

**Banque Mondiale
Programme des nations Unies
pour le Développement
Banque Africaine de Développement
Ministère Français de la Coopération**

Evaluation Hydrologique de l'Afrique Sub-Saharienne Pays de l'Afrique de l'Ouest

Rapport de Pays : TCHAD

Août 1992

**Mott MacDonald
International
Cambridge, UK**

**BCEOM
Montpellier
France**

**SOGREAH
Grenoble
France**

**ORSTOM
Montpellier
France**

PREFACE

Cette étude est la troisième tranche de l'évaluation hydrologique régionale de l'Afrique Sub-Saharienne financée par le PNUD (Projet Nr RAF/87/030), la Banque Africaine de Développement et le Fonds de la République Française d'Aide et de Coopération. L'Etude a porté sur 23 pays de l'Afrique de l'Ouest et a débuté en septembre 1990. Les pays furent visités par les membres de l'équipe d'étude entre novembre 1990 et novembre 1991. Le temps global consacré à chaque pays a été de six semaines en moyenne, dont la moitié au bureau des consultants. Dans 17 pays, ces derniers ont été aidés par le CIEH. L'organisation de l'étude a fait que les évaluations ont été entreprises par le personnel de MOTT MacDonald International, le BCEOM, la SOGREAH, l'ORSTOM et plusieurs consultants locaux de la région. Dès le début tous les efforts ont été faits pour donner une certaine cohérence à l'approche et à l'homogénéité de l'évaluation.

Le but du projet était d'évaluer l'état des systèmes de collecte de données hydrologiques existantes, et de formuler des recommandations, afin d'améliorer la performance de ces systèmes, l'objectif final étant d'assister les pays dans l'établissement ou l'amélioration de bases de données hydrologiques fiables pour des objectifs de planification et d'évaluation des programmes et projets de développement des ressources en eau. Le but était d'identifier les zones où l'aide internationale serait requise , et de développer ces recommandations dans des propositions de projets sous une forme convenant aux bailleurs de fonds.

Les évaluations nationales, recommandations et propositions de projets identifiées ont été publiées dans les rapports nationaux. De plus, un rapport régional complète les rapports par pays sur les aspects de l'étude qui nécessitent une évaluation au niveau régional ou d'un grand bassin. Il résume également les caractéristiques communes des évaluations nationales et inclut des propositions de projets pour les activités qui couvrent tout ou partie d'une région.

Le présent rapport a été réalisé à partir des informations et documents rassemblés durant la mission au Tchad effectuée du 3 au 24 juin 1991.

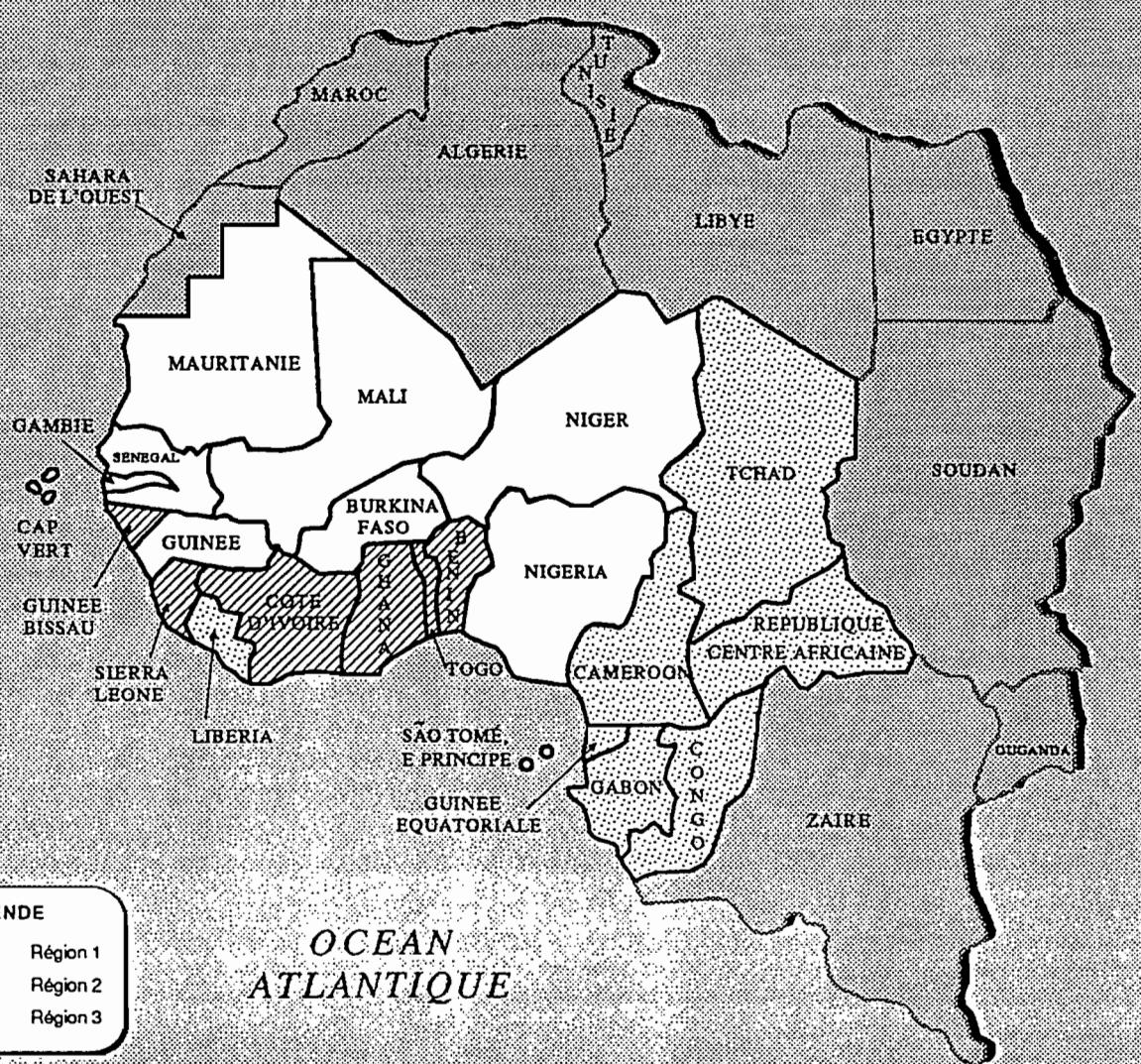
L'ensemble des données concernant les eaux souterraines ont été recueillies et analysées par la Société SOGREAH. Les informations concernant la climatologie et les eaux de surface ont été collectées et étudiées par l'ORSTOM.

Nous souhaitons remercier vivement l'ensemble des personnalités rencontrées, trop nombreuses pour être citées ici individuellement mais qui ont toutes, par leur aide précieuse et à des titres divers, contribué au succès de la mission au Tchad.

Evaluation Hydrologique de l'Afrique Sub-Saharienne



Pays de l'Afrique de l'Ouest - Groupe III



SOMMAIRE

CHAPITRE 1 DONNEES GENERALES	1-1
1.1 Géographie	1-1
1.2 Population	1-5
1.3 Santé	1-10
1.4 Education	1-11
1.5 Economie	1-12
1.5.1 Activités du secteur primaire	1-13
1.5.2 Activités du secteur secondaire	1-14
1.5.3 Secteur tertiaire	1-16
1.5.4 Finances publiques	1-17
1.6 Climat	1-18
1.6.1 Zones climatiques	1-18
1.6.2 Précipitations	1-21
1.7 Géologie	1-24
1.7.1 Cadre géologique général	1-24
1.7.2 Description résumée des grandes formations géologiques	1-24
1.7.3 Aperçu sur la structure géologique du Tchad	1-26
1.8 Hydrologie	1-27
1.8.1 Bassin du Chari	1-28
1.8.2 Bassin du Logone	1-28
1.8.3 Lac Tchad	1-29
1.8.4 Bassin du Ba Tha	1-30
1.8.5 Bassin du Mayo Kebbi	1-31
1.8.6 Bassins subdésertiques et désertiques du Nord-Tchad	1-31
1.9 Hydrogéologie	1-34
1.9.1 Hydrogéologie du Nord du Tchad (B.E.T)	1-34
1.9.2 Aquifères des bassins crétacés	1-35
1.9.3 Aquifères du Continental Terminal (C.T.)	1-35
1.9.4 Aquifères du Pliocène	1-36
1.9.5 Aquifères du Quaternaire	1-37
1.9.6 Résumé de l'Hydrogéologie des massifs anciens	1-39
1.9.7 Résumé des caractéristiques des aquifères du Tchad	1-39
1.9.8 Alimentation des aquifères	1-48
1.9.9 Qualité des eaux souterraines	1-50

CHAPITRE 2 RESSOURCES EN EAU	2-1
2.1 Evaluation des ressources en eaux de surface	2-2
2.1.1 Fleuves et Rivières	2-2
2.1.2 Lacs	2-10
2.2 Précipitations	2-12
2.3 Evaluation des ressources en eau souterraine	2-12
2.3.1 Evaluation de la ressource globale	2-12
2.3.2 Potentialités des ressources	2-13
2.3.3 Evaluation de la ressource dans les aquifères des polders	2-14
2.3.4 Evaluation de la ressource dans les sables dunaires du lac	2-14
2.3.5 Evaluation de la ressource en zone de socle	2-15
2.3.6 Insuffisance des données pour établir un bilan précis	2-15
2.4 Utilisation des ressources en eau	2-16
2.4.1 Alimentation des populations	2-16
2.4.2 Irrigation	2-21
2.4.3 Elevage	2-24
2.4.4 Industrie	2-25
2.4.5 Conclusion sur l'utilisation actuelle des eaux souterraines du Tchad	2-25
CHAPITRE 3 CLIMAT	3-1
3.1 Organisation et gestion	3-1
3.1.1 Organismes	3-1
3.1.2 Projet internationaux et nationaux	3-3
3.1.3 Personnel et formation	3-7
3.1.4 Budget de la DREM	3-10
3.2 Données climatologiques	3-11
3.2.1 Réseau climatologique	3-11
3.2.2 Equipement	3-20
3.2.3 Entretien et soutien aux stations d'observation sur le terrain	3-23
3.2.4 Traitement des données	3-23
3.2.5 Disponibilité des données et publications	3-29

3.3 Données pluviométriques	3-34
3.3.1 Réseau pluviométrique	3-34
3.3.2 Equipement	3-41
3.3.3 Entretien et soutien sur le terrain	3-41
3.3.4 Traitement des données	3-42
3.3.5 Qualité des données	3-42
CHAPITRE 4 EAUX SUPERFICIELLES	4-1
4.1 Organisation et gestion	4-1
4.1.1 Service Hydrologique	4-1
4.1.2 Autres organisations	
4.1.3 Personnel et formation	4-3
4.1.4 Budget	4-8
4.2 Données hydrologiques	4-10
4.2.1 Réseau hydrométrique	4-10
4.2.2 Méthode de mesure des débits	4-25
4.2.3 Equipement	4-26
4.2.4 Entretien et soutien sur le terrain	4-27
4.2.5 Traitement des données	4-28
4.2.6 Qualité des données	4-30
4.2.7 Disponibilité des données	4-45
4.3 Transport solide	4-52
4.4 Qualité des eaux	4-54
CHAPITRE 5 EAUX SOUTERRAINES	5-1
5.1 Organisation et gestion	5-1
5.1.1 Direction de Recherches Géologiques et Minières	5-1
5.1.2 Bureau de l'Eau	5-5
5.1.3 Office National de l'Hydraulique Pastorale et Villageoise (ONHPV)	5-9
5.1.4 Société Tchadienne d'Eau et d'Electricité (STEE)	5-18
5.1.5 Autres Organisations	5-20
5.2 Données géologiques	5-27
5.2.1 Cartographie géologique	5-27
5.2.2 Documentation géologique	5-29

5.3 Données hydrogéologiques	5-30
5.3.1 Cartographie des aquifères	5-30
5.3.2 Données de base hydrogéologiques	5-30
5.3.3 Données piézométriques	5-35
CHAPITRE 6 EXPERTISE ET EVALUATION	6-1
6.1 Besoins en données	6-1
6.1.1 Besoins en données climatologiques et pluviométriques	6-1
6.1.2 Besoins en données concernant le régime hydrologique et la qualité des eaux de surface	6-4
6.1.3 Besoins en données pour l'évaluation des ressources en eaux souterraines	6-7
6.2 Expertise et évaluation sur la pluviométrie	6-13
6.2.1 Evaluation générale	6-13
6.2.2 Situation actuelle	6-13
6.2.3 Besoins à venir	6-14
6.3 Climat	6-15
6.3.1 Evaluation générale	6-15
6.3.2 Situation actuelle	6-17
6.3.3 Besoins à venir	6-17
6.4 Hydrologie	6-18
6.4.1 Réseau hydrométrique	6-18
6.4.2 Traitement et disponibilités des données	6-21
6.4.3 Matériel hydrométrique et véhicules	6-21
6.4.4 Personnel	6-22
6.4.5 Aspects budgétaires et institutionnels	6-22
6.4.6 Conclusion : Adéquation aux besoins actuels et futurs	6-23
6.5 Hydrogéologie	6-24
6.5.1 Situation actuelle de l'organisation et de la gestion du secteur eau souterraine	6-24
6.5.2 Evaluation des données hydrogéologiques	6-29
CHAPITRE 7 RECOMMANDATIONS	7-1
7.1 Description du niveau de changement nécessaire	7-1
7.1.1 Cadre institutionnel	7-1
7.1.2 Recommandations pour la coordination du secteur eau souterraine	7-1
7.1.3 Nécessité d'une politique de l'eau	7-2
7.1.4 Recommandations pour la gestion des données	7-3

7.1.5 Code de l'eau	7-3
7.1.6 Recommandations pour l'AEP et l'assainissement du centre urbain de N'Djaména	7-3
7.1.7 Programme d'activités prioritaires à mettre en oeuvre par la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement	7-4
 7.2 Pluviométrie et climat	7-5
7.2.1 Structure gestionnaire	7-5
7.2.2 Réseaux	7-5
7.2.3 Données	7-6
 7.3 Eaux superficielles	7-6
7.3.1 Structure organisationnelle	7-7
7.3.2 Réseau	7-7
7.3.3 Données	7-9
7.3.4 Conclusion : Présentation des fiches projets	7-11
 7.4 Eaux souterraines	7-12
7.4.1 Structure organisationnelle	7-12
7.4.2 Recommandations concernant les données hydrogéologiques	7-15
 7.5 Projets identifiés	7-22

LISTES DES ANNEXES

ANNEXE A : TERMES DE REFERENCE SPECIFIQUES AU TCHAD

ANNEXE B : DOCUMENTS DE PROJET TCHAD

ANNEXE C : BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE D : DISPONIBILITES DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES ET DES DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES

ANNEXE E : LISTE DES ORGANISMES ET SERVICES VISITES LORS DE LA MISSION AU TCHAD

ANNEXE F : DONNEES DE BASE HYDROGEOLOGIQUES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.2.1 - Densité de population et superficie du territoire par préfecture (1988)	1-6
Tableau 1.2.2 - Taux de natalité, fécondité et mortalité	1-8
Tableau 1.2.3 - Population des grands centres	1-9 à 1-10
Tableau 1.5.1 - Production vivrière (en tonnes)	1-13
Tableau 1.5.2 - Effectif du cheptel tchadien (en milliers de têtes)	1-14
Tableau 1.5.3 - Evolution des principales productions manufacturières	1-16
Tableau 1.5.4 - Accroissement annuel de la valeur ajoutée à prix constant	1-17
Tableau 1.5.5 - Compte des opérations financières publiques (en milliards de FCFA)	1-17
Tableau 1.9.1 - Caractéristiques des aquifères et des forages du GUERA et du OUADDAL	1-40
Tableau 2.1.1a - Caractéristiques hydrologiques des principales stations	2-8
Tableau 2.1.1b - Débits mensuels moyens des cours d'eau tchadiens	2-8
Tableau 2.3.1 - Ressources en eau souterraine du Tchad	2-13
Tableau 2.4.1.1(1) - AEP des centres urbains	2-16
Tableau 2.4.1.1(2) - Evaluation des besoins actuels pour l'AEP urbaine	2-17
Tableau 2.4.1.1(3) - Besoins en eau des centres urbains	2-18
Tableau 2.4.1.1(4) - Evaluation hydrologique en Afrique subsaharienne : Année 1990.	
Caractéristiques des forages : Centre d'exploitation de N'Djaména	2-19
Tableau 2.4.1.2 - Répartition des points d'eau modernes	2-20
Tableau 2.4.3 - Besoins en eau du cheptel	2-24
Tableau 3.1.1 - Effectif du personnel actuellement en service à la DREM	3-7
Tableau 3.1.2 - Niveau de qualification du personnel de la DREM	3-8
Tableau 3.2.1 - Liste des stations synoptiques (ASECNA) du Tchad	3-16
Tableau 3.2.2 - Liste des stations climatologiques du Tchad	3-18
Tableau 3.2.3 - Liste des stations agrométéorologiques du Tchad	3-19
Tableau 3.2.4 - Instruments utilisés sur les stations du réseau climatologique	3-22
Tableau 3.2.5 - Données climatologiques Décadaires de la première Décade de juin 1990 (Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie du Tchad)	3-31
Tableau 3.2.6 - ETP (calculé) Journalière et Décadaire de la première Décade de juin 1990 (Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie du Tchad)	3-31
Tableau 3.2.7 - Tableau récapitulatif des données de l'ETP du mois de juin 1990	3-32
Tableau 3.2.8 - Station de DOUGUI. Bilan hydrique pentadaire d'une culture de Mil/SORG 90 - simulation pour 1990	3-32
Tableau 3.3.1 - Liste des stations pluviométriques	3-34
Tableau 3.3.2 - Chronologie de l'installation du réseau pluviométrique	3-39
Tableau 3.3.3 - Inventaire des lacunes mensuelles de pluviométrie (nombre et pourcentage)	3-40
Tableau 3.3.4 - Vecteur annuel - caractéristiques des stations	3-45
Tableau 3.3.5 - Inventaire des données pluviométriques annuelles disponibles dans la région du Moyen Logone et Mayo Kebbi	3-46
Tableau 3.3.6 - Nombre de stations-années et d'écart anormaux de pluviométrie observés dans la zone comprise entre 8 et 10°S et 14 et 16°E	3-48

Tableau 3.3.7 - Inventaire des pluies journalières disponibles depuis l'origine des stations	3-53 à 3-56
Tableau 4.1.1 - Frais de fonctionnement des brigades	4-9
Tableau 4.2.1 - Inventaire des stations hydrométriques en service	4-14
Tableau 4.2.2 - Inventaire des stations hydrométriques abandonnées	4-16
Tableau 4.2.3 - Couverture et résolution du réseau	4-25
Tableau 4.2.4 - Comparaison entre débits jaugés et calculés	4-34
Tableau 4.2.4-1 - Inventaire des lacunes à 5 stations du réseau . Période 1978 - 1990 (en % de la durée d'observation)	4-37
Tableau 4.2.5 - Inventaire des lacunes du fichier d'observations pour douze stations principales	4-46
Tableau 4.2.6 - Inventaire des lacunes du fichier informatique autres stations en activité	4-47
Tableau 5.1.1 - Liste des ateliers de forage de l'ONHPV	5-13
Tableau 5.1.2 - Moyens en personnel et matériel de la division PUITS	5-15
Tableau 6.2.1 - Densités des réseaux pluviométriques et climatologiques	6-15
Tableau 6.2.2 - Besoins en personnel de la collecte de données météorologiques (nombre de fonctionnaires pour 100 stations)	6-16
Tableau 6.4.1 - Comparaison des effectifs actuels du SH aux normes préconisées par l'UNESCO/OMM	6-23
Tableau 7.5.1 - Récapitulatif des projets identifiés	7-22 à 7-23

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1.1 - Carte de situation	1-2
Figure 1.1.2 - Zones climatiques	1-3
Figure 1.1.3 - Carte des régions du Tchad	1-4
Figure 1.2.1 - Carte administrative	1-7
Figure 1.6.1a - Hydrographie, géologie du bassin du lac Tchad. Situation des stations	1-19
Figure 1.6.2 - Moyennes interannuelles des températures (A), de l'humidité relative (B) de la hauteur de pluies (C)	1-20
Figure 1.6.3 - L'évaporation calculée selon Penman sur le bassin du lac Tchad.	
Bilan ETP moins pluie	1-20
Figure 1.6.4 - Totaux annuels des pluies à Léré SP sur la période 1946-1990	1-20
Figure 1.6.1b - Carte des Isohyètes interannuelles	1-22
Figure 1.8.1 - Carte du réseau hydrographique du Tchad	1-32
Figure 1.9.1 - Unités morphologiques du OUADDAI	1-41
Figure 1.9.2 - Unités morphologiques du GUERA	1-42
Figure 1.9.3 - Cartes des nappes d'eau souterraine	1-45
Figure 1.9.4 - Profondeur du niveau statique	1-46
Figure 2.1.1 - Hydrogramme annuel des cours d'eau tchadiens	2-9
Figure 3.1.1 - Organigramme de la DREM	3-2
Figure 3.1.2 - Organigramme du Service d'Exploitation de la Météorologie (SEMET)	3-4

Figure 3.2.1 - Réseau des stations synoptiques, climatologiques, agrométéorologiques	3-12
Figure 3.2.1 - Réseau des stations pluviométriques	3-14
Figure 3.2.2 - Graphique ETP/ETM/Pluviométrie	3-33
Figure 3.3.1 - Nombre relatif de stations pluviométriques installées depuis 1990	3-38
Figure 3.3.2 - Vecteur régional des pluies annuelles dans la région du Moyen Logone et du Mayo Kebbi	3-47
Figure 3.3.3 - Vecteur annuel - critique des stations	3-50 à 3-52
Figure 4.1.1 - Organigramme du Service Météorologique	4-7
Figure 4.2.1 - Réseau des stations hydrométriques actives	4-20
Figure 4.2.2 - Réseau des stations hydrométriques abandonnées	4-22
Figure 4.2.3 - Comparaison entre débits jaugés et débits calculés	4-38 à 4-44
Figure 5.1.1 - Organigramme du personnel des travaux puits - campagne 1987-1988	5-16
Figure 5.1.2 - Matériel informatique du CRA	5-25
Figure 5.1.3 - Situation du réseau d'observation (1964-1968)	5-36

ABREVIATIONS

ABREVIATIONS D'INSTITUTIONS NATIONALES

B.E.T.	Borkou-Ennedi-Tibesti
B.I.E.P.	Bureau Interministériel des Etudes et de la Programmation du Développement Rural
C.E.F.O.D.	Centre d'Etudes et de formation pour le Développement
C.R.A.	Centre de Recherche Appliquée
D.G.S.A.	Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement
D.H.A.	Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement
D.R.G.M.	Direction des Recherches Géologiques et Minières
F.I.R.	Fonds d'Interventions Rurales
M.I.M.E.E.	Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau
O.M.V.S.D.	Office de Mise en Valeur de Satégui-Déressia
O.N.A.D.E.H.	Office National de Développement de l'Horticulture
O.N.D.R.	Office National du Développement Rural
O.N.H.P.V.	Office National de l'Hydraulique Pastorale et Villageoise
S.O.D.E.L.A.C.	Société de Développement du Lac Tchad
S.O.N.A.P.A.	Société Nationale des Productions Animales
S.O.N.A.S.U.T	Société Nationale Sucrière du Tchad
S.T.E.E.	Société Tchadienne de l'Eau et de l'Electricité
S.T.T.	Société Textile du Tchad

ABREVIATIONS D'INSTITUTIONS INTERNATIONALES

A.S.E.C.N.A.	Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne
C.A.R.E.	American Charity
C.B.L.T.	Commission de Développement du Bassin du Lac Tchad
C.E.E.	Commission des Communautés Européennes
C.I.E.H.	Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques
F.A.C.	Fonds d'Aide à la Coopération
G.T.Z.	Agence Allemande pour la Coopération Internationale
O.M.M.	Organisation Météorologique Mondiale
O.N.G.	Organismes non gouvernementaux
P.N.U.D.	Programme des Nations Unies pour le Développement
S.E.C.A.D.E.V.	Secours catholique pour le Développement
S.N.V.	Service des Volontaires Néerlandais

ABREVIATIONS D'ORGANISMES EXTERIEURS

B.R.G.M.	Bureau de Recherches Géologiques et Minières (France)
C.S.L.T.	Commission Scientifique du Logone et du Tchad
E.D.F.	Electricité de France
O.R.S.T.O.M.	Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération
S.O.D.E.T.E.G.	Société d'Etudes Techniques et d'Entreprises Générales (France)

ABREVIATIONS TECHNIQUES

CAO-DAO	Cartographie - Digitalisation assistée par ordinateur
C.T.	Continental Terminal
P.I.B.	Produit intérieur brut
P.M.A.	Pays les moins avancés
Q/s	Débit spécifique
R.S.A.	Restructuration du secteur agricole

CHAPITRE 1

DONNEES GENERALES

1.1 Géographie

Le territoire de la République du Tchad s'étend entre les 8e et 23e degrés de latitude Nord et les 14e et 24e degrés de longitude Est. Il a des frontières communes avec la Libye, le Niger, le Nigéria, le Cameroun, la République Centrafricaine et le Soudan (Figure 1.1.1).

Sa superficie est de 1 284 000 km².

Le territoire occupe sensiblement la partie orientale du bassin hydrologique tchadien. Le niveau le plus bas du bassin tchadien est à 160 m d'altitude dans le Pays-Bas (le Lac Tchad se trouvant à 280 m d'altitude) et sur les bordures, des reliefs culminent à 3415 m au Tibesti.

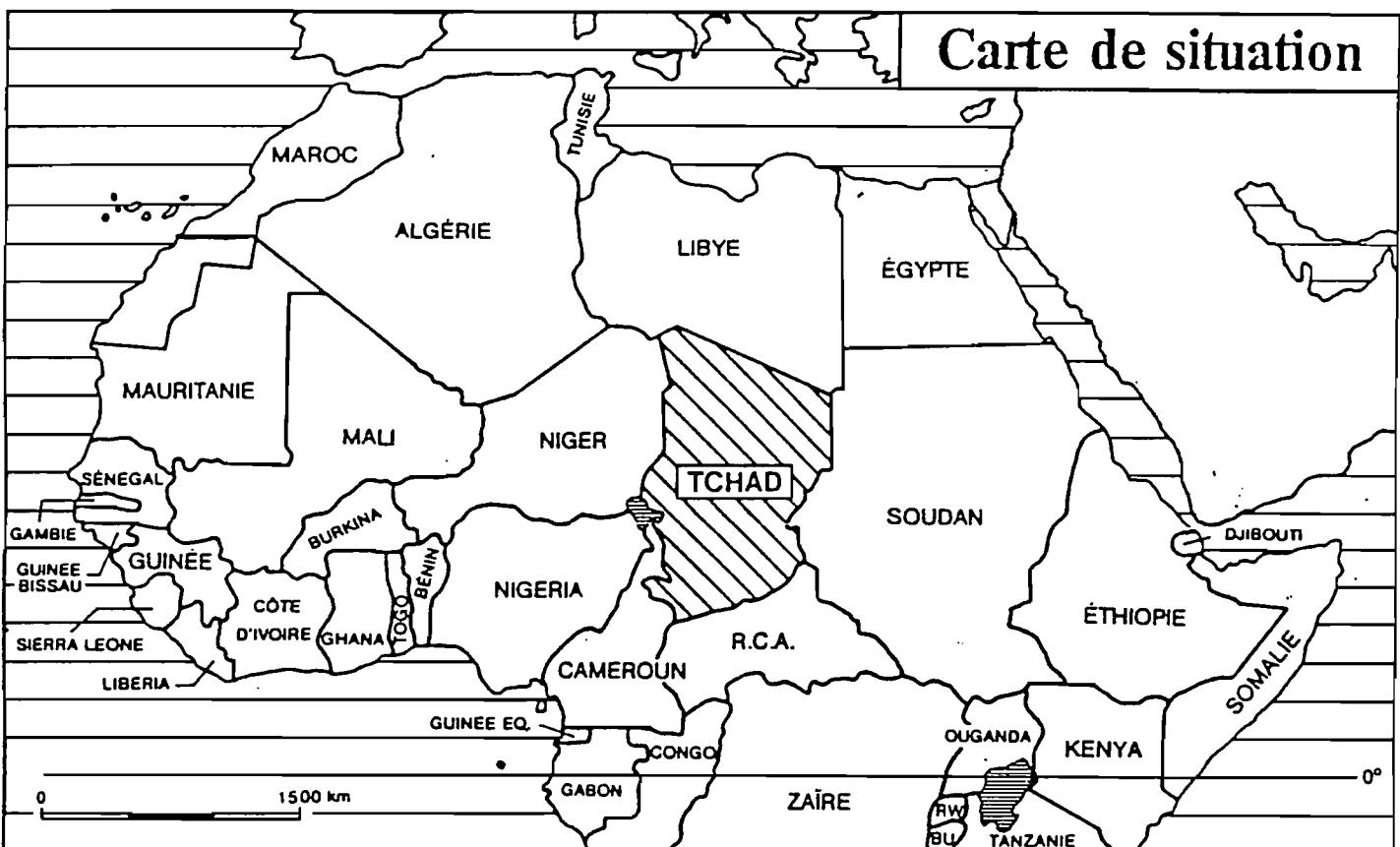
Communément, on distingue au Tchad une zonation géographique Nord-Sud basée sur les contrastes climatiques (Figure 1.1.2) : zone saharienne (600 000 km²), zone sahélienne et zone tropicale ou soudanienne (400 000 km²).

Un découpage en régions et sous-régions basé sur des facteurs bioclimatiques et édaphiques permet d'individualiser 11 ensembles naturels (Figure 1.1.3) :

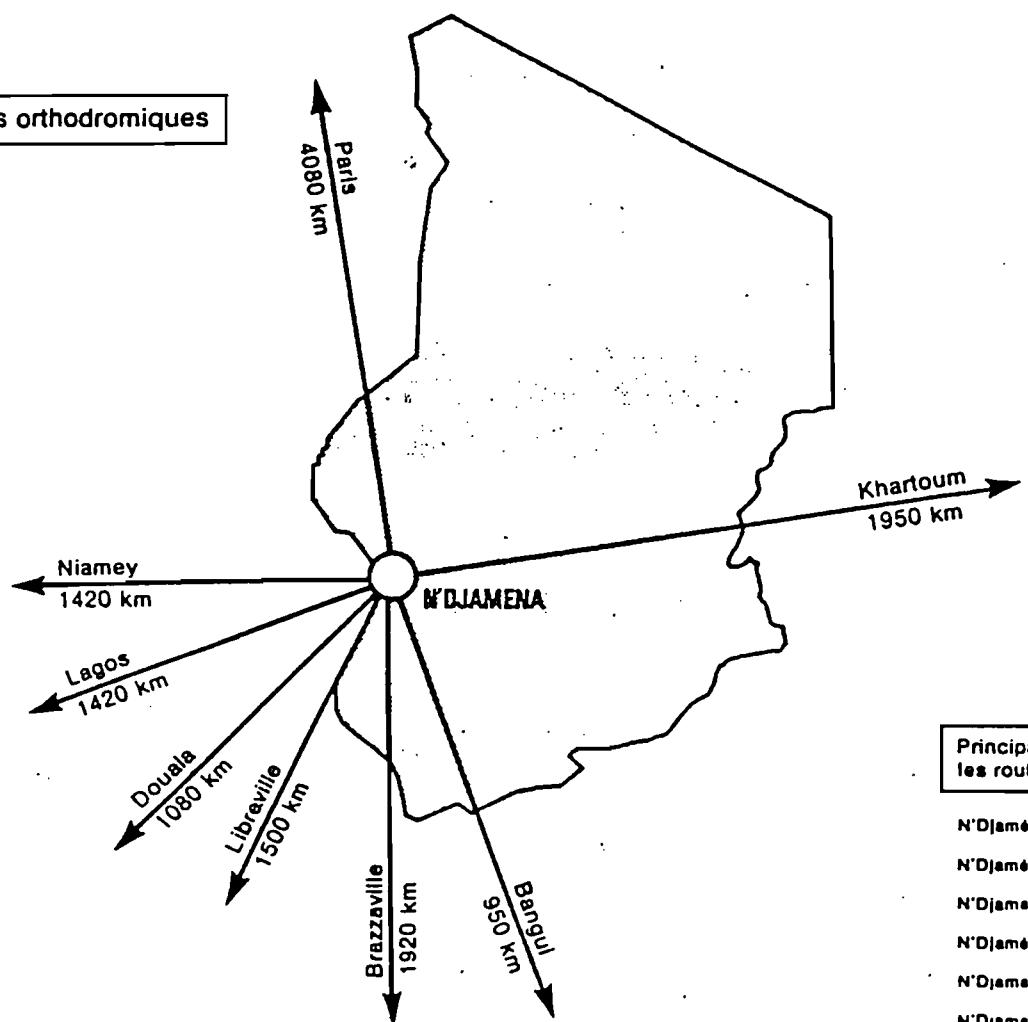
- Le Tchad Méridional, au Sud du 10e parallèle, correspond aux hauts bassins du Logone et du Chari, d'altitude moyenne de 400 à 500 m, avec des massifs montagneux culminant à 1163 m.
- Les plaines d'inondation du Logone entre Laï et N'Djaména (300 à 350 m d'altitude) et les plaines d'inondation du Sud-Est le long de la frontière de la RCA (400 à 450 m d'altitude).
- Le Massif Central Tchadien : région montagneuse (Guéra : 1613 m) d'altitude comprise entre 300 et 1000 m.
- Les deltas du Chari : ce sont des plaines dont l'altitude varie de 300 à 350 m avec d'anciennes formations deltaïques aux alluvions argilo-sableuses.
- Le Lac Tchad, comprenant la zone en eau vers 280 m d'altitude, les zones inondables, le delta actuel et les cordons dunaires (280 à 290 m).
- La région des Ouadi au Nord du Lac, vaste plateau de dépôts récents et éoliens avec de nombreuses dépressions (ouadi).

Figure 1.1.1

Carte de situation



Distances orthodromiques



Principales distances par les routes les plus directes

N'Djaména - Douala	1638 km
N'Djaména - Lagos	1980 km
N'Djaména - Maiduguri	249 km
N'Djaména - Kano	856 km
N'Djaména - Bangui	1138 km
N'Djaména - Niamey	1923 km

Figure 1.1.2

Zones climatiques

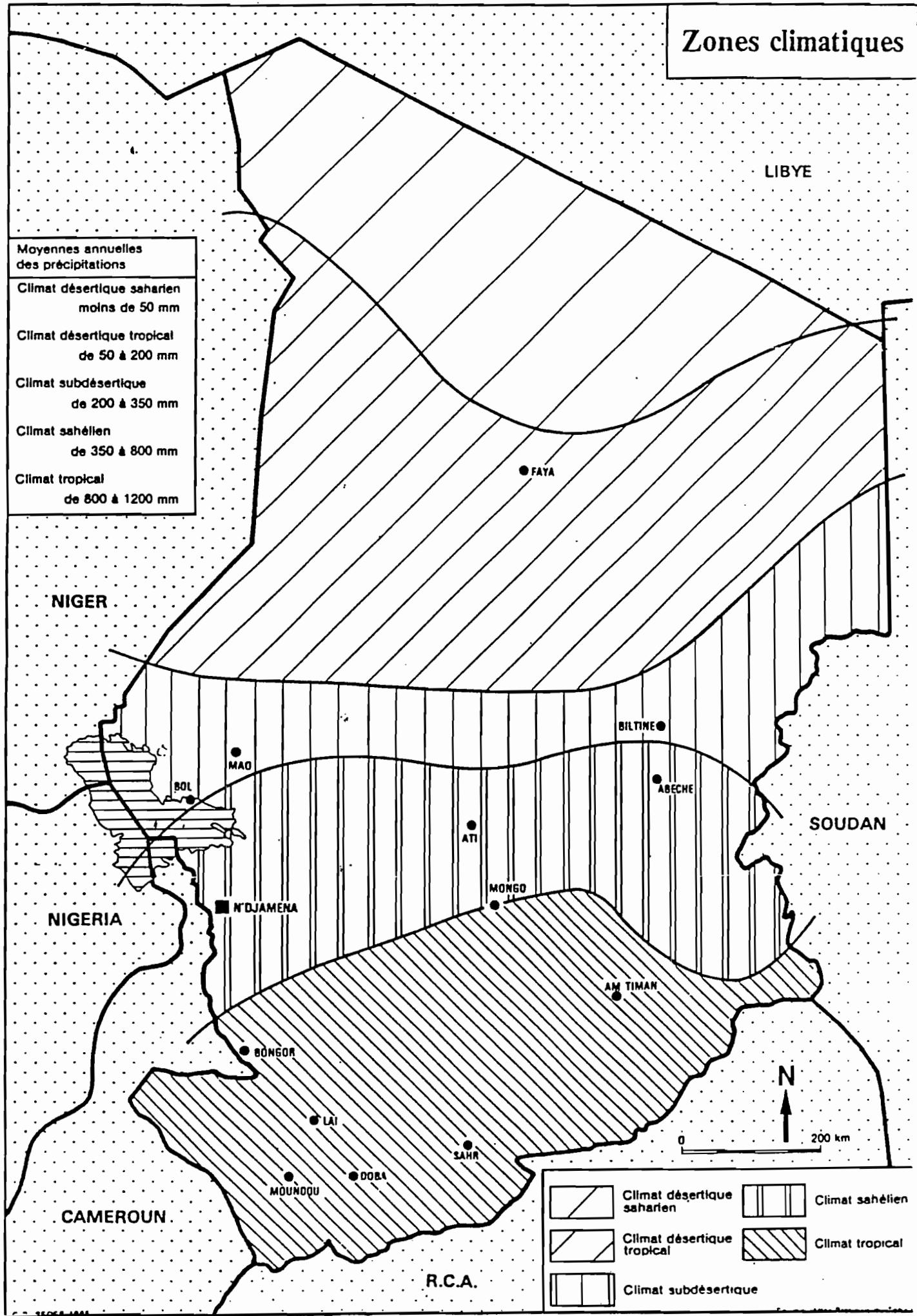


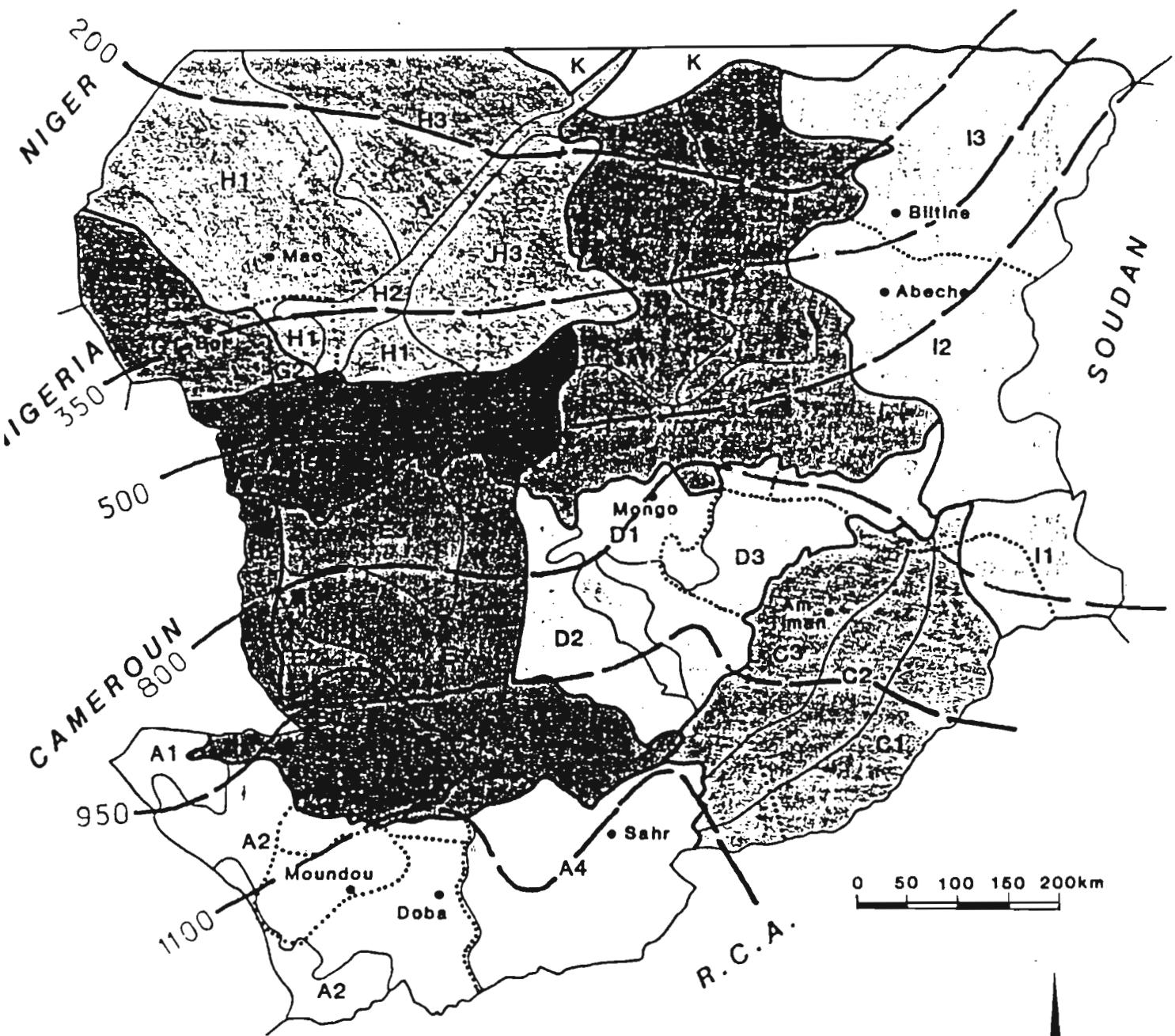
Figure 1.1.3 - Carte des régions du Tchad

A - TCHAD MERIDIONAL

B - PLAINE D'INONDATION DU LOGONE
C - PLAINES D'INONDATION DU SUD-EST
D - MASSIF CENTRAL TCHADIEN
E - PREMIER DELTA DU CHARI
F - SECOND DELTA DU CHARI

