

*NOTES TECHNIQUES
DU CENTRE ORSTOM
DE N'DJAMÉNA*

N° 14

LES ACTIVITES DE L'ORSTOM
EN REPUBLIQUE DU TCHAD

2. Contribution à la connaissance
du milieu physique naturel



LA RECHERCHE DE BASE AU SERVICE DU DEVELOPPEMENT

LES ACTIVITES DE L'ORSTOM
EN REPUBLIQUE DU TCHAD

2. Contribution à la connaissance du milieu physique naturel

Depuis sa création, le Centre ORSTOM de N'Djaména n'a cessé d'apporter sa contribution à la connaissance du Bassin du Lac Tchad et de fournir ainsi des documents et des données de base utiles pour le développement du pays (cf. également Note technique n° 11).

Le Tchad présente en effet un panorama varié des climats et des milieux tropicaux et le lac constitue un ensemble naturel particulièrement remarquable. Ainsi s'expliquent la diversité des études entreprises et le soutien croissant apporté par les autorités gouvernementales à la recherche et à ses applications.

Le milieu physique naturel intéresse en priorité les activités de nombreux services techniques et organismes spécialisés qui utilisent les résultats obtenus et suscitent de nouvelles orientations.

L'Aménagement du Territoire, les Travaux Publics, la Météorologie Nationale collectent et exploitent les données hydrologiques ou géologiques. La connaissance des ressources en eau et en terres est également indispensable aux Services de l'Agriculture, des Eaux et Forêts, de la Santé publique.

L'ORSTOM dispose d'un potentiel de recherche qui lui permet de répondre aux demandes dans ce domaine ou de participer aux dispositifs nationaux ou internationaux mis en oeuvre pour les projets de développement.

Le bilan succinct présenté ici témoigne de la continuité des efforts entrepris et de la volonté de maintenir une coopération de service adaptée aux besoins régionaux.

ETUDE DES RESSOURCES EN EAU

1° LE RESEAU HYDROMETRIQUE ET LE CYCLE DE L'EAU

L'exploitation des eaux de surface nécessite la connaissance du régime des cours d'eau sur le plan statistique. Créé par l'ORSTOM en 1947, le réseau national permet, par des jaugeages réguliers, la mise à jour des dossiers des stations, la prévision des crues, le calcul des débits, l'estimation des possibilités de retenue ou de pompage et des transports solides, (cf. également Note technique n° 5). Ces données sont évidemment de première importance pour les aménagements hydro-agricoles.

Dès 1966, l'ensemble des résultats obtenus a permis la réalisation d'un document de synthèse cartographique : l'esquisse hydrologique de la République du Tchad à l'échelle du 1/1.500.000°. Parallèlement à ces observations, certains facteurs ont fait l'objet de recherches approfondies, en particulier le phénomène d'évaporation, depuis l'équateur jusqu'au désert, en collaboration avec les Centres ORSTOM du Congo et de R.C.A.. Le bilan de l'eau, ses variations saisonnières et leurs conséquences pour l'agriculture ont été ainsi définis pour les différentes zones climatiques tchadiennes.

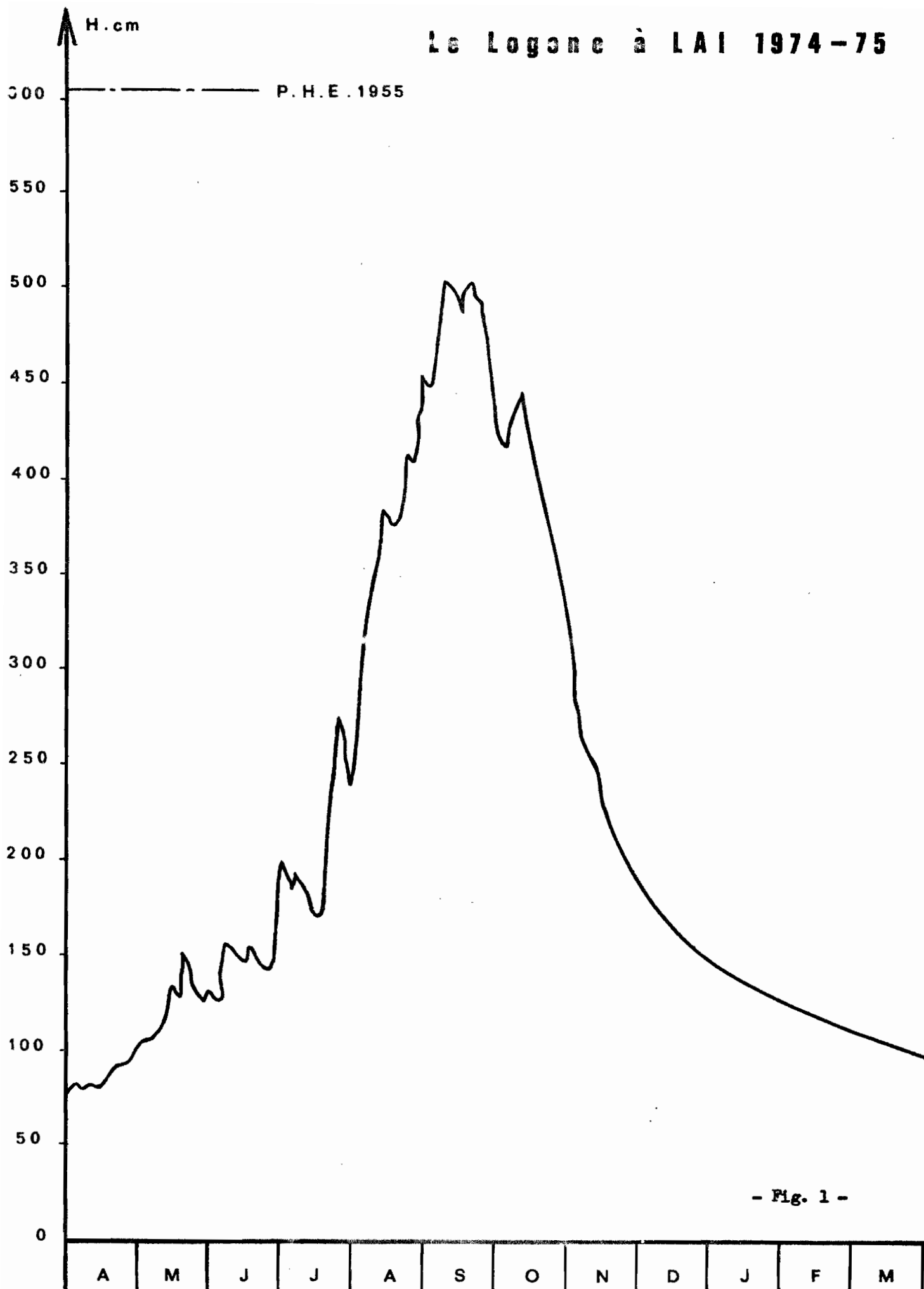
2° L'ANNUAIRE HYDROLOGIQUE

L'annuaire hydrologique, publication annuelle présentée par année hydrologique (du 1er avril au 31 mars, à cause de la répartition des pluies et de ses conséquences sur le régime des cours d'eau et du lac Tchad), fait la synthèse des données précédentes et comprend deux parties :

- a) les hauteurs d'eau journalières lues aux différentes stations (55 actuellement)
- b) les débits moyens journaliers pour certaines stations et la corrélation hauteur-débit.

