
 - 7 . Sapropel
 - 8 . Gyttja
 - 9 . Dy
 - 0 . Indéterminé
-

 (noter en clair)

Profondeur	pH	HCl	Texture	Couleur	N° du sac

TYPE PHYTO-TROPHIQUE

Degré de disponibilité des éléments nutritifs

- 0 . Non déterminé
- 1 . Oligotrophe
- 4 . Dystrophe
- 6 . Mésotrophe
- 8 . Eutrophe

TYPE DE SOL

Sol supérieur

Type (en clair) :

Profondeur : cm

Strate I.....	0 - 5cm
Strate II.....	5 - 25cm
Strate III.....	25 - 50cm
Strate IV.....	50 cm - 1 m
Strate V.....	1 - 2 m
Strate VI.....	2 - 4 m
Strate VII.....	4 - 8 m
Strate VIII.....	8 - 16 m
Strate IX.....	16 - 32 m
Strate X.....	32 et plus

ANALYSE PHYTOSOCIOLOGIQUE

Numéro.....	<input type="text"/>
Auteur.....	<input type="text"/>
Année.....	<input type="text"/>
Elément.....	<input type="text"/>

676 74		72	74	676 74		72	74
NOM DE L'ESPECE		Strate	Rec %	NOM DE L'ESPECE		Strate	Rec %
1				31			
2				32			
3				33			
4				34			
5				35			
6				36			
7				37			
8				38			
9				39			
10				40			
11				41			
12				42			
13				43			
14				44			
15				45			
16				46			
17				47			
18				48			
19				49			
20				50			
21				51			
22				52			
23				53			
24				54			
25				55			
26				56			
27				57			
28				58			
29				59			
30				60			

COMPLEMENT " RELEVÉ DE RECONNAISSANCE "

N° Relevé

* STATUT STATION

- 1 -- Champ cultivé
- 2 - Champ non cultivé
- 3 - Couloir de bétail
- 4 - Jachère jamais cultivée
- 5 - Jachère longue durée

* DISTANCE A 1 POINT D'EAU :

* PRESSION DU BÉTAIL

- 1 - Faible
- 2 - Assez faible
- 3 - Moyenne
- 4 - Assez forte
- 5 - Forte

* TRACES BÉTAIL

- 1 - Action de la dent faible
- 2 - Action de la dent moyenne
- 3 - Action de la dent forte

- 4 - Piétinement faible
- 5 - Piétinement moyen
- 6 - Piétinement fort

- 7 - Présence fumier faible
- 8 - Présence fumier moyenne
- 9 - Présence fumier forte

* ACTION DU FEU

- 1 - Nulle
- 2 - Rare
- 3 - Sporadique
- 4 - Régulière

* SURFACE SOL STATION

- 1 - Battante (4 classes)
- 2 - Latéritique
- 3 - Sableuse
- 4 - Abords termitière
- 5 - Lissée par plaques (dimensions :
(fréquence :

* NATURE DU POINT D'EAU :

* COMPOSITION BÉTAIL EXPLOITANT

- 1 - Chèvres
- 2 - Moutons
- 3 - Bovins
- 4 - Chameaux
- 5 - Anes / Chevaux

* ORIGINE DU BÉTAIL

- 1 - Familial
- 2 - Villageois
- 3 - Inter villageois (
- 4 - Transhumant

* PASSAGE DU BÉTAIL

- 1 - Journalier
- 2 - Tous les 2 jours
- 3 - Tous les 4 jours
- 4 - Hebdomadaire
- 5 - Autre

* EXPLOITATION MATIÈRES CELLULOSIQUES

- 1 - Pâturée pendant saison pluies
- 2 - Récolte de foin (
- 3 - Exploitation graminées vivaces
- 4 - Exploitation bois chauffage
- 5 - Exploitation bois d'oeuvre
- 6 - Autre

PRINCIPES DE L'ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES

Nous reproduisons ci-dessous un résumé particulièrement concis et circonstancié sur l'analyse factorielle des correspondances réalisé par P. HIERNAUX en 1975.

*Une analyse factorielle des correspondances est effectuée sur la matrice des nombres de coexistence entre les éléments des deux ensembles suivants :

- un ensemble de taxons
- l'ensemble des classes des variables choisies.

L'analyse consiste tout d'abord à calculer une distance entre les éléments pris deux à deux de chacun des ensembles. La distance entre deux éléments d'un même ensemble est fonction de la différence entre les profils distributionnels des fréquences qu'ils présentent avec les éléments de l'autre ensemble (métrique du chi 2). Ainsi un taxon, par exemple, est relié à un autre taxon par une distance qui est fonction de la ressemblance entre les profils distributionnels que les deux taxons présentent avec les classes de variable. Une représentation géométrique peut y être associée : les taxons sont représentés par les points positionnés dans un espace à autant de dimensions qu'il y a de taxons indépendants ou de classes de variables indépendantes.

"L'ensemble forme dans l'espace un "nuage" dans lequel les points sont deux à deux séparés par une distance géométrique égale, à un coefficient près, à la valeur de la distance calculée. Ce nuage apparaît comme une expression complète et exacte des affinités qui existent entre les éléments d'un ensemble et qui se déduisent des profils distributionnels présentés par ces éléments avec ceux d'un autre ensemble. La forme et la structure du nuage, son étirement sur tels ou tels axes ou plans, ses pôles de densité, traduisent l'hétérogénéité des liens unissant les éléments. Mais, le nombre très élevé des dimensions de l'espace dans lequel est défini le nuage rend indispensable une simplification de la représentation.