G - LAC TCHAD

H - REGION DES OUADI
I - MASSIF DU OUADDAI
J - PIEDMONT DES MASSIFS
K - REGION DU NORD



Carte 1

Limites administratives

... Préfecture

... Chef lieu de préfecture

Zonage régional

~~ Limite de région

~~~~ Limite de sous-région

A à K Codes des régions(11)

1,2.. Subdivisions régionales  
(sous régions)

1-4

Isohyètes

350 Courbe et valeur  
des précipitations  
annuelles  
moyennes(mm)

- Le Massif du Ouaddaï, ensemble montagneux (500 à 1300 m) métamorphique et cristallin, aux reliefs vigoureux.
- Le piémont des massifs, vastes régions longeant les reliefs du Ouaddaï et du Guéra avec des pointements isolés (inselbergs). Zones argileuses souvent stériles.
- La région du Nord (BET) très vaste ensemble sub-saharien avec des dépressions (180 m) des plateaux et des reliefs (Tibesti-Ennedi).

## 1.2 Population

Les données actuelles reposent sur le recensement de 1968 mais qui fut incomplet. Pour le Batha, le BET, l'Ouaddaï et le Salamat, les données se réfèrent aux années 1949 à 1955.

Un inventaire de la population est en cours mais les résultats ne seront pas disponibles avant mai 1993. Par suite, des estimations oscillent entre 5 400 000 habitants en 1988, 5 263 089 en 1989 (Direction de la Statistique et des Etudes Economiques et Démographiques).

Le taux de croissance démographique entre 1973 et 1984 est de 2,3 %/an.

En appliquant (arbitrairement) ce coefficient, la population sera de :

- 6 890 000 en 2000
- 8 470 000 en 2010
- 10 420 000 en 2020

La densité moyenne est de 4,2 habitants au km<sup>2</sup> ; elle est très faible dans les zones sub-sahariennes (0,18 au BET) et atteint 28,30 dans le Mayo-Kebbi et 47,43 dans le Logone occidental.

La population est inégalement répartie : 2 % sur 47,76 % de la surface du territoire dans le BET et 43 % pour 12,3 % de la surface du Tchad dans les Préfectures du Chari Baguirmi, du Mayo-Kebbi et du Moyen-Chari.

Le tableau 1.2.1 donne la densité de population et la superficie du territoire par préfecture (1988).

La figure 1.2.1 mentionne le découpage administratif du pays.

**Tableau 1.2.1 - Densité de population et superficie du territoire par préfecture ( 1988)**

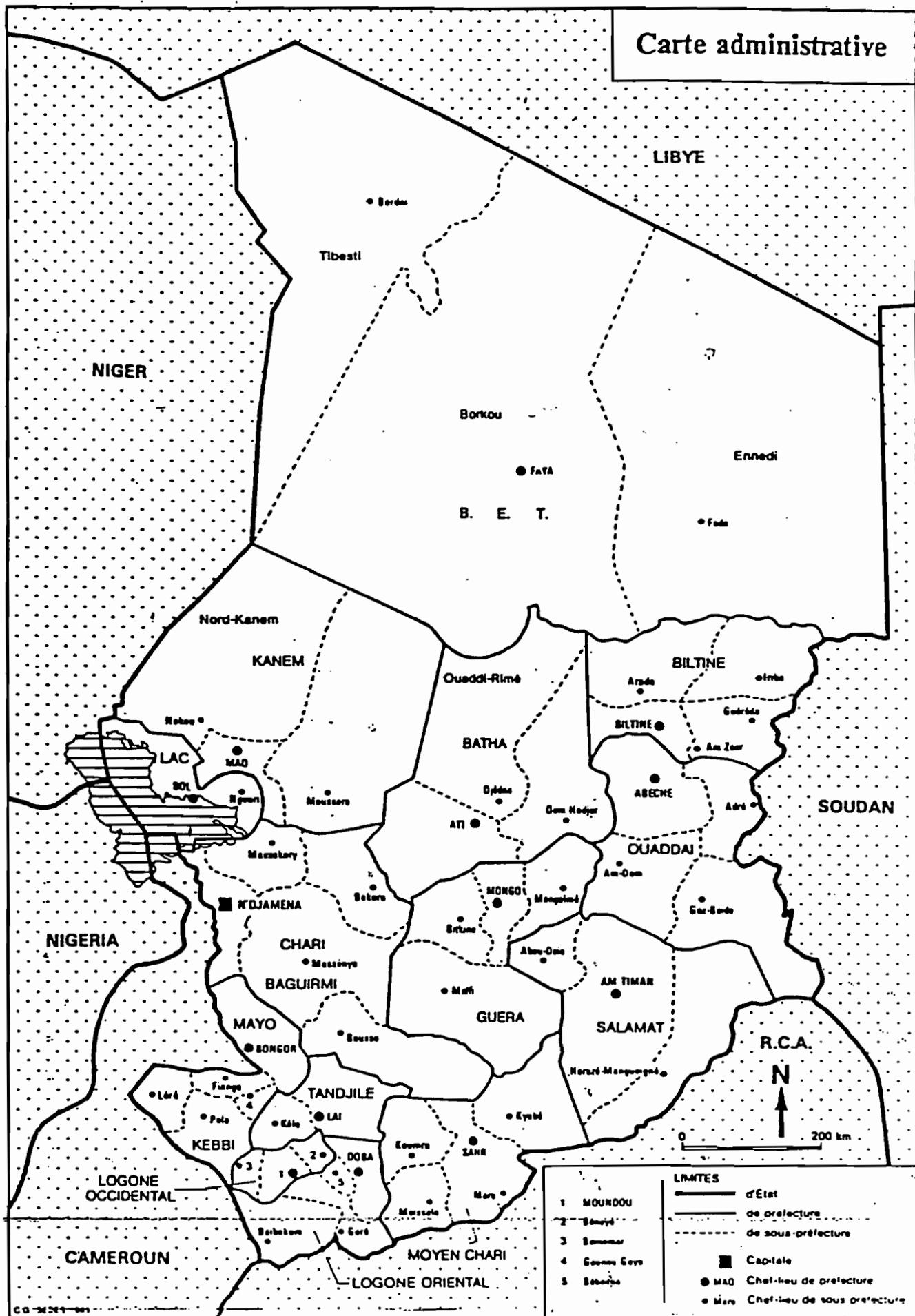
| Préfecture                | Population | Superficie (km2) | % par rapport à la superficie totale | Densité (hab/km2) |
|---------------------------|------------|------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Batha                     | 431 000    | 88 800           | 6,92                                 | 4,85              |
| Biltine                   | 216 000    | 46 850           | 3,65                                 | 4,61              |
| Borkou - Ennedi - Tibesti | 109 000    | 600 350          | 46,76                                | 0,18              |
| Chari - Baguirmi          | 844 000    | 82 910           | 6,46                                 | 10,18             |
| Guéra                     | 254 000    | 58 950           | 4,59                                 | 4,31              |
| Kanem                     | 245 000    | 114 520          | 8,92                                 | 2,14              |
| Lac                       | 165 000    | 22 320           | 1,74                                 | 7,39              |
| Logone Occidental         | 365 000    | 7 695            | 0,60                                 | 47,43             |
| Logone Oriental           | 377 000    | 28 035           | 2,18                                 | 13,45             |
| Mayo-Kebbi                | 852 000    | 30 105           | 2,34                                 | 28,30             |
| Moyen-Chari               | 646 000    | 45 180           | 3,51                                 | 14,30             |
| Ouaddaï                   | 422 000    | 77 240           | 6,02                                 | 5,46              |
| Salamat                   | 131 000    | 63 000           | 4,91                                 | 2,08              |
| Tandjilé                  | 371 000    | 18 045           | 1,41                                 | 20,56             |
| Total                     | 5 428 000  | 1 284 000        | 100,01                               | 4,23              |

Source : -Annuaire de statistiques sanitaires 1977

Ministère de la Santé Publique et des Affaires Sociales

DSEED, Ministère du Plan/BSPE

Figure 1.2.1



L'espérance de vie est de 46 ans.

La population active (en âge de travailler) représente 35 % de la population totale dont 85 % dans le secteur primaire.

**Tableau 1.2.2 - Taux de natalité, fécondité et mortalité**

|                   |                                                   |                          |
|-------------------|---------------------------------------------------|--------------------------|
| Taux de natalité  |                                                   | 42,32 %°                 |
| Taux de mortalité |                                                   | 19,04 %°                 |
| Taux de fécondité |                                                   | 157 %°                   |
| Fécondité totale  |                                                   | 5,17 enfants             |
| Mortalité         | de 0 à 30 jours<br>de 0 à 11 mois<br>de 0 à 5 ans | 16 %°<br>60 %°<br>163 %° |

La population des grands centres (Tableau 1.2.3) représentait en 1988, 22,3 % de la population totale, soit 1 204 900 habitants dont 500 000 dans la capitale.

Les prévisions de l'évolution démographique peuvent être fortement erronées en raison des mouvements massifs des populations dus :

- à l'attrait des grandes villes,
- au délaissement des régions frappées de désertification,
- aux aléas économiques (mévente, chute des cours),
- à la guerre et aux événements internes.

De nombreux tchadiens se sont exilés dans le Nord Cameroun, en Centrafrique, au Congo et au Soudan.

Les programmes d'aménagements dans les domaines de la Santé, de l'Agriculture, de l'Elevage, de l'Hydraulique, de l'Enseignement et des Communications freinent ou inversent les flux de population.

Les principales ethnies sont : les Goranes ou Toubou, les Arabes tchadiens, les Boudouma, Kouri, Kotoko et Saras.

Les religions sont pratiquées par les Musulmans (44 %), les Chrétiens (33 %) et les Animistes (23 %).

Les langues officielles sont le Français et l'Arabe. De nombreux dialectes ont cours (Sara, Baguirmi, Boulala, etc.).

**Tableau 1.2.3 - Population des grands centres (1988)**

| Préfecture                | Grands centres                                  | Population estimée                            |
|---------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Batha                     | Ati<br>Djedaa<br>Oum-Hadjer                     | 22 046<br>1 000<br>10 000                     |
| Biltine                   | Am-Zoer<br>Arada<br>Biltine<br>Guéréda<br>Iriba | 1 200<br>2 000<br>7 000<br>3 500<br>2 500     |
| Borkou - Ennedi - Tibesti | Faya<br>Fada<br>Bardaï                          | 8 000<br>7 300<br>7 000                       |
| Chari - Baguirmi          | Bokoro<br>Massakory<br>Massenya<br>N'Djaména    | 10 000<br>12 500<br>2 011<br>500 000          |
| Guéra                     | Bitkine<br>Magalmé<br>Melfi<br>Mongo            | 11 565<br>4 512<br>5 000<br>17 000            |
| Kanem                     | Mao<br>Moussoro<br>Nokou                        | 25 198<br>10 000<br>4 000                     |
| Lac                       | Bol<br>N'Gouri                                  | 10 000<br>3 233                               |
| Logone Occidental         | Beinamar<br>Benoye<br>Moundou                   | 3 083<br>13 997<br>100 000                    |
| Logone Oriental           | Bébedjia<br>Doba<br>Goré<br>Mbaïbokoum          | 5 000<br>25 000<br>3 278<br>4 794             |
| Mayo-Kebbi                | Bongor<br>Fianga<br>Gonou-Gaya<br>Léré<br>Pala  | 19 914<br>20 000<br>10 253<br>8 562<br>22 000 |
| Moyen-Chari               | Koumra<br>Kyabé<br>Maro<br>Moissala<br>Sarh     | 24 000<br>6 000<br>3 080<br>7 068<br>76 835   |

**Tableau 1.2.3 - Population des grands centres (1988) (suite)**

| Préfecture | Grands centres | Population estimée |
|------------|----------------|--------------------|
| Ouaddaï    | Abéché         | 40 000             |
|            | Adré           | 12 600             |
|            | Am-Dam         | 762                |
|            | Goz-Beida      | 6 581              |
| Salamat    | Abou-Deia      | 25 000             |
|            | Am-Timan       | 15 000             |
|            | Haraze-Manguei | 5 000              |
| Tandjilé   | Béré           | 7 800              |
|            | Kélo           | 33 000             |
|            | Laï            | 20 187             |

Source : Estimation de la population des Zones A

Inventaire 1988 - MSP/BSPE

### 1.3 Santé

Une préoccupation majeure du Gouvernement tchadien est d'assurer sur tout le territoire une action sanitaire suffisante.

Pour l'ensemble du pays, il y a 425 "formations sanitaires" (1988) gérées par le secteur public (65 %), par le secteur confessionnel (25 %) et par des organismes privés (10 %).

Au Tchad, il y a un hôpital ou un centre médical pour 175 096 habitants.

La Préfecture la mieux dotée (Moyen-Char) compte 8 structures médicales pour 76 923 habitants.

Il existe une structure de premier contact sanitaire pour 16 548 habitants.

L'état des bâtiments est considéré comme satisfaisant pour 81 % des structures. Près de la moitié des structures n'ont pas un point d'eau dans leur enceinte (les 2/3 pour le secteur public) :

- 25 % des formations sanitaires ont l'électricité,
- 7,7 % des formations sanitaires ont le téléphone,
- 8,8 % des formations sanitaires ont la radiophonie.

La capacité hospitalière est de 73 lits pour 100 000 habitants.

Le nombre d'habitants par médecin ou infirmière n'est pas disponible.

Les nombreuses maladies sont d'origine bactérienne, virale, ou dues aux protozoaires et aux helminthes.

Les seules diarrhées (banales, amibiennes ou dysentériques) représentent 12,1 % de l'ensemble des nombreux cas de maladie en 1988.

Le paludisme demeure toujours la première cause de mortalité infantile.

#### **1.4 Education (sources : Marchés tropicaux)**

Le Tchad se situe dans les premiers rangs parmi les pays du monde où règne l'analphabétisme et où l'éducation de base ne concerne qu'une partie de la jeunesse. Le Tchad est le pays sahélien où la proportion des filles scolarisées est la plus faible (28 % dans le Primaire - 1990).

Le taux de scolarisation des jeunes (36 %) est toutefois plus élevé au Tchad qu'au Niger, Mali et Burkina-Faso.

La part de l'éducation dans le budget de fonctionnement de l'Etat était de 13,8 % en 1989.

Les traits principaux de l'éducation au Tchad sont les suivants :

- . Taux de scolarisation en 1990 : 36 % (90 % dans le Logone, 7 % Ouaddaï) ; prévisions 2000 : 50 % (10 % dans le Secondaire).
- . Déperdition scolaire élevée, accès au Secondaire faible (13 %).
- . Enseignants en nombre insuffisant et certains peu qualifiés.
- . 7763 enseignants (1989-90) dont 1098 instituteurs en titre (40 % des enseignants n'ont aucune formation), 5 % de femmes.
- . Nombre moyen d'enfants par classe : 67.
- . 1582 écoles dont 1348 publiques, 48 privées et 186 "spontanées" (associations privées).
- . 514 770 élèves dans le Primaire (1989-90) dont 1 fille sur 5 élèves.
- . Horizon 2000 : 595 000 élèves (76 000 dans le Secondaire, 4000 dans l'Enseignement Supérieur).

## 1.5 Economie

Le Tchad est un PMA (pays les moins avancés) aux deux tiers désertique, doté d'un climat sahélien, enclavé au centre de l'Afrique et disposant de peu de ressources naturelles.

Les guerres militaires et civiles prolongées ont encore appauvri le pays du point de vue financier et sur le plan des ressources humaines.

La sécheresse de 1983-84 a provoqué une famine et des déplacements importants de population.

La crise du secteur cotonnier en 1985-86 a provoqué une famine et des déplacements importants de population.

La crise du secteur cotonnier en 1985-86 due à la chute des prix du coton a entraîné un ralentissement de l'activité du pays.

Les dépenses militaires sont très élevées.

Les principaux indicateurs économiques sont les suivants :

Monnaie : 1 franc CFA = 0,02 franc français.

Produit intérieur brut par habitant (en milliards de FCFA) :

|   |        |       |
|---|--------|-------|
| - | 1977 : | 161,8 |
| - | 1982 : | 126,5 |
| - | 1989 : | 204,9 |
| - | 1990 : | 211,1 |

Répartition du PIB (1990) :

|   |                      |      |            |
|---|----------------------|------|------------|
| - | Secteur Primaire :   | 78   | (- 1,6 %)  |
| - | Secteur Secondaire : | 37,3 | (+ 8,8 %)  |
| - | Secteur Tertiaire :  | 83,8 | (+ 3,6 %)  |
| - | Impôts indirects :   | 12   | (+ 14,3 %) |

Accroissement du PIB en 1990 : + 3 %.

### **1.5.1 Activités du secteur primaire**

#### **1.5.1.1 Coton**

Le coton est la première ressource du pays et le premier produit d'exportation qui amène 80 % des recettes extérieures.

Sa culture s'étend sur 200 000 ha et intéresse 200 000 exploitants. 150 000 tonnes de coton de belle qualité sont produites annuellement.

COTON TCHAD représente 25 milliards de FCFA et fait vivre 2 000 000 de personnes.

#### **1.5.1.2 Cultures vivrières**

La zone Soudanienne permet de limiter l'aide alimentaire extérieure. Les principales productions sont les suivantes :

**Tableau 1.5.1 - Production vivrière (en tonnes)**

|            |                           | 1984-85           | 1985-86            | 1986-87            | 1987-88            | 1988-89            | 1989-90            |
|------------|---------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Céréales   | Sahélienne<br>Soudanienne | 41 300<br>304 800 | 269 700<br>446 800 | 220 000<br>425 900 | 195 740<br>376 359 | 346 323<br>409 458 | 258 998<br>418 739 |
| Oléagineux | Sahélienne<br>Soudanienne | 2 500<br>85 500   | 6 800<br>166 300   | 9 300<br>106 100   | 16 088<br>86 659   | 19 558<br>126 175  | 15 251<br>138 501  |
| Totaux     |                           | 434 100           | 889 600            | 761 300            | 674 846            | 901 914            | 831 489            |

Source : ONDR

Les céréales sont le mil et le sorgho. Le riz et le maïs sont en progression. Les oléagineux sont l'arachide (100 000 tonnes/an) et le sésame (8200 tonnes).

Dans le cadre de la réhabilitation du BET, la palmeraie de Faya sera aménagée (10 à 20 000 tonnes/an de dattes). La datté est exportée au Nigéria et au Cameroun.

#### **1.5.1.3 Elevage**

L'élevage est la deuxième ressource du pays. Il représente 16 % du PIB et 30 % des échanges. Il fait vivre 40 % de la population active.

**Tableau 1.5.2 - Effectif du cheptel tchadien (en milliers de têtes)**

| Espèces       | 1983   | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990   |
|---------------|--------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Bovins        | 4 672  | 3705 | 3794 | 3886 | 4002 | 4098 | 4197 | 4 299  |
| Ovins-Caprins | 4 827  | 3951 | 4070 | 4193 | 4358 | 4489 | 4625 | 4 765  |
| Equins        | 176    | 175  | 178  | 182  | 186  | 188  | 191  | 195    |
| Caméliens     | 477    | 459  | 473  | 487  | 502  | 517  | 533  | 549    |
| Asiniens      | 289    | 220  | 225  | 229  | 222  | 234  | 239  | 244    |
| Porcins       | 10     | 10   | 11   | 11   | 12   | 12   | 13   | 14     |
| Total         | 10 451 | 8520 | 8751 | 8988 | 9282 | 9538 | 9798 | 10 066 |

Source : Ministère de l'Elevage

#### 1.5.1.4 Pêche

La pêche contribue pour 4,4 % du PIB. Elle est un complément alimentaire substantiel. La production est directement fonction de la pluviométrie : elle a chuté de 140 000 tonnes en 1960 à moins de 60 000 tonnes actuellement. Les zones de pêche se localisent sur le bassin fluvial du Logone, du Chari et du Lac Tchad et secondairement sur les lacs Iro et Fitri.

Les caractéristiques de la pêche sont :

- 20 000 pêcheurs professionnels - 150 000 non déclarés.
- Exportation vers le Cameroun, le Nigéria et la République Centrafricaine.

#### 1.5.2 Activités du secteur secondaire

Le secteur secondaire est dominé par l'agro-industrie.

Le secteur des industries de transformation ne représente que 16 % du PIB (48 milliards de FCFA en 1988 en valeur ajoutée). Cinq grandes entreprises et une trentaine de petite taille. Le tableau 1.5.3 montre l'évolution des principales productions manufacturières.

##### 1.5.2.1 Industrie sucrière

3800 ha de plantation sucrière existent au Tchad.

Une usine de broyage d'une capacité de 30 000 tonnes de sucre raffiné.

Un chiffre d'affaires de 19 milliards de FCFA (SONASUT).

#### **1.5.2.2 Industrie textile (STT)**

Elle emploie 600 personnes.

Elle se trouve dans une position financière alarmante.

L'endettement est élevé et les équipements sont vétustes.

#### **1.5.2.3 Secteur des boissons**

Il stagne en raison du faible pouvoir d'achat de la population.

Il est animé par :

- Les Boissons et Glacières du Tchad : 30 000 hl -840 millions de FCFA.
- Les Brasseries du Logone : 150 personnes - 110 000 hl - 4 milliards de FCFA.

#### **1.5.2.4 La Manufacture des cigarettes**

Le nombre de paquets de cigarettes produit par l'Usine de Moundou varie selon les sources :

| Année | Ministère du Plan<br>et de la Coopération | Marchés Tropicaux<br>Tchad - 1990 |
|-------|-------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1988  | 10 200 000                                | 14 200 000                        |
| 1989  | 9 300 000 (1)                             | -                                 |
| 1990  | 9 765 000 (2)                             | 18 000 000 (2)                    |
| 1991  | -                                         | 20 000 000 (2)                    |

(1) Provisoire

(2) Estimation

#### **1.5.2.5 Secteur pétrolier**

Dans le secteur pétrolier, la prospection est en cours. A Sedigi, un gisement de 100 à 200 millions de barils devrait assurer les besoins nationaux pour 10 à 15 ans.

Le Tchad consomme 22 000 m<sup>3</sup> de super, 65 000 m<sup>3</sup> de gas-oil et 45 000 m<sup>3</sup> de produits pétroliers pour la force militaire "Epervier".

Tous ces produits sont importés.

#### **1.5.2.6 Secteur minier**

Ce secteur souffre de l'insuffisance de la connaissance du sous-sol (recherche d'or, wolfram, tungstène).

L'exploitation de diatomites et de natron représente 14 500 tonnes/an.

**Tableau 1.5.3 - Evolution des principales productions manufacturières**

|                              |                | 1985   | 1986   | 1987    | 1988   | 1989<br>(prov.) | 1990<br>(proj.) |
|------------------------------|----------------|--------|--------|---------|--------|-----------------|-----------------|
| Coton fibre                  | (1000 tonnes)  | 36,3   | 38,8   | 33,9    | 48,0   | 52,6            | 51,2            |
| Tissu                        | (1000 mètres)  | 15 575 | 13 913 | 9 976   | 5 966  | 10 206          | 10 800          |
| Huile                        | (1000 hl)      | 56,2   | 71,2   | 97,7    | 111,6  | 113,7           | 150,0           |
| Sucre                        | (tonnes)       | 26 309 | 25 972 | 22 117  | 26 760 | 37 309          | 39 174          |
| Cigarettes                   | (1000 paquets) | 15 456 | 11 268 | 9 921   | 10 200 | 9 300           | 9 765           |
| Bière                        | (1000 hl)      | 151,7  | 117,5  | 107,1   | 109,0  | 114,7           | 120,4           |
| Boissons gazeuses            | (1000 hl)      | -      | 24,5   | 28,3    | 26,6   | 32,0            | 33,6            |
| Savon                        | (tonnes)       | 724    | 394    | 3 957   | 3 014  | 3 849           | 3 747           |
| Montage cycles               | (unité)        | -      | 1 404  | 626     | 611    | 1 295           | 1 360           |
| Montage radio                | (1000 unités)  | -      | -      | -       | 6,4    | 8,9             | 16,7            |
| Accroissement valeur ajoutée |                | -6,6 % | -5,0 % | -10,7 % | 15,1 % | 22,0 %          | 4,4 %           |

Source : Ministère du Plan et de la Coopération - Comptes économiques 1983-1990

#### **1.5.3 Secteur tertiaire**

Le secteur tertiaire est en pleine évolution malgré une forte concurrence par les circuits informels de distribution.

La balance des paiements montre une très nette réduction du déficit commercial de plus de 12 milliards de FCFA due à la progression des recettes cotonnières.

**Tableau 1.5.4 - Accroissement annuel de la valeur ajoutée à prix constant**

|                                                             | 1986    | 1987   | 1988   | 1989   | 1990   |
|-------------------------------------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Commerce, transports et communications                      | 0,9 %   | -5,9 % | 12,1 % | 4,9 %  | 3,8 %  |
| Administration                                              | -14,9 % | 16,5 % | 3,5 %  | 8,9 %  | 3,0 %  |
| Salaires de l'Administration (en millions de FCFA courants) | 18 491  | 20 892 | 22 360 | 27 385 | 28 038 |
| dont : salaires civils                                      | 9 583   | 11 325 | 12 363 | 17 452 | 18 538 |
| Effectif fonctionnaires de fin d'année                      | 19 662  | 22 910 | 23 713 | 25 827 | 26 602 |
| Salaire mensuel moyen (FCFA)                                | 40 600  | 41 200 | 43 500 | 56 300 | 58 000 |

Source : Ministère du Plan et de la Coopération - Comptes économiques 1983-1990

#### 1.5.4 Finances publiques

Le budget de 1990 table sur une réduction du déficit budgétaire à 2 % du PIB et à 20 % des recettes budgétaires.

**Tableau 1.5.5 - Compte des opérations financières publiques (en milliards de FCFA)**

|                      |                      | 1987   | 1988   | 1989<br>(prov.) | 1990<br>(proj.) |
|----------------------|----------------------|--------|--------|-----------------|-----------------|
| Recettes             | Fiscales             | 13,8   | 18,7   | 23,0            | 27,1            |
|                      | Non fiscales         | 1,6    | 1,3    | 2,0             | 2,2             |
|                      | CAA                  | 4,1    | 4,8    | 3,8             | 3,8             |
|                      | Total                | 19,5   | 24,8   | 28,8            | 33,1            |
| Dépenses totales     |                      | 27,7   | 31,0   | 42,2            | 39,7            |
| dont salaires civils |                      | 11,3   | 12,4   | 17,5            | 18,5            |
| Déficit budgétaire   | En % PIB             | 3,4 %  | 2,0 %  | 4,2 %           | 2,0 %           |
|                      | En % des recettes    | 42,3 % | 25,0 % | 46,6 %          | 20,0 %          |
|                      | En milliards de FCFA | -8,2   | -6,2   | -13,4           | -6,6            |

Source : Ministère du Plan et de la Coopération - Comptes économiques 1983-1990

## 1.6 Climat

La masse d'air continental sec saharien qui s'étend sur le Sahara, génère sur le Tchad un flux d'alizée de secteur nord-est (Harmatan). Elle détermine la saison sèche. La masse d'air maritime humide, en provenance du Golfe de Guinée, fournit un flux de secteur sud-ouest (la Mousson). Son avancée est maximum en août où elle atteint le Tibesti.

La masse d'air humide se glisse sous la masse d'air continental. L'affrontement des deux masses détermine la zone intertropicale de convergence (ZITC ou FIT) qui suit avec un léger décalage les oscillations annuelles du soleil.

Les contraintes du climat sont partout drastiques au Tchad. Dans la moitié sud, le rythme des travaux agricoles et l'abondance de la récolte sont étroitement dépendants des quelques pluies et de leur répartition concentrée sur quelques mois. De même, la diminution rapide des pluies ne permet dans la moitié nord qu'une agriculture très localisée de type oasis. La limite des deux zones étant une zone de transhumance. On assiste aussi au changement de modes de vie, sédentaire et agricole dans le sud, nomade et pastorale dans le nord. Cependant, jusqu'à l'isohyète 100 mm, les pluies provoquent durant un à plusieurs mois des écoulements et inondations qui détériorent les voies de communication et isolent de nombreux villages.

### 1.6.1 Zones climatiques

Le climat du Tchad varie du sud au nord essentiellement en fonction de la pluviosité (Figure 1.6.1.a)

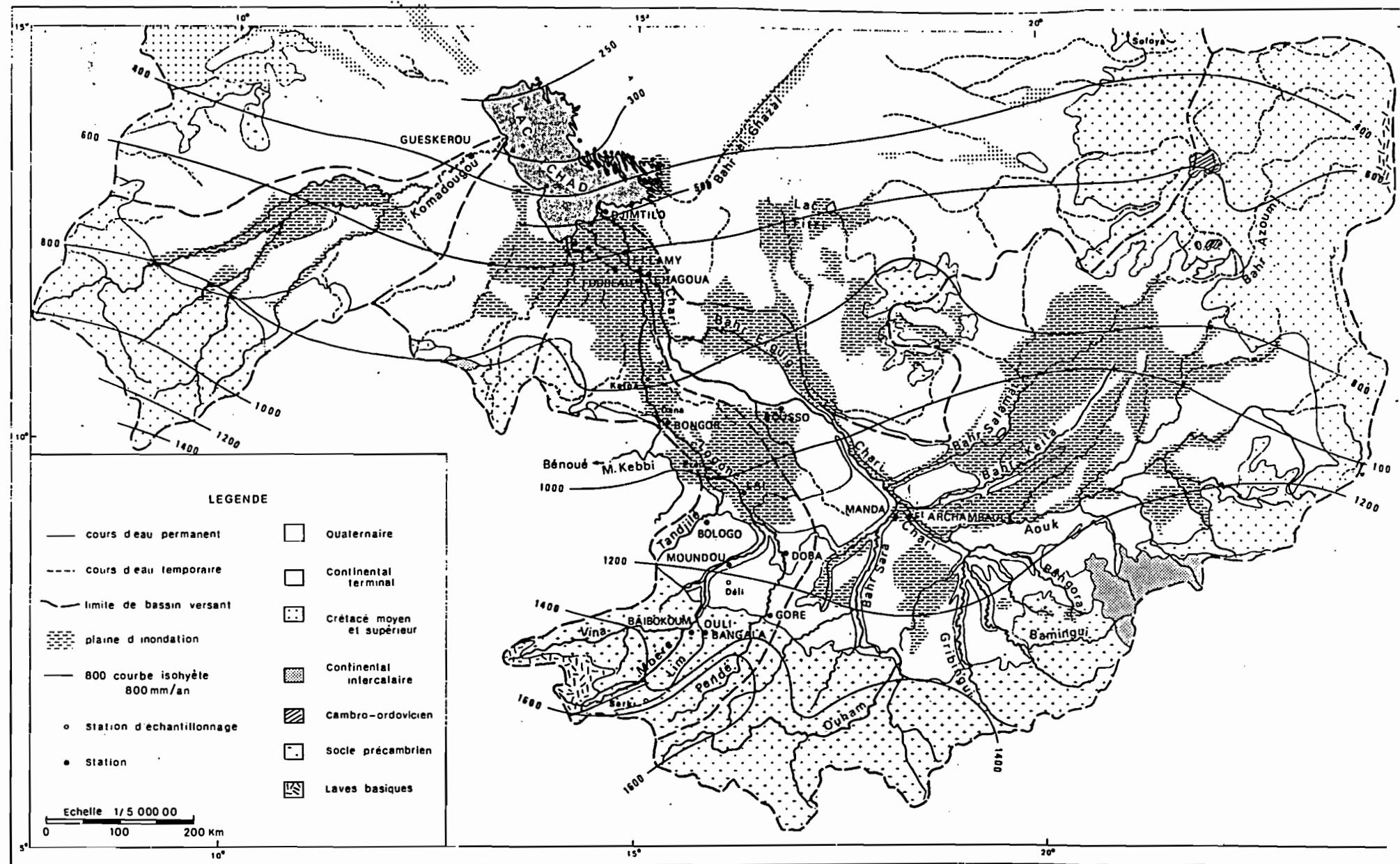
Quatre grandes zones peuvent être distinguées :

- Zone soudanienne (7 - 10°), caractérisée par une forte pluviosité entre 1600 et 1000 mm, qui permet la culture vivrière et de rente (céréales, arachides, coton). Dans l'extrême sud, on parle aussi de régime tropical de transition (Rodier, 1963).
- Zone soudano-sahélienne (10-11°50 N), qui reçoit de 1000 à 700 mm, où sont cultivés les céréales, l'arachide, et où commence l'élevage.
- Zone sahélienne (11°50 à 14°N), qui reçoit de 700 à 200 mm. Il s'y pratique surtout l'élevage. Le lac Tchad se situe dans cette zone.
- Zone subdésertique et saharienne (à partir de 14° N), à pluviométrie inférieure à 200 mm, et moins de 50 mm dans le quart nord du pays.

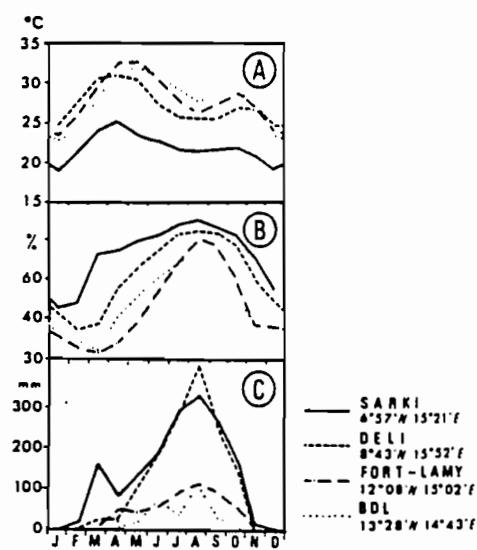
Du sud du pays jusqu'à la latitude du lac Tchad, le gradient climatique est intense (Figure 1.6.2). La pluviosité est divisée par trois (1600-500 mm), l'évaporation double (1100 à 2300 mm).

Les températures augmentent avec la latitude. Dans l'extrême sud, la moyenne annuelle est de l'ordre de 22°C. Elle atteint 28 à 29°C autour du lac Tchad puis diminuerait vers le nord.

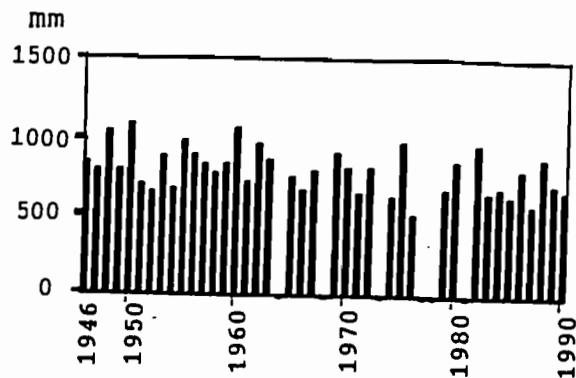
**Figure 1.6.1a - Hydrographie, pluviométrie, géologie du bassin du lac Tchad**  
**Situation des stations**



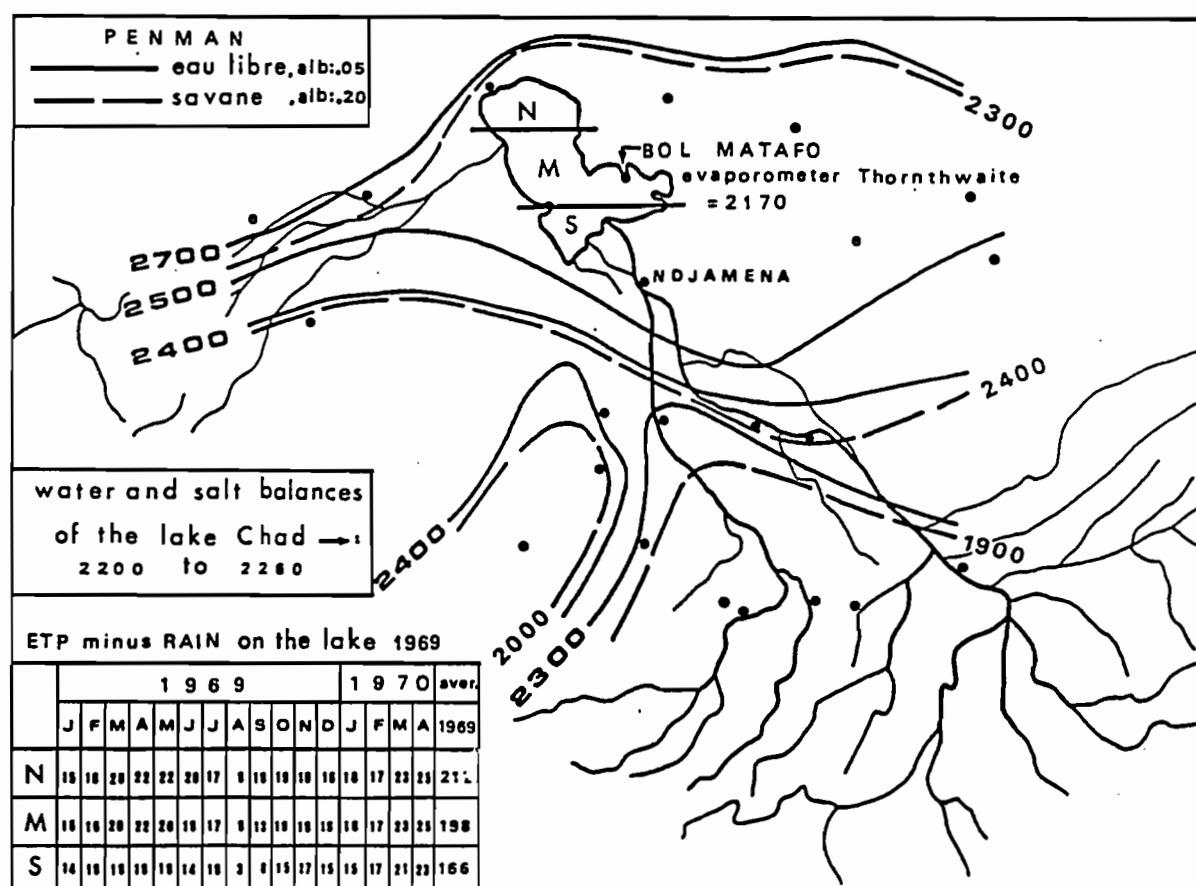
**Figure 1.6.2 - Moyennes interannuelles des températures (A)  
de l'humidité relative (B) de la hauteur de pluies (C)**



**Figure 1.6.4 - Totaux annuels des pluies à Léré SP  
sur la période 1946-1990**



**Figure 1.6.3 - L'évaporation calculée selon Penman sur le bassin du lac Tchad. Bilan ETP moins pluie (d'après M.A. Roche, 1973)**



L'évaporation a été évaluée par différentes méthodes sur le bassin du lac Tchad. La figure 1.6.3 montre les résultats obtenus avec la formule de Penman sur nappe d'eau libre et sur savane.

L'évaporation moyenne annuelle du lac est estimée par les bilans hydrologique et salin entre 2200 et 2260 mm pour la période 1953/1954 à 1969/1970 (Roche, 1973). Elle est très proche de l'évapotranspiration potentielle (ETP) mesurée sur évaporomètre Thornthwaite à la station ORSTOM de Bol-Matafo, station la plus représentative pour le climat du lac : 2160 mm de 1964 à 1970, 2170 mm de 1964 à 1976. L'évaporation sur nappe d'eau libre, calculée selon la formule de Penman, fournit des valeurs plus fortes de 20%.

Le gradient croissant de l'ETP, orienté du sud vers le nord, est contraire à celui de la pluviométrie. Sur le lac Tchad, la conjugaison des deux distributions définit un gradient "évapotranspiration-pluie" de l'ordre de 450 mm entre les deux extrémités sud et nord (Figure 1.6.3.)

## 1.6.2 Précipitations

### 1.6.2.1 Pluviométrie interannuelle et annuelle

Comme tous les pays de la zone sahélienne, le Tchad est soumis à de fortes variations climatiques interannuelles, rappelées avec acuité par la période de sécheresse actuelle qui perdure depuis près de 25 ans. Ce phénomène, qui n'avait jamais été observé, y cause de grands préjudices.

La série de pluies annuelles est présentée pour la station de LERE SP (long.14°13', lat. 9°39') (Figure 3.2.1) sur la période 1946-1990, qui est une des plus longues disponibles (Figure 1.6.4).

Faute de séries pluviométriques suffisamment longues, on se réfère généralement aux niveaux observés et reconstitués du lac Tchad qui dépendent en fait de la pluviométrie sur la moitié sud du pays. Ainsi, les études paléoclimatiques montrent que le lac a connu d'amples fluctuations depuis le Pliocène, allant de l'assèchement complet à l'extension d'une mer intérieure. La période actuelle à fort déficit, qui s'est affirmée en 1970, fait suite à 60 années de pluviométrie "moyenne", interrompues par des périodes de sécheresse de quelques années seulement (1900-1906, 1912-1914, 1940-1946). La fin du siècle dernier avait été marqué par au moins une trentaine d'années de hauts niveaux du lac.

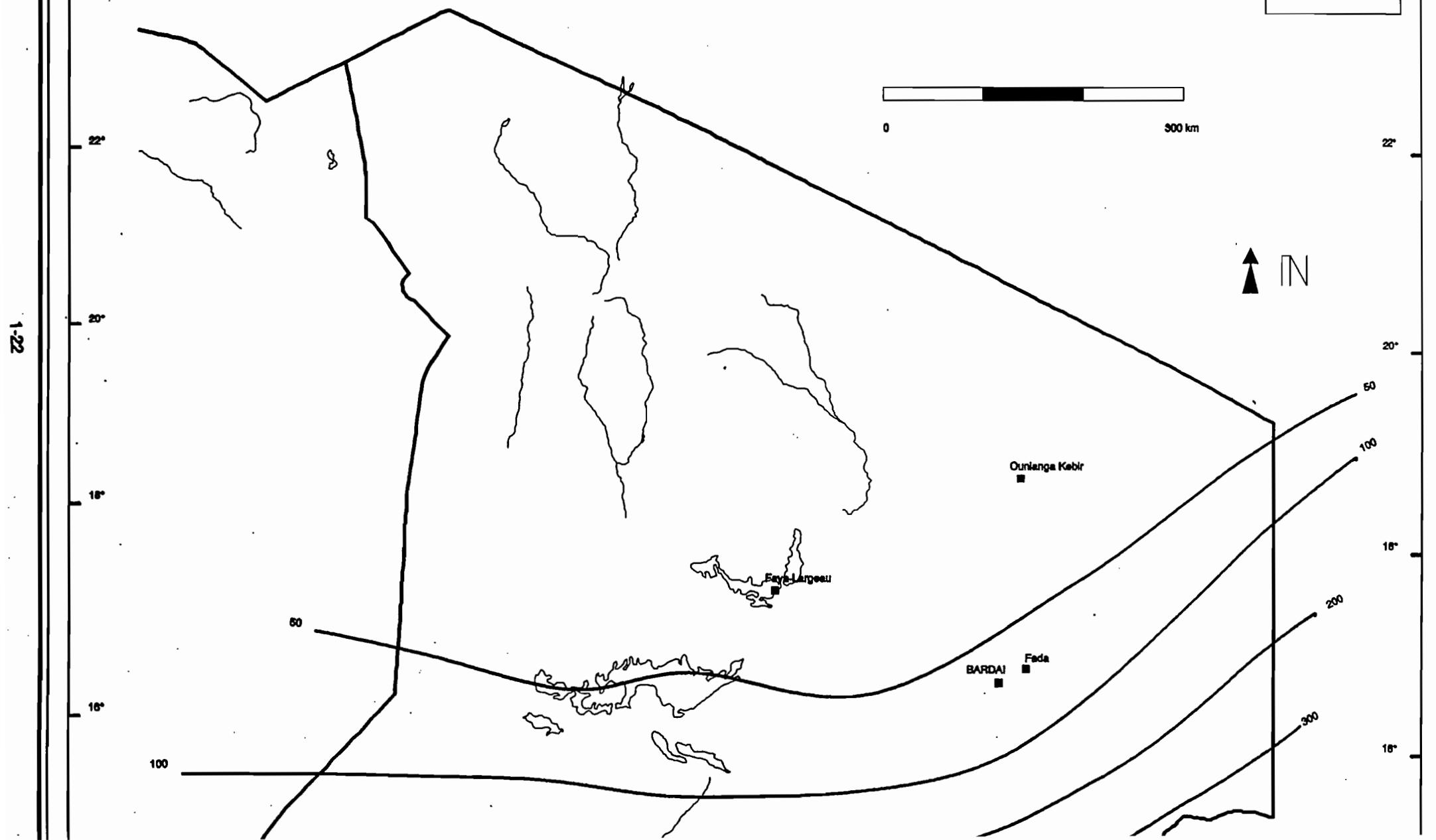
Il s'établit ainsi des états météorologiques qui peuvent durer plusieurs décennies. Fluctuations multidécennales ou évolution vers une période aride? Le débat reste ouvert.

Toujours est-il qu'en l'absence de longues séries pluviométriques, on dispose actuellement de deux séries de données consécutives. Arbitrairement, on peut considérer l'une "normale humide", l'autre "sèche", parallèlement au stade "humide" qui aurait eu lieu au siècle précédent.

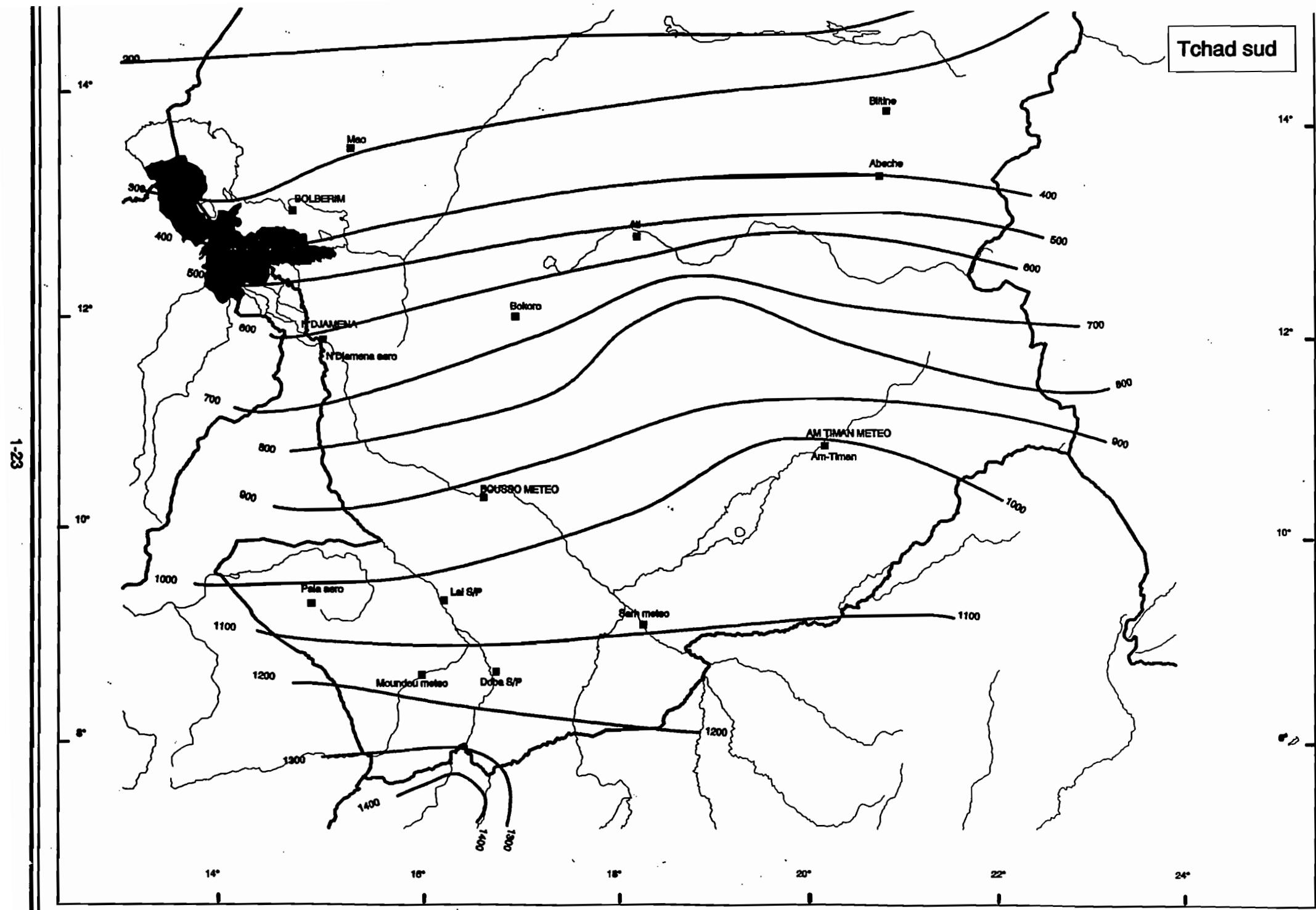
Ainsi sur le lac Tchad, la hauteur de pluie moyenne, évaluée à 290 mm pour la période 1954-1976, a oscillé de 565 mm en 1954 à 94 mm en 1972.

Figure 1.6.1b

Tchad nord



Tchad sud



L'analyse statistique d'ensemble des séries de données disponibles en est délicate. Il en est de même de la présentation d'une carte en isohyètes pluriannuelles. La carte présentée (Figure 1.6.1.b) se rapporte à une période "normale humide".

La DREM publie depuis les années 80 des cartes mensuelles et annuelles dans ses Bulletins Climatologiques.

La répartition spatiale des pluies, caractérisée par un fort gradient négatif du sud vers le nord, a été décrite par zone climatique dans le paragraphe précédent 1.6.1.

### **1.6.2.2 Répartition mensuelle**

La répartition mensuelle des précipitations est unimodale, avec un maximum en août, sur tout le pays (Figure 1.6.2). La durée et la précocité de la saison humide diminue vers le nord. Dans le sud, la saison humide dure environ 7 mois et commence en avril. A la latitude du lac Tchad, ce sont 3 à 4 mois de saison humide qui vers juin succèdent à 9 à 8 mois de saison sèche, généralement intégrale. Le maximum d'août y représente de 40 à 60% du total annuel.

## **1.7 Géologie**

### **1.7.1 Cadre géologique général**

Le sous-sol, sur plus des 3/4 de la superficie du pays, est constitué par des terrains sédimentaires dans lesquels les dépôts continentaux tertiaires et quaternaires occupent une place prépondérante, sauf dans la partie Nord du pays où des grès primaires et secondaires forment l'essentiel du sous-sol (plateau des Erdis - Ennedi - Borkou).

Les massifs montagneux du Tchad Méridional, du Massif Central (Guéra) et de l'Ouaddaï sont formés de roches anciennes granito-geissiques.

### **1.7.2 Description résumée des grandes formations géologiques**

#### **1.7.2.1 Formations précambrrientes**

Les formations précambrrientes affleurent principalement dans l'extrême Nord du pays (Tibesti), à l'Est du pays (Ouaddaï) et dans le Massif Central (Guéra) :

- a. Le Précambrien Inférieur du Tibesti est constitué par un ensemble de roches métamorphiques ou d'origine volcanique avec des intrusions de grano-diorites. Les roches métamorphiques sont des quartzites, des micaschistes, des cipolins, des amphibolites et des gneiss.

Dans le Ouaddaï, les roches granitiques dominent. Les roches métamorphiques sont mal représentées. Les champs filoniens sont très développés.

Le Massif Central Tchadien (Guéra) présente des roches métamorphiques variées (quartzites, micaschistes, gneiss) et surtout des roches intrusives largement affleurantes (granites).

Dans le Mayo-Kebbi, les formations métamorphiques dominent sur les granitoïdes.

- b. Le Tibesti Supérieur affleure au Nord du massif volcanique du Tibesti (Ténéré) avec des roches métamorphiques (conglomérat schistes, grès, roches volcaniques) et de larges manifestations granitiques.

#### **1.7.2.2 Formations de Couverture**

Les formations de couverture représentent 85 % de la superficie du territoire tchadien. La partie septentrionale du pays montre un vaste et puissant bassin primaire avec des auréoles successives passant vers le Nord-Est, du Cambrien au Carbonifère marin puis aux grès de Nubie du Secondaire (plateau des Erdis).

Les fosses du Sud du Tchad et du bassin du Lac Tchad ont été colmatées au début avec du Continental Intercalaire.

- a. Les formations paléozoïques sont localisées au Nord du 16e parallèle (Ennedi - Borkou - Tibesti) avec quelques lambeaux dans le Ouaddaï (Adré). Les roches sont détritiques et d'origine continentale (grès) (800 m de grès à Faya). Les couches sont sub-horizontales mais fortement faillées.
- b. Les formations secondaires affleurent largement dans le bassin des Erdis (grès de Nubie) et au Mayo-Kebbi (Crétacé) et participent au remplissage des fosses (Continental Intercalaire, grès et Crétacé lagunaire).

Les grès de Nubie (100 000 km<sup>2</sup>) sont sub-horizontaux. Des argiles alternent avec les grès.

Dans le Mayo-Kebbi, la série de Léré et la série de Lamé (Pala) avec des grès, des calcaires et des conglomérats sont légèrement plissées.

Dans la fosse de Doba, les grès du Continental Intercalaire gisent entre 1500 et 3000 m de profondeur. Dans la gouttière du Salamat, les grès font place à des sables et à des argiles.

Dans la fosse du Lac Tchad, le Crétacé a été rencontré au-delà de 2000 m de profondeur (sable et argile).

c. Les formations tertiaires sont essentiellement d'origine continentale :

- Les grès et les sables du Continental Terminal sont bien représentés au Tchad (Batha, Chari Baguirmi, Borkou). Leur âge est Oligo-Miocène.
- Dans la fosse de Doba : 700 m de sable et d'argile.
- Dans la région de Pala (Mayo-Kebbi) : grès, argiles.
- Bassin du Salamat : 150 m à Am Timan d'argile et de sable.
- Bassin du Lac Tchad : 80 à 100 m dans le Chari.
- Baguirmi : 200 m à Bol, 400 m à N'Godeni (grès-argile).
- Batha : 50 à 300 m de faciès argileux avec des passées sableuses.
- Borkou : la cuvette de Faya est creusée dans le Continental Terminal (10 à 40 m).
- Pays-Bas : le Continental Terminal affleure largement avec des grès.
- Le Pliocène Inférieur : 30 à 90 m d'épaisseur d'argiles à la base surmontées de sables. Les couches s'approfondissent sous le Lac (toit à 480 m de profondeur à Rig-Rig).
- Le Pliocène Moyen et Supérieur est argileux. L'épaisseur varie de 200 m (Chari Baguirmi) à plus de 300 m (Nord du Lac).

d. Le Quaternaire est largement représenté : 20 m sur les bordures de la cuvette, 165 m au Nord du Lac. Ses dépôts détritiques recouvrent les argiles du Pliocène Supérieur.

Le Quaternaire ancien est du type fluvio-lacustre. Le Quaternaire moyen est caractérisé par des dépôts éoliens et le Quaternaire récent par les alluvions des vallées, les dépôts lacustres et les limons et argiles des zones d'épandage et d'inondation.

e. Les volcans du Tibesti ont un âge Tertiaire et Quaternaire.

### 1.7.3 Aperçu sur la structure géologique du Tchad

La zone sédimentaire du Tchad est une vaste cuvette de style tectonique. Elle correspond à une aire subsidante axée sur le Lac Tchad. La subsidence entraîne des mouvements relatifs avec un

affaissement central et une élévation des reliefs périphériques. Ce phénomène active l'érosion des reliefs, avec épandage et accumulation dans la cuvette des sédiments qui en résultent.

Des réseaux de grandes failles découpent le substratum rocheux ancien en compartiments qui jouent les uns par rapport aux autres selon un style tectonique en "escalier" ou en "touches de piano" (sillons du Salamat, fosse de Moussafoyo-Miamere au Sud de Sarh, fosse de Doba, fosse du Lac Tchad).

Les phénomènes de subsidence se sont arrêtés dans les fosses de Doba et de Bousso pendant le dépôt du Continental Terminal. Ils se sont poursuivis durant le Pliocène et le Quaternaire dans le bassin du Lac Tchad. La profondeur du socle cristallin est estimé à 3500 m sous le sol dans la fosse de Doba, à 1800 m au Nord-Ouest du Lac Tchad.

Le bassin des Erdis a une origine plus ancienne. La sédimentation qui a débuté au Cambrien s'est poursuivie pendant le secondaire avec les grès de Nubie (Jurassique ?). L'épaisseur des sédiments augmente vers le Nord-Est pour atteindre 3000 m à la frontière lybienne.

## 1.8 Hydrologie

A l'exception d'un petit cours d'eau, le MAYO KEBBI, tributaire de la BENOUÉ (Bassin du NIGER), la quasi totalité des cours d'eau tchadiens appartiennent au bassin tchadien, vaste cuvette fermée de près de 2 300 000 km<sup>2</sup>, située au coeur de l'Afrique.

La cuvette tchadienne est elle-même subdivisée en bassins secondaires endoréiques dont le plus vaste est constitué par celui du lac Tchad (qui s'étend entre 6° et 15° N, 7° et 25° E) qui représente la partie essentielle du réseau hydrographique actif. La quasi-totalité des apports de surface du lac est constituée par les écoulements du fleuve CHARI (et de son principal affluent, le LOGONE) dont la majeure partie du bassin se situe sur le territoire de la république du TCHAD.

Les ensembles hydrographiques principaux sont :

- le bassin du CHARI
- le bassin du LOGONE
- le lac TCHAD
- le bassin du BA THA
- le bassin du MAYO KEBBI
- les bassins à écoulement temporaire de régimes subdésertiques et désertiques situés au nord du 14° parallèle

### **1.8.1      Bassin du Chari**

Le CHARI est le plus important des cours d'eau TCHADIENS.

Il est formé par la réunion du BAMINGUI (356 km) et du GRIBINGUI (418 km) rejoints en rive droite par le BANGORAN (355 km).

Ces trois cours d'eau sont entièrement situés en république Centrafricaine et représentent un bassin d'une superficie d'environ 80 000 km<sup>2</sup>.

Le CHARI est ensuite rejoint, en rive droite, par le BAHR AOUK (de direction est-ouest, 750 km, 100 000 km<sup>2</sup>) qui suit la frontière entre le TCHAD et la RCA.

Dans sa partie tchadienne, le CHARI est caractérisé par une pente faible (0,10 m/km entre le confluent du BAHR AOUK et le lac TCHAD, 826 km) entraînant une dégradation hydrographique marquée (défluents, plaines d'inondation).

En aval de SARH, le CHARI reçoit le BAHR KEITA en rive droite (455 km, 24 000 km<sup>2</sup>), puis en rive gauche, son principal affluent avant le LOGONE, le BAHR SARA (881 km, 80 000 km<sup>2</sup>) issu du massif camerounais de l'ADAMAOUA et enfin, en rive droite, le BAHR SALAMAT (995 km, 135 000 km<sup>2</sup>) issu, sous le nom de BAHR AZOUM, du DJEBEL MARRA au SOUDAN.

A l'aval du BAHR SALAMAT, le CHARI présente des plaines d'inondation importantes sur sa rive droite et quelques effluents, dont le plus important est le BAHR ERGUILIG, qui après avoir subi des pertes, rejoint le CHARI entre MOGROUM et MAILAO.

Le CHARI est rejoint par le LOGONE peu en amont de N'DJAMENA.

A CHAGOUA, dernière station du CHARI, peu avant le confluent du LOGONE, le bassin versant contrôlé est de l'ordre de 525 000 km<sup>2</sup> avec une module interannuel de 730 m<sup>3</sup>/s (module spécifique : 1,4 l/s/km<sup>2</sup>).

### **1.8.2      Bassin du Logone**

Le LOGONE est issu du rebord nord-est de l'ADAMAOUA, au CAMEROUN. Il est constitué par la réunion de la VINA du nord et de la MBERE qui confluent à la frontière CAMEROUN - TCHAD.

Sur les 200 km, jusqu'à la frontière, les pentes initiales sont assez fortes (52 m/km à 10 m/km) puis s'atténuent ensuite très sensiblement.

Le LOGONE reçoit en rive droite la LIM (4 500 km<sup>2</sup>, pente : 3,6 m/km), puis en rive gauche la NYA (3 000 km<sup>2</sup>) et, en aval de MOUNDOU, un important affluent de rive droite, la PENDE (15 000 km<sup>2</sup>, pente moyenne 2 m/km).

A LAI le LOGONE a un bassin de 56 700 km<sup>2</sup>, avec une pente moyenne de 1,8 m/km (pente maximale en tête : 52 m/km, pente finale 0,25 m/km).

Puis entre LAI et le confluent avec le CHARI, la pente moyenne devient très faible : 0,14 m/km et le LOGONE se caractérise par un système hydrographique très dégradé avec des pertes importantes sur ses deux rives (effluents et plaines d'inondation).

D'amont en aval il est possible de distinguer sept zones de déversement qui peuvent être regroupées en trois ensembles :

- en rive droite vers le BA-ILLI (grand courant du BA-ILLI, courant de HAM-DJOUMANDE, BISSIM, etc...)
- en rive gauche, une zone de déversement située entre ERE et BONGOR (dépressions de LOKA et des lacs TOUBOURIS). Une partie (relativement faible) des eaux du LOGONE rejoint ainsi, par la KABBIA et le MAYO KEBBI, le bassin de la BENOUE.
- puis en rive gauche et en aval de BONGOR sur environ 160 km, une vaste zone de débordements en nappe et par défluents (GUERLEOU, LOGOMATIA) constituant le GRAND YAERE dont une partie des eaux est drainée par l'ELBEID et rejoint le lac TCHAD.

Sur cette partie du cours, une seul affluent notable en rive gauche, la TANDJILE (6 000 km<sup>2</sup>, 0,8 m/km).

Enfin, en aval de LOGONE GANA, le LOGONE se rapproche du CHARI (avec lequel il est en communication pendant les hautes eaux par une zone de débordement) et le rejoint peu avant N'DJAMENA.

Le LOGONE constitue, entre l'amont de BONGOR jusqu'à KOUSSESSI, la frontière entre le TCHAD et le CAMEROUN.

Au confluent (KOUSSESSI), le LOGONE, avec une bassin versant d'environ 75 000 km<sup>2</sup>, a un module interannuel de 350 m<sup>3</sup>/s (4,7 l/s/km<sup>2</sup>).