Les crues sont représentées graphiquement avec le maximum connu depuis le début des observations (cf. Fig. 1)

Le Logone à LAI 1974-75



- Fig. 1 -

3° ETUDES REGIONALES ET MONOGRAPHIES

a) Monographie du Logone

Commencées en 1948, les études sur la capture du Logone, l'aménagement du Logone inférieur, ses possibilités de régularisation, ont abouti en 1953-54 aux premières éditions de la Monographie du Logone inférieur et supérieur, avec des suppléments sur les plaines avoisinantes et les déversements des affluents. Cet ensemble achevé en 1967-68, va faire l'objet d'une prochaine réédition entièrement mise à jour.

L'importance de ces travaux est essentielle : en effet, le bassin du Logone supérieur, qui se partage entre les trois républiques voisines du Tchad, du Cameroun et Centrafricaine, se prête à des ouvrages de retenue ou de régularisation. Le Logone inférieur, à partir de Laï, est soumis à des débordements systématiques et représente par excellence une zone de développement hydro-agricole.

Les hydrologues ORSTOM ont plus particulièrement étudié les possibilités d'aménagement de la zone Satégui-Deressia, des régions Eré-Loka-Tandjilé et Doba-Mandoul, de la zone de capture vers le Mayo-Kebbi et l'aménagement des chutes Gauthiot.

b) Monographie du Chari

Le Bassin du fleuve Chari, principal responsable du remplissage du lac Tchad, couvre toute la zone de transition entre le domaine tropical et le domaine désertique. Sa monographie, éditée provisoirement en 1969, a été révisée entièrement en 1974.

Cet ouvrage de base comprend l'étude des facteurs conditionnels du régime (climat et environnement), l'inventaire des équipements hydrométriques et des données de base, l'interprétation (crues, basses eaux, étude des apports et bilan annuel), et un recueil des données numériques pour les stations représen-

tatives des différentes variantes du régime. A partir de ce type de monographie, l'amélioration du réseau existant et de nombreuses études complémentaires utiles au développement régional peuvent être entreprises.

c) Monographie du lac Tchad - Bilan hydrologique et géochimique du bassin tchadien

Le lac Tchad actuel (surface moyenne : 21.000 km²) est alimenté à 90 % par les apports fluviaux (83 % pour le seul fleuve Chari). Son niveau et le bilan hydrologique des eaux sont liés également à l'évaporation et aux relations avec les nappes souterraines.

Par ailleurs, la régulation saline des eaux lacustres est un facteur important dans le peuplement biologique et de nombreux éléments dissous ou en suspension arrivent dans cette cuvette fermée provenant de l'altération et de l'érosion du bassin versant.

La monographie du lac Tchad a fait l'objet d'une première édition provisoire en 1957, puis a été achevée en 1969. Les chercheurs de l'ORSTOM ont suivi particulièrement l'évolution du lac pendant la période de sécheresse exceptionnelle 1972-73, dont les effets se font encore sentir actuellement.

De 18.000 km² en 1967, la surface en eau est passée à 9.000 km² en 1973-74, avec développement de marécages sur 5.000 km². La cuvette nord isolée, a été entièrement asséchée en octobre 1975 (Fig. 2). Malgré une évolution rapide du milieu avec le retour à des conditions climatiques plus favorables, le lac ne retrouvera pas son stade normal avant deux ou trois années.

La prochaine remise à jour de la monographie tiendra compte de ces observations (cf. également Note technique n° 8)