Cette simplification consiste à déterminer la succession des axes factoriels du nuage. Le premier de ces axes est celui qui explique un maximum de l'inertie du nuage⁽¹⁾. Les axes suivants sont des axes perpendiculaires aux précédents et qui maximisent la part d'inertie expliquée dans le reliquat de l'inertie du nuage non expliquée par les axes précédents. Le nombre total des axes est égal au nombre de dimensions de l'espace. Pour connaître la structure du nuage, il est donc intéressant de calculer la part de l'inertie totale du nuage expliquée par chacun des axes factoriels. Puis, il faut interpréter le sens des principaux axes ou celui des plans qu'il forment deux à deux.

"Cette interprétation est bâtie sur les valeurs absolues ou relatives de la participation⁽²⁾ à l'axe factoriel de chaque variable, classe ou groupe de variables, et sur la contribution relative⁽³⁾ de chaque axe à l'inertie fournie au nuage par une variable, une classe ou un groupe de variables. (Méthode utilisé par Waksman, 1974.)"

-
- (1) L'inertie expliquée par un axe est fonction du carré de la distance des points du nuage à l'axe et de la fréquence liée à chacun de ces points.
 - (2) La participation d'un élément à un axe factoriel est le produit du carré de l'abscisse de cet élément sur l'axe par la fréquence totale de l'élément. Pour juger du sens d'intervention de l'élément sur l'axe, on adjoint à la valeur ainsi calculée le signe de l'abscisse.
 - (3) Le programme informatique utilisé ne donnant pas ces valeurs, des valeurs relatives ont été calculées par rapport au total de l'inertie du nuage "expliqué" par les cinq premiers axes. Il s'agit d'une approximation contestable utilisée faute de mieux.

Principe du calcul de l'Information Mutuelle

Le calcul de l'information mutuelle entre 2 variables écologiques ou entre une variable écologique et des espèces a été proposé par GODRON M., 1966. Il utilise des modèles mathématiques élaborés à partir de la théorie de l'information.

1 - L'entropie d'une variable

Une variable L_A peut être caractérisée par son profil d'ensemble, soit le nombre de relevés présents dans chaque état de la variable.

Etats de la variable L_A	1	2	3	...	i	...	n	Total
Nombre de relevés	R(1)	R(2)	R(3)	...	R(i)	...	R(n)	NR

L'indétermination moyenne relative à l'état de la variable L_A dans un relevé peut être estimée par l'entropie $H(L_A)$ GODRON M., 1968.

$$H(L_A) = \sum_{i=1}^n \frac{R(i)}{NR} \log_2 \frac{NR}{R(i)}$$

Le même calcul peut être réalisé pour une variable L_B , présentant m états et S (j) relevés dans l'état j.

2 - L'entropie de 2 variables

Les relations entre 2 variables peuvent être caractérisées par la table de contingence T. $T(i, j)$ est le nombre de relevés présentant à la fois l'état i de la variable L_A et l'état j de la variable L_B .

	L	i ...	j ...	m	Total
L_A					
1		$T(1,1)$	$T(1,j)$	$T(1,m)$	$R(1)$
i		$T(i,1)$	$T(i,j)$	$T(i,m)$	$R(i)$
n		$T(n,1)$	$T(n,j)$	$T(n,m)$	$R(n)$
TOTAL		$S(1)$	$S(j)$	$S(m)$	NR

Table de contingence T entre les variables L_A et L_B

L'indétermination moyenne relative à la présence d'un état de L_A et L_B :

$$H(L_A, L_B) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{T(i,j)}{NR} \log_2 \frac{NR}{T(i,j)}$$

L'égalité entre l'entropie $H(L_A, L_B)$ et la somme des entropies $H(L_A)$ et $H(L_B)$ n'est possible que si L_A est strictement indépendante de L_B , avec la relation :

$$\frac{T(i,j)}{NR} = \frac{R(i)}{NR} \times \frac{S(j)}{NR}$$

L'inégalité, traduisant une certaine redondance ou lien entre les variables, s'exprime par :

$$H(L_A, L_B) \leq H(L_A) + H(L_B) \quad (1)$$

3 - L'information mutuelle entre 2 variables

L'inégalité (1) signifie que la connaissance de l'état dans lequel se trouve la variable L_A apporte une certaine information sur la variable L_B . Cette information peut être mesurée par une différence d'entropie :

$$IM_{L_A, L_B} = H(L_A) + H(L_B) - H(L_A, L_B)$$

L'information mutuelle $H(IM)$ est, au plus, égale à la plus petite des entropies $H(L_A)$ et $H(L_B)$.

Enfin, l'information mutuelle apportée par une variable sur une autre ne peut être supérieure à l'indétermination de cette dernière :

$$IM_{L_A, L_B} \leq \min (H(L_A), H(L_B)).$$

Les mêmes principes sont appliqués dans le calcul de l'information mutuelle entre une variable et une espèce.

Essai sur les desequilibres ...
1980 TS-04.001263



CNPM-1755-1