En aval de N'DJAMENA, le CHARI (grossi du LOGONE) a ainsi un module interannuel de 1 080 m<sup>3</sup>/s (soit un module spécifique de 1,8 l/s/km<sup>2</sup> pour un bassin versant d'environ 600 000 km<sup>2</sup>).

### 1.8.3 Lac Tchad

Le lac TCHAD est situé entre 12°30 et 14°20 de latitude nord et 13°00 et 15°20 de latitude est.

En situation moyenne, avant 1973, le lac (pour une cote de 281,8 m IGN) avait une superficie d'environ 19 000 km<sup>2</sup> avec une profondeur moyenne de 3,4 m (profondeur maximales : 5 à 8 m).

On y distingue trois grands types de paysage :

- les eaux-libres qui en situation moyenne représentent environ 36 % de la superficie
- les archipels d'îlots-bancs, hauts-fonds envahis d'une végétation marécageuse (roseaux, papyrus) plus ou moins immergée. Les îlots-bancs représentent, en situation moyenne, près de 38 % de la superficie.
- les archipels d'îles sableuses constitués des sommets aplatis des dunes de l'erg du KANEM qui émergent du lac. Ils occupent 26 % de la superficie totale du lac en situation moyenne.

Le lac est divisé en deux parties, sud et nord, d'importance sensiblement équivalente en situation moyenne, et séparées par une zone est-ouest de hauts-fonds : la GRANDE BARRIERE. En période sèche, et tout particulièrement depuis 1973, l'émergence de la Grande Barrière entrave considérablement l'alimentation de la moitié septentrionale du lac qui tend à s'assécher.

Le lac TCHAD est essentiellement alimenté par les eaux du CHARI qui représentent environ 96 % des apports écoulés, puis très secondairement par l'ELBEID (drainage du GRAND YAERE), pour près de 3 % et enfin au nord-ouest, par la KOMADOUGOU (NIGERIA - NIGER) pour moins de 1 %.

Les apports par précipitations représentent un complément de l'ordre de 15 % de l'écoulement.

Le lac TCHAD ne possède qu'un seul effluent endoréique, très peu actif, le BAHR EL GHAZAL, alimenté par le lac lors des périodes d'ennoyement en hautes eaux, au cours des années de forte hydraulicité.

#### 1.8.4 Bassin du Ba Tha

Le BA THA est un cours d'eau temporaire de régime sahélien, issu du massif du OUADDAI, drainant un bassin de relief assez prononcé mais de nature assez perméable.

Coulant d'est en ouest, il constitue le principal tributaire du lac FITRI. Le bassin du BA THA et du lac FITRI constitue aussi un sous-système endoréique de la cuvette tchadienne.

A ATI, la station la plus en aval, le bassin versant contrôlé à une superficie de 46 000 km<sup>2</sup>, avec une pente moyenne de 0,30 m/km.

Le module interannuel est voisin de 18 m<sup>3</sup>/s (module spécifique : 0,4 l/s/km<sup>2</sup>).

Le lac FITRI (bassin versant d'alimentation : 70 000 km<sup>2</sup>) a une superficie moyenne d'environ 36 000 ha en hautes eaux et 12 000 ha en fin de saison sèche.

Les apports globaux sont de l'ordre de 900 millions de m<sup>3</sup> (dont environ 540 pour le BA THA) auxquels s'ajoutent les précipitations directes sur le lac (de l'ordre de 360 mm).

L'évaporation annuelle est de l'ordre de 2 300 mm.

### **1.8.5 Bassin du Mayo Kebbi**

Les formateurs du MAYO KEBBI drainent, au Tchad, le plateau LAKA. La KABIA qui coule initialement du sud au nord, reçoit en rive droite la LOKA puis s'infléchit vers le nord-ouest avant de rejoindre la dépression TOUROURI, zone de marécages et de lacs (FIANGA, TIKEM) de direction nord-sud.

En aval du lac TIKEM, le MAYO KEBBI se dirige vers l'ouest.

La pente est faible (0,07 m/km) mais augmente rapidement (2 m/km) à l'approche des chutes GAUTHIOT (situées à 225 km de sa source).

Après ces chutes (d'une hauteur de 45 m et qui constituent un site hydro-électrique intéressant étudié par EDF et l'ORSTOM), le MAYO KEBBI, grossi des mayos DALA et EL OUAYA, traverse les lacs TRENE et LERE puis après avoir franchi la frontière entre le TCHAD et le CAMEROUN rejoint la BENOUÉ en amont de GAROUA.

Le MAYO KEBBI est ainsi le seul cours d'eau exoréique du TCHAD.

Il est abondé par des débordements du LOGONE en hautes eaux (dépressions de la LOKA, près d'ERE et de DANA, près de BONGOR).

A MBOURAO, station la plus en aval du MAYO KEBBI au TCHAD, le module interannuel est estimé à 20 m<sup>3</sup>/s (module spécifique : 1,55 l/s/km<sup>2</sup>) pour un bassin versant de 12 900 km<sup>2</sup>.

### **1.8.6 Bassins subdésertiques et désertiques du Nord-Tchad**

Le 14<sup>e</sup> parallèle (latitude nord) correspond approximativement à l'isohyète 300 mm et constitue la limite entre les bassins de régimes sahéliens et tropicaux, au sud, et les bassins de régimes subdésertiques et désertiques, au nord.

Les cours d'eaux à écoulement épisodique (quelques crues par an) de ces bassins sont issus des principaux massifs Tchadiens : BILTINE, ENNEDI MORTCHA, TIBESTI.

Les écoulements, marqués par une forte irrégularité interannuelle, dépendent de la dimension des bassins, de leur relief plus ou moins prononcé et de la nature des formations géologiques (cristallin, grès plus ou moins altérés,...).

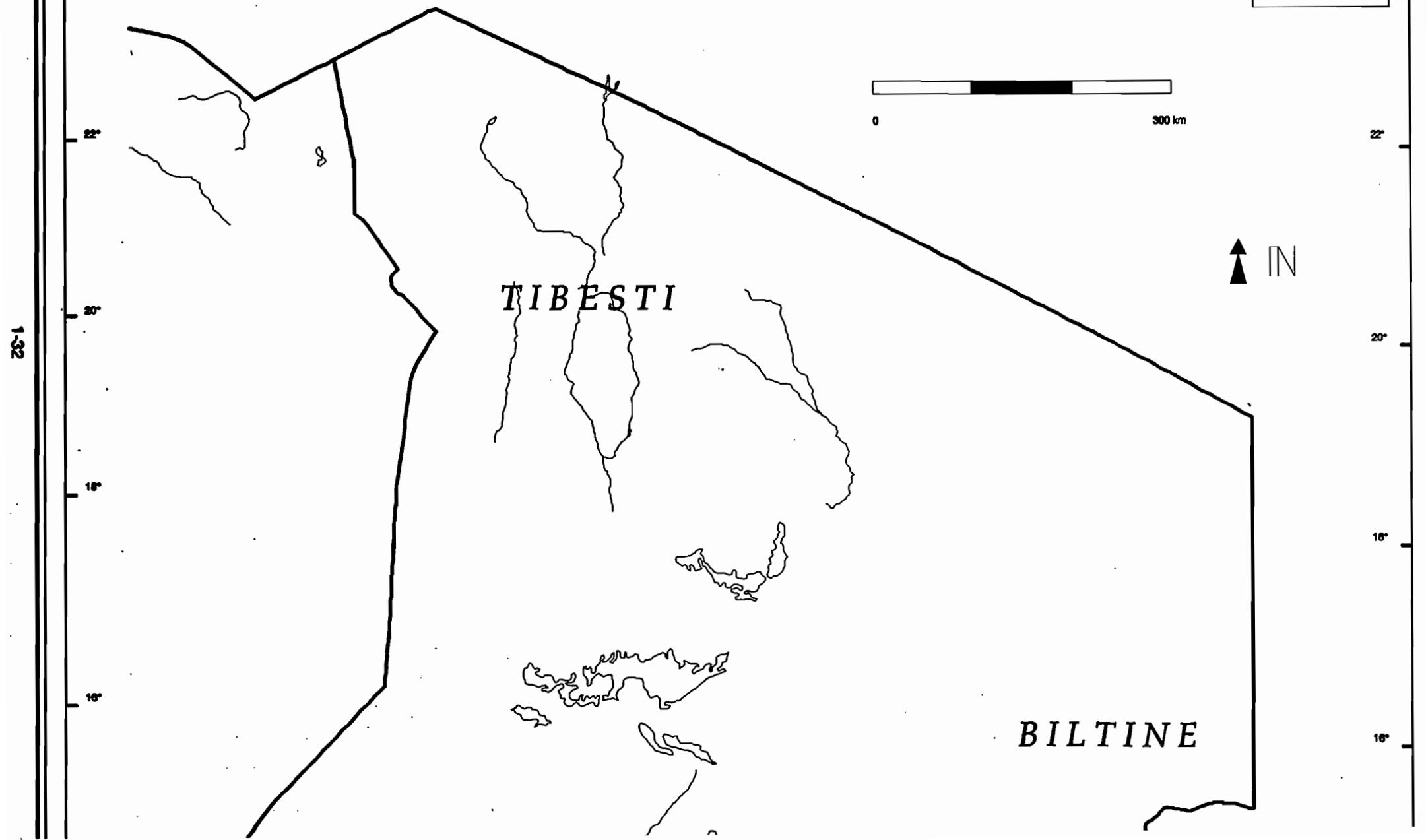
Les écoulements moyens interannuels restent très faibles (lames écoulées variant entre quelques mm et 20 à 30 mm).

La dégradation hydrographique est très marquée et les écoulements disparaissent assez rapidement dès que les cours d'eau abordent les zones de faible relief.

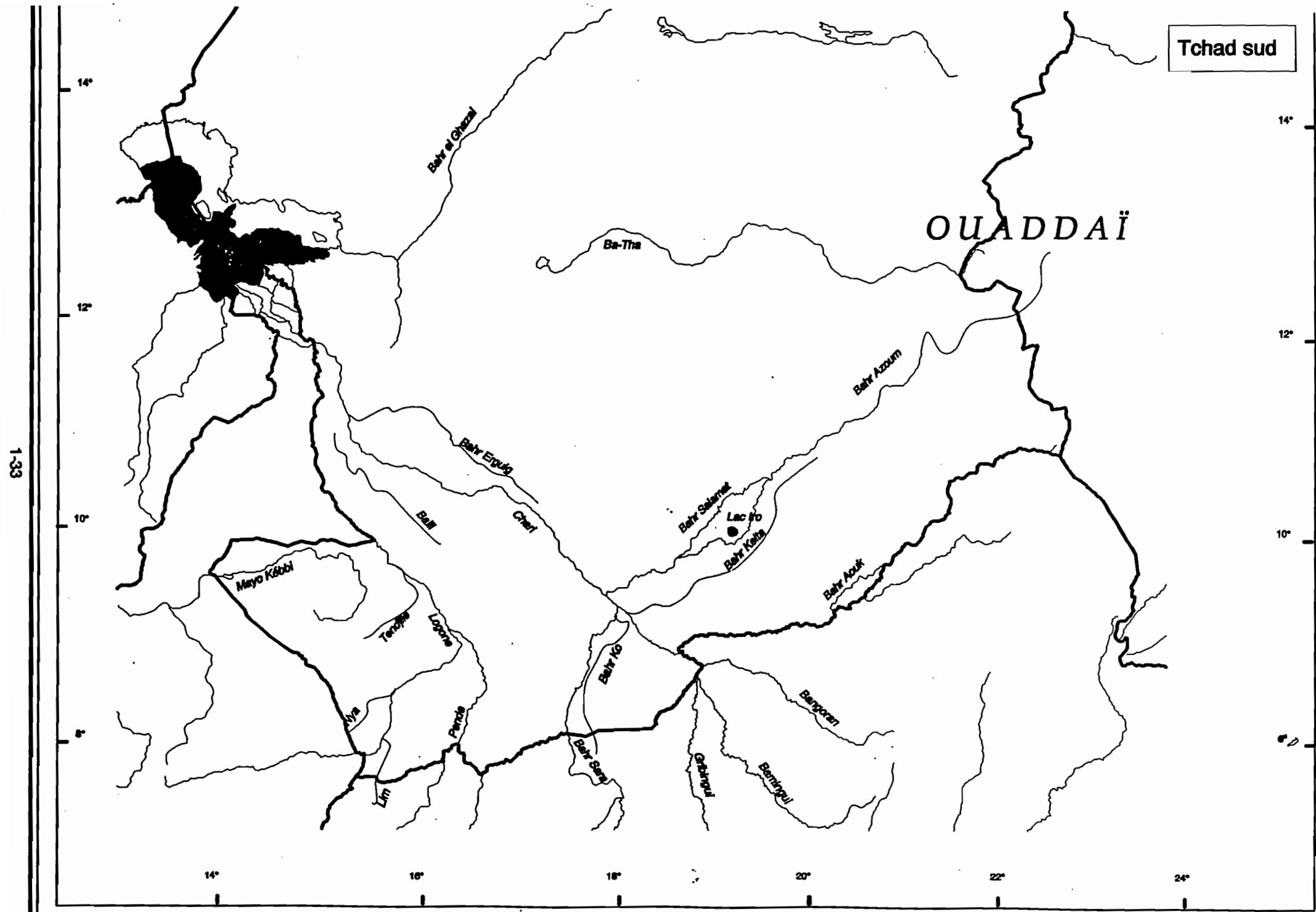
Figure 1.8.1

## Carte du réseau hydrographique du Tchad

Tchad nord



Tchad sud



Citons, parmi les bassins de ces régions, les Ouaddis ENNE (BILTINE), HAOUACH, OUM CHALOUBA, FERA et SOFOYA (ENNEDI et MORTCHA) en régime subdésertique (150 à 300 mm de précipitation moyenne annuelle) et les Enneris BADAGE (ZOUMRI), MISKY, MAROU et YAO dans le TIBESTI en régime désertique (moins de 100 à 150 mm de précipitation annuelle).

## 1.9 Hydrogéologie

Dans les terrains sédimentaires, des nappes continues existent dans des aquifères d'extension, de profondeur et de productivité variables.

Les massifs de roches anciennes cristallines et métamorphiques contiennent des ressources en eau limitées, localisées dans les aquifères discontinus.

La connaissance des eaux souterraines s'est nettement améliorée avec l'interprétation des données de plus de 6000 points d'eau.

### 1.9.1 Hydrogéologie du Nord du Tchad (BET)

Les régions désertiques du Nord du Tchad sont peu étudiées. Les massifs volcaniques et les roches magmatiques et métamorphiques du Tibesti peuvent contenir des ressources modestes dans le réseau des fractures.

L'alimentation des zones aquifères se fait par concentration du ruissellement dans les lits des ouadis : la pérennité de la ressource ne peut être assurée que par l'inféro-flux des alluvions des grands ouadis.

Les grès de Nubie contiennent une nappe dont la continuité hydraulique ne s'accompagne pas nécessairement de la permanence d'un débit exploitable, en particulier dans les zones basses creusées dans les faciès argileux. Les grès forment des entablements perméables alimentant des sources de versant situées à la base des grès et au sommet des couches argileuses. Dans l'ensemble, la ressource en eau de bonne qualité semble importante malgré la précarité de l'alimentation par les pluies.

Les grès du Carbonifère semblent avoir des potentialités réduites.

Dans la cuvette de Faya, les palmeraies sont irriguées à partir des eaux de la nappe phréatique captée par des puits peu profonds.

Des forages profonds (150 à 350 m) dont certains artésiens, livrent de bons débits (10 à plus de 200 m<sup>3</sup>/h).

Les potentialités hydrauliques des grès de l'Ennedi ne sont pas connues mais des forages profonds devraient pouvoir fournir localement des débits élevés. Le renouvellement de la ressource par les pluies est rarement assuré. Les oasis sont alimentées par des mares plus ou moins pérennes.

#### **1.9.2 Aquifères des bassins crétacés**

- Dans le Mayo-Kebbi, les séries de Léré et de Pala sont mal connues mais elles sont très productives dans le bassin de Garoua au Cameroun (grès de la Bénoué).
- Les forages pétroliers du Bassin de Doba ont mis en évidence des zones aquifères dans les sables et les grès du Sénonien et du Maestrichtien mais à des profondeurs très grandes (toit du Crétacé à plus de 1200 m de profondeur).
- Dans la Préfecture du Lac, le forage de Bol I a pénétré le Crétacé entre 598 et 602 m de profondeur. Le débit artésien est négligeable mais l'artésianisme est de + 7,50 m.
- Le forage pétrolier Kédémi 1 a touché le toit du Cénomanien à 492 m de profondeur dans le sillon du Salamat. Les sables du Cénomanien (276 m d'épaisseur) constituent un puissant réservoir aquifère.

#### **1.9.3 Aquifères du Continental Terminal (CT)**

Le Continental Terminal affleure largement en bordure des zones en relief (Pays-Bas, Mortcha, Piémont de Ouaddaï, Salamat, Koros, Logones).

Dans le Pays-Bas, le Continental Terminal contient une nappe généralisée concave. Les couches argileuses peuvent mettre la nappe en charge avec un artésianisme local. La profondeur de l'eau dépasse 100 m sur les bordures Nord et Est.

Dans le Mortcha, le sondage de Bir Hidjel a traversé des argiles sableuses du CT entre 100 et 266 m (toit du socle). L'eau est profonde (100 m) et le débit spécifique faible (0,5 m<sup>3</sup>/h/m).

Dans la région centrale et orientale du Batha, les formations du CT recèlent la nappe phréatique. Les puits produisent jusqu'à 7 à 10 m<sup>3</sup>/h/m mais 2 m<sup>3</sup>/h/m en moyenne. Les forages ont donné des résultats médiocres. L'eau se stabilise entre 30 et 60 m de profondeur et 80 m au Nord du 14<sup>e</sup> parallèle.

Les forages ont entre 130 et 300 m de profondeur avec des débits spécifiques de 0,4 à 16 m<sup>3</sup>/h/m :

- Le CT est recoupé vers 450 m de profondeur à Bol (Préfecture du Lac). La nappe est artésienne (+0,4 m), le débit est faible (0,13 m<sup>3</sup>/h/m).

Le CT argileux est peu productif dans le Chari Baguirmi septentrional (Bokoro). La nappe phréatique est exploitée.

Le Chari Baguirmi méridional possède des niveaux sableux dans la série argileuse du CT, entre 170 et 300 m de profondeur (fosse de Bousso) et plus profondément vers le Cameroun (350 à 500 m). La nappe est fortement en charge et souvent artésienne, avec des débits spécifiques assez faibles à très faibles.

Dans le Sud-Ouest du Tchad, le CT affleure avec une nappe phréatique généralisée. Dans la région de Koros, l'encaissement des vallées entraîne un approfondissement de l'eau sous les plateaux (jusqu'à 100 m). La productivité des puits varie selon la lithologie (1,5 à 8,6 m<sup>3</sup>/h/m). La profondeur des forages varie, selon la morphologie, de 55 m (bas-fonds) à plus de 150 m sur les plateaux. Des débits de 100 m<sup>3</sup>/h sont possibles.

Il est difficile de différencier dans le Salamat l'aquifère quaternaire de la nappe du CT. La nappe phréatique est généralisée. La reconnaissance par forage reste à faire. Les puits rencontrent l'eau entre 5 et 30 m de profondeur.

#### **1.9.4 Aquifères du Pliocène**

- a. Dans le Pays-Bas, la nappe phréatique est exploitée dans la basse vallée du Bahr El Ghazal. Les puits produisent 2 m<sup>3</sup>/h/m. Les niveaux statiques varient entre 10 m (bas-fonds) et plus de 60 m de profondeur.
- b. Dans le Mortcha, le plio-quaternaire est entre 0 et 100 m de profondeur. La nappe est profonde. Le Pliocène peut être dénoyé.
- c. Dans le quart Nord-Ouest du Batha, la nappe phréatique se localise dans le Pliocène. Les puits produisent de 0,7 à 18 m<sup>3</sup>/h/m. Mais dans le Batha généralement, la nappe est profonde et l'aquifère argilo-sableux hétérogène. Les forages atteignent 150 à 200 m avec des débits spécifiques de 0,1 à 23 m<sup>3</sup>/h/m (le débit exploitable est faible en général). Le niveau statique se situe entre 60 et 80 m de profondeur.
- d. Dans le Kanem, le Pliocène s'approfondit rapidement à l'approche du lac. Le Pliocène inférieur est productif, de 280.m à 500 m selon le gradin structural. L'eau est proche du sol ou artésienne. Le débit est très faible (0,2 à 2,8 m<sup>3</sup>/h/m). A la limite Kanem/Batha, un niveau sableux situé entre 150 et 180 m fournit des débits de 8 à 16 m<sup>3</sup>/h. Le niveau statique est vers 50 m.

- e. Dans le Chari Baguirmi septentrional, l'aquifère est une série argilo-sableuse. On distingue :
  - La nappe semi-profonde du Pliocène moyen avec des forages de 150 à 220 m, un niveau statique entre 15 et 40 m de profondeur et des débits de 2,5 à 3 m<sup>3</sup>/h/m.
  - La nappe profonde du Pliocène inférieur avec des forages de 300 m, artésiens (+6 m à +7 m). Le débit spécifique est de 0,4 à 1,6 m<sup>3</sup>/h/m.
- f. Dans le Chari Baguirmi méridional, on distingue :
  - La nappe semi-profonde du Pliocène moyen exploitée par des forages de 150 à 200 m avec des débits de 0,7 à 10 m<sup>3</sup>/h/m. Le niveau de l'eau est entre 30 et 55 m.
  - La nappe profonde du Pliocène inférieur avec des forages de 320 m et des débits de 0,5 à 6,6 m<sup>3</sup>/h/m. Le niveau statique est proche du sol.

#### **1.9.5 Aquifères du Quaternaire**

Ils peuvent être compartimentés par région du pays :

- a. Dans le Pays-Bas, la nappe est dans la série lacustre du Quaternaire ancien ; sa productivité est très faible car les argiles dominent. Les écoulements se font vers le Nord-Est. Le niveau d'eau est à quelques mètres dans les zones basses et 20 m sous les plateaux. L'eau est généralement sulfatée. Les sables contiennent une nappe peu profonde dans les dépressions.
- b. Dans le Mortcha, le Quaternaire est souvent stérile car l'eau est profonde.
- c. Dans le Batha, les sédiments argileux et sablo-argileux renferment la nappe phréatique alimentée par l'Ouadi Batha. La profondeur du plan d'eau augmente avec l'éloignement par rapport au cours d'eau (nappes "en creux"). Les potentialités sont faibles.
- d. Dans le Kanem - zone du Lac Tchad - on distingue :
  - La nappe des polders ou des ouadis localisée dans des argiles noirâtres épaisse de 6 à 10 m. Le niveau de l'eau varie de 0 à 6 m de profondeur selon la saison ou les périodes. L'aquifère malgré sa faible épaisseur (1 à 4 m) a une grande importance pour l'irrigation (2 à 5 m<sup>3</sup>/h).
  - L'aquifère des sables blancs récents est généralisé dans la Préfecture du Lac et offre de fortes potentialités. La nappe est libre sous les dunes et en charge sous les polders et les ouadis. L'épaisseur des sables atteint 160 m dans le Nord de la Préfecture et se réduit à moins de 60 m dans le Sud.

Les débits augmentent du Sud vers le Nord, de 10 à plus de 90 m<sup>3</sup>/h. La transmissivité varie entre  $10^{-3}$  et  $5 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s.

- Le retrait des eaux du Lac laisse de vastes étendues semblables aux polders avec une nappe phréatique qui a tendance à se saturer en sels par évaporation.
- Les sables sont emboîtés dans des formations argileuses du Quaternaire ancien.

- e. Dans le reste du Kanem, la série fluvio-lacustre du Quaternaire ancien recèle la nappe sur la bordure Nord, au Centre et à l'Est. L'hétérogénéité des sédiments entraîne pour les puits une productivité variable mais généralement faible. La zone est caractérisée par des nappes concaves ("en creux" du Bahr El Ghazal). Le plan d'eau passe de 10 m dans les zones basses à plus de 40 m sous les plateaux. Il peut affleurer dans l'Ergueï.

La nappe des sables éoliens du Quaternaire moyen se prolonge sous de vastes régions (Aka, Manga, Leloa, Chitati, Harr) livrant de bons débits (10 à 36 m<sup>3</sup>/h/m). La nappe affleure dans les creux inter-dunaires mais se trouve à 50 m sous les plateaux.

- f. Dans le Chari Baguirmi, la nappe phréatique existe dans toute la région mais avec une productivité variable en raison de l'hétérogénéité des sables argileux.

Les sables de paléo-chenaux sont exploités pour l'alimentation de N'Djaména avec une douzaine de forages de 60 m de profondeur. Le plan de la nappe est entre 9 et 20 m. Les débits horaires par ouvrage varient de 50 à 180 m<sup>3</sup>.

Ce type d'aquifère se retrouve dans plusieurs secteurs (Massakory, Massaguet, Chari Baguirmi méridional). L'exploitation requiert des forages de 50 à 70 m de profondeur capables d'extraire 20 à 150 m<sup>3</sup>/h.

Dans le Sud, le faciès argileux domine (forages négatifs de Bousso).

- g. Dans le Mayo-Kebbi, la plaine de Bongor est un vaste épandage de limons argileux (zone inondable). La nappe phréatique généralisée est à faible profondeur avec une productivité faible.
- h. Dans le Salamat qui est une vaste plaine d'inondation avec des levées sableuses, la nappe phréatique est généralisée, occupant sans distinction possible le Quaternaire et le CT.

En toute zone, en particulier dans les régions arides du Nord, dans les massifs anciens, sur les piémonts stériles et dans les zones argileuses de la cuvette tchadienne, les alluvions des ouadis peuvent localement fournir l'unique ressource en eau, exploitable en général par puits et parfois avec

des forages. L'eau est généralement peu profonde. Les débits varient de 1 à 30 m<sup>3</sup>/h. La pérennité de la ressource est aléatoire.

#### **1.9.6 Résumé de l'hydrogéologie des massifs anciens**

Dans les massifs du Ouaddaï et du Guéra, la répartition des potentialités en eau souterraine obéit d'abord à la morphologie, ensuite à la nature lithologique des roches et à la pluviométrie. Il s'ensuit une inégale répartition de la ressource.

Sur les versants érodés du Guéra, l'absence d'altérites prive la région de la principale réserve en eau. Pour des raisons climatiques, le manteau altéré ou sablo-argileux qui recouvre le socle du Ouaddaï est stérile. Ceci explique la rareté de la ressource en eau souterraine des massifs anciens du Tchad.

Les caractéristiques hydrogéologiques et des moyens d'exploitation de la ressource sont résumées dans le tableau 1.9.1. Les figures 1.9.1 et 1.9.2 indiquent les unités morphologiques du Ouaddaï et du Guéra.

#### **1.9.7 Résumé des caractéristiques des aquifères du Tchad**

Les nappes d'eaux souterraines sont esquissées sur la figure 1.9.3. La figure 1.9.4 donne la profondeur du niveau statique.

Les caractéristiques de ces aquifères sont mentionnées ci-après.

##### **1.9.7.1 Quaternaire actuel et récent**

Localisé dans les ouadis et les zones inondables.

Pérennité aléatoire.

Hétérogénéité forte.

Eau peu profonde.

Productivité très variable : 1 à 30 m<sup>3</sup>/h.

Puits et forages : 10 à 40 m de profondeur.

Eau de bonne qualité chimique.

Ressource unique pour certaines régions désertiques ou massifs anciens.

**Tableau 1.9.1 - Caractéristiques des aquifères et des forages du GUERA ET DU OUADDAI (ONHPV - PNUD/DTCD - CHD/90/005)**

| Réglon                                  | OUADDAI (350 forages)   |                        |                        |                    |                       |                         |                        |              |                    |              | GUERA (180 forages)    |                      |                           |                      |                       |
|-----------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|--------------|--------------------|--------------|------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|
| Unité hydrogéologique                   | 1a                      | 1b                     | 1c                     | 2                  | 3a                    | 3b                      | 4a                     | 4b           | 5a                 | 5b           | 5c                     | 5d                   | 6a                        | 6b                   | 7                     |
| Unité morphologique                     | Haut plateau            | Plateau Guéréda        | Plateau Iriba          | Versant            | Glacis à Pédiment     |                         | Piémont Inselbergs     |              | Piémont Nord Sud   |              | Piémont Conservé Erodé |                      | Bas niveau Conservé Erodé |                      | Bas-fonds             |
| Altitude moyenne                        | > 1000 m                | 920-1000               | 800-920                | 720-900            | 640-680               |                         | 520-560                |              | 440-480            |              | 440-480                |                      | 360-380                   |                      | 320-330               |
| Taux de réussite (1)                    | 45 %                    | 33 %                   | 16 %                   | 15-78 %            | 50 %                  | 78 %                    | 26 %                   | 52 %         | 14 %               | 50 %         | 70 %                   | 20 %                 | 75 %                      | 30 %                 | 50 %                  |
| Profondeur forage (2)                   | 40-50                   | 50                     | 40-50                  | < 40               | < 40                  | 40-60                   | 50-60                  | 50-60        | > 60               | > 60         | 60                     | 53                   | 57                        | 65                   | 63                    |
| Profondeur forage < 0 (3)               |                         |                        |                        |                    |                       |                         |                        |              |                    |              | 66                     | 67,6                 | 72,5                      | 72                   | 61,5                  |
| Profondeur venues eau (4)               | < 40                    | -                      | -                      | 20-30              | 20-40                 | 20-30                   | 20-40                  | 20-40        | > 50               | > 30         | 39,4                   | 33,5                 | 38                        | -                    | 53,4                  |
| Niveau statique (5)                     | 30-50                   | -                      | -                      | 20-30              | -                     | 20-30                   | 20-40                  | 20-40        | > 50               | 30-40        | 17,4                   | 14,9                 | 18,6                      | -                    | 19,12                 |
| Débit foration (6)                      | < 2                     | -                      | < 2                    | 2-5                | -                     | 2-5                     | < 2                    | < 2          | 2-5                | 2-5          | 2,47                   | 2,46                 | 2                         | -                    | 1,85                  |
| Epaisseur recouvrement (7)              | 10->20                  | -                      | 10->20                 | 10-20              | 0-20                  | 10-20                   | 10->20                 | > 20         | > 20               | 10->20       | 28,3                   | 26,4                 | 29,8                      | -                    | 33,8                  |
| Recouvrement saturé (8)                 | 0                       | 0                      | 0                      | 0                  | 0                     | 0                       | 0                      | 0            | 0                  | 0            | 10,8                   | 11,5                 | 13,3                      | -                    | 14,7                  |
| Charge hydrodynamique (9)               | -                       | -                      | -                      | -                  | -                     | -                       | -                      | -            | -                  | -            | 21,9                   | 18,6                 | 34,3                      | -                    | 21,4                  |
| Potentialités (hydraulique villageoise) | Peu favo. échecs élevés | Défav. nombreux échecs | Défav. nombreux échecs | Défav. sauf ouadis | Peu favorable à moyen | Favorable risque modéré | Défav. nombreux échecs | Peu à moyen. | Défav. sauf ouadis | Peu à moyen. | Favorable              | Défav. échecs élevés | Favorable                 | Défav. échecs élevés | Moyennement favorable |

(1) Débit seuil (600 l/h)

Source : M. ENGALENC - Hydrogéologue - Février 1991

(2) Tous forages confondus. Pour Ouaddai, 50 % des forages ont une profondeur de ... Pour le Guéra : profondeur moyenne forages > 0 et < 0

(3) Guéra : profondeur moyenne des forages négatifs

(4) Ouaddai : 50 % des venues d'eau sont à ... Guéra : profondeur moyenne en m

(5) Ouaddai : 50 % des niveaux statiques sont ... Guéra : profondeur moyenne de l'eau en m

(6) Ouaddai : 50 % des débits ... Guéra : débit moyen en m3/h

(7) Epaisseur du recouvrement (dépôts superficiels et altérites) moyenne au Guéra. Ouaddai : 50 % des épaisseurs du recouvrement sont entre x - x mètres

(8) Epaisseur du recouvrement saturé en eau. Guéra : moyenne en m

(9) Différence en m entre la profondeur de la venue d'eau et le niveau statique

La distinction entre les unités 3a, 4a, 4b et 3b, 4b est d'ordre climatique, le Nord de Ouaddai souffre d'un déficit en eau

Figure 1.9.1 - Unités morphologiques du OUADDAI

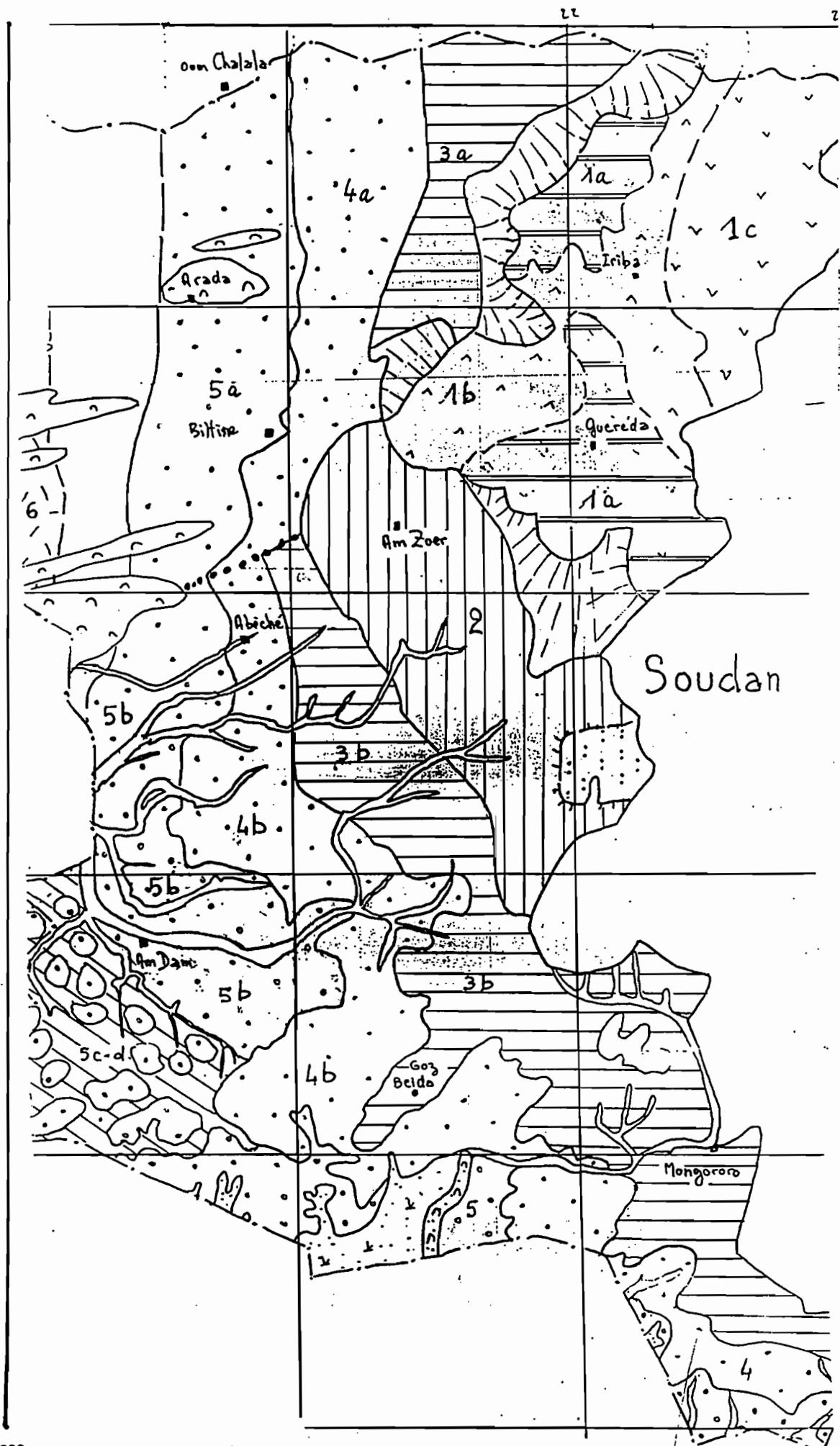
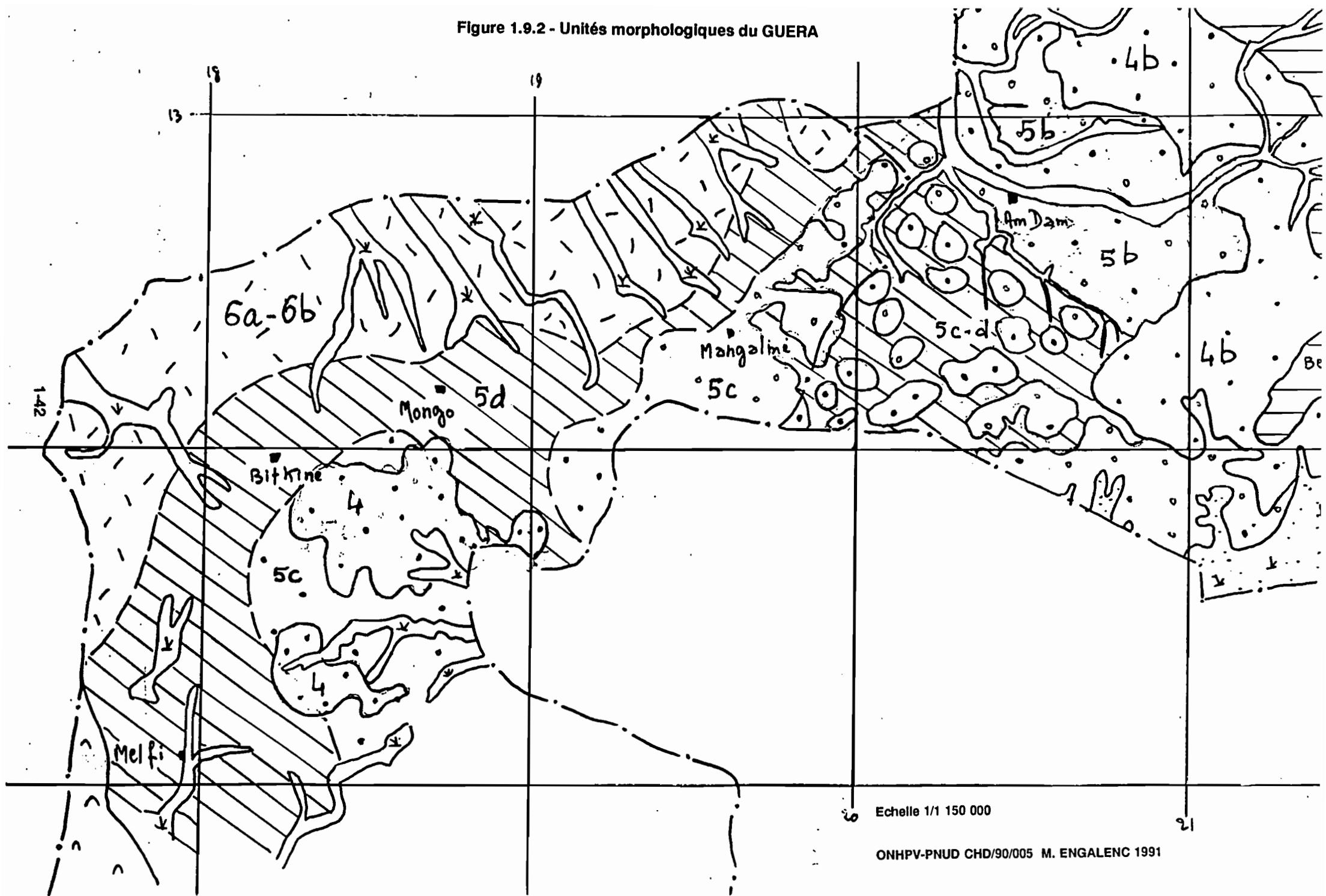


Figure 1.9.2 - Unités morphologiques du GUERA



#### **1.9.7.2 Quaternaire moyen (sables éoliens)**

Région Nord du Tchad.

Fortes potentialités mais faible réalimentation.

Plan d'eau entre 5 à 20 m (plus de 40 m sous les plateaux).

Débit spécifique : 7 à 30 m<sup>3</sup>/h/m.

Puits boulants.

Forages de 30 à 150 m (Lac).

Très bon aquifère.

Eau de bonne qualité.

#### **1.9.7.3 Quaternaire ancien (argilo-sableux)**

140 000 km<sup>2</sup>.

Hétérogénéité forte.

Plan d'eau : 10 à 50 m.

Débit des puits : 1 à 5 m<sup>3</sup>/h.

Forages de 50 m à 70 m, débits de 20 à 180 m<sup>3</sup>/h (N'Djaména).

Nappe phréatique généralisée faiblement productrice localement.

Biseau sec à l'Est (Batha, Mortcha).

#### **1.9.7.4 Pliocène**

Nappe phréatique : Nord Batha et Sud BET (100 000 km<sup>2</sup>).

Sables et argiles.

Nombreux puits pastoraux, 1 à 5 m<sup>3</sup>/h.

Débit spécifique : 0,1 à 23 m<sup>3</sup>/h/m.

Eau entre 10 et plus de 100 m.

Nappe profonde :

Kanem, Lac :

Forages de 300 à 500 m

Eau proche du sol.

Débit spécifique : 0,2 à 2,8 m<sup>3</sup>/h/m.

Kanem, Batha :

Forages de 200 m captant 8 à 16 m<sup>3</sup>/h.

Eau à 50 m.

## LEGENDE DE LA CARTE DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE

### Fond de la cuvette du Tchad - Nappes généralisées

-  a Nappe phréatique dans les formations quaternaires (Quaternaire moyen), sables éoliens.
-  b Nappe phréatique dans les formations quaternaires (Quaternaire ancien), série fluviolacustre.
-  c Nappe phréatique dans les formations pliocène, série fluviolacustre.
-  d Nappe phréatique dans les formations oligocène-miocène, série fluviolacustre du Continental Terminal.

### Les grès

-  e Nappe phréatique dans les grès de Nubie, série des grès grossiers à galets et des grès grossiers kaoliniques.
-  f Nappe phréatique dans les grès de l'Aptien-Turonien, série des grès, conglomérats, calcaires et marnes.
-  g Nappe phréatique dans les grès de Carbonifère marin, série des grès, marnes et calcaires ; aquifère de faible productivité.
-  h Nappe phréatique dans les grès du Cambrien-Viséen, série des grès grossiers et grès kaoliniques.

### Socle cristallin - Nappes localisées

-  i Nappes locales dans les dépôts tertiaires et quaternaires, reposant sur le socle.
-  j Nappe discontinue dans les roches volcaniques tertiaires et quaternaires.
-  k Nappe discontinue dans le socle affleurant.

D'après la carte des nappes d'eau souterraine du TCHAD - SRGM 1969.

Figure 1.9.3 - Carte des nappes d'eau souterraine

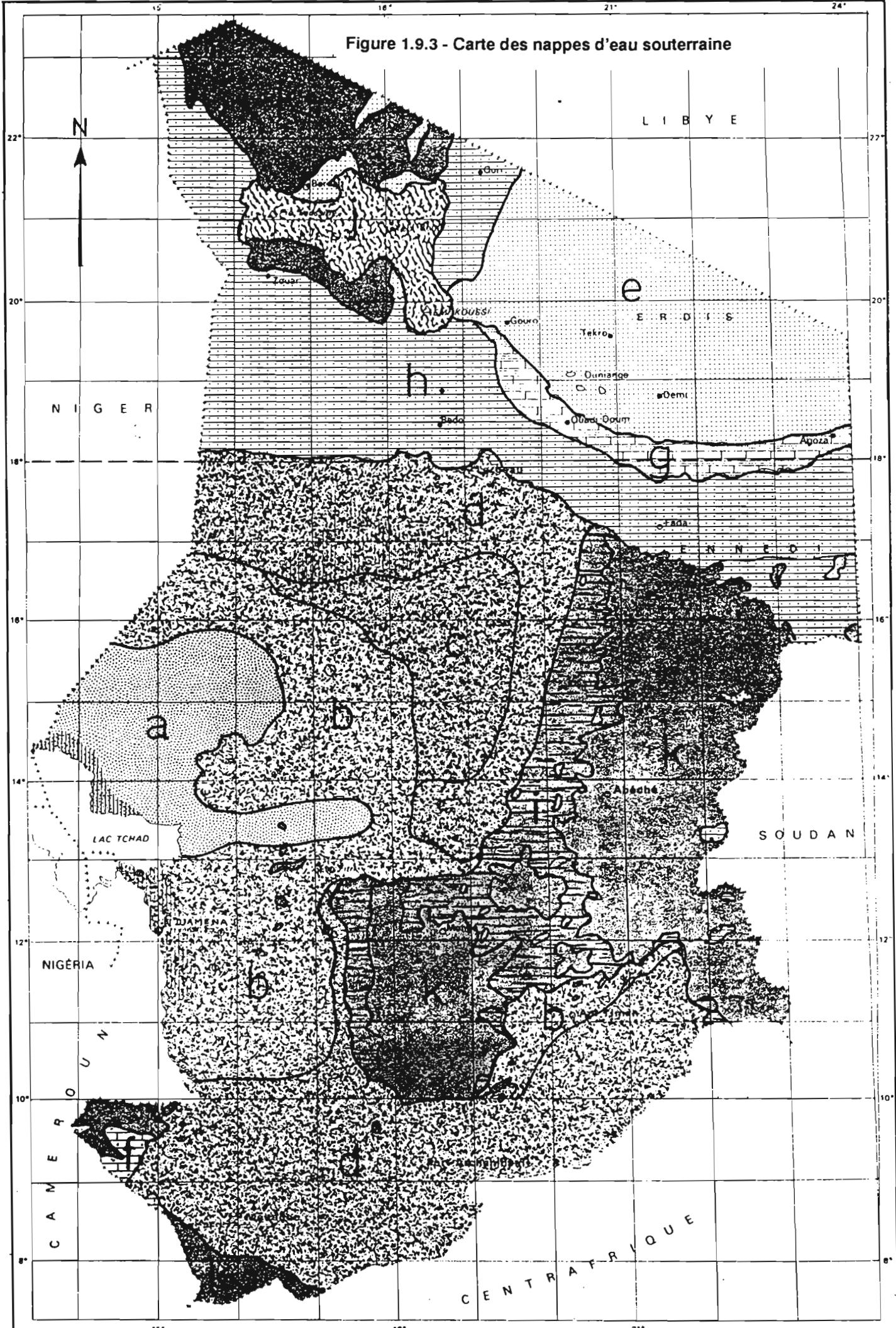
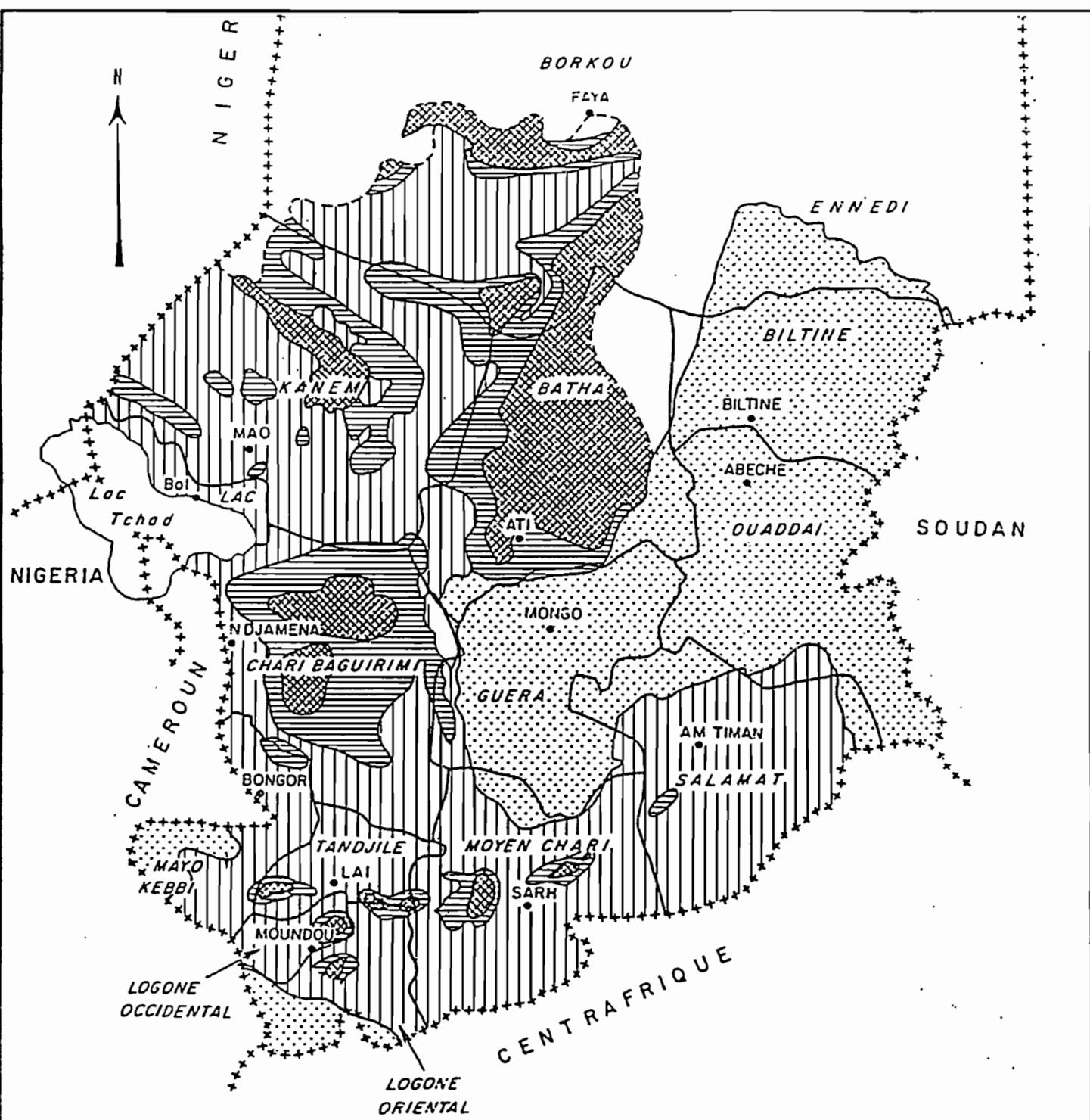


Figure 1.9.4 - Profondeur du niveau statique



Chari Baguirmi :

- Pliocène moyen  
Forages de 150 à 200 m.  
Niveau statique : 15 à 50 m, débit spécifique : 0,7 à 10 m<sup>3</sup>/h/m
  
- Pliocène inférieur  
Forages de 300 m.  
Niveau statique ± artésien, débit spécifique : 0,5 à 6,6 m<sup>3</sup>/h/m

#### **1.9.7.5 Continental Terminal**

Sud du pays et Nord du Batha et Kanem.

290 000 km<sup>2</sup>.

Sable, grès, argile.

Plan d'eau : 20 à 30 m, 50 à 60 m Batha, 100 m Koros et Mortcha.

Puits : 1 à 5 m<sup>3</sup>/h ; Débit spécifique : 1 à 10 m<sup>3</sup>/h/m.

Creusement difficile (cuirasse, grès) 30 m de profondeur.

Forages : 50 m (Logones), 120 m (Koros, Mortcha), 200 à 300 m dans les fosses (Boussou) ; débit spécifique : 0,1 à 16 m<sup>3</sup>/h/m.

Alimente la partie la plus peuplée du Tchad.

#### **1.9.7.6 Crétacé**

Mal connu. Débit faible. Nappe artésienne

Forages de : 150 à 200 m : Mayo-Kebbi  
> 1200 m : Fosse de Doba  
> 600 m : Région du Lac Tchad  
> 500 m : Salamat (bon réservoir)

#### **1.9.7.7 Grès du Nord du Tchad (BET)**

Encore mal connus.

Forages de Faya : 150 à 300 m ; Nappe ± artésienne.

Débit : 10 à 200 m<sup>3</sup>/h.

Débit spécifique : 0,7 à 37 m<sup>3</sup>/h/m.

### 1.9.7.8 Roches du socle

#### **Forages de 40 à 80 m.**

Débit : 0 à 10 m<sup>3</sup>/h (1 à 2 m<sup>3</sup>/h en général).

Débit spécifique : 0,05 à 1 m<sup>3</sup>/h/m.

Eau de bonne qualité.

Taux d'échecs élevé, supérieur à 50 % et localement supérieur à 80 % (zones érodées).

### **1.9.8 Alimentation des aquifères**

Une grande partie du territoire du Tchad étant soumise à un régime pluviométrique du type sahélien, il y a lieu de s'interroger sur le renouvellement de la ressource en eau souterraine.

#### 1.9.8.1 Massifs anciens

Dans les reliefs des massifs anciens, le ruissellement est très élevé sur la roche mise à nue par l'érosion.

L'infiltration est très faible. La recharge des fractures du socle ne peut se faire qu'au droit des ouadis qui sont les zones de concentration des écoulements. La recharge de la zone fissurée n'accepte que 20 mm de pluie efficace. Le refus s'ajoute au volume ruisselé qui est rapidement évacué vers l'aval.

Dans l'Ouadïaï, les alluvions des ouadis sont partiellement saturées uniquement pendant la saison humide. Le reste de l'année, il n'y a pas d'eau dans les alluvions (sauf dans des portions des plus grands émissaires). L'inféro-flux est localisé dans la zone fissurée, sous la couverture alluviale.

Dans le Guéra, les sous-écoulements peuvent persister à la base des alluvions.

La recharge à partir des ouadis est linéaire, et ne s'étend pas à plus de 200 m de l'axe du cours d'eau.

La forte diminution de la pluviosité dans la partie Nord du massif du Ouaddaï entraîne une vidange continue des fissures.

### **1.9.8.2 Zone des piémonts**

Les écoulements concentrés dans les reliefs éclatent en un écoulement laminaire (en nappe) sur les piémonts avec étalement de sédiments fins. L'évaporation absorbe une grande partie de l'eau au cours du ruissellement et sur les aires inondables où l'eau stagne.

Sur ces surfaces argileuses, l'infiltration efficace est quasi nulle.

L'infiltration ne peut avoir lieu qu'au droit des grands cours d'eau capables de véhiculer les écoulements vers le centre du bassin sédimentaire.

A la verticale des grands ouadis, il existe une crête piézométrique. Entre deux lignes de recharge, la nappe est en "creux". Elle peut se localiser dans les roches massives et stériles du socle, sous plus de 40 m de sédiments argileux. La nappe devient virtuelle ("biseau sec" à l'Ouest du Ouaddai).

#### **1.9.8.3      La nappe phréatique**

La nappe phréatique quasi continue de la cuvette tchadienne est directement alimentée par les précipitations dans la partie méridionale du pays (Koros).

Ailleurs, et en particulier dans la zone sahélienne, la recharge par la pluie est très faible et souvent nulle. L'alimentation peut avoir lieu au droit des cours d'eau, des zones de débordement des fleuves, des aires inondables qui reçoivent les eaux ruisselées (y compris celles issues des reliefs et des piémonts).

Hors de ces zones d'alimentation, les nappes "en creux" sont quasiment fossiles et sans doute héritées de périodes pluvieuses antérieures.

Les nappes concaves ne résultent pas nécessairement d'un excès d'évapotranspiration car la profondeur (plus de 40 m) exclut toute relation avec des actions météoriques. Ces nappes sont exemptes de fluctuations sensibles, mais elles peuvent être vidangées par prélèvements non dirigés.

Le Lac Tchad ne récupère pas les eaux souterraines. Il alimente plus ou moins virtuellement les aquifères sur sa bordure méridionale.

Les sables éoliens du Kanem peuvent être alimentés directement par la pluie, mais d'une façon fort réduite : 15 000 à 30 000 m<sup>3</sup>/an par km<sup>2</sup> d'aquifère.

En résumé, l'alimentation des nappes est très localisée et très limitée.

#### **1.9.8.4      Nappes profondes**

La nappe profonde du Pliocène du bassin du Lac Tchad est alimentée à partir d'eau provenant du Nigéria. Les écoulements continuent vers le Nord-Est pour affleurer dans le Pays-Bas.

## **1.9.9 Qualité des eaux souterraines**

### **1.9.9.1 Quaternaire actuel et récent**

L'eau contenue dans les alluvions des ouadis est de bonne qualité physico-chimique mais peut être très sensible à la pollution (zone de puisards). Dans les aires inondables, l'évaporation des eaux proches de la surface du sol entraîne la salinisation temporaire ou permanente des eaux.

### **1.9.9.2 Quaternaire moyen**

Les sables éoliens contiennent une nappe d'eau douce (minéralisation de 300 à 400 mg/l) mais dont la qualité se détériore en profondeur au contact du Quaternaire ancien, ou dans les dépressions interdunaires.

Dans les ouadis du Nord du Lac Tchad, la concentration en sels (350 g/l) permet l'exploitation du natron (carbonate naturel de sodium cristallisé).

La nappe contenue dans les sédiments découverts par le retrait du Lac Tchad se concentre en sel du fait de l'évaporation (1 à 2 g/l).

### **1.9.9.3 Quaternaire indifférencié et ancien**

Pays-Bas : Eaux sulfatées. Salinité élevée : 4 à 6 g/l (Quaternaire ancien)

Kanem : Eaux peu minéralisées (moins de 500 mg/l) mais 3 à 8 g/l dans l'Erguei et les Soulia orientales (eaux sulfatées sodiques).

Batha : Au Sud, zones bicarbonatées calcosodiques : moins de 250 mg/l. A l'Ouest, eaux sulfatées sodiques : 750 à 1500 mg/l.

Nord du  
Lac Fitri : 3 à 5,5 g/l avec un maximum à 13 g/l.

Salamat : Eaux peu minéralisées : moins de 250 mg/l.

### **1.9.9.4 Nappe du Continental Terminal**

Pays-Bas : La salinité de l'eau varie en fonction de l'évaporation et de la vitesse des écoulements, de 200 à 5000 mg/l.

Batha : Eau bicarbonatée calcique à calcosodique, faiblement minéralisée, légèrement acide et agressive (pH : 6,5 à 6,8). Résidu sec : 250 à 750 mg/l.

Koros : Faible minéralisation (100 à 200 mg/l). Eau bicarbonatée calcique, acide, corrosive, à forte teneur en fer.

#### **1.9.9.5 Nappe du Pliocène**

La nappe phréatique du Pays-Bas a une faible minéralisation (200 à 500 mg/l), un pH neutre. La concentration augmente en bordure de la cuvette (1,4 à 8 g/l).

Dans le Batha : Eau bicarbonatée calcique à faible résidu sec (moins de 250 mg/l).

La nappe profonde du Pliocène a une minéralisation qui augmente depuis le Chari Baguirmi jusque vers le Lac Tchad de 200 à 600 mg/l. Dans le Kanem, l'eau n'est guère utilisable (2,28 g/l).

#### **1.9.9.6 Les grès du BET (Borkou - Ennedi - Tassili)**

L'eau des grès primaires est faiblement minéralisée.

Dans les grès des Erdis, l'eau se concentre autour des lacs (Ouniangra).

Dans la cuvette de Faya, les sols se salent par évaporation des eaux d'irrigation. Dans les mares, formation d'évaporites (carbonates de sodium).

L'eau des forages de Faya est de très bonne qualité : moins de 150 mg/l. Eau acide (pH : 6 à 6,2) bicarbonatée sodique. 99

#### **1.9.9.7 L'eau des massifs anciens**

Ses caractéristiques physico-chimiques varient selon les massifs :

Ouaddaï : 200 à 800 mg/l dans les roches anciennes,  
100 mg/l dans les alluvions.  
40 % des échantillons d'eau analysés ont une teneur en nitrates élevée (plus de 30 mg/l) (BRGM 1987).

Guéra : Eau bicarbonatée calcosodique à faible minéralisation (moins de 250 mg/l).



## CHAPITRE 2

### RESSOURCES EN EAU

Depuis 1940, de nombreuses études et travaux d'hydraulique ont été effectués au Tchad avec une intensification dans les années 1960.

Un vaste programme de création de points d'eau a été établi en vue d'assurer l'alimentation en eau potable des populations et du bétail.

Depuis la création de l'Office National de l'Hydraulique Pastorale et Villageoise (ONHPV) en 1982, 2 000 points d'eau environ ont été réalisés. En 1991 (juin), le Bureau de l'Eau comptabilise 6 866 points d'eau existants sur l'ensemble du territoire du Tchad.

L'Etude des ressources nationales en eau est un élément indispensable à la préparation d'un Plan Directeur.

Les études de synthèse sont relativement peu nombreuses, en particulier pour l'évaluation satisfaisante des ressources en eau. Les principales études ont été :

- Sept cartes de reconnaissance hydrogéologique au 1/500 000 de 1956 à 1968 (BRGM),
- la carte hydrogéologique de la république du Tchad au 1/1 500 000 (BRGM - 1969-1970),
- la carte de planification des ressources en eau souterraine des états membres du CIEH de l'Afrique Soudano-Sahélienne (BRGM - 1976),
- la synthèse hydrologique du bassin du lac Tchad (UNESCO - PNUD - 1969),
- le fichier de gestion des ouvrages hydrauliques de la banque de données du Bureau de l'Eau.

D'autre part, quelques monographies concernant les eaux superficielles ont été réalisées par l'ORSTOM.

- La monographie hydrologique du Logone en sept tomes de B. BILLON, A. BOUCHARDEAU, S. PIEYNS, C. RIOU, M. ROCHE et J. RODIER publié par l'ORSTOM en 1967-1968
- La monographie hydrologique du Lac Tchad de P. TOUCHEBEUF de LUSSIGNY et alii, publiée par l'ORSTOM en 1969

- **Le bassin du fleuve Chari**, de B. BILLON, J. GUISCAFFRE, J. HERBAUD et G. OBERLIN publié par l'ORSTOM (Monographie hydrologique n° 2) en 1974
- **Traçage naturel salin et isotopique des eaux du système hydrologique du lac Tchad** de M.A. ROCHE publié par l'ORSTOM en 1980

Ces études, ont été rédigées et doivent être réalisées avant la phase de sécheresse climatique et devant être réactualisées.

## **2.1. Evaluation des ressources en eaux de surface**

Si les ressources en eaux de surface du TCHAD sont limitées et irrégulières au nord du 14° N, elles sont dans les grands fleuves et les lacs, relativement abondantes dans la partie sud de la république. Cependant les bilans établis dans les grandes monographies (LOGONE, CHARI, LAC TCHAD) à la fin des années 1960 doivent être maintenant réactualisés à la suite de la longue période déficitaire observés en Afrique Sahélienne depuis 1973.

A titre d'exemple, nous citerons les résultats observés pour le CHARI à N'DJAMENA.

Le module interannuel (période 1932-1967) avait été estimé à 1 260 m<sup>3</sup>/s.

De 1967-1968 à 1988-1989 (22 années) le module moyen est de l'ordre de 770 m<sup>3</sup>/s soit 60 % de la période précédente ; une année sur deux, le module a été inférieur à 690 m<sup>3</sup>/s, valeur estimée précédemment pour les apports en année centennale sèche !

Etendu à la période 1932-1989 (57 ans), le module interannuel du CHARI à N'DJAMENA peut être évalué à 1 080 m<sup>3</sup>/s, soit environ 85 % du module calculé avant la sécheresse.

Afin d'estimer les apports sur le CHARI sur la période étendue, nous corrigeron donc les valeurs établies avant 1970 d'un coefficient d'hydraulité de 0,85.

Pour le LOGONE, nous retiendrons les valeurs actualisées à 1985 (qui ne prennent pas en compte les années non observées de 1979 à 1981) et sont donc un peu surestimées.

### **2.1.1. Fleuves et Rivières**

#### **2.1.1.1. Le Chari**

Les trois formateurs centrafricains du CHARI apportent, à la frontière du TCHAD, environ 200 m<sup>3</sup>/s (soit un module spécifique de 2,2 l/s/km<sup>2</sup>).

Le BAHR AOUK a un module d'environ 70 m<sup>3</sup>/s (0,7 l/s/km<sup>2</sup>).

A SAHR, première station tchadienne sur le CHARI, le module interannuel est de  $275 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $1,4 \text{ l/s/km}^2$  pour un bassin de  $193\,000 \text{ km}^2$ ).

L'écoulement est permanent avec un maximum au cours de la seconde quinzaine d'octobre ; plus de 80 % de l'écoulement est produit entre août et décembre.

La crue observée une année sur deux est de l'ordre de  $900 \text{ m}^3/\text{s}$  ; le débit d'étiage médian est voisin de  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Le CHARI reçoit ensuite successivement :

- en rive droite, les apports du BAHR KEITA (module :  $35 \text{ m}^3/\text{s}$  soit  $2,5 \text{ l/s/km}^2$  à KYABE -  $14\,000 \text{ km}^2$ ) qui coule toute l'année
- en rive gauche, ceux du BAHR SARA très importants et aussi abondants que ceux du LOGONE.

A MANDA ( $80\,000 \text{ km}^2$ ), le module interannuel est de  $450 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $5,6 \text{ l/s/km}^2$ ).

L'écoulement est permanent et l'hydrogramme unimodal est maximal en septembre-octobre.