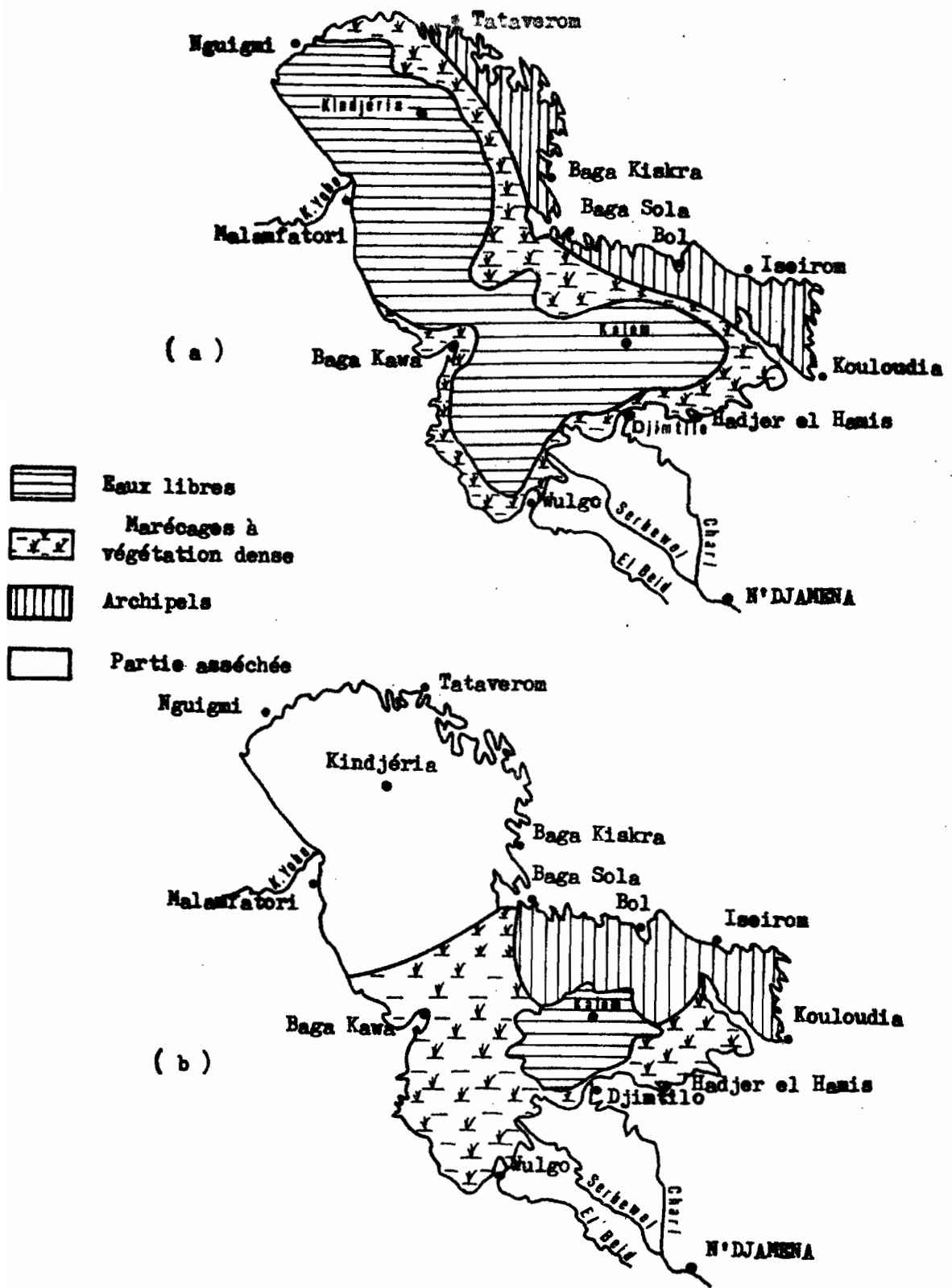


Fig. 2 - Deux aspects du Lac Tchad -

(a) - Le "grand" lac à la cote 283 m

(b) - Un "petit" lac : situation en novembre 1975

On dispose maintenant d'un grand nombre de données fondamentales sur ce réservoir naturel, et on connaît bien les mécanismes qui régissent son évolution. Les travaux de l'ORSTOM ont permis de préciser le mouvement des eaux lacustres et leur taux de renouvellement, l'estimation des pertes par évaporation et infiltration, les rapports entre le lac et les nappes bordières, le bilan des sels et les possibilités d'utilisation des eaux, la nature et la répartition des dépôts lacustres. Le lac est en réalité un système hétérogène avec de nombreuses nuances régionales, aussi bien dans l'espace que dans le temps : malgré le caractère périodique de certains phénomènes, l'histoire du lac ne se répète pas de manière cyclique ou régulière et son étude doit être poursuivie.

d) Etude de bassins versants en régions sèches

Les travaux hydrologiques ont été étendus aux régions sahé-liennes et désertiques afin de préciser les régimes d'écoulement dont la connaissance permet d'améliorer les possibilités d'alimentation des hommes et du bétail (barrages, recharge des nappes souterraines dans des régions où n'existe pas de système aquifère généralisé).

Ainsi, quinze bassins représentatifs ont été étudiés de 1956 à 1966, en particulier dans le Ouaddat, l'Ennedi, le Guéra, le Mortcha.

Comme les monographies, ces documents ont été largement utilisés par les experts d'organisations internationales et les responsables des projets d'aménagement régional (cf. en particulier les synthèses UNESCO et PNUD/FAO pour le compte de la Commission du Bassin du Lac Tchad).

4° HYDROGEOLOGIE

Après les travaux du BRGM sur la reconnaissance et les fluctuations des nappes phréatiques au Tchad (1965-69), l'ORSTOM dans le cadre d'études pluridisciplinaires sur le lac et sur l'environnement a précisé le rôle des nappes côtières et la position du lac par rapport au système hydrogéologique général de la cuvette tchadienne.

Dans cet ensemble, le lac apparait comme un point haut, mais les nappes ont subi l'influence de climats plus anciens et présentent une grande complexité de faciès chimiques, leur utilisation étant fonction de leur teneur en sels.

Plus récemment, en 1975, des travaux de l'ORSTOM ont fait le point sur les conséquences de la sécheresse exceptionnelle sur les nappes phréatiques, à la périphérie du lac au Tchad. D'importantes baisses de niveau et des zones à fortes salures ont été observées dans certains secteurs. Pour définir le mode de circulation de ces eaux souterraines et les possibilités de renouvellement des réserves, il est nécessaire de poursuivre ces observations.

GÉOPHYSIQUE ET GÉOLOGIE SÉDIMENTAIRE

1 ° ETUDE DU SOCLE ANCIEN ET DE SA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE

De 1959 à 1970, avec le concours des géophysiciens du Centre de Bangui, l'ORSTOM a réalisé le lever gravimétrique général du Bassin tchadien (30.000 stations de mesures, 250 sondages électriques). La topographie du socle ancien a ainsi été mise en évidence ainsi que l'existence d'importants remplissages sédimentaires comme la fosse de Doba et les Pays-Bas du Tchad. Ces résultats ont été depuis utilisés pour les recherches pétrolières et l'exploitation des nappes artésiennes et ont permis de situer certaines structures géologiques par rapport aux grands ensembles du continent africain.

2 ° RECHERCHES IONOSPHERIQUES ET MAGNETIQUES

De 1967 à 1974, une mission ORSTOM installée à Sahr a étudié l'Electro-jet équatorial, courant électrique est-ouest, situé à une centaine de km d'altitude, en collaboration avec des laboratoires du CNRS (Groupe de Recherches ionosphériques et Institut de Physique du globe).

L'équateur magnétique passe au nord de Sahr et à l'Electro-jet sont associées des variations du magnétisme terrestre et des caractéristiques de l'ionosphère. Ces observations ont eu une importance internationale, en particulier lors de l'éclipse totale de soleil du 30 juin 1973. Les perturbations de l'ionosphère équatoriale, en dehors de leur intérêt scientifique, ont des conséquences sur les communications radioélectriques.

3 ° RECHERCHES SEDIMENTOLOGIQUES

a) Cartographie générale

En liaison avec l'inventaire des sols, les reconnaissances de terrain ont permis d'achever en 1965 l'esquisse géologique des formations tertiaires et quaternaires du Tchad (au sud du 16° parallèle) publiée par l'ORSTOM sous forme d'une carte au 1/1.000.000°. Par rapport au socle, ces formations sédimentaires occupent de très vastes surfaces au Tchad (90 % au total) et conditionnent par leur origine et leurs constituants (cuirasses ferrugineuses, séries gréseuses, formations fluviatiles ou fluvio-lacustres) l'évolution des sols qui en dérivent.

b) La sédimentation quaternaire dans le Bassin tchadien

Les travaux menés par les géologues sur la stratigraphie et les sédiments des formations quaternaires ont permis d'aboutir en 1973 à la définition de séquences continentales associées à des variations climatiques, en particulier au cours des quarante derniers millénaires (cf. également Note technique n° 12).

L'analyse des dépôts, l'étude des diatomées et des pollens fossiles, les datations absolues au radiocarbone ont montré une série complexe de transgressions et régressions des nappes lacustres. L'évolution ancienne de ce milieu naturel permet de mieux comprendre les phénomènes actuels et ces études contribuent à l'exploitation du sous-sol et des sols dans ces régions désertiques jusqu'ici mal connues.

c) Sédimentation récente et actuelle

Les apports chimiques et mécaniques vers le lac Tchad, étudiés sur l'ensemble du bassin Logone-Chari, sont conditionnés par les altérations et la pédogénèse et liés au régime hydrologique.

La distribution et la nature des fonds du lac a pu être précisée et la genèse des dépôts a fait l'objet d'études approfondies (oolithes ferrugineuses, sédimentation et minéralogie des argiles, dépôts de calcaire).

L'ORSTOM a également réalisé le lever bathymétrique et la cartographie sédimentologique de nouveaux polders dans la région de Bol et entrepris plus récemment l'étude du delta actuel du Chari afin de compléter les recherches sur le quaternaire, en liaison avec celles sur la nappe phréatique.

Bassin continental endoreïque, la cuvette tchadienne est actuellement le siège d'une évaporation intense et par conséquent, d'une sédimentation salifère (évaporites), en particulier dans les dépressions interduinaires du Kanem. L'étude des natronières et de la genèse des dépôts salins a été entreprise en 1966 : outre leur intérêt scientifique (un nouveau minéral : la Kanémite, a été trouvé pour la première fois dans cette région), ces dépôts participent à la régulation saline du lac et ont une importance économique non négligeable. Les eaux se concentrent selon deux grandes voies évolutives (sulfatée ou carbonatée) et le dépôt de sels a pu être estimé à environ 2 millions de tonnes par an.

SCIENCES DU SOL

1° INVENTAIRE ET CARTOGRAPHIE DES SOLS DU TCHAD

a) Etudes régionales

L'inventaire général des sols a d'abord commencé par des reconnaissances et prospections régionales effectuées pour les Services de l'Agriculture et des Eaux et Forêts (fermes expérimentales, paysannats, péri-

mètres d'aménagement hydro-agricoles). Parmi ces travaux, on peut citer en particulier à partir de 1949, l'étude des sols du Mayo-Kebbi, du Moyen Logone, du Bahr-Azoum, de la zone Eré-Loka, de la plaine de Bongor, du Bahr-Ligna, des polders de Bol et Bol-Guimi, de la zone Satégui-Deressia.

b) Cartographie au 1/200.000°

La cartographie systématique de reconnaissance au 1/200.000° (cf. Fig. 3), commencée en 1959 à la demande de la Direction de l'Agriculture, a été réalisée sur financement FAC. 32 cartes ont été achevées et une est en cours : elles couvrent la plus grande partie des régions agricoles du Tchad et constituent un document de base pour le développement régional (cf. également Note technique n° 2). Chaque carte est accompagnée d'une notice explicative précisant les facteurs d'évolution et l'environnement, l'étude monographique des types de sols, les processus de pédogénèse, l'importance relative des grandes unités de sols et leurs possibilités d'utilisation.

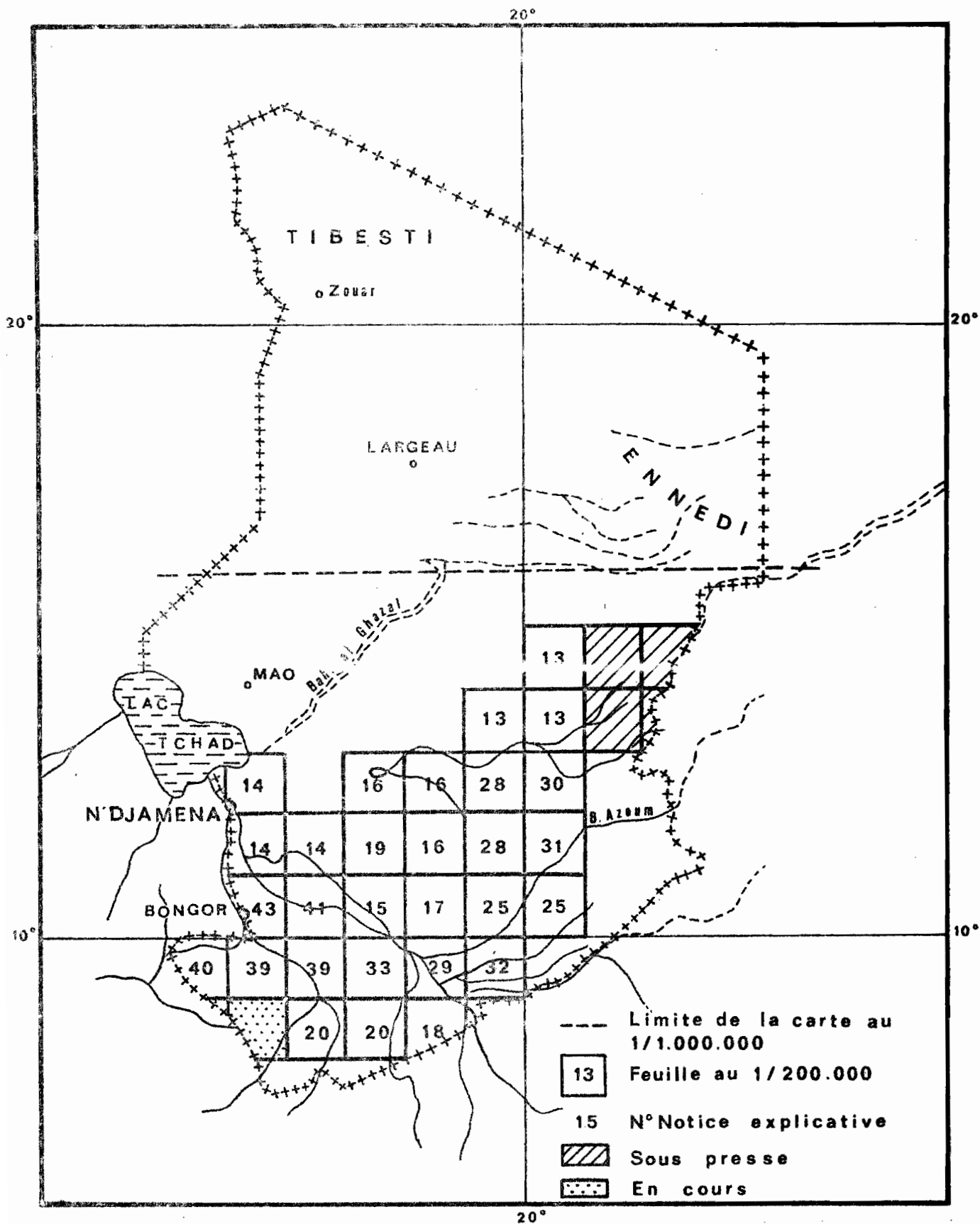
2° TRAVAUX DE SYNTHÈSE

a) Carte pédologique du Tchad au 1/1.000.000°

Cette carte de synthèse, élaborée à partir des travaux commencés en 1948, a été publiée par l'ORSTOM en 1968 et sa Notice explicative fait le point des connaissances acquises sur les sols Tchadiens jusqu'à fin 1964. Le milieu naturel, les classes de sols et les grandes régions pédologiques reflètent la zonalité climatique du pays, mais portent également la trace des climats anciens et de l'histoire sédimentaire. Ce document fait ressortir le large éventail des possibilités agricoles du Tchad, les facteurs favorables et les limitations du développement régional.

b) Utilisation des sols

Une étude générale sur les conditions d'utilisation des sols de la cuvette tchadienne a été publiée en 1969. Ce rapport de synthèse regroupe les conclusions des études antérieures et insiste sur les aptitudes culturales



CARTOGRAPHIE PEDOLOGIQUE DE RECONNAISSANCE

des sols. Entrepris dans un but essentiellement pratique, ce travail fait le point sur les grandes zones d'utilisation de la cuvette tchadienne et les sols qui y dominent. Ce souci de vulgarisation des études pédologiques aboutit à proposer des solutions aux problèmes agricoles essentiels (riz, coton, sorghos et mils, arachide). Les agronomes y trouveront des renseignements indispensables pour les projets d'aménagement.