La crue médiane est de l'ordre de  $1\,800 \text{ m}^3/\text{s}$  et l'étiage de  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Avant de rejoindre le CHARI, le BAHR SARA reçoit, en rive droite, le BAHR KO ( $21 \text{ m}^3/\text{s}$  ou  $2,7 \text{ l/s/km}^2$ ).

- en rive droite, les apports du BAHR SALAMAT (BAHR AZOUM dans son cours supérieur). Avant les zones de débordement de cet affluent, le BAHR AZOUM, cours d'eau sahélien, a un module de  $27 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $0,33 \text{ l/s/km}^2$ ) avec des débits faibles ou nuls de novembre à juin. A TARANGARA ( $135\,000 \text{ km}^2$ , peu avant le confluent avec le CHARI, le module interannuel n'est plus que de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $0,15 \text{ l/s/km}^2$ ) mais l'écoulement, régularisé par le ressuyage des zones inondées, est permanent avec un maximum en octobre (crue médiane de l'ordre de  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  contre  $250 \text{ m}^3/\text{s}$  à l'amont : AM TIMAM).

Le débit d'étiage est de l'ordre de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Après le confluent du BAHR SALAMAT, le module du CHARI est de l'ordre de  $800 \text{ m}^3/\text{s}$ . Il entre alors dans une zone de débordements en rive droite où se forme un effluent, le BAHR ERGUILIG qui, en période humide, dérive environ  $45 \text{ m}^3/\text{s}$  (MILTOU).

Sur le cours principal (BOUSSO,  $450\,000 \text{ km}^2$ ), le module interannuel est de  $735 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $1,6 \text{ l/s/km}^2$ ) avec un hydrogramme unimodal (80 % des écoulements d'août à décembre maximum en octobre).

La crue médiane est de l'ordre de  $2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$  (seconde quinzaine d'octobre) et l'étiage de l'ordre de  $70 \text{ m}^3/\text{s}$  (mai).

A l'aval immédiat des principales zones d'inondation (pertes de la LOUMIA, retour du courant du BAHR ERGUIG), le module à MAILAO ( $500\ 000\ km^2$ ) reste voisin de celui du CHARI à BOUSSO ainsi que les autres caractéristiques principales.

Enfin à CHAGOL'A ( $525\ 000\ km^2$ ), le CHARI, avant le confluent avec le LOGONE, a un module voisin de  $730\ m^3/s$  ( $1,4\ l/s/km^2$ ).

L'effet des débordements sur le cours moyen du CHARI est sensible : pertes équivalent à environ  $70\ m^3/s$  (soit 9 % des apports en aval du BAHR SALAMAT), régularisation de l'hydrogramme caractérisé par un écrêtement de la crue annuelle et un renforcement des débits de basses eaux par vidange des plaines d'inondation.

### 2.1.1.2 Le Logone

A BAIBOKOUM, première station tchadienne sur le LOGONE, immédiatement après le confluent VINA-MBERE, le module interannuel est de l'ordre de  $285\ m^3/s$  ( $13,3\ l/s/km^2$  pour  $21\ 360\ km^2$ ).

Après avoir recueilli en rive droite, les apports de la LIM ( $65\ m^3/s$  pour  $4\ 360\ km^2$  soit  $14,9\ l/s/km^2$ ) et, en rive gauche, ceux de la NYA, le LOGONE à MOUNDOU a un module de  $375\ m^3/s$  ( $11\ l/s/km^2$  pour un bassin versant de  $34\ 000\ km^2$ , soit  $8,4\ l/s/km^2$ ).

Le LOGONE reçoit ensuite, en rive droite, la PENDE avec un module de  $120\ m^3/s$  à DOBA soit  $8,4\ l/s/km^2$  pour un bassin versant de  $14\ 300\ km^2$ .

A LAI, dernière station sur le LOGONE avant l'entrée dans les plaines d'inondation, le module interannuel est de  $485\ m^3/s$  ( $8,6\ l/s/km^2$  pour un bassin de  $56\ 700\ km^2$ ).

L'hydrogramme est unimodal avec un écoulement maximal en septembre (30 % des apports en septembre, 70 % d'août à octobre, 87 % de juillet à novembre).

Le débit maximal de crue observé à LAI est de  $3\ 770\ m^3/s$  (crue médiane :  $2\ 300\ m^3/s$ , crue décennale :  $3\ 270\ m^3/s$ ).

L'étiage (mai-juin) est voisin de  $40\ m^3/s$  pour la médiane.

Entre LAI et BONGOR, le LOGONE reçoit les apports de la TANDJILE en rive gauche ( $7,5\ m^3/s$  pour  $3\ 850\ km^2$  soit  $1,9\ l/s/km^2$ ) mais subit des pertes, sensibles en période de forte hydraulicité, vers le BA-ILLI et plus modérément, vers le MAYO KEBBI (seuil d'ERE).

Ces pertes qui se produisent en hautes eaux, dès que le débit à LAI dépasse  $1\ 900\ m^3/s$ , peuvent atteindre  $700\ m^3/s$  entre LAI et ERE (pour un débit de  $3\ 000\ m^3/s$  à LAI).

Entre ERE et BONGOR, ces pertes se produisent dès que le débit dépasse  $1\ 750\ m^3/s$  à ERE et peuvent atteindre  $500\ m^3/s$  (pour un débit à ERE de  $2\ 750\ m^3/s$ ) et jusqu'à  $1\ 000\ m^3/s$  (pour un débit à ERE de  $3\ 100\ m^3/s$ ).

De plus, un stockage compris entre 0,2 milliards de m<sup>3</sup> (pour Q LAI = 1 000 m<sup>3</sup>/s) et 1,1 milliards de m<sup>3</sup> (pour Q LAI = 4 000 m<sup>3</sup>/s) s'effectue dans le bief entre LAI et BONGOR.

A BONGOR, le module interannuel peut être évalué à 500 m<sup>3</sup>/s (7 l/s/km<sup>2</sup> pour un bassin de 71 400 km<sup>2</sup>).

L'hydrogramme présente le même aspect qu'à LAI avec un léger décalage du maximum vers octobre.

Le débit de crue médian (observé entre fin septembre et mi-octobre) est de l'ordre de 1 850 m<sup>3</sup>/s, le débit de crue décennal de 2 440 m<sup>3</sup>/s. Le débit d'étiage (avril) est de l'ordre de 40 m<sup>3</sup>/s.

A LOGONE BIRNI (73 700 km<sup>2</sup>) en aval des principales pertes (BA ILLI, GRAND YAERE), le module est réduit à 360 m<sup>3</sup>/s (4,9 l/s/km<sup>2</sup>).

Les pertes moyennes interannuelles seraient ainsi d'environ 140 m<sup>3</sup>/s (soit 4,4 milliards de m<sup>3</sup>, 28 % des apports au niveau de LAI).

De plus l'hydrogramme annuel est déformé et aplati. Le maximum d'écoulement se situe en novembre et l'écrêtement, déjà sensible à partir de KATOA, se traduit par une quasi stabilisation du débit maximal autour de 900 m<sup>3</sup>/s.

Les débits de basses eaux sont légèrement soutenus par le destockage du lit mais le débit minimal est voisin de celui observé à BONGOR.

A KOUSSERI, immédiatement en amont du confluent, le module interannuel peut être estimé à 350 m<sup>3</sup>/s pour un bassin global de 75 000 km<sup>2</sup> environ (4,7 l/s/km<sup>2</sup>).

Immédiatement en aval du confluent, le module du CHARI à N'DJAMENA (600 000 km<sup>2</sup>) peut être évalué provisoirement à 1 080 m<sup>3</sup>/s (1,8 l/s/km<sup>2</sup>).

L'hydrogramme du CHARI à N'DJAMENA est unimodal avec un maximum en octobre.

80 % des apports s'effectuent d'août à décembre.

Le coefficient d'écoulement résiduel (une fois déduites les pertes) est voisin de 6 %. Le maximum de crue (observé entre la fin octobre et début novembre) est voisin de 3 500 m<sup>3</sup>/s (valeur médiane), le maximum observé étant de 5 160 m<sup>3</sup>/s.

Le débit d'étiage est voisin de 110 m<sup>3</sup>/s (avril - mai)

En aval de N'DJAMENA, les apports du CHARI ne varient pratiquement pas et alimentent le lac TCHAD pour 96 % par le delta propre du CHARI et 4 % par l'intermédiaire d'un défluent, le SERBEWEL.

Le CHARI et le LOGONE sont donc caractérisés, en territoire tchadien, par une forte dégradation hydrographique (plaines d'inondation et effluents) entraînant, d'amont en aval, une certaine régularisation des hydrogrammes (écrêtement des crues, soutien des basses eaux) et des pertes notables sur les apports.

Cet effet est deux fois plus important sur le LOGONE que sur le CHARI (respectivement 4,4 et 2,2 milliards de m<sup>3</sup>).

#### **2.1.1.3 Le BA Tha**

Le BA THA est un cours d'eau sahélien (pluviométrie comprise entre 400 mm au nord et 700 mm au sud), de relief assez prononcé en tête de bassin mais relativement perméable et affecté d'une forte dégradation hydrographique.

Si le BA THA reçoit le renfort, entre AMDAM et OUM HADJER, de petits affluents, il semble que le principal de ceux-ci, le BITEA soit endoréique.

Enfin, entre OUM HADJER et ATI, malgré les apports des affluents du GUERA, le débit n'est au mieux, que conservé, ce qui traduit des pertes par débordements et infiltrations.

Le module interannuel du BA THA à ATI (46 000 km<sup>2</sup>) est évalué à 17,5 m<sup>3</sup>/s (0,4 l/s/km<sup>2</sup>) soit pour une pluviométrie moyenne de 550 mm, un coefficient d'écoulement de l'ordre de 2 %.

L'irrégularité interannuelle est très forte (67,5 m<sup>3</sup>/s en 1961 et 0,22 m<sup>3</sup>/s en 1984).

#### **2.1.1.4 Le Mayo Kebbi**

A la station la plus en aval (MBOURAO), le MAYO KEBBI a un bassin versant de 12 880 km<sup>2</sup> avec une pluviométrie moyenne interannuelle de l'ordre de 960 mm.

Le module interannuel est estimé à 20 m<sup>3</sup>/s (1,55 l/s/km<sup>2</sup>) avec un coefficient de variation de 1,26 (rapport des lames décennales humide et sèche : 13,2). Le coefficient d'écoulement est de l'ordre de 5 %.

Le débit maximal observé a été de 465 m<sup>3</sup>/s.

Le débit d'étiage médian est de 256 l/s (0,02l /km<sup>2</sup>) et s'annule plus d'une année sur dix.

#### **2.1.1.5 Bassins sub-désertiques et désertiques**

Les apports des cours d'eau du nord TCHAD sont très faibles et dûs à l'occurrence de quelques crues annuelles.

Ils dépendent de la nature du substratum, du relief du bassin et du degré de dégradation hydrographique, croissant avec la superficie du bassin.

Un certain nombre de bassin ont été étudiés au Tchad (campagnes d'observations pluriannuelles).

Ces résultats, comparés à ceux de bassins similaires observés dans la même bande climatique en Afrique de l'ouest, ont fourni les ordres de grandeurs suivants :

- En régime sub-désertique,

#### **OUADI ENNE (BILTINE) :**

Le bassin d'une superficie de 527 km<sup>2</sup> est situé en limite de la zone sahélienne, avec une pluviométrie moyenne d'environ 330 mm.

Il est situé sur granite et reg avec présence de sables et arènes grossières.

L'écoulement médian est de l'ordre de 120 l/s (7 mm en lame écoulée). Une année sur dix, l'écoulement est égal ou supérieur à 500 l/s (30 mm) ; une année sur dix, également, il est inférieur à 17 l/s (1 mm).

#### **OUADI KADJEMEUR (BILTINE) :**

Le bassin (16 km<sup>2</sup>) est situé sur des formations relativement imperméables avec recouvrement partiel de sables et éboulis. Le relief est assez prononcé. La pluviométrie moyenne est de l'ordre de 200 mm. L'écoulement médian est de l'ordre de 13 l/s (26 mm).

#### **OUADI SOFOYA (MORTCHA) :**

Le bassin (25 km<sup>2</sup>) est analogue à celui de KADJEMEUR, sous pluviométrie annuelle plus faible (120 mm). L'écoulement médian est voisin de 10 l/s (12 mm).

#### **OUADI BACHIKELE (ENNEDI) :**

Le bassin (16°30' de latitude nord, 20 km<sup>2</sup>) est imperméable avec de fortes pentes, sous pluviométrie annuelle de 100 à 120 mm. L'écoulement médian est voisin de 14 l/s (22 mm).

Les écoulements décennaux sont respectivement de 60 et 5 l/s (38 et 3 mm).

- En régime désertique,

Il s'agit principalement des "enneris" du TIBESTI.

Pour les petits bassins (d'une superficie de l'ordre de 25 km<sup>2</sup>) situés sur roches volcaniques, en altitude élevée et avec de très fortes pentes, très peu dégradés et sous pluviométrie annuelle comprise entre 20 et 40 mm, les écoulements médians sont de l'ordre de 1 à 5 l/s (2 à 5 mm).

Pour les grands bassins, déjà marqués par la dégradation hydrographique, les écoulements spécifiques sont beaucoup plus faibles.

**L'ENNERI ZOUMRI (4 050 km<sup>2</sup>)** est à sec deux années sur trois environ.

L'écoulement décennal est de l'ordre de 100 à 150 l/s (1 à 1,5 mm). En 1954, on a observé un écoulement annuel de l'ordre de 600 l/s (5 mm) de récurrence supérieure à 20 ans. Les écoulements

des grands bassins peu dégradés, à l'intérieur ou à la limite du massif (Enneris MISKY et MAROU par exemple) doivent être plus abondants.

Enfin, de façon générale, l'irrégularité interannuelle est très forte (occurrence des précipitations).

Citons par exemple, les observations effectuées sur les crues du ZOUMRI à BARDAI :

|             |             |                                    |
|-------------|-------------|------------------------------------|
| 1954        | une         | : 425 m <sup>3</sup> /s            |
| 1955 à 1957 |             | : 0                                |
| 1958        | une         | : supérieure à 5 m <sup>3</sup> /s |
| 1959        |             | : 0                                |
| 1960        | une         | : supérieure à 5 m <sup>3</sup> /s |
| 1961        | une         | : 5 m <sup>3</sup> /s              |
| 1962        | trois crues | : 4,9 et 32 m <sup>3</sup> /s      |

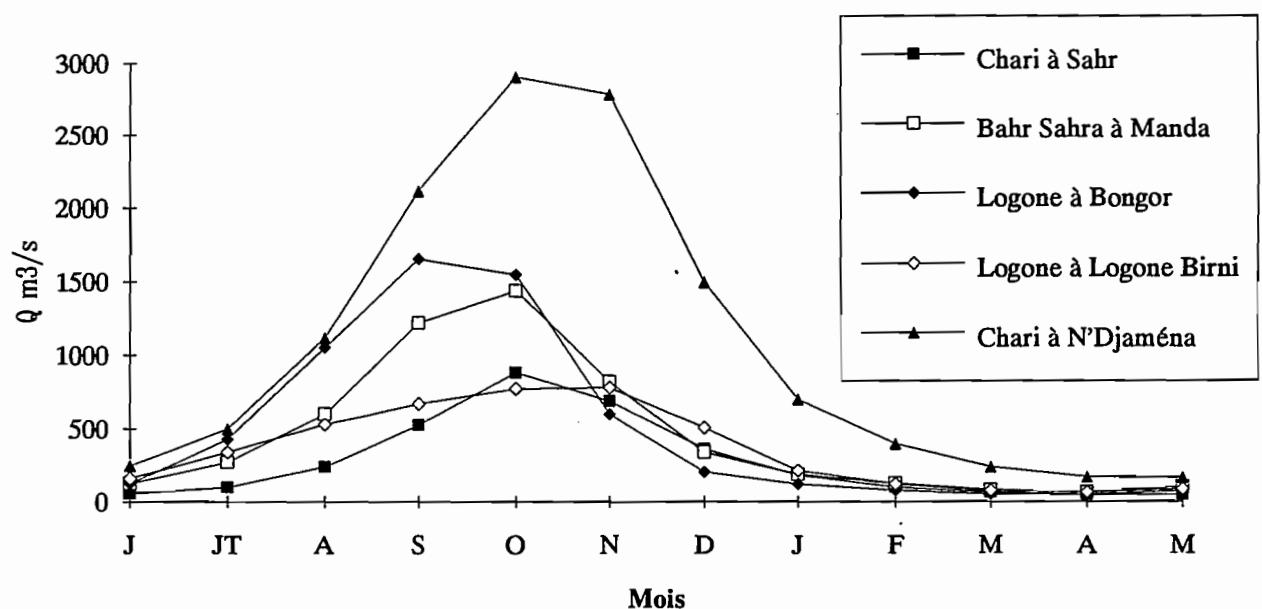
**Tableau 2.1.1a - Caractéristiques hydrologiques des principales stations**

| Stations              | Superficie<br>du bassin<br>km <sup>2</sup> | Module<br>m <sup>3</sup> /s | Crue<br>médiane<br>m <sup>3</sup> /s | Etiage<br>médian<br>m <sup>3</sup> /s |
|-----------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| CHARI à SAHR          | 193 000                                    | 275                         | 900                                  | 40                                    |
| BAHR SARA à MANDA     | 80 000                                     | 450                         | 1800                                 | 50                                    |
| CHARI à BOUSSO        | 450 000                                    | 735                         | 2300                                 | 70                                    |
| LOGONE à LAI          | 56 700                                     | 485                         | 2300                                 | 40                                    |
| LOGONE à LOGONE BIRNI | 73 700                                     | 360                         | 900                                  | 40                                    |
| CHARI à N'DJAMENA     | 600 000                                    | 1080                        | 3500                                 | 110                                   |

**Tableau 2.1.1b - Débits mensuels moyens des cours d'eau tchadiens**

|                       | J   | JT  | A    | S    | O    | N    | D    | J   | F   | M   | A   | M   | Année |
|-----------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Chari à Sahr          | 56  | 101 | 240  | 525  | 880  | 690  | 363  | 183 | 99  | 63  | 47  | 46  | 275   |
| Bahr Sahara à Manda   | 126 | 269 | 600  | 1220 | 1440 | 820  | 340  | 188 | 125 | 84  | 66  | 104 | 450   |
| Logone à Logone Birni | 160 | 340 | 530  | 670  | 770  | 780  | 510  | 215 | 120 | 80  | 63  | 85  | 360   |
| Chari à N'Djaména     | 250 | 500 | 1120 | 2120 | 2910 | 2790 | 1500 | 700 | 400 | 240 | 170 | 165 | 1080  |

**Figure 2.1.1 - Hydrogramme annuel des cours d'eau tchadiens**



## 2.1.2 Lacs

Les lacs tchadiens constituent des ressources en eaux douces importantes.

Le lac TCHAD est évidemment, et de loin, le plus important de ces réservoirs mais des lacs plus modestes : lac FITRI (BA THA), lac IRO (BAHR SALAMAT), lac TIKEM et lac de LERE (MAYO KEBBI), lac FIANANGA (OUADDALI), ..., font l'objet d'études spécifiques en raison de leur intérêt régional.

### 2.1.2.1 Le lac Tchad

Le lac actuel n'est que la fraction résiduelle d'une vaste mer intérieure qui, au paléolithique, avait pu recouvrir une surface de 230 000 km<sup>2</sup>.

Au cours de la période historique, le lac TCHAD a connu différents états ainsi qualifiés :

- **GRAND TCHAD**, pour une altitude du plan d'eau voisine de 284 m avec une surface d'environ 25 000 km<sup>2</sup> et un volume de l'ordre de 100 milliards de m<sup>3</sup>.

Cet état a encore pu être observé au XIX<sup>e</sup> siècle

- **MOYEN TCHAD**, pour une altitude moyenne voisine de 282 m, avec une surface moyenne voisine de 19 000 km<sup>2</sup> pour un volume évalué à 65 milliards de m<sup>3</sup>.

Cette situation a notamment été observée de 1958 à 1960 et de 1967 à 1969.

- **PETIT TCHAD**, pour une altitude moyenne voisine de 280 m, une surface de l'ordre de 10 000 km<sup>2</sup> et un volume moyen de 20 milliards de m<sup>3</sup>.

Cette situation observée en 1908 a de nouveau été observée (et dépassée, cotes inférieures) à partir de 1973.

En situation moyenne, le TCHAD (altitude 281,8 m) a une surface d'environ 19 000 km<sup>2</sup> (profondeur moyenne : 3,4 m) pour un volume moyen d'environ 65 milliards de m<sup>3</sup>, oscillant entre 60 (juillet-août) et 75 milliards de m<sup>3</sup> (décembre-janvier).

L'état du lac dépend évidemment des apports annuels, et principalement de la crue du CHARI, son principal tributaire.

En situation moyenne, les apports globaux sont de l'ordre de 50 milliards de m<sup>3</sup> dont 87 % par écoulement (CHARI : 79%, SERBEWEL : 4%, ELBEID : 3%, et KOMADOUGOU : 1%) et 13% par les précipitations directes sur le plan d'eau.

Les pertes sont de l'ordre de 2,3 mètres, essentiellement par évaporation mais dans une proportion non négligeable par infiltrations dans la zone de battement du lac.

Cependant, à partir de 1972, a débuté une longue période de sécheresse qui dure encore et au cours de laquelle les apports du CHARI ont très sensiblement diminué (de l'ordre de 60 %, en moyenne, de ceux de la période antérieure).

Dès 1972 le volume du lac n'était plus que de 33 milliards de m<sup>3</sup> (décembre) et représentait moins de 10 milliards de m<sup>3</sup> en août 1973.

En décembre 1973 le volume maximal n'atteignit qu'environ 17 milliards de m<sup>3</sup> pour redescendre à un peu plus de 10 milliards de m<sup>3</sup> en juillet.

Les apports au CHARI ont connu des valeurs remarquables encore plus faibles en 1983-1984 (520 m<sup>3</sup>/s), 1984-1985 (213 m<sup>3</sup>/s soit moins de 7 milliards de m<sup>3</sup>), 1986-1987 (483 m<sup>3</sup>/s) et 1987-1988 (300 m<sup>3</sup>/s), entraînant un abaissement général du plan d'eau et l'émergence de la Grande Barrière avec non-réalimentation de la cuvette nord du lac (en voie d'assèchement).

Dans une étude récente (1989), J. LEMOALLE, interprétant les images satellitaires, estimait que le retour à une situation normale (moyen TCHAD, avec un plan d'eau unique), nécessiterait la succession de deux fortes crues du CHARI (débit moyen annuel supérieur à 1 600 m<sup>3</sup>/s, puis, pour le maintien de l'équilibre du bilan hydraulique, des apports moyens du CHARI de l'ordre de 42 milliards de m<sup>3</sup> (1 300 m<sup>3</sup>/s).

L'inondation totale de la cuvette nord n'est possible que pour des apports moyens supérieurs à 28 milliards de m<sup>3</sup> (870 m<sup>3</sup>/s); en dessous de 15 milliards de m<sup>3</sup> (480 m<sup>3</sup>/s), les eaux ne réalimentent plus la cuvette nord, qui tend à s'assécher.

Cette situation a été observée en janvier 1984, 1985, 1987 et 1988.

### **2.1.2.2 Le lac Fitri**

Le bilan du lac FITRI n'est pas encore établi avec précision.

En situation moyenne, le lac (pour une altitude moyenne du plan d'eau de 287 m soit 2,6 m à l'échelle) varie entre une surface de 360 km<sup>2</sup> en fin de saison des pluies et 120 km<sup>2</sup> en fin de saison sèche.

Les apports moyens annuels seraient de l'ordre de 900 millions de m<sup>3</sup> (dont 60 % par le BA THA, 11 % par les précipitations - 360 mm - et le reste par les autres tributaires).

Les pertes sont dues essentiellement à l'évaporation de surface (environ 2 300 mm et 65 % des pertes) et secondairement par infiltration dans les zones inondées (battement du lac).

## **2.2        Précipitations**

Comme dans tous les pays du Sahel, les précipitations représentent la ressource en eau qui bénéficie le plus à la population par ses implications agricoles et pastorales, même si les quantités de pluie sont faibles sur la plus grande partie du pays.

Dans le sud, les précipitations supérieures à 500 mm, même en années déficitaires, permettent les cultures traditionnelles.

Plus au nord, dans la bande comprise entre 500 et 200 mm, la situation est très aléatoire et les séries d'années sèches sont catastrophiques, non seulement pour les récoltes mais aussi pour le bétail.

Dans la moitié nord, l'eau de pluie est trop rare pour constituer une ressource. Elle permet néanmoins, la recharge des aquifères alluviaux du lit mineur des cours d'eau (ouadis) qui écoulent quelques crues en juillet-août, et des aquifères très localisés du cristallin faillé (ouaddai).

## **2.3        Evaluation des ressources en eau souterraine**

Les principales références sont les suivantes :

- Actualisation des connaissances sur les ressources en eau souterraines de la République du Tchad (BRGM - 1987).
- Schéma directeur de développement socio-économique de la région du Lac (SODELAC - SODETEG - 1990).
- Carte de potentialité des ressources en eau souterraine de l'Afrique Occidentale et Centrale au 1/5 000 000 (BRGM - CIEH-GEOHYDRAULIQUE).

Jusqu'à maintenant, les aquifères du Tchad n'ont pas fait l'objet d'études suffisamment détaillées pour évaluer leurs potentialités exactes.

### **2.3.1      Evaluation de la ressource globale**

Une estimation des réserves en eau souterraine a été réalisée en 1976 (CIEH - BRGM) lors de la publication des cartes de planification des ressources en eau souterraine. Cette estimation utilise les notions de ressources renouvelables et de réserves exploitables. La première notion repose essentiellement sur une approche de la valeur de la partie infiltrée de la pluie efficace, c'est-à-dire l'eau qui parvient à alimenter les nappes. Quant à la réserve exploitante, elle représente la partie du volume aquifère qui peut être exploitée en fixant plus ou moins arbitrairement un rabattement maximal.

Les valeurs avancées en 1976 ont été à nouveau retenues au cours de l'actualisation des connaissances sur les ressources en eau de 1987. Rappelons ces résultats :

**Tableau 2.3.1 - Ressources en eau souterraine du Tchad**

| Aquifère                              | Lame d'eau infiltrée<br>(moyenne théorique<br>équivalente en mm) | Volume de la ressource<br>renouvelée<br>(M m <sup>3</sup> /an) | Volume de la réserve<br>exploitable<br>(M m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Plio-Quaternaire                      | 15                                                               | 3 590                                                          | 94 600 à 206 010                                           |
| Continental Terminal                  | 0 dans le Nord<br>83 au Sud                                      | 13 330                                                         | 72 550 à 145 100                                           |
| Grès de Nubie (Erdis)                 | 0                                                                | 0                                                              | 36 500 à 73 000                                            |
| Carbonifère Marin<br>(Ennedi - Erdis) | 0                                                                | 0                                                              | 1 910 à 4 780                                              |
| Grès primaires<br>(Borkou - Ennedi)   | 0                                                                | 0                                                              | 57 370 à 114 750                                           |
| Socle cristallin et<br>métamorphique  | 14 dans le Nord<br>55 au Sud                                     | 3 680                                                          |                                                            |
| Ressource globale                     |                                                                  | 20 600                                                         | 262 930 à 543 640                                          |

### 2.3.2 Potentialités des ressources (Evaluation de 1986 - CIEH - GEOHYDRAULIQUE - BRGM)

Quatre grades de potentialités sont définis en combinant deux par deux six paramètres physiques qui sont :

- . le taux de réussite et la profondeur de l'ouvrage qui traduisent le coût d'accès à la ressource,
- . la productivité des captages et la hauteur de l'exhaure qui traduisent le coût d'exploitation de la ressource,
- . la réserve de l'aquifère et la réserve renouvelable qui constituent un indicateur de la sécurité d'utilisation de la ressource.

Les trois index obtenus (accessibilité, exploitabilité, sécurité) sont combinés à leur tour pour définir la potentialité de la ressource.

- . La classe I traduit des terrains défavorables à la recherche d'eau souterraine. Le taux d'échecs est très élevé et la recherche se focalise sur des structures bien identifiées (aquifère

discontinu). Sont regroupées en classe I reconnue défavorable les régions de socle (Ouaddaï, Tibesti, nous ajoutons la quasi-totalité du Guéra).

La classe II est reconnue peu favorable, avec des potentialités médiocres, peu économiques à exploiter, avec un taux d'échecs élevé : Quaternaire ancien Nord et Est du Kanem, frange méridionale du Guéra recevant une pluviométrie plus élevée.

La classe III regroupe des zones favorables, ayant des possibilités d'aménagements avantageux, à risque d'échecs modéré : toutes les formations sédimentaires de la partie septentrionale du Tchad, le pourtour du massif du Guéra dans le Batha, le Chari Baguirmi et le Salamat.

La classe IV qualifiée de très favorable, avec de larges possibilités d'aménagements présentant de bons rapports économiques avec des risques d'échecs très réduits : le Kanem, la plus grande partie du Chari Baguirmi, les Koros et l'essentiel du Salamat.

### **2.3.3 Evaluation de la ressource dans les aquifères des polders (M. ENGALENC - SODELAC - 1990)**

Les polders de la rive Nord du Lac Tchad ont un remplissage argileux fissuré, qui recèle un aquifère médiocre.

La pluie efficace nette est de 0,015 m/an. La ressource renouvelable est de 150 m<sup>3</sup>/an/ha de polder.

La réserve est de 4000 m<sup>3</sup>/ha de polder.

Le débit écoulé dans la section transversale de l'aquifère du polder Bol Guimi est de 70 m<sup>3</sup>/h.

### **2.3.4 Evaluation de la ressource dans les sables dunaires du Lac (M. ENGALENC - SODELAC - 1990)**

La recharge de l'aquifère des sables est de l'ordre de 15 000 à 30 000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>.

Le volume transité par l'aquifère sur une épaisseur de 80 m est de 7 m<sup>3</sup>/h par km<sup>2</sup> d'aquifère, soit pour 200 km<sup>2</sup> un volume de 12 millions de m<sup>3</sup>/an.

Sur la préfecture du Lac :

Réserve renouvelable :

- 75 à 150.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/an (année sèche)
- 180 à 360.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/an (année normale)

- Ressource exploitable :  $3600 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> pour 5 m de rabattement
- Débit transité par l'aquifère :  $12 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/an

### **2.3.5 Evaluation de la ressource en zone de socle**

Dans le massif de l'Ouaddaï, le recouvrement poreux du socle (altérites, sables, argiles sableuses du Quaternaire) est toujours dénoyé, le niveau de l'eau étant dans la zone fissurée.

Ce phénomène s'observe aussi dans les ouadis. L'inféro-flux dans les alluvions n'existe qu'au moment des crues. Il en résulte que la réserve en eau se réduit à celle contenue dans la roche fissurée, soit moins de 40 000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>.

Sur les versants érodés du Ouaddaï (région d'Am Zoer) et dans le Guéra, l'érosion a raboté la roche fissurée qui peut être stérile sur de grandes surfaces. Cela se traduit par un taux d'échecs supérieur à 80 %.

Dans le Guéra, certains niveaux morphologiques ont conservé un manteau poreux saturé en eau. La réserve est de l'ordre de 20 000 à 50 000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> pour une épaisseur d'aquifère unitaire.

### **2.3.6 Insuffisance des données pour établir un bilan précis**

L'établissement des bilans hydrauliques des différents aquifères nécessite de déterminer différents facteurs :

- Distinction d'unités, de sous-unités, ou d'ensembles hydrogéologiques.
- Géométrie des aquifères.
- Caractéristiques hydrodynamiques des aquifères.
- Piézométrie et variations dans le temps et dans l'espace des diverses sources d'alimentation et de prélèvement.

Il existe une relative abondance de données non traitées sous forme de synthèses. Mais ces données sont issues de programmes dont le but est d'exploiter la ressource et non de l'évaluer.

## **2.4 Utilisation des ressources en eau**

### **2.4.1 Alimentation des populations**

L'utilisation des eaux de surface pour l'alimentation des populations n'est pas contrôlée, ce qui n'exclut pas des prélevements non recensés pour la satisfaction des besoins dans les zones méridionales toute l'année ou en toute zone en saison des pluies.

Nous examinerons successivement l'utilisation des eaux souterraines pour les centres urbains, d'une part, et pour les zones rurales, d'autre part, sans qu'il soit possible dans ce dernier cas de faire la part des utilisations pour l'alimentation de la population et celle des autres utilisations (irrigation, élevage...).

#### **2.4.1.1 Populations urbaines**

Au Tchad, l'alimentation en eau potable des centres urbains est assurée à partir des eaux souterraines :

**Tableau 2.4.1.1 (1) - AEP des centres urbains (1990)**

| Centres   | Nombre | Volume produit<br>(m <sup>3</sup> ) | Nombre d'abonnés |        |
|-----------|--------|-------------------------------------|------------------|--------|
|           |        |                                     | 1988             | 1990   |
| N'Djaména | 14     | 8 779 560                           | 8 567            | 9 625  |
| Sarh      | 2      | 744 712                             | 619              | 505    |
| Moundou   | 2      | 616 770                             | 219              | 386    |
| Abéché    | 2      | 105 783                             | 158              | 167    |
| Mao       | 1      | 142 259                             | 357              | 462    |
| Moussoro  | 1      | 214 314                             | 333              | 646    |
| Kelo      | 1      | 57 611                              | 101              | 155    |
| Doba      | 1      | 32 725                              | 23               | 73     |
| Bongor    | 1      | 154 226,5                           | 119              | 171    |
| Fianga    | 1      | 60 353                              | 136              | 150    |
| Total     | 26     | 10 909 314                          | 10 632           | 12 340 |

Source : STEE - Rapport d'activité 073/DTH/91

Il est difficile d'estimer exactement le nombre de personnes desservies par le réseau de distribution de la STEE.

On estime qu'un abonné dessert en moyenne 15 personnes.

La STEE avance l'hypothèse que 10 % du volume distribué est consommé par la population utilisant les bornes-fontaines.

Le tableau 2.4.1.1 (2) tente d'établir les besoins actuels pour les villes desservies par la STEE.

**Tableau 2.4.1.1 (2) - Evaluation des besoins actuels pour l'AEP urbaine**

| Centres urbains | Population 1990 (1) | Population desservie BP (2) | Volume net distribué BP + BF (3) | Consommation par habitant BP (4) | Volume distribué par BF (5) | Population desservie par BF (6) | Taux de desserte (7) |
|-----------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------|
| N'Djaména       | 530 450             | 144 375                     | 7 023 650                        | 120                              | 700 000                     | 190 000                         | 63                   |
| Sarh            | 81 510              | 7 575                       | 595 760                          | 193                              | 60 000                      | 16 000                          | 29                   |
| Moundou         | 106 090             | 5 790                       | 493 416                          | 210                              | 50 000                      | 13 700                          | 18                   |
| Abéché          | 42 440              | 2 505                       | 84 624                           | 83                               | 8 400                       | 2 300                           | 11                   |
| Mao             | 26 730              | 6 930                       | 113 807                          | 40                               | 11 400                      | 3 100                           | 37                   |
| Moussoro        | 10 610              | 9 690                       | 171 451                          | 43                               | 3 300                       | 920                             | 100                  |
| Kelo            | 35 000              | 2 325                       | 46 088                           | 49                               | 4 600                       | 1 260                           | 10                   |
| Doba            | 26 520              | 1 095                       | 26 180                           | 59                               | 2 600                       | 700                             | 7                    |
| Bongor          | 21 130              | 2 565                       | 123 380                          | 118                              | 12 400                      | 3 400                           | 28                   |
| Fianga          | 21 220              | 2 250                       | 48 282                           | 53                               | 4 800                       | 1 300                           | 17                   |
| Total           | 901 700             | 185 100                     | 8 726 638                        | -                                | 871 300                     | 232 460                         |                      |

- (1) Population 1988 x 3 % par an
- (2) Branchements particuliers x 15 personnes
- (3) Volume réellement destiné à l'AEP (m<sup>3</sup>/an) - Volume produits -20 % pour pertes, besoins internes et Administration
- (4) Consommation journalière moyenne (en litres) par habitant à partir d'un branchement particulier ((3) - (5) divisé par (2))
- (5) D'après STEE : 10 % du volume distribué (m<sup>3</sup>/an)
- (6) A raison de 10 l/j/hab
- (7) Rapport entre la population desservie (2 + 6) et la population totale de la ville (en %)

Remarque : la population de 1990 est légèrement sous-estimée car le taux d'accroissement annuel est de 7,2 % pour N'Djaména et 6,5 % en moyenne pour les autres grands centres du Tchad

Source : estimation faite par le Consultant

Trop d'hypothèses entrent dans les calculs et l'on doit considérer ce tableau avec beaucoup de précautions.

- La consommation par tête d'habitant jouissant d'un branchement particulier est relativement élevée et dénote un certain gaspillage. Mais il est possible que le nombre de personnes desservies par un branchement ( $\leq 15$ ) soit sous-estimé en raison des ventes et de sous-distributions de voisinage.
- La consommation par habitant utilisant la borne-fontaine est estimée à 10 l/j en raison du transport de l'eau ou de la cherté si l'achat se fait par l'intermédiaire d'un revendeur. Localement, la population de certains quartiers n'est guère mieux desservie que les populations rurales déshéritées (7 l/j/hab.).

Dans certains centres, la population desservie par les bornes-fontaines peut être plus importante que celle jouissant de branchements particuliers.

Le taux de desserte en eau varie de 7 % à 100 % mais ne dépasse généralement pas 30 %. Ce taux inclut la population s'alimentant aux bornes-fontaines.

Pour N'Djaména, 63 % peut sembler optimiste pour la STEE qui estime que plus de la moitié de la population ne peut accéder à l'eau potable distribuée.

Actuellement, seulement 10 centres urbains sont en partie desservis en eau potable par la STEE, alors que 25 villes ont plus de 10 000 habitants, et 40 villes plus de 5000 habitants. 51 centres sont administrativement classés comme "grands centres" totalisant 1 219 309 habitants en 1988 soit 1 293 500 en 1990, 1 740 000 en l'an 2000 et 2 340 000 en 2010 (en prenant arbitrairement un taux de croissance démographique de 3 % par an).

Si l'on respecte les normes d'alimentation admises, les besoins nets sont :

**Tableau 2.4.1.1 (3) - Besoins en eau des centres urbains**

|      |            |                               |              |
|------|------------|-------------------------------|--------------|
| 1990 | 40 l/j/hab | 18 885 100 m <sup>3</sup> /an | 21 600 000*  |
| 2000 | 50 l/j/hab | 31 755 000 m <sup>3</sup> /an | -            |
| 2010 | 60 l/j/hab | 51 246 000 m <sup>3</sup> /an | 127 700 000* |

\* Normes CIEH : 100 l/hab et 3 500 000 habitants en 2010

A ces besoins il faut ajouter 20 % pour pertes, besoins internes et besoins des administrations mais il faut retrancher l'avoir actuel de 10 000 000 m<sup>3</sup>.

Les ressources complémentaires à rechercher sont :

- |        |                             |
|--------|-----------------------------|
| 1990 : | > 11 750 000 m <sup>3</sup> |
| 2000 : | > 27 200 000 m <sup>3</sup> |
| 2010 : | > 50 590 000 m <sup>3</sup> |

**Tableau 2.4.1.1 (4) - Evaluation hydrologique en Afrique subsaharienne : Année 1990  
Caractéristiques des forages : Centre d'exploitation de N'Djaména**

| Forages                           |          | GD1                                                                                             | GD7  | GD8/2 | GD11 | GD16 | GD21 | GD22 | GD23 | GD24 | GDB | Begui | Kouffra | Ens II | Marché |
|-----------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-----|-------|---------|--------|--------|
| Profondeur totale (m)             |          | 70                                                                                              | 61   | 61,7  | 60   | 58   | 52   | 60   | 69,5 | -    | 60  | 64,5  | 61      | 60,07  | 53     |
| Diamètres (mm)                    | Cuvelage | 550                                                                                             | 550  | 350   | 350  | 550  | 550  | 400  | 350  | -    | 550 | 320   | 331     | 320    | 350    |
|                                   | Captage  | 350                                                                                             | 267  | 350   | 267  | 267  | 267  | 350  | 400  | 350  | -   | 350   | 150     | 125    | 152    |
| Débit nominal (m <sup>3</sup> /h) |          | 172                                                                                             | 70   | 90    | 70   | 90   | 150  | 160  | 130  | -    | 114 | 110   | 50      | 50     | 110    |
| Qualité des eaux                  |          | La qualité chimique de l'eau est conforme à la norme (chloration par l'hypochlorite de calcium) |      |       |      |      |      |      |      |      |     |       |         |        |        |
| Date de réalisation               |          |                                                                                                 | 1966 | 1987  | 1966 |      |      | 1987 | 1987 | -    |     |       |         |        |        |
| Date de mise en exploitation      |          |                                                                                                 | 1966 | 1988  | 1966 |      |      | 1988 | 1988 | -    |     |       |         |        |        |

Source : STEE - 1991

SO

#### 2.4.1.2 Hydraulique villageoise et pastorale

Au mois de juin 1991, 6098 points d'eau modernes étaient créés ou en cours d'exécution ou programmés pour le court terme.

La base de données du Bureau de l'Eau a saisi 6866 ouvrages.

Sur les 6098 points d'eau modernes, on dénombre 2357 puits neufs, 690 puits rénovés et 3051 forages.

En première approximation, on estime à 22 200 000 m<sup>3</sup> le volume prélevé chaque année dans les nappes pour les besoins de l'hydraulique villageoise et pastorale (il est supposé que les points d'eau sont exploités d'une façon manuelle par pompe à motricité humaine ou par puisage direct).

**Tableau 2.4.1.2 - Répartition des points d'eau modernes**

| Régions                       | Puits neufs | Puits rénovés | Forages     | Total points d'eau |
|-------------------------------|-------------|---------------|-------------|--------------------|
| Chari - Baguirmi              | 240         | 65            | 473         | 778                |
| Kanem - Lac                   | 28          | 260           | 460         | 748                |
| Batha                         | 29          | 228           | 19          | 276                |
| Guéra                         | 39          | -             | 155         | 194                |
| Ouaddaï - Biltine             | 141         | 14            | 537         | 692                |
| Salamat                       | 35          | 19            | 40          | 94                 |
| BET                           | 57          |               | 71          | 128                |
| Logone Oriental et Occidental | -           |               | 19          | 19                 |
| Mayo-Kebbi                    | 1460        |               | 40          | 1500               |
| Tandjilé                      | -           | 38            | 345         | 383                |
| Mayo-Chari                    | -           |               | 518         | 518                |