3° RECHERCHES DE BASE

Le premier ouvrage de synthèse sur les phénomènes de pédologie dans le bassin alluvionnaire du Logone Chari a été publié en 1954 et le rôle des transgressions et régressions du lac Tchad dans la répartition des sols a ensuite été précisé (1958). Les caractéristiques générales des sols des polders du lac et leurs problèmes de mise en valeur ont été présentés dès 1959, date à laquelle paraissait le premier essai de classification des sols de la cuvette tchadienne.

A partir de 1970, les travaux de cartographie et les études fondamentales sur les processus de formation des sols, ont permis l'élaboration d'un certain nombre d'articles ou de mémoires originaux qui constituent un apport essentiel à la connaissance du milieu naturel et des sols en régions tropicales à climat contrasté.

a) Les formations sédimentaires tertiaires et quaternaires de la cuvette tchadienne et les sols qui en dérivent (1970)

La majeure partie de la cuvette tchadienne résulte de l'accumulation de matériaux sédimentaires relativement récents. Ces séries sédimentaires ont subi plusieurs pédogénèses et la zonalité des sols reflète une histoire complexe.

La ferrallitisation (ancien terme : latéritisation) traduit une altération intense et marque l'agressivité du climat dans le Sud du pays ; elle caractérise les sols les plus anciens (régions des Koros).

La ferruginisation constitue une altération moindre et se caractérise par la migration du fer et le lessivage en argile. Les sols ferrugineux tropicaux sont observés entre les isohyètes 1300 et 500 mm et sont généralement sableux.

Les sols à argiles gonflantes (vertisols) dans lesquels les alternances d'humidité et de dessiccation produisent des déformations importantes, sont particulièrement fréquents au Tchad et constituent un type particulier de sols hydromorphes, c'est à dire soumis au moins temporairement à un excès d'eau.

Au dessous de 6 à 700 mm de pluies, la matière organique graminéenne influence l'évolution des sols sur les formations sableuses : c'est la steppisation qui se développe au Tchad en zone climatique sahélo-saharienne.

Enfin, la salinisation (présence de sel), l'alcalisation (excès de sodium) ou la carbonatation (dépôts calcaires) sont des phénomènes à évolution rapide, fréquents dans les sols mal drainés, en liaison avec les caractères de la nappe phréatique.

Les diverses pédogénèses ont pu s'exercer sur les séries sédimentaires depuis le début du Tertiaire ou marquent après leur exondation les sédiments déposés pendant les périodes lacustres.

b) Génèse et évolution des sols tropicaux du Tchad (1973)

Dans les paysages, les sols ne sont pas indépendants et on observe une organisation selon des séquences topographiques d'amont en aval. Cette succession ordonnée et systématique de différents types de sol dans le paysage tchadien a fait l'objet de recherches détaillées et a été comparée à la distribution pédologique dans l'ensemble du bassin. Les phénomènes de lessivage en amont, d'accumulation en aval se traduisent par des migrations latérales de matière au sein du paysage et sont fonction des facteurs externes, en particulier de l'aridité du climat.

Ces phénomènes dynamiques conditionnent la répartition des sols et par suite la mise en valeur agricole : en climat humide, les sols lessivés dominent dans les séquences, en climat plus aride ce sont les sols alcalisés et les vertisols.

c) Etude pédologique des polders du lac Tchad (1974)

Commencées en 1958, les recherches dans ce domaine se poursuivent actuellement, mais ont fait l'objet d'une importante synthèse. Dans ce milieu continental subaride, les sédiments argileux et organiques d'origine lacustre présentent un intérêt de premier ordre pour la mise en valeur (cf. également Note technique n° 3).

Dans ce milieu naturel particulier créé par l'homme, on a pu suivre l'évolution du régime des eaux, la transformation des sédiments et la genèse des divers types de sols, la géochimie des ions et des minéraux, et par suite étudier le problème de la salure et ses conséquences agronomiques relatives à l'irrigation.

Les sédiments récents sont exceptionnellement riches en matière organique. Lors de l'aménagement d'un polder, dans une première phase, les eaux lacustres s'évaporent et déposent leurs sels. Puis le dessèchement provoque la structuration des vases et une certaine alcalisation. Intervient ensuite l'action de la végétation et de la nappe phréatique : les sols peuvent évoluer par voie saline neutre (sols bien structurés et stables, sulfatés) ou par voie alcaline (sols à structure dégradée, carbonatés). La transformation des sédiments est rapide : 20 ans pour former un sol de 2 m d'épaisseur, avec parfois des phénomènes d'affaissement importants. L'utilisation des eaux du lac Tchad pour l'irrigation des polders ne pose pas de problèmes majeurs.

d) Etudes diverses

Parmi les autres travaux de base entrepris par l'ORSTOM, il faut citer en particulier les recherches sur la dynamique saisonnière de l'eau et des éléments dans les sols ferrugineux et ferrallitiques. Ces observations

ont été poursuivies sous couvert naturel, sur sol nu et en exploitation agricole, de 1964 à 1972. Ce programme dont les données sont interprétées par traitement informatique contribue à définir l'évolution des sols sous cultures et à préciser les techniques d'exploitation.

Dans la même optique, les sols soumis à un engorgement prolongé par l'eau (sols hydromorphes) ont fait l'objet de recherches analytiques poussées, en particulier de 1968 à 1973 dans la région de Bongor-Laf. Une étude systématique des variations saisonnières a permis de fonder sur des bases solides la mise en valeur de ces sols et de prévoir les effets des aménagements hydro-agricoles. Il existe en effet des relations entre les caractères des horizons de sols, les mouvements de l'eau et la dynamique du fer, lequel constitue un excellent indicateur de l'évolution des caractères attribuables à l'hydromorphie.

ETAT D'AVANCEMENT DES TRAVAUX

1 ° PROBLEMES DE L'EAU

Sur l'ensemble du réseau hydrographique Chari-Logone et dans la région lacustre, l'année a été normale ou un peu excédentaire du point de vue des précipitations, avec des crues moyennes ou un peu supérieures à la médiane.

Les mesures sur le réseau hydrométrique ont pu être correctement assurées et l'étalonnage des stations en basses eaux a été dans certains cas précisé. L'annuaire hydrologique 1974-75 est paru. Dans le cadre d'un accord OMM/ORSTOM, l'organisation d'un Service hydrologique national a été amorcée et deux stagiaires tchadiens complètent actuellement leur formation au Centre International de Niamey. Le transfert complet du réseau devrait pouvoir être réalisé d'ici à 1980.

Les connaissances acquises sur les transports solides en suspension dans le système hydrologique, ont permis de limiter les observations au niveau de N'Djaména. Le bilan de sept années d'observations (1968-1974) a

été établi : en année sèche, les apports du Logone au lac Tchad (Kousseri) ont été bien supérieurs à ceux du Chari (Chagoua), alors qu'ils sont sensiblement égaux en année normale. La dégradation spécifique peut atteindre 60 tonnes/km²/an dans le haut bassin, mais la moyenne est beaucoup plus faible : 4 t/km²/an.