| Indifférencié*                | 328         | 66            | 374         | 768                |
| <b>Total</b>                  | <b>2357</b> | <b>690</b>    | <b>3051</b> | <b>6098</b>        |

\* Projets communs à plusieurs régions

Les objectifs concernant les besoins en points d'eau ruraux sont les suivants

Normes CIEH :

1990 : 4 050 000 habitants x 20 l/j - 29 400 000 m<sup>3</sup>/an

2010 : 4 500 000 habitants x 50 l/j - 81 100 000 m<sup>3</sup>/an

La base de données du Bureau de l'eau ne peut actuellement établir avec exactitude les besoins en points d'eau car les inventaires des villages sont incomplets.

L'évaluation globale consistant à programmer un point d'eau pour 500 habitants aboutit à un besoin de 8100 ouvrages en 1990 et 9000 en 2010. L'ouvrage est exploité à raison de 10 m<sup>3</sup>/j soit une dotation de 20 l/j/hab. Ce taux qui ne respecte pas les objectifs de 2010 (50 l/j/hab) est cependant fort acceptable car des enquêtes effectuées sur le terrain montrent qu'il existe

un seuil charge-distance qui limite la consommation par habitant. Le même volume maximal transporté est divisé entre les membres de la famille qui jouissent de 7 à 17 l/j selon la composition de la famille.

La desserte de 50 l/j/hab ne peut être envisagée qu'avec des mini-adductions d'eau pas trop éloignées des points d'utilisation, fournissant au moins 50 m<sup>3</sup>/j.

Il faut fixer un objectif réaliste compte tenu des capacités nationales de réalisation des travaux, des difficultés de maintenance des points d'eau et de la consommation réelle limite. Par ailleurs, si l'on considère le nombre de villages recensés, il faut prévoir 13 836 points d'eau au minimum car les villages peuvent avoir une morphologie complexe (quartiers, villages étirés) ou une population supérieure à 500 habitants.

La définition des besoins reste vague :

1990 : 8 100 ouvrages si 20 l/j/hab = 29 565 000 m<sup>3</sup>/an

2010 : 9 000 ouvrages si 20 l/j/hab = 32 850 000 m<sup>3</sup>/an ou  
18 000 ouvrages si 40 l/j/hab = 65 700 000 m<sup>3</sup>/an

Il faudrait prévoir pour 2010 :

- 10 000 points d'eau à 10 m<sup>3</sup>/j = 36 500 000 m<sup>3</sup>/an
- 1 600 mini-adductions à 50 m<sup>3</sup>/j = 29 200 000 m<sup>3</sup>/an

Il existe actuellement 6100 points d'eau prélevant 22 millions de m<sup>3</sup>/an. Il faut donc créer pour satisfaire les besoins :

1990 : 2000 points d'eau simples (puits ou forages)

2010 : 4000 points d'eau simples et  
1600 mini-adductions (au maximum)

#### 2.4.2 Irrigation

Les ressources en eau sont déjà assez largement utilisées pour les besoins de l'irrigation. Ceci concerne essentiellement les eaux de surface et très secondairement les eaux souterraines.

#### **2.4.2.1 Eaux de surface**

Le secteur horticole, bien développé à la périphérie des centres urbains ou dans des bas-fonds (avec des cultures maraîchères et fruitières) exploite principalement les eaux de surface en puisant ou en pompant directement dans les cours d'eau.

A N'Djaména, la surface exploitée est de 191 ha mais la surface irriguée est très variable dans le temps (selon la main-d'oeuvre, les divagations du Chari, le marché, l'aide de l'ONADEH, etc...).

La consommation en eau d'irrigation varie selon les cultures (variété, durée culturelle, semis, période végétative, etc...) de 40 à 90 m<sup>3</sup>/j/ha, pouvant se limiter à 2 arrosages par semaine.

Il semblerait que la consommation soit de 6 000 à 10 000 m<sup>3</sup>/ha/an.

Avant d'énumérer les utilisations actuelles pour l'irrigation, nous rappellerons les projets d'aménagements, à plus long terme, les plus importants recensés par la C.B.L.T. dans le bassin conventionnel du lac TCHAD en 1987 :

- Casier de Bongor : 5 000 ha
- P.I.C (rive droite du CHARI) : 2 000 ha
- SATEGUI-DERESSIA : 16 000 ha
- Polders traditionnels (rive est du lac TCHAD) : 6 000 ha
- Polders modernes (rive est du lac TCHAD) : 6 000 ha
- Bas LOGONE-CHARI (secteur de MALO) : 8 000 ha
- SONASUT (rives du CHARI) : 2 000 ha

D'autres projets concernaient la mise en valeur du SALAMAT (dans le sud-est du TCHAD) :

L'OMVSD (Office de mise en Valeur de Sategui-Deressia) pratique l'irrigation à partir des crues du Logone. Un bassin de 8 00 ha a été construit pour retenir l'eau des crues. La surface cultivée actuellement (1 500 ha) est faible par rapport à celle prévue initialement (10 000 ha) et l'utilisation de l'eau ne semble pas maîtrisée. La culture concerne le riz.

Le Casier A de Bongor avait été conçu à l'origine pour faire 54 000 ha de coton irrigué, puis orienté vers la riziculture en maîtrise partielle par dérivation des eaux du Logone. La surface réellement exploitée est faible.

Le Casier B de Bongor de 8 000 ha dont 5 00 ha en maîtrise totale par pompage dans le Logone est plus actif.

Aménagement de la SODELAC : la surface des polders aménageables est de 30 000 ha environ. Les polders aménageables par irrigation à partir du lac représentent 20 000 ha.

Concernant l'aménagement des bas fonds (SODELAC), l'irrigation effective des périmètres est actuellement difficile en raison du retrait des eaux libres à près de 35 km des aménagements projetés. La solution semble consister en la construction d'un canal d'amenée.

SONASUT (Société Nationale Sucrière) : 3 350 ha (1987) sur les rives du CHARI moyen entre SAHR et BOUSSO avec une consommation moyenne annuelle de 10 à 12 000 m<sup>3</sup>/ha.

Devant l'échec des grands périmètres (problèmes de financement et de rentabilité), les aménagements actuels s'orientent vers des réalisations plus modestes axées sur les collectivités villageoises.

Cette politique de petits aménagements sera basée sur l'utilisation complémentaire des eaux souterraines et des eaux de ruissellement :

- aménagement des wadis (bas fonds) du KANEM, autour du lac
- aménagement de petites retenues collinaires dans le GUERA, le BA THA, le OUADDAL, BILTINE...

Dans le Batha (CARE international), l'Ouaddaï (GTZ) et le Guéra (SECADEV), des barrages collinaires sont en construction dans le cadre de micro-organisations villageoises à activités multiples.

Le dimensionnement des périmètres à irriguer à partir des petites retenues sera conditionné par les disponibilités en eaux de ruissellement (à déterminer à partir d'études de petits bassins versants représentatifs) et les possibilités topographiques de stockage.

#### **2.4.2.2 Eaux souterraines**

Aucun programme hydroagricole important n'implique ce type de ressource. Toutefois, dans la région du Lac, de nombreux puits exploités avec des chadoufs ou des motopompes utilisent sur la nappe des polders et des ouadis. Les débits prélevés par chadoufs sont compris entre 2 et 5 m<sup>3</sup>/h. Les petites unités motopompes de 3,5 CV prélèvent 8 à 15 m<sup>3</sup>/h suivant la profondeur de la nappe.

Actuellement, 500 ha de cultures maraîchères (haricots, manioc, patate douce) sont irrigués au chadouf à raison de 2 l/s/ha, soit un prélèvement moyen de 5 000 000 m<sup>3</sup>/an.

Actuellement, il n'existe pas de besoins nouveaux en eaux souterraines réellement exprimés pour l'irrigation. Le renoncement à développer de grands aménagements écarte la prévision de mobiliser des ressources importantes en eau souterraine.

Par contre, l'extension des micro-réalisations va porter sur des prélèvements souterrains de plus en plus nombreux : périmètres maraîchers, bas-fonds, polders, ouadis du Kanem et du lac. Le Tchad possède dans les zones sédimentaires des ressources hydrauliques importantes. Encore faut-il que les investissements et les frais de fonctionnement ne grèvent pas la rentabilité des exploitations.

### 2.4.3 Elevage

Les ressources utilisées pour l'élevage proviennent essentiellement des eaux souterraines.

Au Tchad, il n'existe pas d'évaluation précise des besoins de l'hydraulique pastorale à l'échelle du pays.

**Tableau 2.4.3 - Besoins en eau du cheptel**

| Effectifs (1990) |            | Consommation<br>d'urgence<br>(l/j) | Consommation<br>complément.<br>(l/j) | Besoins 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an |                 |
|------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
|                  |            |                                    |                                      | Phase urgence                              | Complémentarité |
| Bovins           | 4 299 000  | 20                                 | 30                                   | 31,38                                      | 47              |
| Ovins-caprins    | 4 765 000  | 3                                  | 5                                    | 5,2                                        | 8,7             |
| Equins           | 195 000    | 10                                 | 15                                   | 0,7                                        | 1,06            |
| Camélins         | 549 000    | 10                                 | 15                                   | 2                                          | 3,0             |
| Asins            | 244 000    | 10                                 | 12                                   | 0,89                                       | 1,07            |
| Porcins          | 14 000     | 3                                  | 5                                    | 0,015                                      | 0,077           |
| Total            | 10 066 000 | -                                  | -                                    | 40,155                                     | 60,907          |

Source : Evaluation par le Consultant

Traduit en équivalent point d'eau (E.P.E.), c'est à dire un puits ou un forage produisant 10 m<sup>3</sup>/j, le nombre de E.P.E. nécessaire pour alimenter le cheptel tchadien est de 11 000 en première urgence et de 16 700 en phase de complémentarité.

De sérieuses retouches sont possibles car cette évaluation ne tient pas compte de la répartition du cheptel, de la charge à l'hectare, du parcours limite pour un abreuvement régulier (5 km) ni des effets de la transhumance. L'évaluation sous-entend que le cheptel est sédentarisé.

Dans le département du Lac, pendant l'hivernage, les troupeaux sont dispersés sur le versant Sud de l'Erg du Kanem et les animaux s'abreuvent dans les nombreuses mares. Pendant la saison sèche, les troupeaux migrent dans les terres exondées et boivent l'eau du Lac. Par suite, le pastoralisme dans cette région ne montre pas de grandes exigences en eau.

Le forage ou le puits délivrant 10 m<sup>3</sup>/j est conseillé dans les zones hydrogéologiquement peu productrices (socle, Quaternaire ancien argileux, etc.). Mais en zone sédimentaire, des forages associés à des puits (ouvrage mixte) seront préférés lorsque le débit est de 50 m<sup>3</sup>/j. Ce type d'ouvrage est plus adapté pour le pastoralisme que le forage équipé d'une pompe.

On pourrait par exemple prévoir 5500 forages et 1100 ouvrages mixtes.

Les rapports mentionnent que les besoins spécifiques à l'hydraulique pastorale sont estimés à 3 ou 4000 points d'eau, mais il faut rappeler que le débit de référence est de 50 m<sup>3</sup>/j (Etude DIKEY - SDPT 1983).

#### **2.4.4 Industrie**

L'utilisation des eaux de surface pour l'industrie est très réduite : refroidissement de la centrale thermique de N'Djaména et quelques eaux de traitement : brasserie de N'Djaména, tannerie etc...

Les eaux de surfaces présentent une possibilité d'utilisation pour produire de l'énergie électrique, sur le Mayo-Kébbi, aux chutes Gauthiot dans la région de Fianga.

Quelques industries utilisent les eaux souterraines, mais les consommations d'eau ne sont ni publiées, ni communiquées par les utilisateurs.

A N'Djaména, signalons : les Abattoirs, la SONAPA (laiterie), les Tanneries, la SONASUD (sucre), COTONTCHAD. La Société Textile du Tchad (teinture) à Sahr. Les Huileries de Moundou. Les Boissons et Glacières du Tchad (BGT) produisent 33 600 hl de boissons gazeuses et 120 400 hl de bière sortent des Brasseries du Logone : il faut entre 2 et 9 l d'eau pour fabriquer 1 l de bière ou de boissons diverses, soit un besoin global de 30 000 à 140 000 m<sup>3</sup> d'eau.

#### **2.4.5 Conclusion sur l'utilisation actuelle des eaux souterraines du Tchad**

Recharge annuelle des nappes : 20 600.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/an

Réserve globale (ressource géologique) : 263 000 à  
543 000.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

Mobilisation des eaux souterraines en 1990 :

|                                        |                              |
|----------------------------------------|------------------------------|
| Hydraulique urbaine :                  | 10 910 000 m <sup>3</sup>    |
| Hydraulique villageoise et pastorale : | 22 000 000 m <sup>3</sup>    |
| Hydraulique agricole :                 | 5 000 000 m <sup>3</sup>     |
| Hydraulique industrielle :             | 1 000 000 m <sup>3</sup>     |
| Total des prélèvements :               | $39.10^6$ m <sup>3</sup> /an |

La mobilisation actuelle des eaux souterraines ne représente que 0,19 % de la recharge annuelle et 0,015 % de la réserve totale. Il faut nuancer ce chiffre compte tenu de l'inégale répartition des besoins et de la ressource.



## **CHAPITRE 3**

### **CLIMAT**

#### **3.1      Organisation et gestion**

L'exploitation du réseau climatologique tchadien est assuré par la Direction des Ressources en Eaux et de la Météorologie (DREM) en ce qui concerne les stations pluviométriques et climatologiques, et par l'Agence pour la Sécurité Aérienne en Afrique (ASECNA) qui gère les stations synoptiques.

##### **3.1.1      Organismes**

###### **3.1.1.1      Direction des ressources en eau et de la météorologie**

La Direction des Ressources en Eaux et de la Météorologie (DREM) a été créée en 1975, sous le nom de la Direction de la Météorologie Nationale (DMN). Mais elle n'est devenue opérationnelle qu'à partir de 1977-1978. C'est alors que le transfert effectif des stations de l'ASECNA a eu lieu, malheureusement perturbé peu après par la guerre.

La DREM, placée antérieurement sous tutelle du Ministère de l'Agriculture, a été intégrée en 1991 au Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau. Elle est chargée de la gestion des stations climatologiques et pluviométriques, de la transmission, de la centralisation et de la diffusion des données météorologiques de l'ensemble du Tchad. Elle est également chargée des observations de l'hydrologie de surface.

L'organigramme de la DREM est présenté ci-après.

Chaque service est sous la responsabilité d'un Chef de Service.

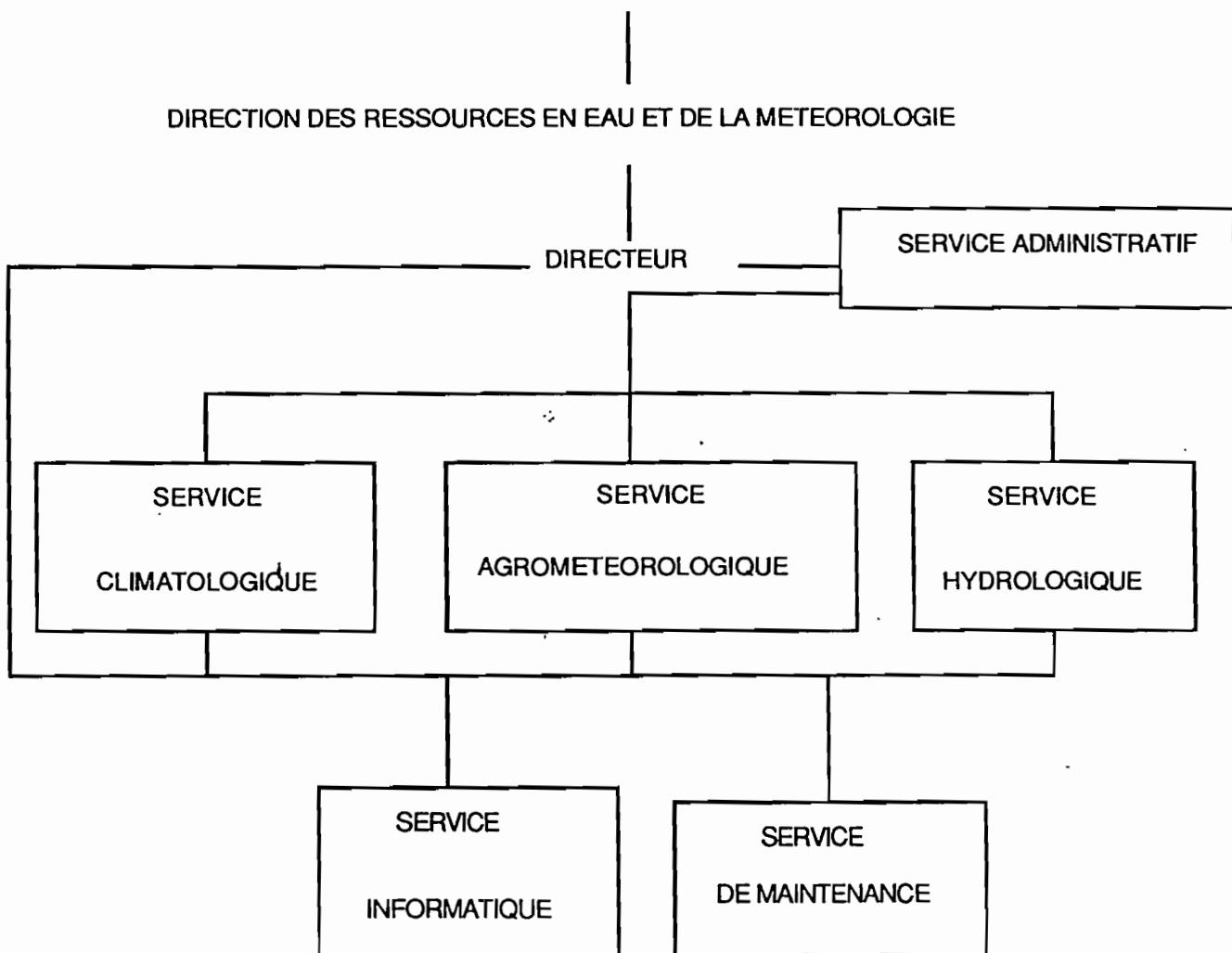
Les Services Climatologique, Agrométéorologique et Hydrologique sont chargés de l'installation et du contrôle des stations d'observation sur le terrain, de la collecte et de l'archivage des données, de leur contrôle et de leur saisie, de la fourniture de données aux usagers, des traitements et analyses, de la publication de bulletins périodiques et de rapports d'études spécifiques réalisés par des cellules d'étude internes à chaque service. Le Service Climatologique gère toutes les stations climatologiques et pluviométriques tandis que le Service Agrométéorologique prend à sa charge les stations agrométéorologiques.

Ces stations sont identiques aux stations climatologiques mais des observations sur les cultures y sont également effectuées.

**Figure 3.1.1**

## **ORGANIGRAMME DE LA D.R.E.M.**

MINISTERE DES MINES, DE L'ENERGIE ET DES RESSOURCES EN EAU



Le Service Agrométéorologique comprend une cellule de coordination et suivi, une cellule informatique et gestion des données, une cellule "Projet Pilote", une cellule "Projet Espace", une cellule "Suivi de Campagne - Groupe de Travail Pluridisciplinaire (GTP)".

Après le déroulement de notre mission, la DREM a fait savoir qu'une modification était intervenue dans l'organigramme, laissant seulement en fonction trois services :

- Service Agroclimatologique
- Service Hydrologique
- Service des Instruments et de la Maintenance.

### **3.1.1.2 Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique**

L'Agence pour la Sécurité de la navigation Aérienne en Afrique (ASECNA) avait jusqu'en 1975 la charge de l'ensemble des stations climatologiques y compris les pluviométriques. Après la passation de ce service à la DREM, l'ASECNA n'a plus la responsabilité que des stations synoptiques.

Le Service d'Exploitation de la Météorologie (SEMET) de l'ASECNA est structuré selon l'organigramme ci-après, tel qu'il a été communiqué par l'ASECNA.

L'ASECNA a sa propre école de formation à Dakar où les stagiaires peuvent séjournier durant deux ans. Il a été fait état d'un manque de personnel observateur, notamment en raison de l'ouverture de nouvelles stations.

## **3.1.2 Projets internationaux et nationaux**

### **3.1.2.1 Projet PNUD/OMM (CHD/87/013) : AGRHYMET**

Le projet PNUD/OMM (CHD/87/013) "Contribution des informations et des conseils agro-hydro-météo au développement rural" se termine dans sa troisième phase en décembre 1991. Il sera poursuivi par une quatrième phase. Il a été confié à la DREM.

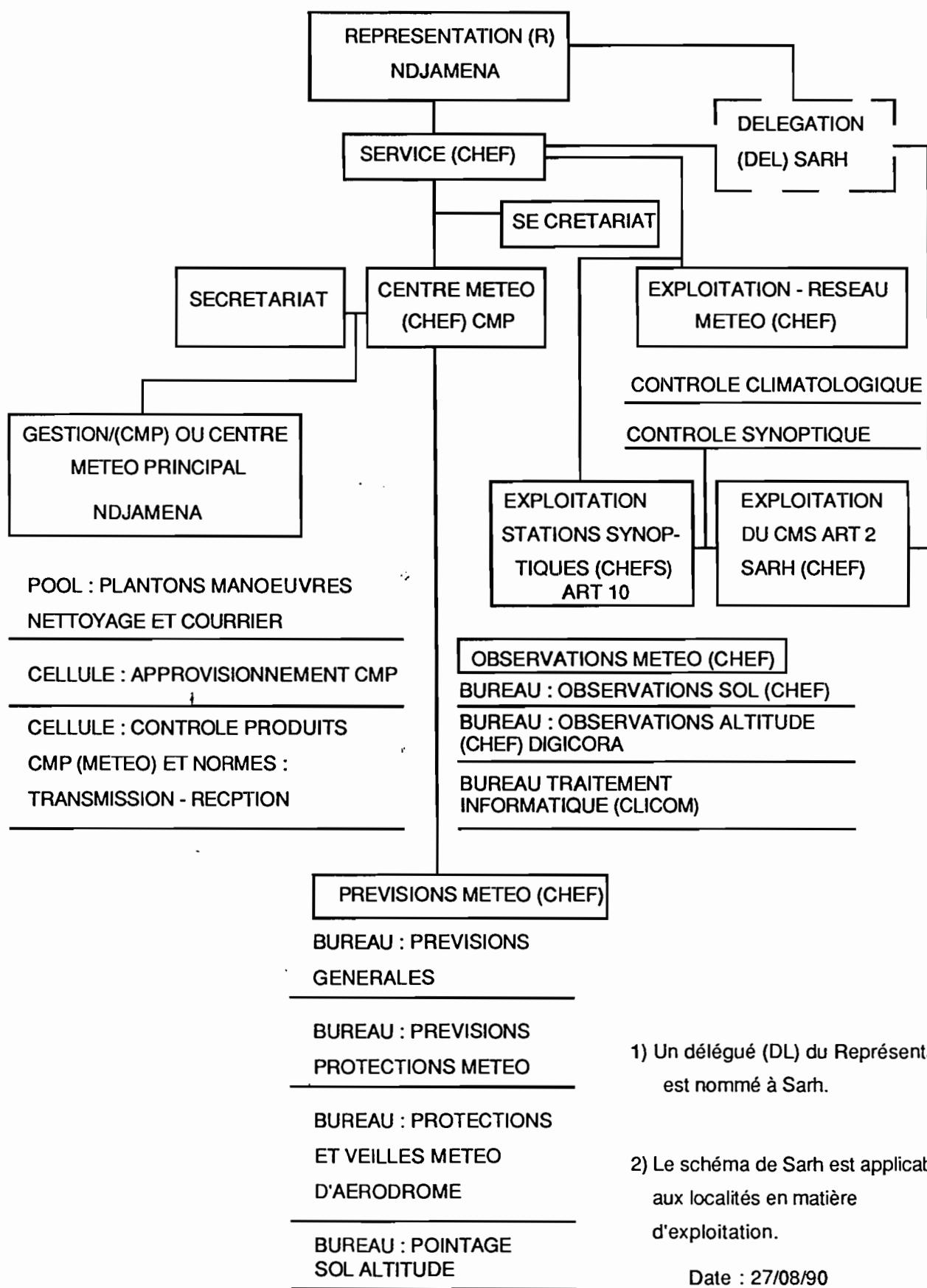
Ce projet dénommé plus simplement "Suivi de campagne", vise à promouvoir les applications de la météorologie au développement du secteur agricole.

Les objectifs du projet étaient :

- renforcer la capacité de la DREM en ce qui concerne les réseaux d'observation agrométéorologiques et hydrologiques, le personnel technique, le traitement des données ;
- mettre à la disposition des utilisateurs des données et informations en météorologie, agrométéorologie, hydrologie.

Figure 3.1.2

## ORGANIGRAMME DU SERVICE D'EXPLOITATION DE LA METEROLOGIE (SEMET)



Ces utilisateurs sont :

- les services techniques de la production agricole, les planificateurs et décideurs de la stratégie alimentaire, nationale et internationale, les différents secteurs de l'économie nationale ;
- le monde rural qui a besoin de données et conseils facilement utilisables en vue de l'organisation des travaux agricoles ;
- les systèmes d'alerte précoce.

Ce projet s'est déroulé en quatre phases :

- 1ère phase : mise en place du réseau
- 2ème phase : formation
- 3ème phase : information des agriculteurs et application (1987-91)
- 4ème phase : essentiellement formation, recyclage, stages (à partir de 1992).

La guerre au Tchad a été cause de retard dans le déroulement de ces phases.

Il y a eu ainsi une aide en véhicules, formation d'agents, installation des abris météorologiques, fonctionnement, et paye des observateurs.

### **3.1.2.2 Groupe de travail pluridisciplinaire (GTP)**

Compte tenu des applications multiples du projet PNUD, un groupe de travail pluridisciplinaire interministériel (GTP) a été créé et chargé du suivi et de l'évaluation des tâches des projets agrométéorologiques dans le cadre des différentes campagnes agricoles effectuées dans le pays.

A ce titre, le GTP doit examiner régulièrement l'ensemble des informations météorologiques, phénologiques et agricoles reçues et formuler les conseils agrométéorologiques à transmettre aux agriculteurs.

Un bulletin agro-hydro-météorologique décadaire est édité : situation synoptique (pluie en fonction des positions du FIT), situation agrométéorologique des cultures dans les trois zones climatiques (végétation en fonction des pluies, situation en zone sahélienne, soudano-sahélienne et soudanienne).

- Situation de la biomasse durant la décade, d'après les images satellites.
- Situation des pâturages.
- Situation hydrologique.

Le GTP comprend des représentants des structures suivantes :

- DREM,
- DPV,
- Service agrostologique du laboratoire de Farcha,
- Direction de l'Elevage,
- Radio (n'est plus venue la dernière année),
- Direction de l'Environnement (Forêt),
- Bureau de la Statistique Agricole (BSA) (Surfaces cultivées),
- Service d'Alerte Précoce (SAP) rattaché à la Sécurité Alimentaire (AEDES),
- Société de Développement du Lac (SODELAC),
- Famine Early Warning System (FEWS).

FEWS, dans le cadre d'AGRHYMET, a fourni les ordinateurs et assuré les séminaires d'initiation. De même, le logiciel PLUIE a été élaboré à cette occasion.

AGRHYMET a fourni le logiciel SUIVI.

### **3.1.2.3 Projet Pilote (Coopération suisse)**

Le projet PILOTE, interne à la DREM, a pour but de vulgariser les résultats de l'agrométéorologie auprès des paysans. C'est un projet complémentaire à celui du PNUD. Il est financé par la Suisse et a débuté en 1991.

### **3.1.2.4 Projet Espace (Coopération française : FAC)**

Ce projet, qui s'intègre dans celui d'AGRHYMET, traite, dans le cadre de la DREM, des bilans hydriques de sols afin de déterminer, en fonction des pluies, la date optimale de différents types de culture.

### 3.1.3 Personnel et formation

L'effectif actuel du personnel est de 42 personnes. La répartition, par grade, est présentée dans le tableau 3.1.1.

**Tableau 3.1.1 - Effectif du personnel actuellement en service à la DREM**

| Grade                | Nombre    | Direction | Climato-<br>logie | Agrométéo-<br>rologie | Hydrologie | Informa-<br>tique | Mainte-<br>nance | Adminis-<br>tration |
|----------------------|-----------|-----------|-------------------|-----------------------|------------|-------------------|------------------|---------------------|
| Direction            | 1         | 1         |                   |                       |            |                   |                  |                     |
| Chefs de service     | 3         |           | 1                 | 1                     | 1          |                   |                  |                     |
| Chefs de section     | 3         |           |                   |                       |            | 1                 | 1                | 1                   |
| Ingénieurs           | 6         |           | 1*                |                       | 5          |                   |                  |                     |
| Techniciens          | 13        |           | 3                 | 3                     | 5          |                   | 2                |                     |
| Assistants et autres | 17        |           | 3                 | 1                     |            |                   |                  | 13                  |
| <b>TOTAL</b>         | <b>43</b> | <b>1</b>  | <b>8</b>          | <b>5</b>              | <b>11</b>  | <b>1</b>          | <b>3</b>         | <b>14</b>           |
| Observateurs         | 226       |           | 155               | 17                    | 54         |                   |                  |                     |

\* Licencié en géographie.

Le niveau de qualification des différents grades est donné au tableau 3.1.2.

Le personnel technique (ingénieurs, techniciens supérieurs et assistants) a été formé dans des écoles ou universités étrangères, au centre AGRHYMET, et à l'ORSTOM.

Aucune formation de spécialité d'ingénieur ou de technicien supérieur n'est assurée sur place.

Quelques possibilités de formation du personnel existent. D'abord, par voie de concours interne au niveau de l'ASECNA, donnant lieu à une formation dans les écoles spécialisées de l'ASECNA ou dans celles agréées par cette agence. Une deuxième possibilité existe à travers les bourses octroyées soit par des projets en cours d'exécution à la DREM, soit par l'OMM, au titre du Programme de Coopération Volontaire.

Actuellement, le projet PNUD/OMM CHD 87/013 a attribué plusieurs bourses de formation à l'étranger pour le personnel d'encadrement des services climatologique et agrométéorologique ainsi qu'une formation en informatique sur des logiciels OMM ou AGRHYMET.

**Tableau 3.1.2 - Niveau de qualification du personnel de la DREM**

| GRADE                                | QUALIFICATION MINIMUM                                                                                          |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ingénieur météorologue               | Niveau baccalauréat + 4 à 6 ans de formation universitaire (filière mathématique, physiques, agrométéorologie) |
| Technicien supérieur en météorologie | Niveau baccalauréat + 2 ou 3 ans de formation universitaire (filieres maths et physiques)                      |
| Technicien                           | BEPC + concours de l'Ecole d'Agriculture avec 3 ans de formation au Tchad                                      |
| Assistants et observateurs           | Formation à la DREM et sur place                                                                               |

**Personnel actuellement en formation à l'étranger :**

**- Climatologie :**

- 1 ingénieur de classe I aux USA
- 1 ingénieur de classe I en URSS

**- Agrométéorologie :**

- 1 ingénieur d'application de classe II au Canada
- 2 ingénieurs d'application de classe II au Niger (AGRHYMET)

**- Hydrologie :**

- 2 techniciens supérieurs de classe III au Niger (AGRHYMET)

Dans l'attente de ces retours, l'effectif des services s'en ressent, surtout en climatologie.

Des agents de la DREM vont parfois au Niger (AGRHYMET) durant une à deux semaines pour une formation relative à des logiciels spécifiques.

### Missions de consultants étrangers

Dans le cadre du projet AGRHYMET, des consultants peuvent venir à N'Djamena notamment pour la mise en place et l'apprentissage de logiciels spécifiques.

### Actions de formation et d'information assurées par la DREM

- a. Formation d'observateurs sur place lors de la mise en place et des visites aux stations.
- b. Une session de formation des observateurs climatologiques et agrométéorologiques déjà en place a été organisée en mars 1990 à N'Djamena, après le succès d'une session précédente qui avait eu lieu en 1986. Elle a rassemblé 32 stagiaires durant 15 jours. De telles sessions sont prévues tous les quatre ans. Des cours ont été distribués. Le séminaire comptait avec la mise en place d'une parcelle d'observation phénologique avec semis échelonné (mil, sorgho, maïs, blé, arachide). Les frais de voyage et de déplacement ont été pris en charge par la DREM.  
Ce type de recyclage des observateurs a été inscrit dans la demande de budget nationale 1991 mais les crédits n'ont pas été obtenus.
- c. Le problème de la formation devrait trouver une solution avec la mise en place actuelle d'une formation d'agents techniques. Ceux-ci sont actuellement au nombre de 23 en première année et ont commencé leurs études en décembre 1989, et 22 en deuxième année. La sélection des étudiants a été faite sur concours par le service des examens du Ministère de l'Education Nationale. Les examens de contrôle sont trimestriels et portent sur la culture générale (français, mathématique, physique) et les enseignements spécialisés : biologie (agronomie), agrométéorologie, météorologie générale, observations, statistiques, protection des végétaux, climatologie. Les cours sont effectués soit par des professeurs de lycée pour les enseignements de base, soit par des spécialistes de la DREM, de l'ASECNA, du BSA et de la DPV. Ces cours ont lieu en 1989-90 à la Direction de l'Enseignement et de la Formation Agricole : ils ont lieu en 1990-91 dans les locaux de la DREM (bâtiment AGRHYMET).  
Ce plan de formation, ratifié par la Fonction Publique, doit amener une quarantaine d'agents à la DREM, en trois ans. Ces agents de l'Etat assureront également les observations hydrologiques là où il y a des stations limnimétriques.  
Cette augmentation de personnel fonctionnaire contractuel devrait permettre d'accroître le nombre de stations agrométéorologiques de 17 à 40 et d'assurer du personnel pour la saisie informatique des données à N'Djamena.
- d. Un séminaire sur la "Vulgarisation de l'agrométéorologie aux utilisateurs agricoles", organisé par la DREM, s'est tenu à N'Djamena, du 5 au 8 juin 1991.  
Un autre séminaire sur le même thème, destiné aux paysans, se tiendra à N'Djamena du 19 au 22 juin 1991.

### **3.1.4 budget de la DREM**

L'Etat tchadien assure la paye des agents de la DREM qui sont fonctionnaires d'Etat. Les observateurs sont payés par l'intermédiaire de la DREM lors des visites de terrain en ce qui concerne les stations pluviométriques et climatologiques. Les fonds sont généralement internationaux (PNUD).

Les observateurs des stations synoptiques sont agents de l'ASECNA.

L'Etat tchadien octroie annuellement un budget mais les fonds ne sont attribués qu'avec beaucoup de retard. Il ne donne pas de caisse d'avance. Les bons de commande n'étant pas honorés ou avec beaucoup de retard, les fournisseurs ne livrent pas les matériels.

Le budget total sur quatre ans devait être de 24 millions CFA avec 11 millions pour 1991.

Ce budget assure les fournitures de bureau, du matériel technique et météorologique pour 11 millions CFA, 5 millions CFA pour la construction du bâtiment hydrologique à Ati, 5 millions CFA pour la réfection des bâtiments de stations.

Le budget d'équipement et de fonctionnement est attribué essentiellement par des projets internationaux.

Le projet PNUD CHD/87/013 (AGRHYMET, 3ème phase).

Le budget de la troisième phase 1987-91 a été pour cinq ans de 1 687 000 de US \$. Le PNUD verse le financement au compte de la DREM. Cependant, le budget de cette troisième phase, "en entonnoir" a été pour 1991 de 17 000 US\$. La réduction progressive doit être compensée par le financement de l'Etat, engagé à assurer la continuité du travail : les observateurs sont payés par le PNUD, par l'intermédiaire de la DREM, la demande étant faite en vain auprès de l'Etat. Il en a été de même pour la demande de recyclage des observateurs.

La quatrième phase du projet PNUD s'axant essentiellement sur la formation, le fonctionnement de la DREM devrait ainsi s'avérer difficile.

Jusqu'en 1989, un Conseiller Technique Principal a été affecté au Tchad par le PNUD pour ce projet. Il n'a pas été remplacé.

La Coopération suisse (projet PILOTE).

La coopération suisse fournit un budget de 376 884 US\$ sur quatre ans, à partir de 1991.

Il assure une régie d'avance à la DREM.

La coopération française - FAC (projet ESPACE).

Le budget 1991 est de 1 000 000 CFA.

D'autres dotations ponctuelles, par l'intermédiaire de l'Etat, peuvent provenir de sources de financement internationaux.

A ces financements, il convient d'ajouter également les bourses de séjours et cours attribués dans le cadre des formations dispensées à l'étranger.

Les crédits de fonctionnement de la DREM ne sont pas répartis en début d'année par services mais distribués sur demande de dépenses concrètes (achats, missions) au fur-et-à-mesure sur décision du Directeur.

### **3.2        données climatologiques**

#### **3.2.1      réseau climatologique (Voir Tableau 3.2.1)**

Le réseau climatologique exploité par la DREM et l'ASECNA comprend deux types de stations selon leur équipement et le personnel qui s'en occupe :

- 16 stations synoptiques (ASECNA),
- 35 stations climatologiques (DREM) dont 19 agrométéorologiques et 16 stations climatologiques *sensu stricto*.

Soit un total de 51 stations où des observations climatologiques sont effectuées.

Les stations synoptiques sont gérées par l'ASECNA, mais plusieurs d'entre elles ont été installées par la DREM.

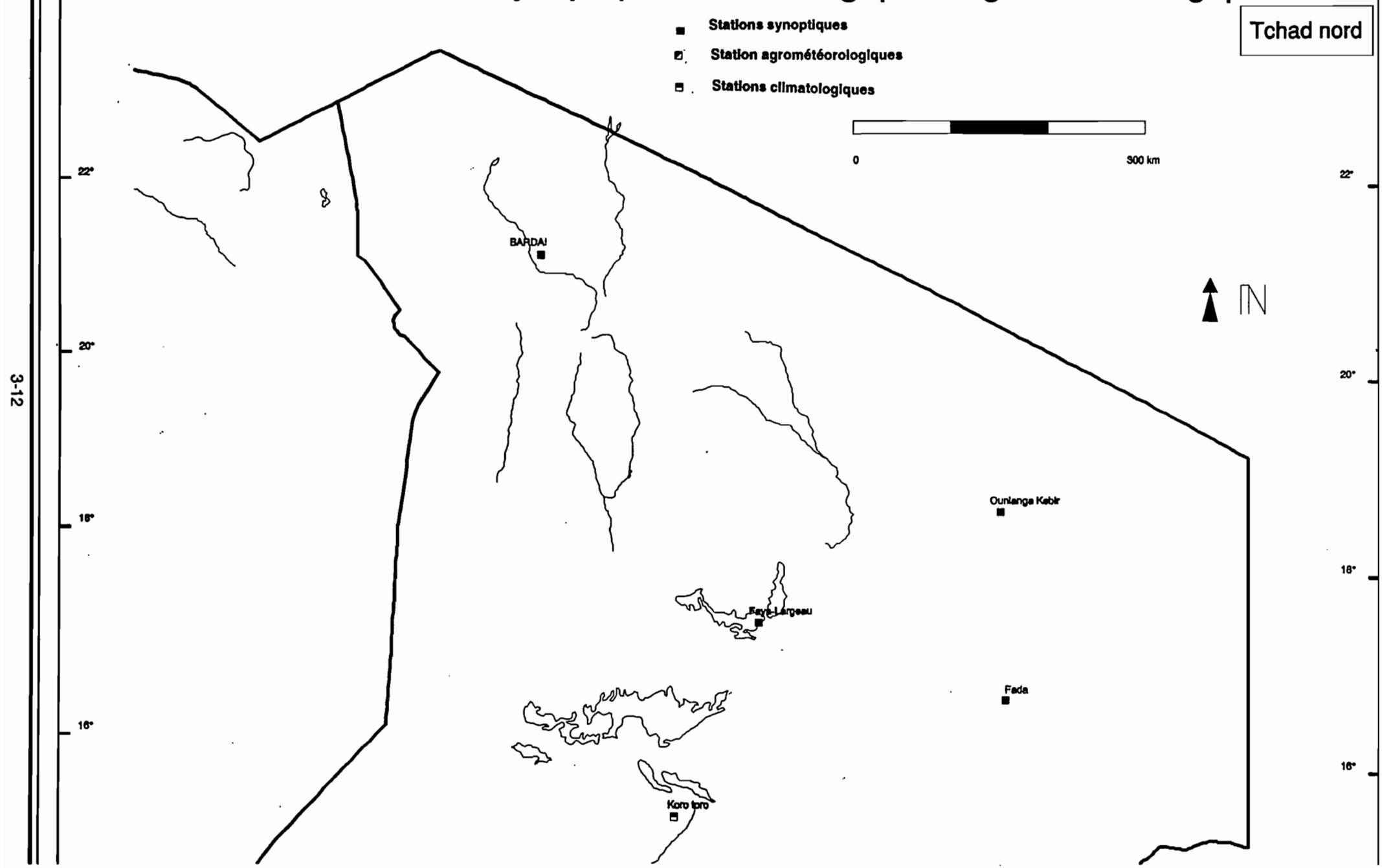
La carte 3.2.1 présente la position des stations synoptiques et climatologiques.

##### **3.2.1.1    Stations synoptiques**

Le tableau 3.2.1 dresse la liste des 16 stations synoptiques (Carte 3.2.1).

Depuis février 1987, le réseau a été renforcé par Bardai, Doba (observateur de la DREM), Fada, Lai, Ounianga-Kebir, avec un effort évident pour le nord du pays. Toutefois, celle d'Ounianga-Kebir est réputée ne pas fonctionner.

# Réseau des stations synoptiques, climatologiques, agrométéorologiques



Tchad sud

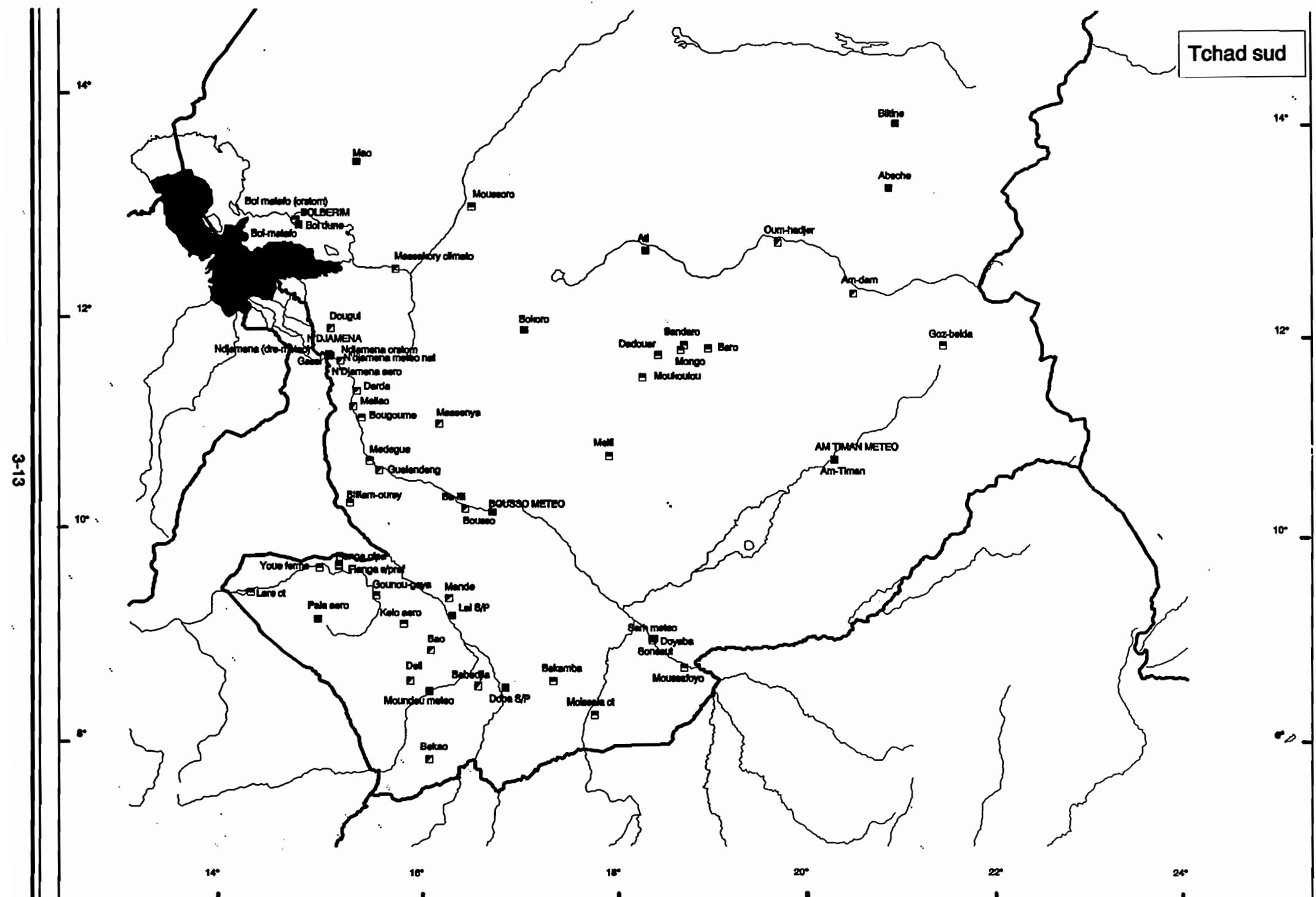
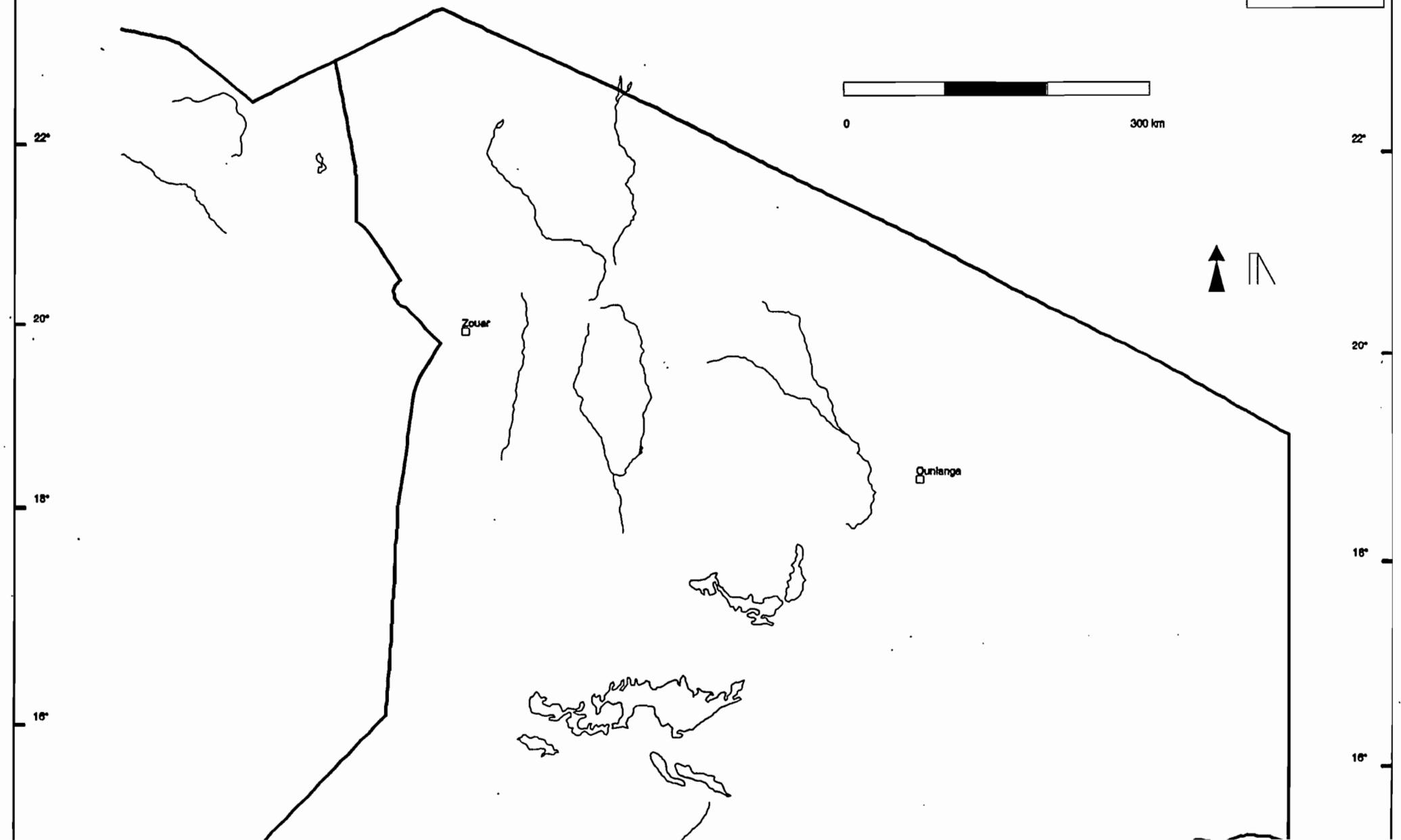


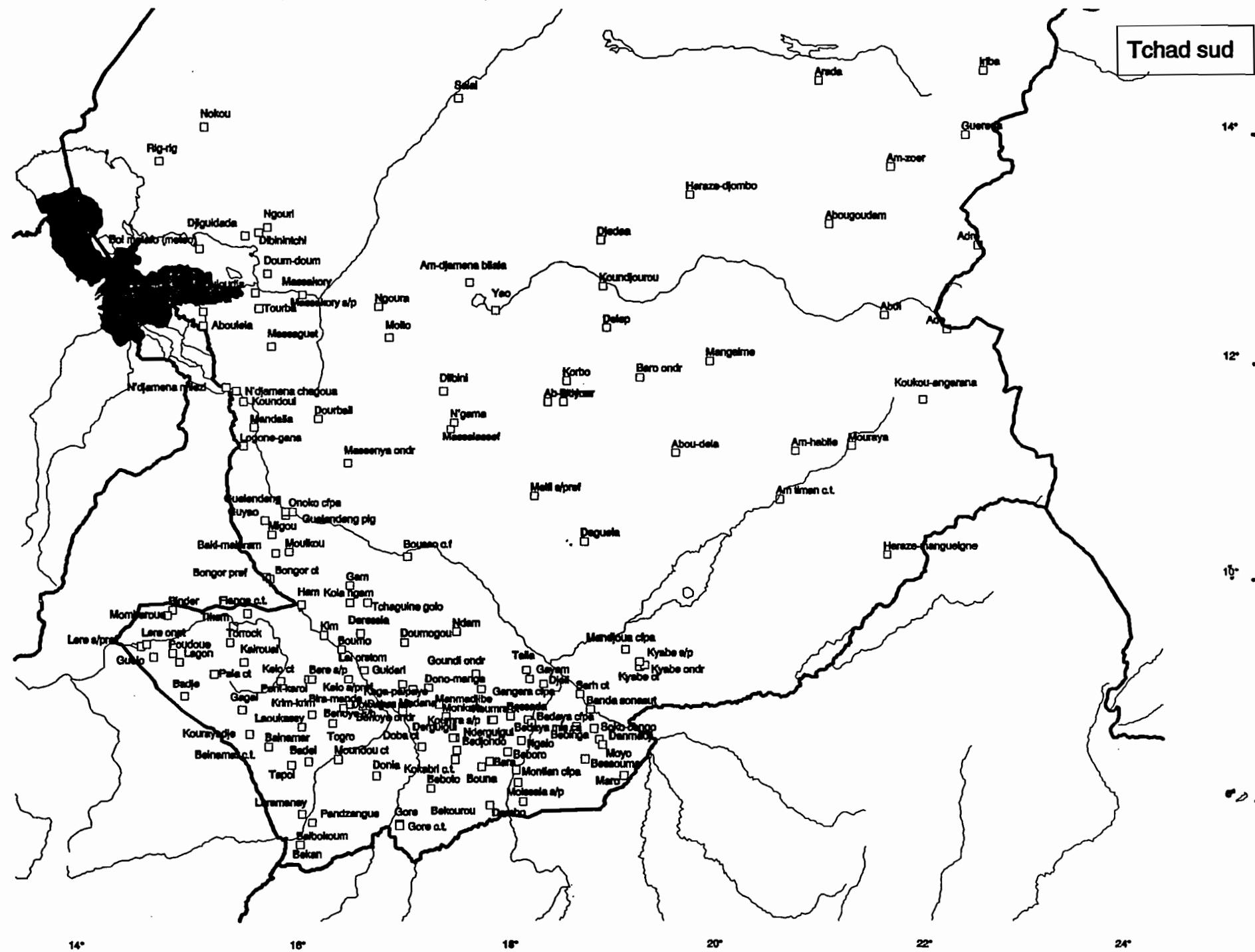
Fig-3-2-1

Tchad nord

## Réseau des stations pluviométriques



## Tchad sud



**Tableau 3.2.1 - Liste des stations synoptiques (ASECNA) du Tchad**

| N° | Nom de la station  | Latitude nord | Longitude est | Altitude mètre | Indicatif AGRHYMET | Date d'ouverture | Observateur                     |
|----|--------------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|------------------|---------------------------------|
| 1  | Abeche             | 13°51         | 20°51         | 545            | 460017             | 1985             | Baidou                          |
| 2  | Am-Timan           | 11°02         | 20°17         | 432            | 460042             | -                | -                               |
| 3  | Bardai             | 21°17         | 17°02         | 1074           |                    |                  |                                 |
| 4  | Biltine            | 14°32         | 20°55         | 512            |                    | 27/05/89         | Olo Toxina                      |
| 5  | Bokoro             | 12°20         | 17°03         | 300            | 460026             | 01/07/85         | Ramadan/Dodi Saka               |
| 6  | Doba               | 08°40         | 16°51         | 387            | 460139             | 09/01/90         | Djontan Rita (observateur DREM) |
| 7  | Fada               | 17°10         | 21°33         | 540            |                    | 20/11/89         |                                 |
| 8  | Faya-Largeau       | 18°00         | 19°10         | 235            | 460003             |                  | Djabar Nimery Yaya              |
| 9  | Lai                | 09°24         | 16°18         | 368            |                    | 03/08/89         | NB                              |
| 10 | Mao                | 14°07         | 15°19         | 327            | 460008             | 17/03/84         | Abakar Kayai                    |
| 11 | Moundou Mteo       | 08°34         | 16°06         | 419            | 460072             |                  | Ngarmadjie                      |
| 12 | N'Djamena aéroport | 12°08         | 15°02         | 295            | 460020             |                  | MHT Aboulaye                    |
| 13 | Ounianga Kebbir    | 19°00         | 21°30         | 419            |                    |                  | Ne fonctionne plus              |
| 14 | Païa aéroport      | 09°22         | 15°58         | 364            | 46005              | 23/12/86         | Poroue Maldjim                  |
| 15 | Sarh               | 09°08         | 18°23         | 364            | 460067             | -                | B. ORSTOM                       |
| 16 | Ati                | 13°13         | 18°20         | 333            | 400014             | 26/07/87         | Oumar Gao                       |

Ce sont des stations principales complètes. Un nombre maximum de paramètres climatologiques y sont observés : hauteur de pluie journalière et pluviographie hebdomadaire, couverture nuageuse, vent, températures, humidité, pression atmosphérique, visibilité, temps, température du sol, évaporation, durée d'insolation, etc. Les observations sont assurées à la fréquence d'un relevé toutes les trois heures (8 observations par jour). Ces observations entrent dans le cadre du réseau mondial (SMT) d'observations météorologiques et permettent ainsi de tracer des cartes ou états synoptiques sur l'ensemble du globe. Seules les données de N'Djamena et Sarh sont transmises à Dakar.

### **3.2.1.2 Stations agrométéorologiques et climatologiques**

Les tableaux 3.2.2 et 3.2.3 indiquent les listes des 19 stations agrométéorologiques et des 16 stations climatologiques (*sensus stricto*) soit un total de 35 stations.

Certaines stations climatologiques sont récentes, comme celles de Bousso, Kélo et Léré créées en février 1987.

De même, des stations agrométéorologiques ont aussi été installées après février 1987 : Amdam, Bao, Darda, Doyamba, Goz Beida, Mailao, Massakory, Massenya, Oum Hadjer, Gounou Gaya. La station de Melfi, serait maintenant agrométéorologique.

Les paramètres observés sont les mêmes qu'aux stations synoptiques, exceptée la pression atmosphérique. De plus, sur plusieurs d'entre elles, des observations phénologiques sont effectuées sur le comportement et le développement des cultures. Ces stations sont alors dénommées stations agrométéorologiques. Les observateurs, recrutés localement et formés spécialement, effectuent en général trois relevés par jour des différents paramètres et portent les résultats d'observation sur des carnets. On trouvera, sur le tableau 3.2.2 les modifications intervenues sur le réseau climatologique, et sur le tableau 3.2.3, les différents paramètres observés ou mesurés pour chaque station climatologique.

La DREM n'a pas d'information disponible concernant l'historique des stations climatologiques et agrométéorologiques.

Dans l'avenir des transformations de stations nouvelles sont programmées pour onze stations climatologiques :

- 6 agrométéorologiques : Adre, Boubkebir, Benamar, Doumbou, Maro, Koumra ;
- 5 climatologiques : Gore, Goundi, Medegui, Moissala, Ngouri.

Le réseau prévu serait ainsi de 44 stations climatologiques dont 25 agrométéorologiques et 19 stations climatologiques, auxquelles s'ajoutent les 16 stations synoptiques existantes, d'où un total à terme de 60 stations.

**Tableau 3.2.2 - Liste des stations climatologiques du Tchad.**

| N° | Nom de la station | Latitude | Longitude | Altitude | Indicatif | Date ouverture          | Observateur     |
|----|-------------------|----------|-----------|----------|-----------|-------------------------|-----------------|
| 1  | Baro              | 12°12    | 18°58     | 516      | 460030    | 1951                    | Otman Michel    |
| 2  | Bandaro           | 12°14    | 18°43     | 395      | 460099    | -                       | Djibrine        |
| 3  | Bekamba           | 08°43    | 17°21     | 380      | 460077    | -                       | Mobaye Daniel   |
| 4  | Bougoumene        | 11°25    | 15°22     | 302      | 460102    | 21/05/85                | Sanodji Alain   |
| 5  | Biliam-Oursi      | 10°35    | 15°15     | 319      | 4360044   | /06/82                  | Ahmat Guikna    |
| 6  | Bousso            | 10°29    | 16°43     | 334      | 460048    | -                       | Masdongar Ali   |
| 7  | Dadouar           | 12°08    | 18°27     | 400      | 460028    | -                       | Daggo J.        |
| 8  | Fianga            | 10°31    | 16°08     | 330      | 460156    | 26/12/86<br>réouverture | Djamon Pierre   |
| 9  | Gounou-Gaya       | 09°37    | 15°31     | 345      |           | 07/08/89 Agro           | Moulet          |
| 10 | Goz Beida         |          |           |          |           |                         | Jaïrus          |
| 11 | Kelo              | 09°18    | 15°05     | 550      | 460060    | 28/12/86                | Dorong Samatcho |
| 12 | Léré              | 09°38    | 14°10     | 265      | 460127    | 18/12/86                | Syrvabe Gonhone |
| 13 | Melfi             | 11°04    | 17°56     | 394      |           |                         |                 |
| 14 | Mongo             | 12°11    | 18°41     | 430      | 460029    | 01/05/84                | Matar Babikir   |
| 15 | Moussa Foyo       | 08°54    | 18°39     | 379      | 460080    |                         | Backo           |
| 16 | Moussoro          | 13°38    | 15°23     | 301      | 460089    | 11/07/87                | Mamat Allamine  |

**Tableau 3.2.3 - Liste des stations agrométéorologiques du Tchad.**

| N° | Nom de la station | Latitude | Longitude | Altitude | Indicatif | Date ouverture       | Observateur            |
|----|-------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------------------|------------------------|
| 1  | Am-Dam            | 12°46    | 20°28     | 453      |           | 01/08/90             | Belaoumadm             |
| 2  | Bao               | 09°02    | 16°06     | 407      |           | 16/08/89             | Toavary                |
| 3  | Ba-Illi           | 10°31    | 16°26     | 330      | 460047    | 09/03/89             | N'dildongar<br>Edouard |
| 4  | Bébédjia          | 08°41    | 16°34     | 395      | 460074    | 01/06/85<br>réouvert | Mbaibe<br>Laoukoura    |
| 5  | Békao             | 07°55    | 16°04     | 5-28     | 460084    |                      | Madnangue<br>Silabe    |
| 6  | Bol-Matafo        | 13°29    | 14°43     | 287      | 460092    | 01/07/85<br>réouvert | Mahamat<br>Youssouf    |
| 7  | Dougui            | 12°09    | 15°03     | 290      | 460091    | -                    | Mahamat Taher          |
| 8  | Doyaba            | 09°08    | 18°23     | 362      |           | 31/12/89             | Eole                   |
| 9  | Déli              | 08°43    | 15°02     | 424      | 460070    |                      | Mbainadjibe<br>projet  |
| 10 | Gassi             | 12°05    | 15°01     | 297      | 460103    | 11/10/84             | Kemtolnan              |
| 11 | Guélendeng        | 10°55    | 15°33     | 315      | 460046    | /05/84               | Ngarognan<br>Joseph    |
| 12 | Mandé             | 09°24    | 16°08     | 344      | 460093    |                      | Toumar Eloi            |
| 13 | Maïlao            | 11°17    | 15°35     | 301      |           | 24/03/89             | Maltoaudi Joël         |
| 14 | Massokory         | 13°00    | 15°43     | 284      |           | 29/04/89             | Markreo                |
| 15 | Massenya          | 11°24    | 16°10     | 328      |           | 30/04/89             | Abar Kougarra          |
| 16 | N'Djamena météo   | 12°08    | 15°02     | 294      |           |                      |                        |
| 17 | Oum-Hadjer        | 13°18    | 19°42     | 390      |           | 17/07/90             | Dihouline<br>Mabissomi |
| 18 | Sonasut           | 09°09    | 18°24     | 366      | 460090    | 1985                 | Moudandi<br>François   |
| 19 | Darda             |          |           |          |           |                      |                        |

Cette activité est tout à fait convenable et l'on s'approche d'une densité de stations suffisante à l'échelle nationale, avec cependant les réserves suivantes :

- forte insuffisance de pluviographes journaliers (deux actuellement) ;
- faible densité dans le Borkou-Ennedi-Tibesti et dans le Salamat en raison de l'accès difficile dans ces régions et la difficulté d'y trouver des observateurs ;
- faible densité des stations dans des zones appelées par ailleurs à se développer : barrages collinaires dans le Guéra, Batha, Ouaddai, Biltine,
- . mise en valeur de plaines d'inondation et de mares Narabanga, D'dila, Salamat,
- . mise en valeur, bilan hydrique, et avancée-retrait des eaux du lac Tchad.

### **3.2.2      Equipement**

#### **3.2.2.1    Equipement climatologique**

L'équipement utilisé sur les stations du réseau climatologique est indiqué sur le tableau 3.2.4. D'une station à l'autre, l'équipement est généralement uniforme et du même type. Il est conforme aux normes internationales (OMM).

Une précédente mission d'experts internationaux PNUD/OMM (juillet 1990), rapporte qu'au cours de la tournée de la mission effectuée sur l'itinéraire N'Djaména, Sarh, Moundou, Léré, N'Djamena, du 28 juin au 2 juillet 1990, 26 stations de mesure ont été contrôlées : 7 stations agrométéorologiques, 5 stations climatologiques, 8 postes pluviométriques. Des critiques légères sur l'état des stations ont été notées 8 fois : thermomètre minimum fractionné, décalage horaire des enregistreurs, pluviomètre ébréché, etc. Des critiques plus importantes ont été notées 5 fois : mauvaise lecture d'appareil ou matériel non opérationnel. Une véritable carence est apparue 1 fois : il s'agissait d'une station qui devait être prise en charge par l'ASECNA, où l'ancien observateur de la DREM ne venait plus (Doba).

L'appréciation alors énoncée sur la qualité du réseau climatologique fut positive : le pourcentage des anomalies constatées reste normal. Les stations sont en général bien implantées mais, quelques fois, le développement des arbres est gênant pour des postes pluviométriques du sud. La clôture est souvent simple (barbelés) mais efficace, avec parfois un risque de cultures hautes le long de la station (mil, sorgho) qu'il faut éviter. L'équipement est correct et bien disposé et presque partout l'observateur était présent et avait fait des observations correctes.

Cinq postes BLU destinés à la transmission des observations des stations agroclimatologiques ont été acquis en 1990. L'un est en fonctionnement pour essai au service de la maintenance, les autres seront installés dès qu'il sera possible de se rendre aux stations pour lesquelles ils sont destinés.

### **3.2.2.2 Véhicules**

Les véhicules sont en "pool" pour tous les services de la DREM.

La DREM n'a pas de garage d'entretien et de réparation des véhicules, lesquels sont réparés dans des garages extérieurs privés.

Actuellement, neuf véhicules sont disponibles à la DREM, sur financement PNUD, AGRHYMET.

Les véhicules les plus anciens se cantonnent à la ville, et l'un est un véhicule de liaison. Il reste six véhicules pour les sorties sur le terrain dont trois sont vraiment sûrs. Les véhicules ne sont pas répartis par service mais désignés par le Directeur pour chaque tournée.

Des deux véhicules obtenus en 1990, l'un a disparu en douane à la livraison. Des deux véhicules obtenus en 1991, un a été livré, l'autre est en attente de livraison.

La DREM dispose également de deux motocyclettes (1986, 1988), de trois mobylettes (1986, 1988, 1989) et d'une bicyclette.

### **3.2.2.3 Equipement informatique**

L'équipement informatique installé en avril 1990 comprend quatre micro-ordinateurs AST Premium. Ce sont des 286 à 10 Mhz, RAM 1 Mo (compatibles IBM) avec un lecteur de disquette de 5"1/4 de 1,22 Mo et disque dur de 40 ou 80 Mo.

L'un de 40 Mo est affecté à l'Administration. On attend une ligne téléphonique adéquate (qui n'existe pas dans le quartier) pour le fonctionnement du modem. Ce modem permettra de communiquer notamment avec AGRHYMET-NIAMEY.

L'un de 40 Mo est utilisé par l'agrométéorologie.

Les deux autres de 80 Mo sont utilisés par la climatologie et l'hydrologie.

Chaque ordinateur a une imprimante OKIDATA, microline 391, 24 aiguilles, à chariot large. Une table traçante A3 HEWLETT PACKARD fonctionne également.

Un technicien de *hardware* a été formé aux USA durant deux ans (bourse PNUD) mais a quitté le service à son retour. Il assure toutefois la maintenance à titre privé, avec une certaine priorité pour la DREM.

Un technicien de *software* également formé aux USA, assure la coordination de l'utilisation des appareils et réalise des logiciels ou procède à des modifications de fichiers.

Deux ordinateurs RAINBOW existent depuis 1987, mais, datant de 1983, le système d'exploitation est CPM. Ils ne sont plus utilisés que par le service hydrologique pour saisir des données de jaugeage. Un logiciel permet de transférer du RAINBOW sur AST.

**Tableau 3.2.4 - Instruments utilisés sur les stations du réseau climatologique.**

| Paramètre     | Instruments                                                                              | Type de station                                                                                                                                                   |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vent          | Anémo-girouette                                                                          | Toutes stations synoptiques<br>Toutes stations climato.                                                                                                           |
| Température   | Thermomètre mini/maxi<br>Thermomètre<br>Thermomètre (sol et dans le sol)<br>Thermographe | Toutes stations synoptiques et climatologiques<br>Toutes synoptiques et climatologiques<br>Toutes synoptiques et quelques stations climato.<br>Toutes synoptiques |
| Humidité      | Thermomètre mouillé<br>Hygromètre                                                        | Toutes synoptiques et climatologiques<br>Stations synoptiques                                                                                                     |
| Pression      | Baromètre<br>Barographes                                                                 | Stations synoptiques<br>Stations synoptiques                                                                                                                      |
| Précipitation | Pluviomètre<br>Pluviographe                                                              | Toutes stations synoptiques, climato. et pluvio.<br>Toutes stations synoptiques et quelques climato.                                                              |
| Insolation    | Héliographe                                                                              | Toutes stations synoptiques<br>Quelques stations climato.                                                                                                         |
| Evaporation   | Evaporomètre Piche<br>Bac classe A                                                       | Toutes synoptiques et climatologiques<br>Toutes synoptiques et quelques climato.                                                                                  |

### 3.2.2.4 Locaux

La DREM dispose de trois petits bâtiments dont un, financé par AGRHYMET, a été terminé en 1990. Cependant, dans la perspective d'un accroissement de l'équipement informatique, la climatisation et la distribution électrique paraissent insuffisantes. A titre d'illustration, lors de notre visite, un incendie dû au circuit électrique surchargé a nécessité l'intervention des pompiers.

### **3.2.3 Entretien et soutien aux stations d'observation sur le terrain**

Deux visites annuelles sur l'ensemble du réseau climatologique sont prévues pour vérifier les conditions de fonctionnement des instruments de mesure et procéder à leur maintenance. Au cours des visites, sont prévus également le contrôle du travail des observateurs et leur recyclage éventuel. La situation de l'emplacement de la station, et des différents instruments qui l'équipent, est aussi vérifiée pour détecter toute évolution des alentours qui pourrait modifier l'homogénéité de la série de résultats.

Le Directeur de la DREM, qui paye les observateurs directement lors des visites, essaye de réaliser personnellement ces tournées, au cours desquelles il vérifie les postes.

Cependant, ces tournées sur le réseau ne semblent pas pouvoir être réalisées systématiquement. Au cours de la phase III du programme AGRHYMET, seules quelques tournées de contrôle sur des itinéraires restreints, essentiellement le long des axes Logone-Chari, ont pu être réalisées en raison du manque de moyens. Certaines régions apparaissent difficiles d'accès ou ont une réputation d'insécurité (Salamat, Bet).

Les hydrologues peuvent contribuer lors de leurs missions aux visites des stations climatologiques.

Cette difficulté d'effectuer des tournées systématiques par le Service de Climatologie sur l'ensemble du réseau est fort préjudiciable à la qualité des observateurs.

### **3.2.4 Traitement des données**

#### **3.2.4.1 Organisation des services**

L'organisation des services est mentionnée au paragraphe 3.1.

En outre quatre brigades hydrologiques se partagent les travaux : Ati, Moundou, Sarh, N'Djamena. Elles participent à cette occasion au contrôle des stations. Les trois premières regagnent leur base en début de saison des pluies. Il est prévu que la décentralisation du service hydrologique s'étende aussi progressivement à l'activité agrométéorologique.

#### **3.2.4.2 Collecte de données**

La collecte des données emprunte actuellement plusieurs voies :

1. La poste. Des enveloppes timbrées sont distribuées à certaines stations. Il faut noter des retards importants dans la distribution et des pertes qui diminuent l'intérêt de ce type de collecte.
2. L'occasion d'un véhicule de passage, d'une visite hors service.

3. La récupération directe des données grâce à une tournée de "ramassage" à la fin de chaque décennie. Ceci ne concerne cependant qu'une zone proche de N'Djamena, grâce à deux tournées : N'Djamena, Bongor, Biliamoursi et Massaguet.

4. Les postes radio qui collaborent avec le projet :

- 5BLU seront mis en service à Amtimam, Bokoro, N'Djamena, Bol, le cinquième servira à dépanner les autres ;
- radio militaire : le Ministre de l'Agriculture avait signalé avoir donné des consignes pour favoriser la collaboration des militaires : Biltine, Deli, Goz Beida, zone de Moundou ;
- radio des ONG : Secadev à Mongo, Dadouar, Baro ;
- radio d'organismes divers : Mande, Banda Sonasut, Bebedjia.

Ces radios sont aléatoires : postes en panne, services épisodiques, correspondant non disponible...

Ainsi, en dehors du ramassage décadaire, les informations ne sont pas collectées régulièrement dans de courts délais. Seule une région autour de N'Djamena et quelques postes dispersés fournissent les données utilisables pour le bulletin décadaire et le GTP.

Il y a là une véritable carence qui peut s'expliquer en partie par les perspectives d'un projet italien qui devaient fournir une solution mais n'a pas encore aboutit depuis plusieurs années.

En tous les cas, la collecte insuffisante des données est actuellement un goulet d'étranglement qui empêche le développement des activités de service.

Les données arrivent de façon échelonnée, et la collecte mensuelle en temps voulu est parfois laborieuse. Le travail est donc fait, et en général bien fait, mais les résultats ne parviennent pas à temps pour valoriser le service.

Ces aléas nuisent aux activités du programme AGRHYMET orientées vers l'alerte en temps réel ou légèrement différé.

La réception des données à la DREM y est notée mensuellement sur un cahier où figure un tableau stations par mois. Chaque réception est marquée par une croix.

### **3.2.4.3 Contrôle et dépouillement des données**

Le contrôle direct après collecte est fait avec sérieux.

Les données des stations agrométéorologiques sont saisies sur PLUIE et CLICOM par le service Agrométéorologique à des fins d'exploitation sommaire immédiate (GTP). Le service climatologique ne

saisit pas encore de données autres que les pluies. Il n'y a pratiquement pas de recopiage manuscrit. Les totaux ou moyennes mensuels, calculés à la main, sont saisis sous LOTUS pour la publication du bulletin.

En saison des pluies, c'est le service agrométéorologique qui a la primeur des données, mais on a vu que l'information n'arrive pas toujours en temps utile. Les originaux sont saisis avec le logiciel PLUIE par les agrométéorologistes et par CLICOM pour les climatologues.

Le Service Agrométéorologique a simplifié la fiche d'observations sur les cultures éditées par le Centre AGRHYMET de Niamey (01) et a réalisé deux fiches :

- la fiche 1 est destinée aux stations agrométéorologiques et, outre les données habituelles, comporte au verso une rubrique observations sur les cultures avec cinq colonnes : cultures, phase de développement, ennemis des cultures, dégâts des sécheresse, aspect général des champs.

La fiche Niamey sert au codage.

La fiche 2 est destinée aux stations climatologiques et agrométéorologiques et comporte les quelques données météo et de la place pour les observations sur les cultures sur le même modèle que la fiche 1.

Plusieurs autres types de fiches sont utilisés par les agrométéorologues et les climatologues (voir en annexe).

Les principales remarques que l'on peut faire actuellement sont :

- le retard pris dans la saisie des données,
- l'absence de dépouillement des mesures de rayonnement global bien que les stations de mesure existent depuis fin 1989 : N'Djamena, Bokoro, Bol, Guelen Deng.

Cette donnée, très importante en agrométéorologie, doit apparaître sur les publications. Les quelques valeurs de  $R_g$  qui apparaissent sur le bulletin sont en fait obtenues par le logiciel DHC à partir de la durée d'insolation.

- l'absence de dépouillement des pluviogrammes, de plus en nombre insuffisants. Ceci ne permet pas d'établir les courbes de pluie intensités-durées ;
- la double saisie des originaux de pluie (par PLUIE et CLICOM) ;
- faute de la communication en temps utile, le centre AGRHYMET de Niamey ne peut généralement exploiter comme il conviendrait les données du Tchad.

On ne peut que préconiser un resserrement des liens entre le centre de Niamey et les futurs projets, notamment pour améliorer les méthodes :

- dépouillement des mesures de rayonnement global,
- dépouillement de l'intensité des pluies,
- modèles agrométéorologiques.

### **3.2.4.4 Traitement informatique des données**

Plusieurs logiciels sont utilisés couramment par la DREM pour le traitement informatique des données. Certains logiciels existent mais ne sont pas employés faute de personnel suffisant ou initié, ou de périphériques adéquats.

Les traitements portent actuellement sur les données brutes et il y a peu de données élaborées (Suivi, DHC).

#### **LOTUS 123 (Logiciel commercial)**

Les données climatologiques mensuelles, sont calculées avec ce logiciel pour la publication de tableaux dans le bulletin climatologique annuel.

#### **PLUIE**

Utilisé par le Service Agrométéorologique pour saisir les hauteurs de pluies journalières par décade et éditer cinq types de tableaux décadaires et mensuels. Il a été élaboré à partir de DBASE III par un coopérant de l'US AID travaillant dans le cadre du GTP, spécialement pour la DREM.

#### **SUIVI**

Utilisé par le Service Climatologique. Il a été fourni par AGRHYMET, pour le suivi des cultures en fonction des données climatologiques. Il utilise DBASE III. Il calcule l'ETP selon Penman.

#### **CLICOM**

Utilisé par le Service Climatologique. Conçu par l'OMM, il est fourni par l'intermédiaire d'AGRHYMET. Il permet la saisie d'une valeur journalière pour toutes les caractéristiques climatologiques observées et d'obtenir des éditions de fichiers. Ce logiciel gagnerait à pouvoir éditer une plus grande gamme de types de tableaux. La banque de données est en DATAEASE et peut être transférée en ASCII. Il demande souvent la mise au point de programmes complémentaires. Seules les pluviométries journalières ont été saisies de 1979 à mi-1991 pour un certain nombre de stations.

#### **AGROM (logiciel fourni par AGRHYMET)**

Utilisé en agrométéorologie, il permet de saisir les termes de l'ETP et de calculer celle-ci selon Penman, à l'échelle journalière, décadaire, mensuelle et annuelle. Des comparaisons avec les résultats de l'année précédente sont également édités. Il utilise DBASE III. Seules les données 1990 et mi-1991

ont été saisies pour les périodes d'avril à octobre. Ce logiciel calcule également l'ETP selon Penman. Il sert au contrôle du suivi des cultures.

#### **DHC**

Utilisé par l'agrométéorologie. Il a été fourni par AGRHYMET. Il établit le bilan hydrique décadaire pour différents types de cultures.

#### **CLIMBASE (AGRHYMET)**

Ce logiciel de banque de données climatologiques existe mais n'est pas encore utilisé. Il est fourni par AGRHYMET.

#### **DIX LOIS**

Ajustement à des lois statistiques, conçu et fourni par l'ORSTOM.

#### **WORD PERFECT 5.0 (logiciel commercial acheté par AGRHYMET)**

Traitement de texte utilisé par tous les agents de la DREM.

#### **WORD STAR 2000**

Traitement de texte. Il existe sur RAINBOW mais n'est plus guère utilisé.

#### **WORD 4 (logiciel commercial)**

Traitement de texte. Il est utilisé par l'hydrologue qui a fait un stage à l'ORSTOM.

#### **ATLAS GRAFIC (logiciel commercial acheté par AGRHYMET)**

Dessin de cartes ; non utilisé.

#### **SURFER (logiciel commercial acheté par AGRHYMET)**

Tracé d'isohyètes. Place la station, la valeur pluvio. et les isohyètes sur imprimante ou plotter. Il fonctionne avec SUIVI car n'a pas de base de données. Ce logiciel n'est pas encore utilisé.

#### **IDA (logiciel acheté par AGRHYMET)**

Indices de végétation par télédétection ; se combine avec SURFER pour superposer des cartes. Ce logiciel n'est pas encore utilisé.

#### **PIZZAZ (logiciel acheté par AGRHYMET)**

Il transforme les couleurs en dégradé de gris. Il permet de choisir les gammes de couleurs ou dégradés de gris sur écran et plotter. Il fonctionne en relation avec tout autre logiciel.

Il est à noter que le logiciel PLUVIOM de l'ORSTOM, utile tant pour la pluviométrie que pour le dépouillement des pluviogrammes (saisie des diagrammes et exploitation) n'est pas encore disponible à la DREM. Il en est de même de logiciels d'homogénéisation de données. Le personnel de la DREM est soucieux de sa compatibilité avec CLICOM.

Il manque un logiciel de référence bibliographique tel que TEXTO (commercial). Le CRA (Coopération française) situé à proximité immédiate de la DREM, a cependant pour objet de centraliser l'ensemble de la documentation. TEXTO y est utilisé.

Actuellement, sont ainsi réalisés sur PC :

- saisie,
- contrôle de qualité des données,
- gestion des données météorologiques,
- constitution et gestion d'archives,
- élaboration de produits : statistiques, graphiques, ETP, bilans hydriques..., traitement de texte et publications,
- sélection/extraction de données destinées aux usagers.

Pour l'instant, les traitements informatiques se limitent donc surtout à la saisie des valeurs journalières, à l'édition de certains tableaux de valeurs et aux calculs de l'ETP et de bilans hydriques.

Seules les données climatologiques de l'année 1990 ont été saisies, celles de 1991 sont en cours de saisie. Il est prévu ensuite de saisir les années antérieures de quelque nature que ce soit.

L'édition de divers types de tableaux de données semble limitée par la potentialité des logiciels (PLUIE, CLICOM).

La saisie des données a pris un retard important. La DREM, cherchant à parer au plus urgent (bulletins annuels, projet PILOTE, bulletin décadaire du GTP), utilise différents logiciels qui permettent d'obtenir rapidement des résultats publiables. Ainsi par exemple, les données journalières ne sont pas systématiquement utilisées pour obtenir des moyennes mensuelles. Ceci s'explique par la transition actuelle que constitue l'informatisation en cours des services. Le logiciel CLICOM a été opérationnel tardivement et un virus a perturbé l'utilisation de l'ordinateur.

Tout devrait pouvoir être réalisé à partir d'un logiciel unique évitant notamment des redondances de saisie.

La cause principale du retard de la saisie est le nombre insuffisant de PC et de personnel spécialement attaché à cette tâche.

Les ordinateurs utilisés pour la saisie, l'essai et l'utilisation de logiciels d'interprétation, et surtout le traitement de texte, laisse peu de place au travail long et continu de saisie.

Le technicien supérieur, spécialiste en soft, collabore à la compatibilité des logiciels. Il en sera de même d'un autre informaticien, attendu à la DREM après son stage actuel aux USA et un deuxième stage à AGRHYMET-Niamey.

D'une façon générale, le traitement reste élémentaire mais progresse de façon satisfaisante au fur-et-à-mesure de la disponibilité de nouveaux logiciels.

L'ASECNA a commencé en juin 1991 la saisie des données de stations synoptiques en utilisant CLICOM. Les disquettes seront communiquées à la DREM.

### 3.2.5 Disponibilité des données et publications

La documentation relative aux eaux souterraines se rencontre au Bureau de l'Eau (ONHPV). Celle concernant la météorologie et les eaux de surface est située à la DREM mais apparaît incomplète.

La réception mensuelle des originaux est notée station par station sur un registre, permettant d'avoir une vision rapide des disponibilités.

Le classement des archives "papier" reçues des stations climatologiques paraît quelque peu négligé. Ces documents sont stockés un peu en vrac. Leur rangement gagnerait à être amélioré.

Fichiers sur disque. Les données de quelques stations ont été saisies sur disque de 1990 jusqu'à mi-1991, mais les données des années antérieures, ou de nombreuses stations, n'existent encore que dans les bulletins sous forme mensuelle ou sur fiches originales contrôlées. Les disquettes de sauvegarde devraient être stockées dans un bâtiment séparé et copie adressée à l'extérieur.

Le Bulletin Climatologique annuel est à jour dans son édition. Il traite des années 1950 à 1986 (groupées), et de chaque année de 1983 à 1990. Le bulletin de 1990 est paru. Les valeurs climatologiques mensuelles y sont publiées, avec commentaires sur les caractéristiques météorologiques de l'année. Les données publiées concernent les températures maximums, minimums, moyennes, valeurs absolues, la pression de vapeur d'eau, l'évaporation Piche et sur bac de classe A, l'humidité maximum, minimum et absolue, l'insolation, la température du sol à diverses profondeurs, le vent (vitesse et direction).

Le Bulletin du Groupe de Travail Pluridisciplinaire (GTP) est publié chaque décade, avec seulement quelques jours de déphasage, le lendemain de la réunion décadaire. On peut lire sur ces bulletins la disponibilité en données pour les stations les plus importantes du pays.

Les cellules d'études qui assurent le fonctionnement des projets "Pilote", "Espace", ou "Suivi des Cultures", ne semblent être attachées qu'à ceux-ci. Il n'existe pas de cellule qui pourrait répondre immédiatement à des études de climat ou d'agrométéorologie spécifiques.

Les sorties d'imprimante sur le climat, l'évaporation et les bilans hydriques.

L'accès aux données pour les utilisateurs extérieurs est assez facile. Cependant l'informatisation insuffisante gêne la DREM pour fournir immédiatement les données aux demandeurs, notamment sous une forme qui réponde facilement à leurs besoins.

Les paramètres climatiques, avec lesquels il est possible de calculer l'évaporation potentielle (ETP) en utilisant la formule de Penman, sont mesurés aux stations synoptiques, agrométéorologiques et climatologiques. La liste des instruments correspondants est présentée dans le tableau 3.2.4. Des évaporomètres Piche existent également à ces stations. L'ORSTOM a exploité des lysimètres (gazon) à Bol-Matafo et N'Djamena, mais ceux-ci ne sont plus en fonction.

Nous avons vu précédemment que les logiciels AGROM, SUIVI, et DHC permettent de calculer l'ETP selon Penman.

Le Bulletin Climatologique 1990 indique l'évaporation sur bac pour 6 stations climatologiques dont une seule synoptique. L'évaporation Piche et les paramètres de l'évaporation y sont mentionnés pour 22 stations. Les moyennes climatiques mensuelles des paramètres température, humidité, durée d'insolation, vent, ne sont pas disponibles à l'échelle pluriannuelle. Cependant, elles figurent pour les 12 mois de l'année dans les bulletins climatologiques, par exemple pour 28 stations en 1988 et pour 20 stations en 1990, avec cependant des lacunes.

Le tableau 3.2.5 montre les résultats obtenus avec AGROM pour les paramètres de l'ETP, pour 15 stations en juin 1990. Sur cette base, l'ETP a pu être calculé à 10 stations. Les résultats sont indiqués sur les tableaux 3.2.6 et 3.2.7. Des lacunes apparaissent et ne permettent pas d'évaluer des valeurs journalières en continu. Pour ce mois de juin complet, l'ETP ne peut être calculé finalement qu'à 5 stations.

En conclusion, il n'est pas facile de disposer sans lacunes d'un ensemble important de données récentes sur les paramètres de l'ETP selon Penman pour le Tchad.

Le logiciel DHC établit en outre le bilan hydrique d'un sol cultivé. Le tableau 3.2.8 et la figure correspondante 3.2.2 montrent à titre d'exemple les résultats obtenus en 1990 pour la simulation d'une culture de mil.

#### Le projet DARE

Depuis décembre 1989, la DREM participe au projet DARE (sauvegarde de données) du programme mondial des données climatologiques. Ce projet consiste à microfilmer les relevés de données climatologiques anciennes et actuelles établis sur support "papier" et courant le risque de se détériorer et de se perdre. La Belgique a ainsi financé l'achat du matériel de microfilmage (microfilmateur et lecteur) pour la DREM en 1989. Le personnel de la DREM a été formé à l'utilisation du matériel par un expert français au cours d'une mission de microfilmage des données du réseau météorologique depuis l'origine des observations jusqu'en 1988.

Actuellement, le lecteur de microfiches étant en panne, celles-ci ne peuvent être utilisées (pièce manquante).

**Tableau 3.2.5 - Données climatologiques Décadaire de la première Décade de juin 1990  
(Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie du Tchad)**

| STATION        | Température (C) |      |      | Humidité<br>Min Max | EVA mm/dec<br>Bac Piche | Températures dans le sol à |      |      |      |      | Vent<br>Calc | Insol<br>heures | TV<br>mbar |      |
|----------------|-----------------|------|------|---------------------|-------------------------|----------------------------|------|------|------|------|--------------|-----------------|------------|------|
|                | Min             | Max  | Moy  |                     |                         | 5m                         | 10m  | 20m  | 50m  | 100m |              |                 |            |      |
| ABECHE         | 25,1            | 41,2 | 33,1 | 6 39                | — —                     | — 39,6                     | 37,0 | 37,6 | —    | —    | 2,2          | 11,2            | 9,1        |      |
| AM-TIMAN       | 23,8            | 38,0 | 31,0 | 28 79               | — 54,2                  | — 36,5                     | 36,3 | 36,1 | 35,5 | —    | 0,9          | 8,5             | 22,0       |      |
| BA-ILLI        | 25,5            | 39,9 | 32,7 | 35 77               | — —                     | 47,3                       | 40,9 | 37,4 | 35,8 | 35,6 | —            | 8,9             | —          |      |
| BILTIME        | 20,1            | 41,1 | 30,6 | 9 29                | — 174,4                 | — 41,3                     | 37,4 | 37,1 | —    | —    | 1,8          | 11,8            | 8,3        |      |
| BOL-MATAFO     | 18,1            | 41,2 | 29,7 | 25 82               | — —                     | — —                        | — —  | — —  | — —  | —    | 1,4          | 12,0            | —          |      |
| DELI           | 19,7            | 36,5 | 28,1 | — —                 | — 34,2                  | 41,7                       | 38,1 | 33,6 | 32,9 | 32,8 | —            | —               | —          |      |
| DOUGUI         | 26,3            | 43,1 | 34,7 | 50 77               | 137,7                   | 119,7                      | 50,1 | 44,7 | 39,0 | 37,6 | 36,5         | 0,5             | 9,9        | 18,7 |
| GASSI          | 25,2            | 41,4 | 33,3 | 21 86               | 151,6                   | —                          | 55,3 | 46,7 | 39,2 | 37,9 | 36,2         | 2,2             | —          | —    |
| GUERLEDENG     | 26,3            | 40,2 | 33,3 | 52 67               | 115,0                   | —                          | 49,1 | 41,2 | 36,8 | 36,1 | 35,2         | 2,0             | 9,8        | 21,3 |
| LAI PREFECTURE | 24,2            | 37,5 | 30,9 | 31 83               | — 104,2                 | —                          | 38,8 | 35,1 | 32,7 | —    | —            | 1,1             | 9,1        | 23,8 |
| MAILAO         | 25,3            | 42,0 | 33,7 | — —                 | — —                     | 46,4                       | 41,3 | 37,1 | 36,2 | 35,5 | 0,3          | 11,0            | 17,4       |      |
| MANDE          | 25,0            | 37,8 | 31,4 | 31 69               | 104,3                   | 75,6                       | 44,6 | 41,5 | 37,1 | 33,9 | 33,5         | —               | 8,4        | 23,3 |
| M'DJAMENA AERO | 26,4            | 41,3 | 33,9 | 16 62               | 133,3                   | 99,6                       | —    | 38,9 | 37,7 | 36,7 | 35,6         | 3,4             | 10,5       | 16,7 |
| PALA AERO      | 24,1            | 36,1 | 30,2 | 36 77               | — 63,4                  | —                          | 40,8 | 36,9 | 34,1 | —    | —            | 1,8             | 9,3        | 22,9 |
| SARH METEO     | 24,1            | 35,3 | 29,8 | 41 90               | — 43,7                  | 35,3                       | 34,8 | 33,8 | 33,4 | 33,4 | —            | 1,3             | 7,8        | 26,1 |

TR : Trace

— : Données manquantes

Source: La DREM

Date du rapport: 14/06/1991

**Tableau 3.2.6 - ETP (calculé) Journalière et Décadaire de la première Décade de juin 1990  
(Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie du Tchad)**

| STATION        | ETP de la décade (et cumuls) |     |     |     |     |     |     |     |     |     | DECAD | SAISON |
|----------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|--------|
|                | 1                            | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |       |        |
| ABECHE         | 7,2                          | 7,6 | 9,0 | 5,5 | 6,3 | 5,7 | 5,6 | 5,6 | 6,4 | 6,2 | 65,1  | 313,7  |
| AM-TIMAN       | 5,5                          | 5,6 | 5,7 | 3,9 | 4,8 | 4,9 | 3,4 | 5,3 | 6,2 | 5,3 | 58,6  | 218,7  |
| BILTIME        | 5,9                          | 5,3 | 7,3 | 5,8 | 6,5 | 5,8 | 5,4 | 4,9 | 5,9 | 6,4 | 59,2  | 267,6  |
| DOUGUI         | 5,4                          | 5,1 | 5,3 | 5,6 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —     | —      |
| GUERLEDENG     | 7,3                          | 5,8 | 6,4 | 6,6 | 5,9 | 6,4 | 5,9 | 7,7 | 5,9 | 6,3 | 64,2  | —      |
| LAI PREFECTURE | 5,7                          | 4,5 | 4,9 | 4,2 | 5,1 | 5,5 | 5,2 | 5,3 | 5,9 | 5,6 | 51,9  | 214,0  |
| MAILAO         | 5,4                          | 5,1 | 5,0 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —     | —      |
| M'DJAMENA AERO | 7,9                          | 8,7 | 7,2 | 8,1 | 6,9 | 7,3 | 8,0 | 7,9 | 8,2 | 8,6 | 78,8  | —      |
| PALA AERO      | 6,0                          | 6,5 | 5,5 | 4,7 | 5,4 | 5,2 | 5,2 | 5,0 | 5,6 | 5,9 | 55,0  | 216,9  |
| SARH METEO     | 5,3                          | 3,2 | 4,6 | 3,7 | 4,6 | 5,9 | 4,8 | 5,0 | 5,9 | 6,0 | 49,0  | 211,6  |

TR : Trace

-- : Données manquantes

Source: La DREM

Date du rapport: 14/06/1991

**Tableau 3.2.7 - Tableau récapitulatif des données de l'ETP du mois de juin 1990**

| STATION        | DECADE 1 | DECADE 2 | DECADE 3 | MENSUEL | SAISON |
|----------------|----------|----------|----------|---------|--------|
|                | mm       | mm       | mm       | mm      | mm     |
| ABECKE         | 65,1     | —        | 64,5     | —       | —      |
| AM-TIMAN       | 50,6     | 44,8     | 43,3     | 138,7   | 306,8  |
| BILYINE        | 59,2     | 63,7     | 56,6     | 179,5   | 387,9  |
| DOUGUI         | —        | 66,5     | —        | —       | —      |
| GUELENDENG     | 64,2     | 51,7     | 45,9     | 161,8   | —      |
| IAI PREFECTURE | 51,9     | 45,4     | 43,2     | 140,5   | 302,6  |
| MATLAO         | —        | 54,4     | —        | —       | —      |
| N'DJAMENA AERO | 78,8     | 75,1     | 67,5     | 221,4   | —      |
| PALA AERO      | 55,0     | 49,2     | 44,5     | 148,7   | 310,6  |
| SARH METEO     | 49,0     | 43,1     | 43,9     | 136,0   | 298,6  |

TR : Trace

— : Données manquantes

Source: La DREM

Date du rapport: 14/06/1991

**Tableau 3.2.6 - Station de DOUGUI. Bilan hydrique pentadaire d'une culture de Mil/SORG 90 - Simulation pour 1990**

ANNEE : 1990 MIL/SORG 90 90 jours

|                               |       |                               |       |
|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
| RESERVE MAXIMALE UTILISABLE : | 60 mm | SEUIL POUR LE SEMIS PRECOCE : | 15 mm |
| SEUIL DE RUISSELLEMENT :      | 0 mm  | DOSE D'IRRIGATION AU SEMIS :  | 0 mm  |
| COEFFICIENT DE RUTSSEMENT:    | 0 %   | DOSE EN COURS DE CULTURE :    | 0 mm  |

BILAN HYDRIQUE DEMARRANT : 1<sup>e</sup> pentade de JUIN  
ACTUALISE A : 4<sup>e</sup> pentade de AOUT

SEMIS EFFECTIF : 2<sup>e</sup> pentade du mois : JUIN

| PENT  | P    | DR   | FRHU | RUR | KC   | ETM               | ESC  | ETRC | SETR  | ISREp | ISREC | RFS  |
|-------|------|------|------|-----|------|-------------------|------|------|-------|-------|-------|------|
| JUIN1 | .0   | .0   | 0.   | 0.  | .00  | .0                | .0   | .0   | .0    | .00   | .00   | .0   |
| JUIN2 | .0   | .0   | 0.   | 0.  | .56  | 15.7              | .0   | .0   | .0    | .00   | .00   | .0   |
| JUIN3 | .0   | .0   | 0.   | 0.  | .56  | 20.4              | .0   | .0   | .0    | .00   | .00   | .0   |
| JUIN4 | 3.5  | .0   | 4.   | 4.  | .68  | 24.8              | 3.5  | 3.5  | 3.5   | .14   | .06   | 0    |
| JUIN5 | .0   | .0   | 4.   | 4.  | .80  | 25.2              | .0   | .0   | 3.5   | .00   | .04   | .0   |
| JUIN6 | 5.1  | .0   | 5.   | 5.  | .92  | 29.0              | 5.1  | 5.1  | 8.6   | .18   | .07   | .0   |
| JUIL1 | 52.5 | .0   | 53.  | 13. | 1.04 | 22.4              | 19.8 | 19.8 | 28.5  | .89   | .21   | 31.7 |
|       |      |      |      |     |      | phase floraison 1 |      |      |       |       |       |      |
| JUIL2 | 48.7 | 21.4 | 60.  | 21. | 1.16 | 24.9              | 23.6 | 23.6 | 52.1  | .95   | .32   | 36.4 |
| JUIL3 | 2.0  | .0   | 60.  | 29. | 1.16 | 19.1              | 13.3 | 13.3 | 65.4  | .70   | .36   | 75.1 |
| JUIL4 | 40.3 | 5.4  | 60.  | 37. | 1.16 | 19.1              | 18.3 | 18.3 | 83.7  | .96   | .42   | 41.7 |
|       |      |      |      |     |      | phase floraison 2 |      |      |       |       |       |      |
| JUIL5 | .0   | .0   | 60.  | 45. | 1.16 | 24.8              | 18.8 | 18.8 | 102.4 | .75   | .45   | 23.0 |
| JUIL6 | .0   | .0   | 60.  | 55. | 1.16 | 27.2              | 17.2 | 17.2 | 119.7 | .63   | .47   | 5.7  |
| AOUT1 | 1.1  | .0   | 60.  | 60. | 1.16 | 31.3              | 2.1  | 2.1  | 121.8 | .07   | .43   | 4.7  |
|       |      |      |      |     |      | phase maturation  |      |      |       |       |       |      |
| AOUT2 | 2.9  | .0   | 60.  | 60. | 1.10 | 29.7              | 2.2  | 2.2  | 123.9 | .07   | .39   | 5.5  |
| AOUT3 | 29.3 | .0   | 60.  | 60. | 1.03 | 25.7              | 12.5 | 12.5 | 136.4 | .48   | .40   | 22.3 |
| AOUT4 | 4.0  | .0   | 60.  | 60. | .97  | 24.3              | 16.7 | 16.7 | 136.4 | .69   | .37   | 9.6  |

TOTAL PLUIES DU CYCLE : 189.4

| INDICE DE SATISFACTION ETR/ETM PAR PHASE |     |     |       |       |
|------------------------------------------|-----|-----|-------|-------|
| INDV                                     | FL1 | FL2 | MATUR | CYCLE |
| .21                                      | .87 | .46 | .00   | .34   |

ETR CULTURE : 136.4 % REALISATION : .30 EXCES EAU idv+fl1 : 27 mm

TOTAL EVAPORATION SOL + CULTURE (ESC) : 136.4

Graphique ETR/ETM/Pluviométrie

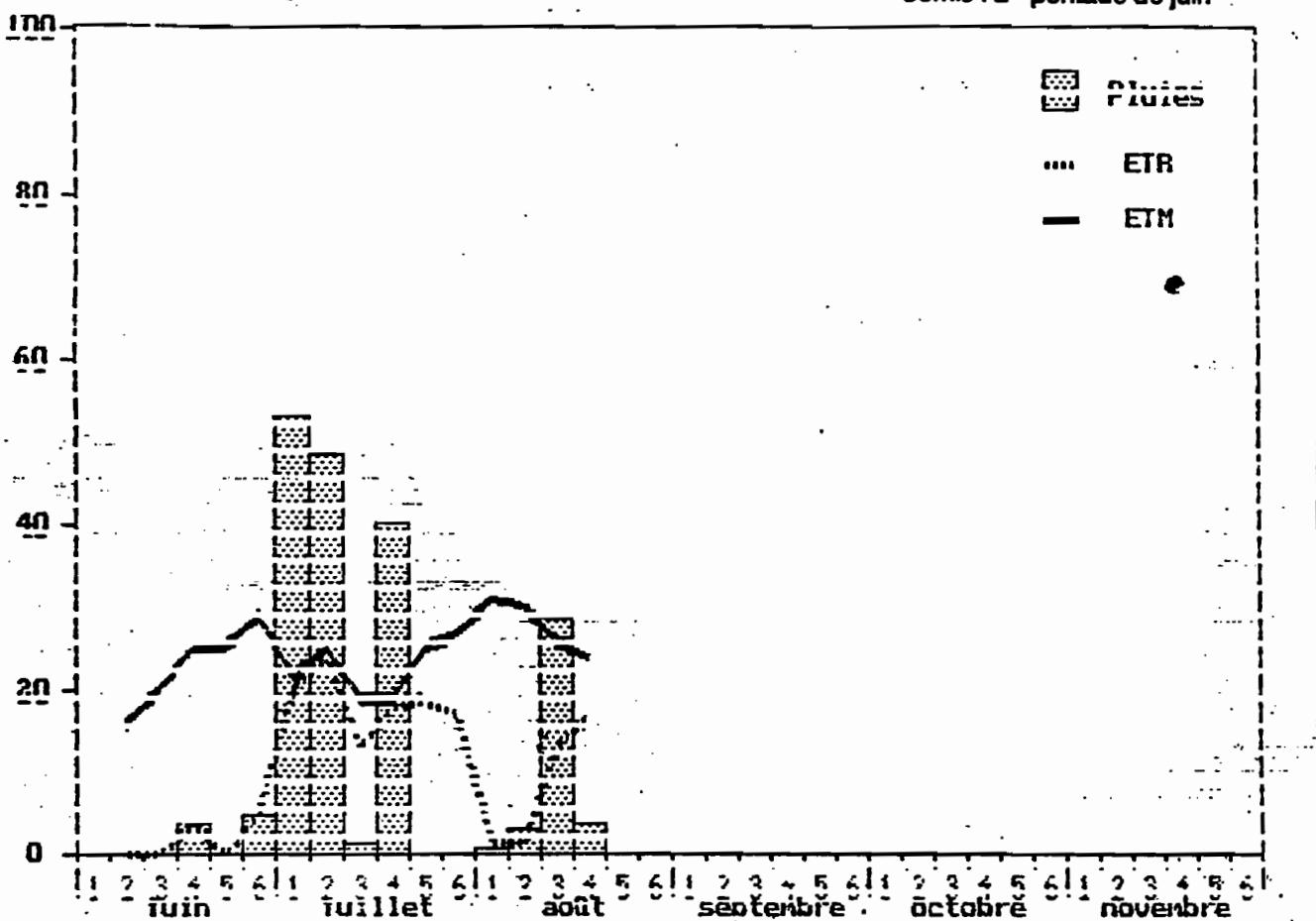
1990

mm d'eau

Station : DOUGUI

MIL/SORG 90

Semis : 2<sup>e</sup> pentade de juin



**Tableau 3.3.1 - Liste des stations pluviométriques.**

| Station           | Type* | N° Orstom | N° Asecna | N° Agrhyemet | Longitude | Latitude | Altitude |
|-------------------|-------|-----------|-----------|--------------|-----------|----------|----------|
| Ab-Touyour        | P     | 025       | 903       | 460116       | 1804      | 1159     | 890      |
| Abdi              | P     |           |           | 99000        | 2118      | 1248     | 550      |
| Abeche            | S     | 005       | 033       | 460017       | 2051      | 1351     | 545      |
| Abou-Deia         | P     | 010       | 056       | 460040       | 1917      | 1129     | 494      |
| Abougoudam        | P     | 015       | 901       | 460113       | 2046      | 1340     | 500      |
| Aboulela          | P     | 020       | 902       |              | 1446      | 1242     |          |
| Ade               | P     |           |           | 460207       | 2154      | 1240     | 670      |
| Adre              | P     | 030       | 034       | 460018       | 2212      | 1328     | 783      |
| Am-Dam            | A     | 040       | 049       | 460034       | 2029      | 1246     | 453      |
| Am-Djamena Bilala | P     |           |           | 460104       | 1719      | 1307     | 288      |
| Am-Habile         | P     | 0045      | 057       |              | 2026      | 1130     | 145      |
| Am-Timan          | S     | 050       | 058       | 460042       | 2017      | 1102     | 435      |
| Am-Zoer           | P     | 055       | 025       | 460010       | 2122      | 1413     | 800      |
| Am Timan C.T.     | P     | 051       | 904       |              | 2017      | 112      | 436      |
| Am Timan météo    | S     | 050       | 058       |              | 2017      | 112      | 436      |
| Aoue              | P     |           |           | 990001       | 0         | 0        | 0        |
| Arada             | P     | 070       | 019       | 460006       | 2040      | 1501     | 450      |
| Ati               | S     | 075       | 030       | 460014       | 1819      | 1313     | 333      |
| Ba-Illi           | A     | 100       | 063       | 460047       | 1626      | 1031     | 330      |
| Badei             | P     | 080       |           | 460201       | 1546      | 832      | 460      |
| Badje             | P     | 085       | 071       | 460052       | 1435      | 909      | 360      |
| Baibokoum         | P     | 095       | 105       | 460082       | 1541      | 744      | 520      |
| Bainamar          | P     |           |           | 460069       | 1523      | 840      | 434      |
| Baki-Malaram      | P     |           |           | 460100       | 1527      | 1031     | 310      |
| Bandaro           | C     | 118       | 905       | 460099       | 1843      | 1214     | 395      |
| Banda Sonasut     | P     |           |           | 460090       | 1828      | 901      | 365      |
| Bao               | A     |           |           | 460206       | 1605      | 902      | 407      |
| Barda             | P     | 131       | 906       |              | 832       | 1730     |          |
| Bardai            | S     | 125       | 002       |              | 2117      | 172      | 1016     |
| Baro              | C     | 130       | 045       | 460030       | 1858      | 1212     | 505      |
| Baro Ondr         | P     |           |           | 460169       | 1857      | 1213     | 500      |
| Bebedjia          | A     | 135       | 097       | 460074       | 1634      | 840      | 395      |