Les effets de la sécheresse se font encore sentir sur l'évolution hydrologique du lac Tchad et la cuvette Nord a été entièrement asséchée en octobre 1975 (état comparable à celui décrit en 1908). La cuvette sud semble revenue à un cycle annuel presque normal, avec un niveau suffisant pour permettre la navigation (celle-ci étant cependant difficile à cause du développement de la végétation aquatique). Les observations régulières faites de juillet 1974 à octobre 75 ont permis de faire le point sur cette évolution. Par suite d'un important développement de la végétation sur la Grande Barrière, l'eau dans la cuvette sud est en charge par rapport à la partie septentrionale du lac.

La surveillance régulière d'un réseau piézométrique est souhaitable pour une exploitation rationnelle des nappes, et devrait être étendue à la totalité de la périphérie du lac.

2° RECHERCHES SUR LES ALTERATIONS, LA SEDIMENTATION ET LES SOLS

Le bilan de l'altération et de l'érosion dans le bassin du Logone Chari est en voie d'achèvement. Ce travail de synthèse apportera, sur le plan géochimique, un complément important aux données réunies les années précédentes sur le cycle de l'eau, le bilan des sels et les dépôts évaporitiques dans la cuvette tchadienne. Les détails du mécanisme de fixation des ions majeurs dans la nature et la néoformation de certains sels ou minéraux, ont été confirmés par voie expérimentale (évaporation contrôlée des eaux diluées du Chari).

Les résultats acquis dans la géologie du quaternaire ont suscité une poursuite des travaux sur la période récente de sédimentation lacustre. L'étude du delta du Chari, en cours de réalisation, nécessite la définition de repères stratigraphiques et l'accroissement du nombre de puits et forages.

Les travaux de cartographie des sols sont poursuivis sur le plan régional (sud-ouest du Tchad) pour le développement des cultures vivrières et du coton. L'ORSTOM contribue largement à l'étude des périmètres irrigués dans la vallée du Chari et plus particulièrement dans la région de N'Djaména. Les recherches de base en pédogénèse sur les vertisols et les sols rouges tropicaux (toposéquences) sont poursuivies selon un cycle annuel d'observations.

Dans la région de Bol, l'étude des sols irrigués est menée de façon à prévoir l'évolution du sol en fonction du type de culture et des qualités de l'eau d'irrigation. Ces travaux coïncident heureusement avec le développement régional (aménagement des polders) et compléteront les résultats déjà acquis sur la dynamique des sols en milieu continental subaride.

o

o

o

Les travaux du Centre ORSTOM de N'Djaména ne concernent qu'une partie des disciplines des Sciences de la Terre, mais leur bilan au cours des dernières décennies permet de répondre aux besoins essentiels en matière d'inventaire du milieu naturel tchadien.

Ces recherches de base, orientées vers le développement, se poursuivent en collaboration avec les services gouvernementaux et les organismes spécialisés. Plus spécifiques, plus orientées que par le passé, elles s'efforcent de répondre à plusieurs objectifs :

- faire progresser la connaissance scientifique en général
 - mieux connaître le milieu naturel pour mieux l'utiliser
 - contribuer au développement des productions animales et végétales
 - fournir aux autorités tchadiennes des documents de base pour la planification régionale
 - contribuer à la formation de chercheurs et techniciens nationaux.
-

TRAVAUX DE L'ORSTOM
PRINCIPALES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Hydrologie fluviale et lacustre - Géochimie des eaux

- RODIER (J.), BOUCHARDEAU (A.) - 1950 - Rapport sur la capture du Logone. Comm.Sc. Logone-Tchad, Paris, 52 p. graph., annexes.
- BOUCHARDEAU (A.), LEFEVRE (R.) - 1957 - Monographie du lac Tchad. Tome I. ORSTOM, Paris, 112 p., 13 graph., 19 pl., 4 croquis, 1 carte HT
- BRAQUAVAL (M.R.), RODIER (J.) - 1957 - Etude d'écoulement en régime désertique. Massif de l'Ennedi et région du Nord du Mortcha (Tchad) - Campagne 1957. ORSTOM, Paris, 90 p. + annexe, 14 graph., 11 tabl., 9 croquis, 1 photo, 3 fiches de crue.
- BOUCHARDEAU (A.), TIXIER (J.) - 1958 - Etude d'écoulement en régime sahélien. Le bassin du Batha - 1956 - 1957 - 1958. ORSTOM, Fort - Lamy 82 p. ronéo.
- BILLON (B.) - 1965 - La prévision des crues du Lac Tchad. ORSTOM, Fort-Lamy, 41 p. ronéo, 16 graph., 7 tabl. d'échelles de crues.
- BILLON (B.), BOUCHARDEAU (A.), CALLEDE (J.), CARRE (P.), PIEYNS (S.) RIOU (C.), ROCHE (M.), RODIER (J.) - 1966-67 - Monographie hydrologique du Logone. ORSTOM, Paris, 6 parties, 8 tomes, 1022 p., multigr., table., graph., cartes, annexes.
- RIOU (C.) - 1967 - Le calcul de l'évaporation par la méthode du bilan énergétique en zone sahélienne. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. IV, n°2, pp. 37-46, 2 fig.
- BILLON (B.) - 1968 - Mise au point des mesures de débits solides en suspension (République du Tchad). Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. V, n°2, pp. 3-15, 5 fig.
- ROCHE (M.A.) - 1968 - Premières estimations des apports en sels au lac Tchad par le Chari. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. V, n°1, pp. 55-76, 11 fig., 5 tabl., bibliogr., annexes.
- BILLON (B.), GUISCAFRE (J.), HERBAUD (J.), OBERLIN (G.) - 1968-1969 - Monographie hydrologique du Chari. ORSTOM, Paris, 5 parties, 6 tomes, 1087 p. multigr., fig., tabl., bibliogr., cartes.
- TOUCHEBEUF De LUSSIGNY (P.) - 1969 - Monographie du Lac Tchad. ORSTOM, Paris, 2 tomes, 241 p. multigr., bibliogr., annexes.
- CARMOUZE (J.P.) - 1971 - Circulation générale des eaux dans le lac Tchad. Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., vol. V, n°3/4, pp. 191-212, 19 fig. 3 tabl., bibliogr.
- CARMOUZE (J.P.) - 1972 - Sur l'originalité de la régulation saline du lac Tchad. C.R.Acad. Sc., t. 275, pp. 18-71.
- CARRE (P.) - 1972 - Quelques aspects du régime des apports fluviaux de matériaux solides en suspension vers le lac Tchad. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. IX, n°1, pp. 19-45, 13 fig., 10 tabl., bibliogr.