| Bebinga           | P     |           |           | 460194       | 1820      | 851      | 360      |
| Beboro            | P     |           |           | 460184       | 1740      | 837      | 380      |
| Beboto            | P     | 145       | 907       | 460144       | 1656      | 817      | 434      |
| Bedaya CFPA       | P     | 151       | 908       | 460148       | 1752      | 855      | 440      |
| Bedaya Mis Ca     | P     |           |           | 460198       | 1754      | 853      | 440      |
| Bedjondo          | P     | 153       | 909       | 460199       | 1711      | 838      | 370      |
| Beinamar C.T.     | P     | 160       | 092       |              | 840       | 1523     | 434      |
| Bekamba           | C     | 165       | 100       | 460077       | 1721      | 843      | 380      |
| Bekan             | P     | 170       | 108       | 460085       | 1541      | 744      | 419      |
| Bekao             | A     | 175       | 107       | 460084       | 1604      | 755      | 528      |
| Bekourou          | P     | 180       | 094       |              | 87        | 1730     | 398      |
| Benoye ONDR       | P     | 190       | 910       | 460203       | 1620      | 859      | 390      |
| Benoye S/P        | P     | 190       | 910       | 460136       | 1619      | 859      | 398      |
| Bere S/P          | P     | 195       | 080       | 460061       | 1609      | 919      | 361      |
| Bessada           | P     | 202       | 911       | 460138       | 1742      | 857      | 460      |
| Bessouma          | P     |           |           | 460192       | 1825      | 833      | 380      |
| Billiam-Oursy     | C     | 210       | 060       | 460044       | 1515      | 1035     | 318      |
| Biltine           | S     | 215       | 024       | 460009       | 2055      | 1431     | 512      |
| Binder            | P     | 217       | 912       | 460177       | 1428      | 958      | 370      |
| Bira-Manda        | P     |           |           | 460205       | 1606      | 902      | 360      |
| Bitkine           | P     | 225       | 055       | 4600039      | 1813      | 1159     | 467      |

| Station                    | Type* | N°<br>Orstom | N°<br>Asecna | N°<br>Agrhyemet | Longitude | Latitude | Altitude |
|----------------------------|-------|--------------|--------------|-----------------|-----------|----------|----------|
| Bokoro                     | S     | 230          | 040          | 460026          | 1703      | 1223     | 290      |
| Bol-Matafo                 | A     |              |              | 460092          | 1443      | 1328     | 292      |
| Bol Dune                   | C     | 240          | 026          |                 | 1328      | 1443     | 292      |
| Bol Matafo<br>(Météo nat.) | P     | 241          |              |                 | 1326      | 1444     | 291      |
| Bol Matafo<br>(ORSTOM)     | C     | 242          |              |                 | 1331      | 1441     | 279      |
| Bolberim                   | S     | 235          | 027          |                 | 1328      | 1443     | 291      |
| Bongor CT                  | P     | 255          | 913          | 460105          | 1524      | 1016     | 328      |
| Bongor Pref.               | P     | 245          | 061          |                 | 1017      | 1522     | 328      |
| Bougoume                   | C     |              |              | 460102          | 1522      | 1128     | 302      |
| Boumo                      | P     | 265          | 914          |                 | 936       | 165      | 350      |
| Bouna                      | P     | 268          | 915          |                 | 829       | 1725     |          |
| Boussou                    | C     |              |              | 460048          | 1643      | 1029     | 334      |
| Boussou C.F.               | P     | 271          | 916          |                 | 1029      | 1643     | 334      |
| Boussou Météo              | S     | 270          | 064          |                 | 1029      | 1643     | 336      |
| Dadouar                    | C     | 275          | 043          | 460028          | 1827      | 1208     | 400      |
| Dagueila                   | P     | 280          | 066          |                 | 1038      | 1825     | 433      |
| Danmadji                   | P     |              |              | 460195          | 1833      | 844      | 380      |
| Darda                      | A     |              |              | 460161          | 1519      | 1145     | 300      |
| Delep                      | P     |              |              | 460168          | 1838      | 1241     | 340      |
| Deli                       | A     | 285          | 093          | 460070          | 1552      | 843      | 427      |
| Dembo                      | P     | 287          | 917          | 460195          | 1749      | 809      | 380      |
| Deressia                   | P     | 290          |              | 460107          | 1616      | 945      | 344      |
| Derguigui                  | P     | 295          | 918          |                 | 845       | 179      |          |
| Dibinintchi                | P     |              |              | 460173          | 1518      | 1335     | 315      |
| Dilbini                    | P     | 300          | 041          |                 | 125       | 174      | 312      |
| Djedaa                     | P     | 310          | 031          | 4600015         | 1835      | 1331     | 340      |
| Djiguizada                 | P     |              |              | 460175          | 1510      | 1333     | 310      |
| Djoli                      | P     |              |              | 460189          | 1801      | 916      | 410      |
| Djonkor                    | P     |              |              | 460166          | 0         | 0        | 0        |
| Doba CT                    | P     | 331          | 098          | 4600075         | 1651      | 840      | 380      |
| Doba S/P                   | S     | 330          | 917          | 460139          | 1651      | 839      | 387      |
| Doher C.F.                 | P     | 335          | 081          |                 | 93        | 1617     | 415      |
| Dolougou                   | P     | 340          | 920          |                 | 94        | 1610     |          |
| Donia                      | P     | 345          | 096          | 460073          | 1625      | 824      | 414      |
| Dono-Manga                 | P     | 350          | 084          | 460065          | 1655      | 914      | 370      |
| Dougui                     | A     | 355          |              | 460091          | 1503      | 1224     | 290      |
| Doum-Doum                  | P     |              |              | 460174          | 1523      | 1312     | 300      |
| Doumogou                   | P     |              |              | 460209          | 1641      | 940      | 340      |
| Dourballi                  | P     | 362          | 921          | 460165          | 1552      | 1149     | 315      |
| Doyaba                     | A     |              |              |                 | 1823      | 908      | 362      |
| Fada                       | S     | 370          | 013          | 460004          | 2133      | 1710     | 540      |
| Faya-Largeau               | S     | 375          | 011          | 460003          | 1907      | 1755     | 233      |
| Fianga C.T.                | P     | 381          | 077          |                 | 956       | 1511     | 327      |
| Fianga CFPA                | C     | 381          | 077          | 460058          | 1508      | 956      | 327      |
| Fianga s/Préf.             | C     | 380          | 922          |                 | 955       | 158      | 348      |
| Gagal                      | P     | 400          | 925          | 460135          | 1508      | 901      | 405      |
| Gam                        | P     |              |              | 990002          | 1610      | 1012     | 334      |
| Gangara CFPA               | P     | 405          | 926          | 460187          | 1725      | 913      | 360      |
| Gassi                      | A     | 408          |              | 460103          | 1509      | 1204     | 290      |
| Gayam                      | P     |              |              | 460186          | 1753      | 919      | 445      |
| Gore                       | P     | 410          | 109          | 460086          | 1638      | 756      | 416      |
| Goré C.T.                  | P     | 410          | 109          |                 | 755       | 1638     | 416      |
| Goundi ONDR                | P     | 415          | 086          | 460088          | 1722      | 922      | 368      |
| Gounou-Gaya                | C     | 425          | 078          | 460059          | 1531      | 937      | 345      |
| Goz-Beida                  | C     | 430          | 048          | 460033          | 2125      | 1214     | 557      |

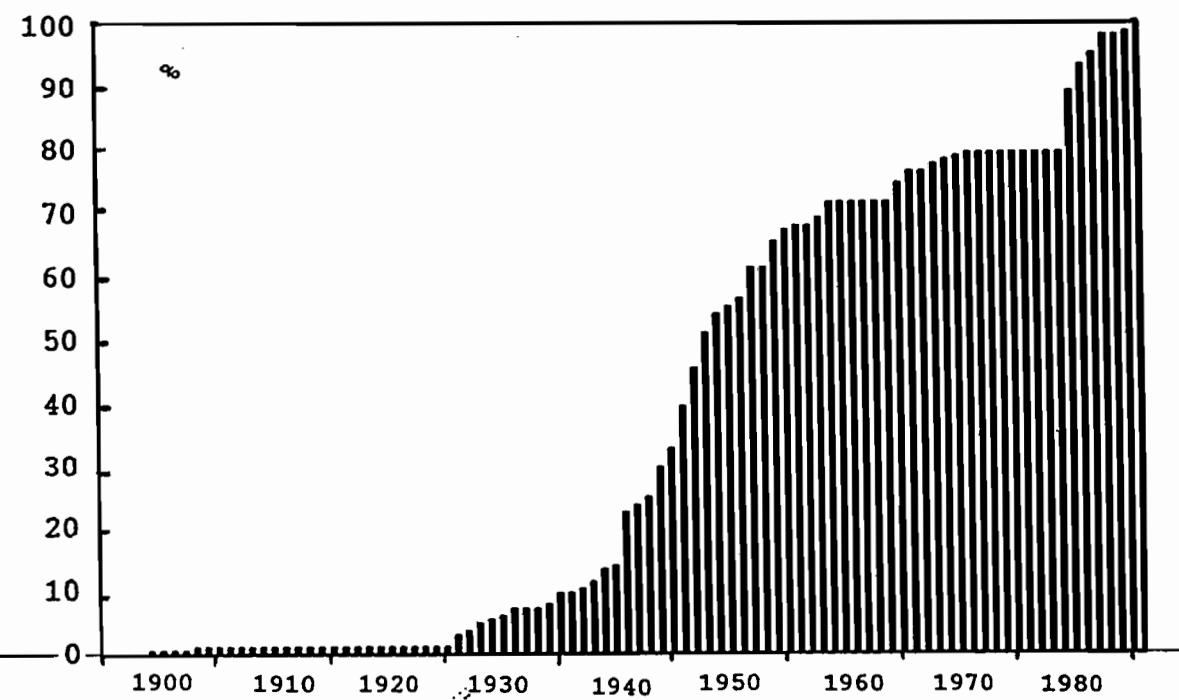
| Station           | Type* | N°<br>Orstom | N°<br>Asecna | N°<br>Agrhyemet | Longitude | Latitude | Altitude |
|-------------------|-------|--------------|--------------|-----------------|-----------|----------|----------|
| Guelendeng        | A     | 435          | 062          | 460046          | 1533      | 1055     | 315      |
| Guelendeng        | P     | 435          | 062          |                 | 1055      | 1533     | 315      |
| Guelendeng PIG    | P     |              |              | 460178          | 1533      | 1053     | 310      |
| Guelo             | P     |              |              | 990003          | 1417      | 932      | 310      |
| Guereda           | P     | 440          | 927          | 460111          | 2205      | 1431     | 988      |
| Guidari           | P     | 445          | 083          | 460064          | 1640      | 916      | 369      |
| Guyao             | P     | 450          | 928          |                 | 1050      | 1521     | 312      |
| Ham               | P     |              |              | 460108          | 1542      | 1001     | 335      |
| Haraze-Djombo     | P     | 455          | 929          | 460112          | 1926      | 1357     | 350      |
| Haraze-Mangueigne | P     | 460          | 069          | 460050          | 2119      | 1030     | 444      |
| Iriba             | P     | 470          | 020          | 460007          | 2215      | 1507     | 937      |
| Kaga-Palpaye      | P     | 472          |              | 460149          | 1646      | 913      | 374      |
| Kairoual          | P     | 475          | 076          | 460057          | 1509      | 929      | 402      |
| Karal             | P     | 480          |              | 1250            |           | 1446     | 284      |
| Kelo Aero         | C     |              |              | 460132          | 1548      | 919      | 365      |
| Kelo CT           | P     | 491          | 079          | 460060          | 1546      | 919      | 365      |
| Kelo s/Pref.      | P     | 490          | 930          |                 | 919       | 1548     | 378      |
| Kim               | P     |              |              | 460179          | 1555      | 944      | 340      |
| Kokabri C.T.      | P     | 500          | 099          |                 | 833       | 1710     | 360      |
| Kola Ngam         | P     | 502          | 931          |                 | 102       | 1610     | 330      |
| Korbo             | P     |              |              | 460167          | 1815      | 1211     | 400      |
| Koro Toro         | C     | 505          | 015          |                 | 162       | 1817     | 270      |
| Koukou-Angarana   | P     | 510          | 047          |                 | 120       | 2140     | 512      |
| Kouloudia         | P     |              |              | 460176          | 1516      | 1301     | 285      |
| Koumra CT         | P     |              |              | 460137          | 1731      | 855      | 393      |
| Koumra S/P        | P     | 520          | 101          | 460078          | 1732      | 855      | 393      |
| Koundjourou       | P     |              |              | 460160          | 1836      | 1305     | 340      |
| Koundoul          | P     | 523          | 038          | 460023          | 1509      | 1159     | 280      |
| Kourayadje        | P     |              |              | 460180          | 1512      | 847      | 480      |
| Krim-Krim         | P     | 524          |              | 460150          | 1548      | 858      | 405      |
| Kyabe CT          | P     | 526          | 090          | 460068          | 1856      | 926      | 389      |
| Kyabe ONDR        | P     |              |              | 460155          | 1859      | 927      | 395      |
| Kyabe S/P         | P     |              |              | 990004          | 1856      | 929      | 395      |
| Lagon             | P     |              |              | 460183          | 1432      | 929      | 320      |
| Lai ORSTOM        | P     | 531          | 935          |                 | 924       | 1618     |          |
| Lai S/P           | S     | 530          | 082          | 460063          | 1618      | 924      | 358      |
| Laoukassy         | P     |              |              | 460204          | 1542      | 851      | 410      |
| Laramanay         | P     | 540          |              | 990005          | 1542      | 802      | 485      |
| Léré CT           | C     | 956          | 936          | 460127          | 1413      | 939      | 265      |
| Léré ONPT         | P     |              |              | 990006          | 1410      | 938      | 260      |
| Léré s/Pref.      | P     | 555          | 070          |                 | 939       | 1413     | 265      |
| Logone-Gana       | P     |              |              | 460164          | 1509      | 1133     | 290      |
| Madana            | P     |              |              | 460109          | 1640      | 900      | 405      |
| Mailao            | A     |              |              | 460110          | 1517      | 1135     | 300      |
| Mandalia          | P     | 560          | 050          | 460035          | 1515      | 1144     | 310      |
| Mande             | A     | 562          |              | 460093          | 1616      | 935      | 350      |
| Mandjoua CFPA     | P     |              |              | 990007          | 1848      | 936      | 390      |
| Mangalme          | P     | 565          | 046          | 460031          | 1937      | 1222     | 520      |
| Manmadjibe        | P     | 567          | 938          |                 | 94        | 171      |          |
| Mao               | S     | 570          | 022          | 460008          | 1519      | 1407     | 336      |
| Maro              | P     | 585          | 104          | 460081          | 1847      | 824      | 395      |
| Massaguet         | P     | 590          | 037          | 460022          | 1525      | 1230     | 289      |
| Massakory climato | A     |              |              | 990010          | 1543      | 1301     | 280      |
| Massakory S/P     | P     |              |              | 460101          | 1543      | 1300     | 284      |

| Station                             | Type* | N°<br>Orstom | N°<br>Asecna | N°<br>Agrhyemet | Longitude | Latitude | Altitude |
|-------------------------------------|-------|--------------|--------------|-----------------|-----------|----------|----------|
| Massalassef                         | P     | 600          | 940          |                 | 1143      | 178      | 318      |
| Massenya                            | A     | 605          | 051          | 460036          | 1610      | 1124     | 328      |
| Massenya ONDR                       | P     |              |              | 460162          | 1609      | 1123     | 328      |
| Massokory                           | P     | 595          | 939          |                 | 130       | 1543     | 284      |
| Mbalkabra                           | P     |              |              | 460200          | 0         | 0        | 0        |
| Medegue                             | C     |              |              | 460098          | 1527      | 1101     | 310      |
| Melfi                               | C     | 615          | 053          | 460037          | 1756      | 1104     | 394      |
| Melfi s/Pref.                       | P     | 615          | 053          |                 | 114       | 1756     | 394      |
| Meskene                             | P     |              |              | 990008          | 0         | 0        | 0        |
| Migou                               | P     | 620          | 941          |                 | 1042      | 1525     | 314      |
| Moissala CT                         | C     | 631          | 102          | 460079          | 1747      | 823      | 393      |
| Moissala S/P                        | P     | 630          | 942          | 460143          | 1746      | 820      | 382      |
| Moito                               | P     | 635          | 039          |                 | 1235      | 1633     | 331      |
| Mombaroua                           | P     | 645          | 943          | 460126          | 1425      | 955      | 325      |
| Mongo                               | C     | 650          | 044          | 460029          | 1841      | 1211     | 427      |
| Monkara                             | P     | 658          | 944          | 460147          | 1705      | 857      | 380      |
| Montian CFPA                        | P     |              |              | 460196          | 1745      | 827      | 360      |
| Moukoulou                           | C     | 6550         | 054          |                 | 1154      | 1817     | 517      |
| Moulikou                            | P     |              |              | 460106          | 1535      | 1032     | 320      |
| Moundou CT                          | P     | 665          | 945          | 460140          | 1603      | 833      | 390      |
| Moundou meteo                       | S     | 660          | 095          | 4600072         | 1604      | 837      | 420      |
| Mouraya                             | P     | 670          | 059          | 460043          | 2059      | 1133     | 474      |
| Moussafoyo                          | C     | 675          | 103          | 460080          | 1843      | 851      | 379      |
| Moussoro                            | C     | 680          | 029          | 460089          | 1630      | 1339     | 301      |
| Moussoroh-Ndoidana P                |       |              |              | 460185          | 0         | 0        | 0        |
| Moyo                                | P     |              |              | 460188          | 1835      | 841      | 385      |
| N'Djamena aéro                      | S     | 001          |              | 460020          | 1502      | 1208     | 294      |
| N'Djamena Chagoua                   | P     |              |              | 460095          | 1505      | 1205     | 285      |
| N'Djamena<br>meteo nat              | A     |              |              | 460097          | 1503      | 1207     | 290      |
| N'Djamena Milezi                    | P     |              |              | 460096          | 1459      | 1207     | 285      |
| N'djamena<br>(DRE-Météo)            | C     | 690          |              |                 | 127       | 152      | 295      |
| N'djamena ORSTOM                    | C     | 685          |              |                 | 127       | 152      | 295      |
| N'djaména aéroport S<br>(Fort Lamy) | S     | 001          | 035          |                 | 152       | 128      | 295      |
| N'Gama                              | P     | 695          | 946          |                 | 1147      | 1710     | 324      |
| Ndam                                | P     |              |              | 460211          | 1711      | 946      | 346      |
| Nderguigui                          | P     |              |              | 460146          | 1710      | 845      | 360      |
| Ngalo                               | P     |              |              | 460190          | 1748      | 843      | 425      |
| Ngoura                              | P     |              |              | 460163          | 1627      | 1253     | 288      |
| Ngouri                              | P     | 700          | 028          | 460013          | 1523      | 1338     | 300      |
| Nokou                               | P     |              |              | 460170          | 1447      | 1435     | 340      |
| Onoko CFPA                          | P     | 705          | 947          | 460191          | 1537      | 1055     | 320      |
| Oum-Hadjer                          | A     | 710          | 032          | 460016          | 1942      | 1318     | 390      |
| Ounianga Kebir                      | S     |              |              |                 | 2130      | 1900     | 418      |
| Ounianga                            | P     | 715          | 009          |                 | 196       | 2028     | 401      |
| Pala aéro                           | S     |              |              | 460054          | 1455      | 922      | 454      |
| Pala CT                             | P     | 721          | 949          | 460131          | 1452      | 922      | 422      |
| Pandzangue                          | P     | 725          | 106          | 460083          | 1548      | 757      | 345      |
| Pont-Karol                          | P     | 737          |              | 460182          | 1530      | 918      | 350      |
| Poudoue                             | P     |              |              | 460181          | 1428      | 934      | 310      |
| Rig-Rig                             | P     |              |              | 460171          | 1421      | 1416     | 310      |
| Salal                               | P     |              |              | 460172          | 1713      | 1451     | 272      |
| Sarh CT                             | P     | 386          | 924          | 460133          | 1822      | 910      | 365      |
| Sarh meteo                          | S     | 385          | 089          | 460067          | 1823      | 909      | 364      |
| Soko Congo                          | P     | 757          |              |                 | 850       | 1830     | 370      |

| Station        | Type* | N°<br>Orstom | N°<br>Asecna | N°<br>Agrhyemet | Longitude | Latitude | Altitude |
|----------------|-------|--------------|--------------|-----------------|-----------|----------|----------|
| Sonasut        | A     |              |              |                 | 1824      | 909      | 366      |
| Talia          | P     | 760          | 085          | 460066          | 1751      | 924      | 416      |
| Tapol          | P     | 765          | 952          | 460142          | 1536      | 830      | 453      |
| Tchaguine Golo | P     |              |              | 460208          | 1620      | 1002     | 330      |
| Tikem          | P     | 770          | 075          | 460056          | 1503      | 949      | 334      |
| Togro          | P     |              |              | 460202          | 1600      | 853      | 420      |
| Torrock        | P     | 775          | 074          | 460055          | 1501      | 940      | 355      |
| Tourba         | P     | 778          | 036          | 460021          | 1518      | 1252     | 284      |
| Yao            | P     | 795          | 953          | 460114          | 1734      | 1251     | 290      |
| Youe fermé     | C     | 805          | 072          |                 | 954       | 1456     |          |
| Zouar          | P     | 810          | 005          |                 | 2030      | 1612     | 776      |

P= Pluviométrique ; C= Climatologique ; A=Agrométéorologique ; S=Synoptique

Figure 3.3.1 - Nombre relatif de stations pluviométriques installées depuis 1900



### **3.3        Données pluviométriques**

#### **3.3.1      Réseau pluviométrique**

Le tableau 3.3.1 indique un nombre de 227 stations où la pluviométrie est mesurée, dont 16 stations synoptiques et 35 stations climatologiques et agrométéorologiques. Le nombre de stations purement pluviométriques s'élève ainsi à 176.

Il est possible toutefois que quelques stations soient marquées deux fois sous des noms peu différents notamment lorsqu'il existe plusieurs stations en une même ville.

Il existe par ailleurs des données qui concernent des postes ayant fonctionné sur des périodes plus ou moins longues, notamment lors d'études de bassins représentatifs du Ouaddaï, Guéra, et Mayo Kébi (rapports ORSTOM). Ces données sont parfois des totaux annuels recueillis sur totalisateur après la fin de la saison des pluies (avec contrôle avant la saison des pluies).

Dans le tableau 3.3.1, est mentionné le code ORSTOM lorsqu'il existe.

La carte du réseau climatologique et pluviométrique correspond à la figure 3.2.1. Le réseau est dense dans le sud-ouest, par contre il est relativement lâche dans le sud-est et le nord.

Le tableau 3.3.2 donne, pour un effectif de 163 postes pluviométriques (information DREM), la chronologie de mise en service des postes par décennie, alors que la figure 3.3.1 en illustre la distribution cumulée année par année.

**Tableau 3.3.2 - Chronologie de l'installation du réseau pluviométrique**

| Période de création | Effectif | Pourcentage |
|---------------------|----------|-------------|
| 1900-1909           | 2        | 1,2         |
| 1910-1919           | 0        | 0           |
| 1920-1929           | 0        | 0           |
| 1930-1939           | 11       | 6,7         |
| 1940-1949           | 36       | 22,1        |
| 1950-1959           | 59       | 36,2        |
| 1960-1969           | 10       | 6,1         |
| 1970-1979           | 13       | 8,0         |
| 1980-1989           | 32       | 19,6        |
| Total               | 163      | 100         |

Les deux périodes d'extension maximale du réseau ont eu lieu de 1940 à 1959 avec 58% des postes installés, et 1985 à 1989 avec 19% des postes.

Le tableau 3.3.3 montre les lacunes mensuelles par décennie selon les types de station.

Pour les stations pluviométriques, en comptant une moyenne de 6 mois pendant lesquels il peut y avoir des précipitations, on peut estimer une valeur approchée du nombre relatif de lacunes selon les décennies (Tableau 3.3.3). Les valeurs sont de l'ordre de 10 à 13% au cours des dernières décennies.

**Tableau 3.3.3 - Inventaire des lacunes mensuelles de pluviométrie (nombre et pourcentage).**

| Type  | 1920-29 | 1930-39 | 1940-49 | 1950-59 | 1960-69 | 1970-79 | 1980-89 | 1990-91 | Total |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Syno. | 120     | 121     | 67      | 3       | 36      | 241     | 584     | 0       | 1172  |
| Clim. | -       | -       | 5       | 52      | 47      | 280     | 451     | 28      | 863   |
| Pluv. | -       | 13      | 125     | 415     | 1 048   | 1 813   | 2 591   | 211     | 6216  |
|       | -       | 0,8%    | 2,1%    | 3,2%    | 7,4%    | 11,3%   | 13,3%   | 10,8%   |       |
| Total | 120     | 134     | 197     | 470     | 1 131   | 2 334   | 3 626   | 239     | 8251  |

Le nombre élevé de lacunes, constaté durant la période 1970 à 1990, est dû en fait à l'arrêt des observations sur une grande partie du réseau durant les événements qui ont eu lieu au Tchad au cours des années 1978 à 1982. Cette lacune gènera les études hydroclimatologiques sur le Tchad et devrait être l'objet d'une étude spécifique afin de pouvoir disposer de fichiers mensuels et annuels opérationnels, en reconstituant les lacunes à partir des données existantes dans le pays et les zones limitrophes.

Un autre aspect de l'importance des lacunes apparaît dans l'échantillon de station sélectionné pour l'étude de la qualité des données (paragraphe 3.3.5.2). Sur 23 stations retenues dans la zone centrale du Logone, pour la période 1946-1990, on note une disponibilité peu différente de stations-années quelle que soit la décennie, avec en final une valeur de 55% sur l'ensemble de la période. Quant aux lacunes proprement dites sur les périodes de fonctionnement effectif des stations (année de première ouverture-année de fermeture définitive), on note par décennies les lacunes annuelles suivantes :

|             |                |                           |     |
|-------------|----------------|---------------------------|-----|
| 1946-1949 : | 4 lacunes sur  | 25 stations-années, soit  | 16% |
| 1950-1959 : | 8 lacunes sur  | 150 stations-années, soit | 8%  |
| 1960-1969 : | 34 lacunes sur | 170 stations-années, soit | 20% |
| 1970-1979 : | 59 lacunes sur | 195 stations-années, soit | 30% |
| 1980-1990 : | 76 lacunes sur | 210 stations-années, soit | 36% |

On constate que le nombre de lacunes a tendance à augmenter.

En ce qui concerne les données récentes, nous avons obtenu de la DREM les annuaires pluviométriques de 1979 à 1987, et climatologiques jusqu'en 1990. Le nombre de stations, pour lesquelles est mentionnée la pluviométrie mensuelle et annuelle, est indiqué ci-après :

|             |   |                          |
|-------------|---|--------------------------|
| 1950 à 1986 | : | 18                       |
| 1979        | : | 38                       |
| 1980        | : | 44                       |
| 1981        | : | 56                       |
| 1982        | : | 86                       |
| 1983        | : | 103                      |
| 1984        | : | 97                       |
| 1985        | : | 127                      |
| 1986        | : | 142                      |
| 1987        | : | 135 (d'avril à octobre). |

On constate que le nombre de stations de mesure de la pluviométrie tend à augmenter d'année en année, avec toutefois un arrêt de publication des données depuis 1988, probablement dû à un report de l'effort sur la saisie informatique.

Une copie du fichier ASCII des pluies journalières saisi par CLICOM sur disque, de janvier 1979 à décembre 1989, nous a été remis, mais il reste encore certaines stations à saisir.

### **3.3.2      Equipement**

Toutes les stations pluviométriques sont équipées de pluviomètres de type "Association".

De plus, des pluviographes à rotation hebdomadaire équipent toutes les stations synoptiques et quelques stations climatologiques. Il n'existe actuellement que deux pluviographes à rotation journalière. Ce sont des pluviographes à augets basculeurs et à ouverture de 400 cm<sup>2</sup>. L'installation de ces instruments a été réalisées suivant les normes de l'OMM. Toutefois, aucun dépouillement de pluviogrammes n'a été réalisé.

### **3.3.3      Entretien et soutien sur le terrain**

L'entretien et le soutien sur le terrain des stations pluviométriques ou pluviographiques sont analogues à celui des stations climatologiques et souffrent des mêmes difficultés.

La grande faiblesse du réseau est actuellement due au manque de visites de contrôle périodiques suffisamment fréquentes. Ceci accentue également les problèmes de collecte de données auxquels sont liés la qualité de celles-ci et l'efficacité du suivi de campagne.

### **3.3.4 Traitement des données**

De toutes les données météorologiques, les données pluviométriques sont celles qui ont reçu le plus d'attention de la part de la DREM.

Les stations pluviométriques sont suivies par des observateurs modestement rétribués, qui reportent sur fiche leurs relevés bquotidiens (7 h et 17 h) ou après chaque averse.

A leur arrivée à la DREM, les fiches originales sont :

- répertoriées et contrôlées,
- saisies ultérieurement sur micro-ordinateur, puis archivées. Comme pour les données climatologiques, on constate également un retard dans la saisie des données, cependant beaucoup moins important. Les raisons de ce retard ont été expliquées au paragraphes 3.2.4.4.

Les logiciels utilisés obligent à une saisie par décade. Les caractéristiques de stations sont également disponible mais les observations concernant l'historique n'ont pas été saisies (lorsqu'elles existent).

Le traitement de la pluviographie existante paraît actuellement sans solution.

La DREM ne procède pas encore à un traitement informatique d'interprétation de la pluviométrie.

### **3.3.5 Qualité des données**

La qualité des données pluviométriques est variable, surtout selon le type de stations : les stations synoptiques et climatologiques étant suivies par du personnel mieux formé, les données qui y sont collectées y sont normalement plus fiables. Les données relatives aux postes pluviométriques sont suivies par du personnel recruté sur place et de niveau très divers. Il est formé souvent rapidement. Les relevés de ces stations sont probablement moins fiables.

L'évaluation de la qualité des séries pluviométriques peut être faite au niveau journalier par des tests statistiques simples ou sur les totaux mensuels ou annuels par des comparaisons inter-postes basées sur la méthode des doubles cumuls ou du vecteur régional.

### **3.3.5.1 Qualité des données de pluies journalières**

Au cours du traitement des données pluviométriques journalières ayant conduit à la publication des annales CIEH/ORSTOM/ASECNA pour la période 1966/1980, l'ORSTOM a procédé à une critique systématique (voir méthode détaillée dans cet ouvrage précité), par poste, basée sur :

- le décompte annuel des jours de pluie,
- le rapport du nombre de "petites pluies" ( $< 10 \text{ mm}$ ) dans l'année, au nombre total de jours de pluie ( $> 0,4 \text{ mm}$ ),
- la recherche de valeurs caractéristiques en nombre trop élevé (capacité de l'éprouvette par exemple) ou de valeurs systématiquement arrondies.

Si l'on s'appuie sur les deux derniers tests, et leurs valeurs limites en dehors desquelles l'année en cause possède une répartition considérée anormale par Y. L'Hôte (ORSTOM, auteur de l'étude), on constate que :

- pour l'année 1971 (105 stations), 3% des stations ont un nombre de petites pluies inférieur à 30% du nombre total de jours de pluies ( $> 0,4 \text{ mm}$ ). De même, en 1976, 4% des stations ont un nombre de petites pluies supérieur à 70% du nombre total de jours de pluies.
- pour les années 1971 et 1976, 4% des valeurs mensuelles sont basées sur des valeurs journalières caractéristiques en nombre excessif.

Les chiffres précédents sont faibles et confirment les résultats de l'analyse faite sur les lacunes d'observation : la qualité des données pluviométriques du Tchad apparaît bonne dans l'ensemble.

Il est regrettable que l'impossibilité d'accéder aux données journalières de la période 1980-1989 sur un support informatique compatible avec PLUVIOM n'ait pas permis d'effectuer une critique de ce type pour les données journalières, au moins pour l'année 1986.

### **3.3.5.2 Qualité des totaux annuels**

Pour critiquer les séries de totaux pluviométriques annuels, nous avons utilisé la Méthode du Vecteur Régional (MVR) de G. Hiez (1977), développée par l'ORSTOM.

Cette méthode est basée sur deux principes fondamentaux :

- les séries de totaux pluviométriques de postes voisins, situés dans une même région climatique, sont pseudo-proportionnelles entre elles ; ceci signifie que les variations de la pluviométrie entre tous les postes sont concomitantes ;

l'information la plus probable est celle qui se répète le plus fréquemment ; cela signifie que la pluviosité d'une année donnée sera celle indiquée par le plus grand nombre de postes.

Le processus de calcul utilisé, basé sur le principe du maximum de vraisemblance, est conçu de manière à ce que toute l'information contenue dans chacune des séries composant la matrice régionale, contribue à l'élaboration d'une série de référence relative la plus probable, appelée "vecteur régional".

Chaque poste est ensuite comparé à ce vecteur par l'intermédiaire d'un procédé graphique de double cumul. Pour chaque année, l'écart entre la valeur observée et la valeur calculée à partir de la valeur correspondante du vecteur, permet d'estimer si l'année est en concordance avec la tendance régionale ou si elle est discordante, de connaître l'amplitude de l'écart.

Pour mener à bien cette étude critique des séries pluviométriques annuelles du Tchad, nous avons :

a) Choisi la zone du Logone-Mayo Kebi, comprise entre 8° et 10° nord et 14° et 16° est. Un total de 23 stations pluviométriques y a été dénombré sur la carte publiée dans l'ouvrage des précipitations journalières de 1966 à 1980 (CIEH-ORSTOM). Les totaux annuels complets du fichier CIEH/ORSTOM/ASECNA/DREM, de l'origine à 1980, ont été utilisés. Les données de la période 1978 à 1980 utilisées ici proviennent en réalité de la DREM complétées par celles de la période 1981 à 1990. Seuls les totaux annuels complets ont été utilisés. Le tableau 3.3.4 indique la liste des stations traitées.

Le tableau 3.3.5 donne l'inventaire graphique des données utilisées pour l'application de la méthode.

b) Décidé de limiter la critique aux données de la période 1946-1990, tout en disposant d'un nombre suffisant de valeurs pour le calcul du vecteur. Seule une station du groupe possédait des observations antérieures à 1946, ayant été ouverte en 1944.

La figure 3.3.2 reproduit le vecteur de la région prise en considération. Les valeurs de la colonne "indices annuels" constituent la série de référence à laquelle sont comparées, par un processus de double-cumul, les valeurs observées aux postes choisis pour la critique.

c) Décidé de considérer qu'une valeur déviée de plus de 25% par rapport au vecteur était anormale. Un deuxième seuil, pour les valeurs supérieures à 20%, et lorsqu'une série de deux valeurs ou plus, déviée de plus de 15% (anomalie systématique) a également été prise en considération. Ces seuils sont évidemment arbitraires, mais notre objectif n'est pas ici d'homogénéiser des séries. Il se limite simplement à vérifier leur qualité, suivant le type de station et la décennie.

Le tableau 3.3.6 indique le nombre de stations-années et d'anomalies par décennie pour les deux seuils pris comme critères.

Tableau 3.3.4

Laboratoire d'Hydrologie ORSTOM, MONTPELLIER (France)-MVR1.4  
MVR - Méthode du Vecteur Régional

VECTEUR ANNUEL - CARACTÉRISTIQUES DES STATIONS

Edition du 17/09/1991 à 12H59

Région: 00001 MOYEN LOGONE

Périodes: 1946/1990

Mois début de l'année hydrologique 01

| n° | stations   | nom de la station | Coeff. | altit. | latitude    | longitude    | période   | n. obs. ent. |
|----|------------|-------------------|--------|--------|-------------|--------------|-----------|--------------|
| 1  | 1460008500 | BADGE             | 1013.4 | 360    | N 09°09'00" | E 014°35'00" | 1965/1989 | 12 0         |
| 2  | 1460016000 | BEINAMAR C.T.     | 1312.8 | 434    | N 08°40'00" | E 015°23'00" | 1951/1990 | 29 0         |
| 3  | 1460021700 | BINDER            | 695.4  | 0      | N 09°35'00" | E 014°42'00" | 1970/1990 | 13 0         |
| 4  | 1460028500 | DELI              | 1074.3 | 427    | N 08°43'00" | E 015°52'00" | 1951/1990 | 34 0         |
| 5  | 1460038000 | FIANGA S/PREF     | 859.6  | 348    | N 09°55'00" | E 015°08'00" | 1950/1990 | 35 0         |
| 6  | 1460038100 | FIANGA C.T.       | 869.8  | 327    | N 09°56'00" | E 015°11'00" | 1946/1984 | 30 0         |
| 7  | 1460038200 | FIANGA CFPA       | 807.1  | 348    | N 09°53'00" | E 015°07'00" | 1973/1980 | 7 0          |
| 8  | 1460040000 | GAGAL C.T.        | 1089.8 | 405    | N 09°03'00" | E 015°10'00" | 1951/1990 | 22 0         |
| 9  | 1460042500 | GOUNOU GAYA C.T.  | 1012.1 | 345    | N 09°37'00" | E 015°31'00" | 1950/1990 | 36 0         |
| 10 | 1460047500 | KAIRDOUAL FERME   | 993.4  | 402    | N 09°29'00" | E 015°09'00" | 1952/1990 | 24 0         |
| 11 | 1460049000 | KELO S/PREF       | 1088.1 | 378    | N 09°19'00" | E 015°48'00" | 1946/1986 | 34 0         |
| 12 | 1460049100 | KELO C.T.         | 1107.7 | 374    | N 09°19'00" | E 015°49'00" | 1949/1990 | 37 0         |
| 13 | 1460052400 | KRIM KRIM         | 1133.8 | 403    | N 08°54'00" | E 015°48'00" | 1971/1990 | 14 0         |
| 14 | 1460054000 | LARAMANAYE        | 1214.9 | 488    | N 08°03'00" | E 015°40'00" | 1980/1987 | 6 0          |
| 15 | 1460055500 | LERE S/PREF       | 842.0  | 265    | N 09°39'00" | E 014°13'00" | 1946/1990 | 39 0         |
| 16 | 1460055600 | LERE C.T.         | 942.0  | 0      | N 09°38'00" | E 014°10'00" | 1951/1990 | 33 0         |
| 17 | 1460064500 | MONBARDOUA C.T.   | 952.0  | 325    | N 09°55'00" | E 014°25'00" | 1952/1990 | 21 0         |
| 18 | 1460072000 | PALA METEO        | 1058.5 | 420    | N 09°22'00" | E 014°58'00" | 1946/1990 | 37 0         |
| 19 | 1460072100 | PALA C.T.         | 1072.2 | 422    | N 09°22'00" | E 014°52'00" | 1946/1990 | 33 0         |
| 20 | 1460076500 | TAPOL             | 929.2  | 453    | N 08°30'00" | E 015°36'00" | 1986/1989 | 3 0          |
| 21 | 1460077000 | TIKEM IRCT        | 894.8  | 325    | N 09°49'00" | E 015°03'00" | 1944/1990 | 34 0         |