- RIOU (C.) - 1972 - Etude de l'évaporation en Afrique Centrale. Tchad, RCA, Congo. Contribution à la connaissance des climats. Thèse sc, Paris, ORSTOM, multigr., 220 p.
- CARMOUZE (J.P.) - 1973 - Régulation hydrique et saline du Lac Tchad. Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., vol. VII, n°1, pp. 17-23, 3 fig., 3 tabl., bibliogr.
- ROCHE (M.A.) - 1973 - Traçage naturel salin et isotopique des eaux du système hydrologique du Lac Tchad. Thèse Sc. Paris, ORSTOM, multigr. 398 p.
- BILLON (B.) et al. - 1974 - Monographie hydrologique. Le bassin du fleuve Chari. ORSTOM, Paris, n°2, 450 p. multigr., 142 fig., 150 tabl., annexe, cartes HT.
- CHOURET (A.) et al. - 1974 - Les effets de la sècheresse actuelle en Afrique sur le niveau du Lac Tchad. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XI, n°1, pp. 35-45, 8 fig., bibliogr.
- CHOURET (A.), LEMOALLE (J.) - 1974 - Evolution hydrologique du lac Tchad durant la sècheresse 1972-1974. ORSTOM, N'Djaména, 12 p. multigr., 9 fig., 2 tabl., bibliogr.
- LEMOALLE (J.) - 1974 - Bilan des apports en fer au lac Tchad (1970-1973). Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., vol. VIII, n°1, pp. 35-40, 3 fig., bibliogr.
- CHOURET (A.) - 1975 - Les méthodes de mesures en hydrologie et leur mise en oeuvre en République du Tchad. Note technique n°5 du Centre ORSTOM de N'Djaména. 10 p. multigr., 7 fig., 1 tabl., bibliogr.
- CHOURET (A.) - 1975 - Le lac Tchad et son système d'alimentation. Conséquences des périodes de sècheresse. Note technique n°8 du Centre ORSTOM N'Djaména, 10 p., multigr., 5 fig., bibliogr.
- CARMOUZE (J.P.) - 1976 - La régulation hydrogéochimique du Lac Tchad. Contribution à l'analyse biogéodynamique d'un système lacustre endoreïque en milieu continental. Thèse Sc. Univ. Paris VI, multigr., 418 p. ORSTOM
- Annuaire hydrologiques de la France d'Outre-Mer - Années 1951-1961
- Annuaire hydrologiques de la République du Tchad - Années 1961-1975

Géologie - Hydrogéologie - Géophysique

- PIAS (J.) - 1958 - Transgressions et régressions du lac Tchad à la fin de l'ère Tertiaire et au Quaternaire. Ext. C.R.Acad.Sc. Paris, t. 246, pp. 800-803.
- MAGLIONE (G.) - 1969 - Premières données sur le régime hydrogéochimique des mares permanentes du Kanem. Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., vol. III, 1, pp. 121-141, 12 fig., 7 tabl., bibliogr.
- DUPONT (B.) - 1970 - Distribution et nature des fonds du lac Tchad (nouvelles données). Cah. ORSTOM, sér. Géol., vol. II, n°1, pp. 9-42, 17 fig., 11 tabl., 4 pl., bibliogr., annexe.

- LOUIS (P.) - 1970 - Contribution géophysique à la connaissance géologique du bassin du lac Tchad. Mém. ORSTOM n°42, Paris, 311 p., 141 fig., 3 tabl., 5 cartes, bibliogr., coupes gravimétriques et 3 cartes HT.
- FIAS (J.) - 1970 - Les formations sédimentaires, tertiaires et quaternaires de la Cuvette tchadienne et les sols qui en dérivent. Mém. ORSTOM, Paris, n°43, 407 p., 190 fig., 8 pl., 15 tabl., bibliogr., annexe, 2 cartes HT.
- ROCHE (M.A.) - 1970 - Hydrogéologie des Côtes du lac Tchad à No, Tchingam et Soro (Kanem). Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. VII, n°3, pp. 89-116.
- SERVANT (S.), SERVANT (M.), DELIBRIAS (G.) - 1970 - Chronologie du Quaternaire récent des basses régions du Tchad. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 269, pp. 1603-1606, 2 tabl.
- SERVANT (M.), SERVANT (S.) - 1970 - Les formations lacustres et les Diatomées du Quaternaire récent du fond de la Cuvette tchadienne. Rev. Géogr. Phys. Dyn., Paris, vol. XII, fasc. 1, pp. 63-76, 7 fig., bibliogr.
- SERVANT (M.) - 1970 - Données stratigraphiques sur le Quaternaire supérieur et récent au nord-est du lac Tchad. Cah. ORSTOM, sér. Géol., vol. II, n°1, pp. 95-114, 11 fig., bibliogr.
- DUPONT (B.), LEMOALLE (J.) - 1972 - Les oolithes et pseudo-oolithes ferrugineuses du lac Tchad. C.R. Séances Soc. Géol. Fr., fasc. 4, pp. 309-310, 2 fig., bibliogr.
- JOHAN (Z.), MAGLIONE (G.F.) - 1972 - La kanémite, nouveau silicate de sodium hydraté de néoformation. Bull. Soc. Fr. Minéral. Cristallogr., 95, pp. 371-382, 7 fig., 6 tabl., bibliogr.
- SERVANT (M.) - 1973 - Séquences continentales et variations climatiques. Evolution du bassin du Tchad au Cénozoïque supérieur. Thèse Sciences Paris, ORSTOM, multigr., 348 p., 105 fig., 12 pl. HT.
- MAGLIONE (G.), 1974 - Géochimie des évaporites et silicates néoformés en milieu continental confiné. Thèse Paris VI, multigr. ORSTOM, 331 p.
- MAGLIONE (G.) - 1974 - Un modèle de sédimentation évaporitique continentale actuelle : le lac Tchad et ses dépendances hydrologiques littorales. Revue Géog. phys. Géol. Dynam., vol. XVI, fasc. 2, pp. 171-176, 3 fig., 1 tabl.
- MATHIEU (P.) - 1976 - Evolution Géologique récente du Bassin du Tchad. Note technique n°12, ORSTOM N'Djaména, 12 p.

Pédologie et altérations

- ERHART (H.), PIAS (J.), LENEUF (N.) - 1952 - Etude pédologique du bassin du Moyen Logone (Tchad). ORSTOM, Paris, 145 p. ronéo, 3 cartes HT.
- FIAS (J.) - 1963 - Les sols du Moyen et Bas-Logone, du Bas-Chari, des régions riveraines du lac Tchad et du Bahr-el-Ghazal. Mém. ORSTOM, n°2, Paris, 438 p., 15 cartes (couleur).
- GUICHARD (G.), POISOT (P.) - 1964 - Notice explicative n°19, feuille de Melfi. ORSTOM, Paris, 85 p.

- MARIUS (C.) - 1964 - Notice explicative n°17, feuille de Dagela. ORSTOM, Paris, 47 p.
- MARIUS (C.), BARBERY (J.) - 1964 - Notice explicative n°18, feuille de Moussafoyo. ORSTOM, Paris, 49 p.
- PIAS (J.) - 1964 - Notice explicative n°13, feuilles d'Abéché, Biltine, Oum-Hadjer, ORSTOM, Paris, 105 p.
- PIAS (J.) - 1964 - Notice explicative n°14, feuilles de Fort-Lamy, Massenya, Mogroum. ORSTOM, Paris, 103 p.
- PIAS (J.), BARBERY (J.) - 1964 - Notice explicative n°15, feuille de Miltou. ORSTOM, Paris, 69 p.
- PIAS (J.), POISOT (P.) - 1964 - Notice explicative n°16, feuilles de Bokoro, Guéra, Mongo. ORSTOM, Paris, 146 p.
- BOUTEYRE (G.) - 1965 - Notice explicative n°20, feuilles de Koumra, Moundou. ORSTOM, Paris, 109 p.
- PIAS (J.), BARBERY (J.) - 1965 - Notice explicative n°25, feuilles du Lac Iro, Djouna. ORSTOM, Paris, 98 p.
- MARIUS (C.), BARBERY (J.) - 1967 - Notice explicative n°29, feuille Archambault. ORSTOM, Paris, 40 p.
- PIAS (J.), POISOT (P.) - 1967 - Notice explicative n°28 feuilles d'Abou-Deia, Mangalmé. ORSTOM, Paris, 118 p.
- AUDRY (P.), BOCQUIER (G.), BARBERY (J.) - 1968 - Notice explicative n°30 feuille Am-Dam. ORSTOM, Paris, 102 p.
- AUDRY (P.) - 1968 - Notice explicative n°31, feuille Am-Timan. ORSTOM, Paris, 92 p.
- BOCQUIER (G.), BARBERY (J.) - 1968 - Notice explicative n°32, feuille Singako. ORSTOM, Paris, 114 p.
- CHEVERRY (C.) - 1968 - Note sur la fertilité des sols des polders de Bol après dix années de mise en culture. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. V, n°2, pp. 117-135.
- AUDRY (P.), POISOT (P.) - 1969 - Notice explicative n°33, feuille de Niellim. ORSTOM, Paris, 113 p.
- DABIN (B.) - 1969 - Etude générale des conditions d'utilisation des sols de la cuvette tchadienne. ORSTOM, Paris, 199 p., 24 fig., 9 tabl., bibliogr.
- CHEVERRY (C.), FROMAGET (M.) - 1970 - Notice explicative n°40, feuille de Léré. ORSTOM, Paris, 88 p.
- CLAVAUD (G.), SAYOL (R.) - 1970 - Notice explicative n°42, feuille de Bousso. ORSTOM, Paris, 69 p.
- PIAS (J.) - 1970 - Notice explicative. Carte pédologique du Tchad au 1/1 000 000. ORSTOM, Paris, 167 p., 14 fig., 6 tabl., bibliogr., annexes, 2 cartes HT.
- VIZIER (J.F.) - 1970 - Etude des phénomènes d'hydromorphie et de leur déterminisme dans quelques types de sols du Tchad. Variations du potentiel d'oxydoréduction et des teneurs en fer ferreux dans des horizons hydromorphes caractéristiques soumis en laboratoire à une submersion prolongée. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. VIII, n°1, pp. 37-47, 4 fig., 9 tabl., bibliogr. annexe.

VIZIER (J. F.), FROMAGET (M.) - 1970 - Notice explicative n°39, feuilles de Fianga - Laï. ORSTOM, Paris, 88 p.

VIZIER (J. F.), SAYOL (R.) - 1970 - Notice explicative n°43, feuille de Bongor. ORSTOM, Paris, 62 p.

BOCQUIER (G.) - 1971 - Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. IX, n°4, pp. 509-515.

CHEVERRY (C.) - 1971 - Etude des sols de deux polders de Bol-Guini et Bol Bérin dans leurs relations avec la nappe phréatique sous-jacente. ORSTOM, Fort-Lamy, 92 p., 13 pl., 4 tabl., bibliogr. annexes, 13 tabl., 16 cartes HT.

VIZIER (J. F.) - 1971 - Etude de l'état d'oxydoréduction du sol et de ses conséquences sur la dynamique du fer dans les sols hydromorphes. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. IX, n° 4, pp. 373-397, 1 fig., 2 tabl., bibliogr.

BOCQUIER (G.) - 1973 - Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Mém. ORSTOM, n°62, 350 p., 102 fig., 4 pl. HT.

CHEVERRY (C.), 1974 - Contribution à l'étude pédologique des polders du lac Tchad. Dynamique des sels en milieu continental subaride dans des sédiments argileux et organiques. ORSTOM, 275 p., 5 pl. Thèse Univ. Pasteur Strasbourg.

HERVIEU (J.), 1974 - La cartographie des sols et la notion de régionalité. Ses applications au Tchad. Note technique n°2, ORSTOM N'Djaména, 8 p. multigr., 1 fig., bibliogr.

VIZIER (J. F.) - 1974 - Contribution à l'étude des phénomènes d'hydromorphie. Recherche de relations morphogénétiques existant dans un type de séquence de sols hydromorphes peu humifères au Tchad. 1ère partie : Etude des caractères morphologiques et analytiques des sols de la séquence de Gole. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XII, n°2, pp. 171-206, 15 fig., 6 tabl., 3 pl. 2ème et 3ème parties. Cah. ORSTOM, sér. Pédol. vol. XII, n°3 - 4, pp. 211-266, 39 fig., 29 tabl., bibliogr.

RIEU (M.) - 1975 - Les polders du lac Tchad. Milieu naturel et formation des sols, conséquences de la sécheresse. Note technique n°3, ORSTOM N'Djaména, 15 p. multigr., 2 fig., bibliogr.

TOBIAS (C.) - 1976 - Utilisation du sol et possibilité d'irrigation dans la région de N'Djaména. Note technique n°13, ORSTOM N'Djaména, 14 p. multigr.

NOTES TECHNIQUES DEJA PARUES

- N° 1 - L'ensemble Yaérés - Bas-Chari - Lac Tchad et la production piscicole au Tchad -
par A.ILTIS
- N° 2 - La cartographie des sols et la notion de régionalité -
Ses applications au Tchad -
par J.HERVIEU
- N° 3 - Les polders du Lac Tchad - Milieu naturel et formation des sols -
Conséquences de la sècheresse -
par M.RIEU
- N° 4 - Les ressources en protéines au Tchad - Disponibilités et
orientations nouvelles -
par A.CORNU
- N° 5 - Les méthodes de mesures en hydrologie et leur mise en oeuvre
en République du Tchad -
par A.CHOURET
- N° 6 - Les poissons du fleuve Chari - Clef de détermination -
par L.LAUZANNE
- N° 7 - Mils et Sorghos du Tchad - Caractères, sélection et exigences
culturales -
par S.ASSEGNINO et J.HERVIEU
- N° 8 - Le Lac Tchad et son système d'alimentation - Conséquences des
périodes de sècheresse -
par A.CHOURET
- N° 9 - Effets de la sècheresse sur les peuplements de poissons dans
le lac Tchad et le Delta du Chari -
par V.BENECH
- N° 10 - Les techniques de pêche pratiquées dans la région du lac Tchad
et du Bas-Chari -
par J.FRANC
- N° 11 - Les activités de l'ORSTOM en République du Tchad
1) Historique - Organisation - Fonctionnement
- N° 12 - Evolution géologique récente du bassin du Tchad -
par P.MATHIEU
- N° 13 - Utilisation du sol et possibilités d'irrigation dans la région
de N'Djaména -
par C.TOBIAS