| 22 | 1460077500 | TORROCK           | 854.8  | 355    | N 09°40'00" | E 015°01'00" | 1965/1990 | 19 0         |
| 23 | 1460080500 | YODE FERME        | 966.7  | 0      | N 09°54'00" | E 014°56'00" | 1952/1968 | 16 0         |

**Tableau 3.3.5 - Inventaire des données pluviométriques annuelles disponibles dans la région du Moyen Logone et Mayo Kebbi**

Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM, MONTPELLIER MVR 1.3  
MVR - Méthode du Vecteur Régional

**INVENTAIRE DES DONNEES**

| Données totalisées | Valeurs agrégées               | Pas d'agrégation: 1                 | Mois début de l'année hydrologique | 1       |
|--------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------|
| Station            | 1900 1910 1920 1930 1940       | 1950 1960 1970 1980 1990            |                                    |         |
| 1460008500         | I.....I.....I.....I.....I..... | .....I.....I.....I.....I.....I..... | tt t tt tttt                       | tt      |
| 1460016000         |                                | t ttttt                             | tt tt tt tt tt                     | t ttt   |
| 1460021700         |                                |                                     | ttt tt                             | tt tttt |
| 1460028500         |                                | tttttttttttttttttttttttttttttt      | tt                                 | t ttt   |
| 1460038000         |                                | tttttttttttttttttttttttttttt        | t tt tttt                          |         |
| 1460038100         |                                | t ttttttttttttttttttttttttttt       | t tt tt                            |         |
| 1460038200         |                                |                                     | tttttt                             |         |
| 1460040000         |                                | tttt tt                             | ttttt tt                           | ttttt   |
| 1460042500         |                                | tttttttttttttttttttttttttttt        | tttt tt                            |         |
| 1460047500         |                                | tt tt tt                            | ttttt tt                           |         |
| 1460049000         | I.....I.....I.....I.....I..... | tttttttttttttttttttttttttttt        | t tt tt                            |         |
| 1460049100         |                                | tttttttttttttttttttttttttttt        | t tt tt                            |         |
| 1460052400         |                                |                                     | tt tt t                            | ttttt   |
| 1460054000         |                                |                                     | tt tt t                            |         |
| 1460055500         |                                | tttttttttttttttttttttttttttt        | tttttttt                           |         |
| 1460055600         |                                | t ttttttttttttttttttttttttttt       | t tt tt                            |         |
| 1460064500         |                                | tttttttttttttttttttttttttttt        | tttttttt                           |         |
| 1460072000         |                                | tttttttttttttttttttttttttttt        | tttttttt                           |         |
| 1460072100         |                                | t t t ttttttttttttttttttttttt       | tttttttt                           |         |
| 1460076500         |                                | t                                   | tttttttt                           |         |
| 1460077000         | I.....I.....I.....I.....I..... | tttttttttttttttttttttttttttt        | tttt tt                            |         |
| 1460077500         | t                              |                                     | tttttttt                           | tttttt  |
| 1460080500         |                                | tttttttt                            |                                    |         |
| Station            | 1900 1910 1920 1930 1940       | 1950 1960 1970 1980 1990            |                                    |         |

**Figure 3.3.2 - Vecteur régional des pluies annuelles dans la région du Moyen Logone et du Mayo Kebbi**

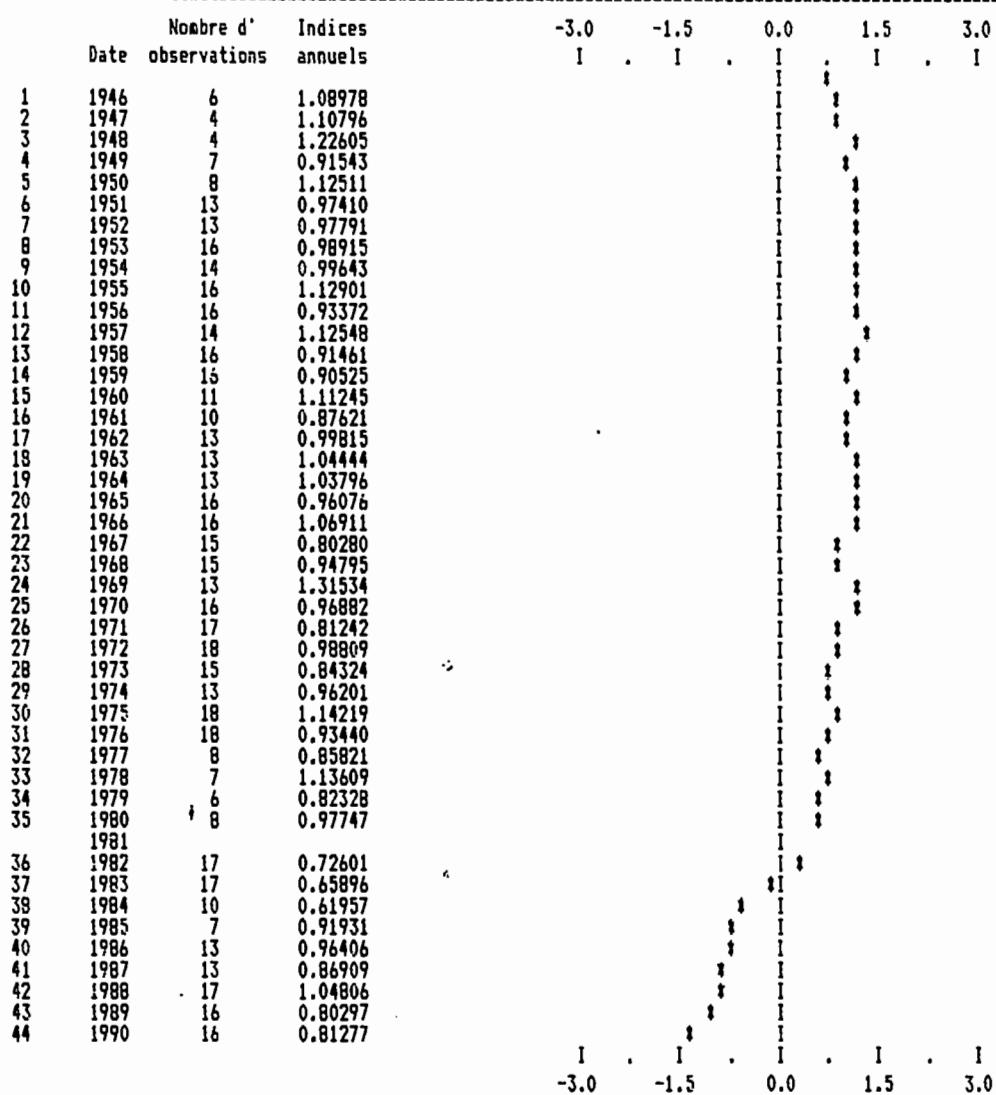
Laboratoire d'Hydrologie ORSTOM, MONTPELLIER (France)-MVR1.4  
MVR - Méthode du Vecteur Régional

VECTEUR REGIONAL - RESULTATS

Edition du 17/09/1991 à 12H59

Réion: 00001 MOYEN LOGONE

Périodes: 1946/1990  
Mois début de l'année hydrologique 01



Indice de résolution initial: 4

Indice de résolution final: 14

Pas de balayage des indices: 2

Nombre d'itérations: 14

Valeur du seuil de convergence: 0.0010

Valeur moyenne du vecteur: 0.96459

Point d'application | latitude: N 9°27'

virtuel du vecteur | longitude: E 15° 7'

Le nombre de stations-années est le même (134 à 142) pour les décennies successives de 1950 à 1990, avec un total de 568 sur 45 ans. Le nombre d'anomalies, caractérisées par un écart supérieur à 20% par rapport au vecteur, est compris entre 14% et 24% selon les décennies, le maximum revenant à la dernière décennie. Sur l'ensemble de la période, ces anomalies concernent 19,4% des totaux annuels.

Avec des écarts supérieurs à 25%, le nombre d'anomalies varie de 9 à 15% selon les décennies, avec une valeur de 10,7% sur l'ensemble de la période. Le nombre maximum se rapporte à la décennie 1980-90, laquelle fut marquée par les événements civils qui ont gêné la qualité des observations.

**Tableau 3.3.6 - Nombre de stations-années et d'écart anormaux de pluviométrie observés dans la zone comprise entre 8 et 10°S et 14 et 16°E.**

| Période            | 1946-49    | 1950-59     | 1960-69     | 1970-79     | 1980-90     | Total        |
|--------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Nbre st.-an.       | 21         | 142         | 135         | 136         | 134         | 568          |
| Nbre écart<br>>25% | 2<br>9,5%  | 13<br>9,2%  | 12<br>8,9%  | 14<br>10,3% | 20<br>14,9% | 61<br>10,7%  |
| Nbre écart<br>>20% | 3<br>14,3% | 28<br>19,7% | 22<br>16,3% | 25<br>18,4% | 32<br>23,7% | 110<br>19,4% |

Le groupe ne comprend qu'une seule station synoptique (Pala météo) pour laquelle une anomalie supérieure à 25% a été relevée sur 37 années d'observation. On y dénote trois anomalies comprises entre 20 et 25%.

A titre d'exemple, les figures 3.3.3 et 3.3.4 montrent respectivement l'allure de la série pluviométrique de Pala météo (avec peu d'anomalies) et de Léré sous-préfecture.

#### Disponibilité des données

Les envois des observations pluviométriques originales sont répertoriées sur registre à leur arrivée à la DREM.

Un grand nombre sont disponibles sur CLICOM pour la période 1978-1990 mais toutes les stations n'ont pas encore été saisies par la DREM qui assure actuellement cette tâche.

Les données de pluies sont également mises sur disquettes par le centre AGRHYMET de Niamey, mais ne semblent pas avoir fait l'objet d'un dernier envoi récent.

Le CIEH a communiqué à la DREM les fichiers ORSTOM de pluie journalière sur disquette, en même temps que les publications correspondantes de cette banque de données de précipitations journalières

de l'origine des stations à 1980 (deux tomes). Ces fichiers qui sont transformables en ASCII, peuvent être exploités notamment par le logiciel PLUVIOM du laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM.

Par ailleurs, l'ASECNA débute sur CLICOM la saisie des pluies journalières des stations synoptiques. Les disquettes seront communiquées à la DREM.

Le tableau 3.3.7 indique, pour chaque station du fichier CIEH (ORSTOM), les années disponibles, depuis l'origine à 1980.

Les données relatives à l'intensité des pluies ne sont pas disponibles autrement que sur pluviogrammes de 1984 à maintenant. Ces archives ne sont pas répertoriées à leur arrivée à la DREM, et assez mal classées. Les archives antérieures à 1979 ont péri dans les événements.

Cependant, les pluviogrammes antérieures à 1971 ont été dépouillés manuellement par le CIEH pour préparer les courbes hauteur de pluie - durée - fréquence de 4 stations synoptiques.

**Figure 3.3.3**

Laboratoire d'Hydrologie IRSTOM, MONTPELLIER (France)-MVR1.4  
MVR - Méthode du Vecteur Régional

VECTEUR ANNUEL - CRITIQUE DES STATIONS  
17/09/1991 à 13h07

Edition du 17/09/1991 à 13h07

Vecteur de référence n° 1 de la région 00001 MOYEN LOGONE  
Élaboré le 17/09/1991

|                                     |            |                                  |                             |
|-------------------------------------|------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Station: 1460072000                 | PALA METEO | Mode unique: 1058.6              | Amplitude: 0.238            |
| Sur la période observée 1946/1990   |            | Test de proportionnalité: 0.0715 | Indice de qualité: 9.3/10   |
| Sur la période du vecteur 1946/1990 |            | moyenne observée: 1034.8         | Test d'appréciation: 8.6/10 |
|                                     |            | moyenne estimée: 1021.1          | moyenne calculée: 1051.5    |

| Date | Valeurs |         | Coeff.  | -4.5     | -3.0   | -1.5 | 0.0  | 1.5  | 3.0 | 4.5 |
|------|---------|---------|---------|----------|--------|------|------|------|-----|-----|
|      | observ. | calcul. |         |          |        |      |      |      |     |     |
| 42   | 1945    | 938.3   | 1153.8  | -0.207   | 1.229  |      |      |      |     |     |
| 43   | 1947    | 1156.2  | 1172.9  | -0.014   | 1.014  |      |      |      |     |     |
| 44   | 1948    | 1298.9  | 1297.9  | 0.001    | 0.999  |      |      |      |     |     |
| 45   | 1949    | 1013.7  | 969.1   | 0.045    | 0.956  |      |      |      |     |     |
| 46   | 1950    | 1187.7  | 1191.0  | -0.003   | 1.003  |      |      |      |     |     |
| 47   | 1951    | 1098.1  | 1031.2  | 0.063    | 0.939  |      |      |      |     |     |
| 48   | 1952    | 1024.6  | 1035.2  | -0.010   | 1.010  |      |      |      |     |     |
| 49   | 1953    | 1068.6  | 1047.1  | 0.021    | 0.980  |      |      |      |     |     |
| 50   | 1954    | 1943.1  | 1054.8  | -0.011   | 1.011  |      |      |      |     |     |
| 51   | 1955    | 1004.5  | 1195.1  | -0.174   | 1.190  |      |      |      |     |     |
| 52   | 1956    | 984.8   | 988.4   | -0.004   | 1.004  |      |      |      |     |     |
| 53   | 1957    | 1214.2  | 1191.4  | 0.019    | 0.991  |      |      |      |     |     |
| 54   | 1958    | 1053.3  | 968.2   | 0.084    | 0.919  |      |      |      |     |     |
| 55   | 1959    | 924.6   | 958.3   | -0.036   | 1.036  |      |      |      |     |     |
| 56   | 1960    | 1025.1  | 1177.6  | -0.139   | 1.149  |      |      |      |     |     |
| 57   | 1961    | 1181.5  | 927.5   | 0.242    | 0.785  |      |      |      |     |     |
| 58   | 1962    | 1117.1  | 1056.6  | 0.056    | 0.946  |      |      |      |     |     |
| 59   | 1963    | 1103.3  | 1105.5  | -0.002   | 1.002  |      |      |      |     |     |
| 60   | 1964    | 1043.3  | 1098.8  | -0.032   | 1.053  |      |      |      |     |     |
| 61   | 1965    | 1021.0  | 1017.0  | 0.004    | 0.996  |      |      |      |     |     |
| 62   | 1966    | 1161.3  | 1131.7  | 0.026    | 0.975  |      |      |      |     |     |
| 63   | 1967    | 865.8   | 849.8   | 0.016    | 0.984  |      |      |      |     |     |
| 64   | 1968    | 950.2   | 1003.5  | -0.055   | 1.056  |      |      |      |     |     |
| 65   | 1969    | 1124.2  | 1392.4  | -0.214   | 1.239  |      |      |      |     |     |
| 66   | 1970    | 723.2   | 1925.6  | -0.105   | 1.111  |      |      |      |     |     |
| 67   | 1971    | 995.8   | 860.0   | 0.150    | 0.861  |      |      |      |     |     |
| 68   | 1972    | 930.4   | 1046.0  | -0.117   | 1.124  |      |      |      |     |     |
| 69   | 1973    | 859.3   | 892.6   | -0.039   | 1.040  |      |      |      |     |     |
| 70   | 1974    | 1006.3  | 1018.4  | -0.018   | 1.018  |      |      |      |     |     |
| 71   | 1975    | 1209.4  | 1269.1  | 0.000    | 1.000  |      |      |      |     |     |
| 72   | 1976    | 972.1   | 989.1   | -0.017   | 1.019  |      |      |      |     |     |
| 73   | 1977    | 659.1   | 908.5   | -0.321   | 1.378  |      |      |      |     |     |
| 74   | 1978    | 1097.9  | 1202.6  | -0.091   | 1.097  |      |      |      |     |     |
| 75   | 1979    |         | 871.5   |          |        |      |      |      |     |     |
| 76   | 1980    |         | 1034.7  |          |        |      |      |      |     |     |
| 77   | 1981    |         | -10.0   |          |        |      |      |      |     |     |
| 78   | 1982    |         | 768.5   |          |        |      |      |      |     |     |
| 79   | 1983    |         | 697.6   |          |        |      |      |      |     |     |
| 80   | 1984    |         | 655.9   |          |        |      |      |      |     |     |
| 81   | 1985    |         | 973.2   |          |        |      |      |      |     |     |
| 82   | 1986    |         | 1020.5  |          |        |      |      |      |     |     |
| 83   | 1987    | 929.1   | 920.0   | 0.010    | 0.990  |      |      |      |     |     |
| 84   | 1988    | 1136.0  | 1109.5  | 0.024    | 0.977  |      |      |      |     |     |
| 85   | 1989    | 936.1   | 850.0   | 0.096    | 0.908  |      |      |      |     |     |
| 86   | 1990    | 1035.2  | 860.4   | 0.185    | 0.831  |      |      |      |     |     |
|      | Date    | observ. | calcul. | Ecart    | Coeff. | -4.5 | -3.0 | -1.5 | 0.0 | 1.5 |
|      |         | Valeurs |         | correct. |        | i    | i    | i    | i   | i   |

**Figure 3.3.3**

Laboratoire d'Hydrologie BRSTOM, MONTPELLIER (France)-MVR1.4  
MVR - Méthode du Vecteur Régional

| VECTEUR ANNUEL - CRITIQUE DES STATIONS                    |           |         |                           |          |          |                    |        |      |     | Edition du 17/09/1991 à 13h07 |     |     |   |
|-----------------------------------------------------------|-----------|---------|---------------------------|----------|----------|--------------------|--------|------|-----|-------------------------------|-----|-----|---|
| 17/09/1991 à 13h07                                        |           |         |                           |          |          |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| Vecteur de référence n° 1 de la région 00001 MOYEN LOGONE |           |         |                           |          |          |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| <i>élaboré le 17/09/1991</i>                              |           |         |                           |          |          |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| Station: 1460072000                                       | PALA      | METEO   | Mode unique:              | 1058.5   |          | Amplitude:         | 0.238  |      |     |                               |     |     |   |
|                                                           |           |         | Test de proportionnalité: | 0.0715   |          | Indice de qualité: | 9.3/10 |      |     |                               |     |     |   |
| Sur la période observée                                   | 1946/1990 |         | ; 37) valeurs             |          |          | moyenne observée:  | 1034.8 |      |     |                               |     |     |   |
| Sur la période du vecteur                                 | 1946/1990 |         | 44) valeurs               |          |          | moyenne estimée:   | 1021.1 |      |     |                               |     |     |   |
| <hr/>                                                     |           |         |                           |          |          |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
|                                                           | Valeurs   |         | Coeff.                    |          | -4.5     | -3.0               | -1.5   | 0.0  | 1.5 | 3.0                           | 4.5 |     |   |
| Date                                                      | observ.   | calcul. | Ecart.                    | correct. | : .      | : .                | : .    | : .  | : . | : .                           | : . |     |   |
| 42                                                        | 1946      | 935.3   | 1153.8                    | -0.207   | 1.229    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 43                                                        | 1947      | 1156.2  | 1172.9                    | -0.014   | 1.014    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 44                                                        | 1948      | 1298.9  | 1297.9                    | 0.001    | 0.999    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 45                                                        | 1949      | 1013.7  | 969.1                     | 0.045    | 0.956    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 46                                                        | 1950      | 1187.7  | 1191.0                    | -0.003   | 1.003    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 47                                                        | 1951      | 1098.1  | 1031.2                    | 0.063    | 0.939    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 48                                                        | 1952      | 1024.6  | 1035.2                    | -0.010   | 1.010    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 49                                                        | 1953      | 1068.6  | 1047.1                    | 0.021    | 0.980    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 50                                                        | 1954      | 1043.1  | 1054.8                    | -0.011   | 1.011    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 51                                                        | 1955      | 1004.5  | 1195.1                    | -0.174   | 1.190    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 52                                                        | 1956      | 984.6   | 968.4                     | -0.006   | 1.004    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 53                                                        | 1957      | 1214.2  | 1191.4                    | 0.019    | 0.981    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 54                                                        | 1958      | 1053.3  | 968.2                     | 0.084    | 0.919    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 55                                                        | 1959      | 924.6   | 958.3                     | -0.036   | 1.036    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 56                                                        | 1960      | 1025.1  | 1177.6                    | -0.139   | 1.149    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 57                                                        | 1961      | 1181.5  | 927.5                     | 0.242    | 0.785    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 58                                                        | 1962      | 1117.1  | 1056.6                    | 0.036    | 0.946    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 59                                                        | 1963      | 1103.3  | 1105.5                    | -0.002   | 1.002    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 60                                                        | 1964      | 1043.3  | 1098.8                    | -0.052   | 1.053    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 61                                                        | 1965      | 1021.0  | 1017.0                    | 0.004    | 0.996    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 62                                                        | 1966      | 1161.3  | 1131.7                    | 0.026    | 0.975    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 63                                                        | 1967      | 853.8   | 849.8                     | 0.016    | 0.984    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 64                                                        | 1968      | 950.2   | 1003.5                    | -0.055   | 1.056    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 65                                                        | 1969      | 1124.2  | 1392.4                    | -0.214   | 1.239    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 66                                                        | 1970      | 923.2   | 1025.6                    | -0.105   | 1.111    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 67                                                        | 1971      | 998.8   | 860.0                     | 0.150    | 0.861    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 68                                                        | 1972      | 930.4   | 1046.0                    | -0.117   | 1.124    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 69                                                        | 1973      | 858.3   | 892.6                     | -0.039   | 1.040    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 70                                                        | 1974      | 1000.3  | 1019.4                    | -0.018   | 1.018    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 71                                                        | 1975      | 1209.4  | 1269.1                    | 0.006    | 1.000    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 72                                                        | 1976      | 972.1   | 989.1                     | -0.017   | 1.018    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 73                                                        | 1977      | 659.1   | 908.5                     | -0.321   | 1.378    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 74                                                        | 1978      | 1097.8  | 1202.6                    | -0.091   | 1.096    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 75                                                        | 1979      |         | B71.5                     |          |          |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 76                                                        | 1980      |         | 1034.7                    |          |          |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 77                                                        | 1981      |         | -10.0                     |          |          |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 78                                                        | 1982      |         | 788.5                     |          |          |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 79                                                        | 1983      |         | 597.6                     |          |          |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 80                                                        | 1984      |         | 655.9                     |          |          |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 81                                                        | 1985      |         | 973.2                     |          |          |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 82                                                        | 1986      |         | 1020.5                    |          |          |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 83                                                        | 1987      | 929.1   | 920.0                     | 0.010    | 0.990    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 84                                                        | 1988      | 1136.0  | 1109.5                    | 0.024    | 0.977    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 85                                                        | 1989      | 936.1   | 850.0                     | 0.096    | 0.908    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
| 86                                                        | 1990      | 1035.2  | 860.4                     | 0.185    | 0.631    |                    |        |      |     |                               |     |     |   |
|                                                           | Date      | observ. | calcul.                   | Ecart.   | correct. | I                  | I      | I    | I   | I                             | I   | I   | I |
|                                                           |           | Valeurs |                           | Coeff.   |          | -4.5               | -3.0   | -1.5 | 0.0 | 1.5                           | 3.0 | 4.5 |   |

**Figure 3.3.4**

Laboratoire d'Hydrologie ORSTOM, MONTPELLIER (France)-MVR1.4  
MVR - Méthode du Vecteur Régional

| VECTEUR ANNUEL - CRITIQUE DES STATIONS                                            |         |        |      |      |      |     |     |     |     | Edition du 17/09/1991 à 13H07 |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-------------------------------|--|--|--|
| 17/09/1991 à 13H07                                                                |         |        |      |      |      |     |     |     |     |                               |  |  |  |
| Vecteur de référence n° 1 de la région 00001 MOYEN LOGONE<br>établi le 17/09/1991 |         |        |      |      |      |     |     |     |     |                               |  |  |  |
| Station: 1460055500 LERE S/PREF                                                   |         |        |      |      |      |     |     |     |     | Absolue: 0.167                |  |  |  |
| Mode unique: 844.9                                                                |         |        |      |      |      |     |     |     |     | Indice de qualité: 8.1/10     |  |  |  |
| Test de proportionnalité: 0.1174                                                  |         |        |      |      |      |     |     |     |     | moyenne observée: 796.0       |  |  |  |
| Sur la période observée 1946/1990 ( 39) valeurs                                   |         |        |      |      |      |     |     |     |     | moyenne calculée: 814.9       |  |  |  |
| Sur la période du vecteur 1946/1990 ( 44) valeurs                                 |         |        |      |      |      |     |     |     |     |                               |  |  |  |
| <hr/>                                                                             |         |        |      |      |      |     |     |     |     |                               |  |  |  |
| Date                                                                              | Valeurs | Coeff. | -4.5 | -3.0 | -1.5 | 0.0 | 1.5 | 3.0 | 4.5 |                               |  |  |  |
| observ.                                                                           | calcul. | Ecart  | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 42 1946 841.5 920.7 -0.090 1.094                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 43 1947 792.9 936.1 -0.166 1.181                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 44 1948 1039.7 1035.8 0.004 0.996                                                 |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 45 1949 794.2 773.4 0.027 0.974                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 46 1950 1080.1 950.6 0.128 0.880                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 47 1951 702.4 823.0 -0.158 1.172                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 48 1952 652.5 826.2 -0.236 1.266                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 49 1953 881.3 835.7 0.053 0.948                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 50 1954 679.5 841.8 -0.214 1.239                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 51 1955 981.5 953.9 0.029 0.972                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 52 1956 891.4 786.9 0.122 0.885                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 53 1957 830.5 950.9 -0.135 1.145                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 54 1958 777.6 772.7 0.006 0.994                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 55 1959 837.0 764.6 0.090 0.914                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 56 1960 1062.9 939.9 0.123 0.884                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 57 1961 720.2 740.3 -0.027 1.028                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 58 1962 962.5 843.3 0.132 0.876                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 59 1963 863.9 882.4 -0.021 1.021                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 60 1964 876.9                                                                     |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 61 1965 751.0 811.7 -0.078 1.081                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 62 1966 671.6 903.2 -0.296 1.345                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 63 1967 794.6 678.3 0.158 0.654                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 64 1968 800.9                                                                     |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 65 1969 906.0 1111.3 -0.204 1.227                                                 |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 66 1970 812.8 818.5 -0.007 1.007                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 67 1971 654.7 686.4 -0.047 1.048                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 68 1972 812.1 834.8 -0.028 1.028                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 69 1973 712.4                                                                     |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 70 1974 625.0 812.8 -0.263 1.300                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 71 1975 974.7 965.0 0.010 0.990                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 72 1976 517.0 789.4 -0.423 1.527                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 73 1977 725.1                                                                     |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 74 1978 959.8                                                                     |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 75 1979 678.8 695.6 -0.024 1.025                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 76 1980 852.2 825.8 0.031 0.969                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 77 1981 -10.0                                                                     |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 78 1982 961.4 613.4 0.449 0.638                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 79 1983 657.1 556.7 0.166 0.847                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 80 1984 687.7 523.4 0.273 0.761                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 81 1985 637.7 776.7 -0.197 1.218                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 82 1986 801.7 814.5 -0.016 1.016                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 83 1987 583.9 754.3 -0.229 1.258                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 84 1988 882.5 885.5 -0.003 1.003                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 85 1989 710.8 678.4 0.047 0.954                                                   |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| 86 1990 679.1 686.7 -0.011 1.011                                                  |         |        | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| Date                                                                              | Valeurs | Coeff. | I .  | I .  | I .  | I . | I . | I . | I . |                               |  |  |  |
| observ.                                                                           | calcul. | Ecart  | -4.5 | -3.0 | -1.5 | 0.0 | 1.5 | 3.0 | 4.5 |                               |  |  |  |

**Tableau 3.3.7 - Inventaire des pluies journalières disponibles depuis l'origine des stations**

PAYS : ( 146 )

TCHAD

| CODE ORSTOM | NOM DE STATION   | ANNEES                         |
|-------------|------------------|--------------------------------|
| 00525 00    | KYABE S/PREF     | 1942-1978.                     |
| 00526 00    | KYABE C.T.       | 1949-1979.                     |
| 00530 00    | LAI S/PREFECTURE | 1946-1980.                     |
| 00531 00    | LAI ORSTOM       | 1953-1962.                     |
| 00540 00    | LARAMANAYE       | 1979-1980.                     |
| 00555 00    | LERE S/PREF      | 1946-1977,1978.                |
| 00556 00    | LERE C.T.        | 1951-1979.                     |
| 00560 00    | MANDALIA         | 1959-1961,1966-1978.           |
| 00562 00    | MANDE            | 1979-1980.                     |
| 00565 00    | MANGALME         | 1953-1954,1956-1978.           |
| 00567 00    | MANMADJIBE       | 1971-1975.                     |
| 00570 00    | MAO METEO        | 1940-1946,1949-1971,1977-1978. |
| 00585 00    | MARO             | 1952-1978.                     |
| 00590 00    | MASSAGUET        | 1960-1977,1979.                |
| 00595 00    | MASSAKORY        | 1946-1962,1967-1971,1974-1975. |
| 00600 00    | MASSALASSEF      | 1959-1967.                     |
| 00605 00    | MASSENYA         | 1946-1956,1958-1973,1976.      |
| 00615 00    | MELFI S/PREF     | 1946-1978.                     |
| 00620 00    | MIGOU            | 1953-1958.                     |
| 00630 00    | MOISSALA S/PREF  | 1936-1978.                     |
| 00631 00    | MOISSALA C.T.    | 1950-1980.                     |
| 00635 00    | MOITO            | 1959-1969,1972-1977.           |
| 00645 00    | MONBAROUA C.T.   | 1950-1965.                     |
| 00650 00    | MONGO            | 1949-1978.                     |
| 00655 00    | MOUKOULOU        | 1959-1976.                     |
| 00658 00    | MONKARA          | 1971.                          |
| 00660 00    | MOUNDOU METEO    | 1931-1978.                     |
| 00665 00    | MOUNDOU C.T.     | 1949-1978.                     |
| 00670 00    | MOURRAYE         | 1963-1967.                     |
| 00675 00    | MOUSSA-FOYO      | 1953-1978.                     |
| 00680 00    | MOUSSORO         | 1946-1978.                     |
| 00685 00    | NDJAMENA ORSTOM  | 1966-1974.                     |
| 00695 00    | N'GAMA           | 1959-1965.                     |
| 00700 00    | N'GOURI          | 1957-1978.                     |
| 00705 00    | ONOKO C.T.       | 1956-1958,1962-1978.           |
| 00710 00    | OUM HADJER       | 1951,1953-1978.                |
| 00715 00    | OUNIANGA         | 1953-1968.                     |
| 00720 00    | PALA METEO       | 1946-1978.                     |
| 00721 00    | PALA C.T.        | 1946,1949,1951-1953,1955-1980. |
| 00725 00    | PANDZANGUE C.T.  | 1939-1943,1945-1978,1980.      |
| 00760 00    | TALIA            | 1959-1978.                     |
| 00765 00    | TAPOL            | 1954-1955,1959-1961,1964-1965. |
| 00770 00    | TIKEM IRCT       | 1943-1978.                     |
| 00775 00    | TORROCK          | 1964-1977.                     |
| 00778 00    | TOURBA           | 1966,1970-1977.                |

Tableau 3.3.7 (suite)

PAYS : ( 146 )

TCHAD

| CODE ORSTOM | NOM DE STATION               | ANNEES                                        |
|-------------|------------------------------|-----------------------------------------------|
| 00001 00    | N'DJAMENA AEROPORT (FT LAMY) | 1904-1914,1931-1978.                          |
| 00005 00    | ABECHE                       | 1932,1935-1978.                               |
| 00010 00-   | ABOUDIA                      | 1951-1978.                                    |
| 00015 00    | ABOUGOUDAM                   | 1952-1958.                                    |
| 00020 00    | ABOULELA                     | 1955-1958.                                    |
| 00025 00    | ABTOUYOUR                    | 1957-1968.                                    |
| 00030 00    | ADRE                         | 1951-1978.                                    |
| 00040 00    | AM DAM                       | 1951-1975.                                    |
| 00045 00    | AM - HABILE                  | 1963-1967.                                    |
| 00050 00    | AM TIMAN METEO               | 1945-1979.                                    |
| 00051 00    | AM TIMAN C.T.                | 1957-1958,1962-1972,1974-1975.                |
| 00055 00    | AM ZOER                      | 1964-1978.                                    |
| 00070 00    | ARADA                        | 1952,1954-1957,1962-1969,1971-1977.           |
| 00075 00    | ATI                          | 1936-1978.                                    |
| 00085 00    | BADGE                        | 1964-1978.                                    |
| 00095 00    | BAIBOKOUM                    | 1946-1980.                                    |
| 00100 00    | BA ILLI                      | 1948-1978,1980.                               |
| 00118 00    | BANDARO                      | 1969-1977.                                    |
| 00125 00    | BARDAI                       | 1956-1968.                                    |
| 00130 00    | BARO                         | 1951-1953,1955-1978.                          |
| 00131 00    | BARA                         | 1969-1977.                                    |
| 00135 00    | BEBEIDJIA IRCT               | 1940-1980.                                    |
| 00145 00    | BEBOTO                       | 1957-1962.                                    |
| 00160 00    | BEINAMAR C.T.                | 1951-1979.                                    |
| 00165 00    | BEKAMBA FERME                | 1951-1979.                                    |
| 00170 00    | BEKAN                        | 1960-1961,1964,1966-1978.                     |
| 00175 00    | BEKAO                        | 1951-1961,1965-1978.                          |
| 00180 00    | BEKOUREU                     | 1971-1978.                                    |
| 00190 00    | BENOYE                       | 1957-1965,1971-1977.                          |
| 00195 00    | BERE                         | 1961-1980.                                    |
| 00202 00    | BESSADA                      | 1968-1977.                                    |
| 00210 00    | BILIAM OURSY                 | 1954-1978.                                    |
| 00215 00    | BILTINE                      | 1951-1967,1969-1977.                          |
| 00217 00    | BINDER                       | 1970-1977.                                    |
| 00225 00    | BITKINE                      | 1952-1978.                                    |
| 00230 00    | BOKORO                       | 1946-1978.                                    |
| 00235 00    | BOL puis BOL BERIM           | 1908,1913-1919,1932-1933,1938-1940,1946-1978. |
| 00240 00    | BOL DUNE                     | 1970.                                         |
| 00241 00    | BOL MATAFO (METEO.NATIONALE) | 1976-1978,1980.                               |
| 00242 00    | BOL MATAFO (ORSTOM)          | 1966-1977.                                    |
| 00245 00    | BONGOR PREF                  | 1935-1943,1945-1947,1953-1961,1963-1980.      |
| 00255 00    | BONGOR C.T.                  | 1944,1946,1949-1979.                          |
| 00265 00    | BOUMO                        | 1953,1955-1963.                               |
| 00270 00    | BOUSSO METEO                 | 1943-1978.                                    |
| 00271 00    | BOUSSO C.T.                  | 1957-1959,1965-1978.                          |

Tableau 3.3.7 (suite)

PAYS : ( 146 )

TCHAD

| CODE ORSTOM | NOM DE STATION              | ANNEES                         |
|-------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 00275 00    | DADOUAR                     | 1959-1978,1980.                |
| 00280 00    | DAGUELA                     | 1960-1968.                     |
| 00285 00    | DELI                        | 1951-1978.                     |
| 00290 00    | DERESSIA                    | 1974-1975,1978-1979.           |
| 00300 00    | DILBINI                     | 1957-1968.                     |
| 00310 00    | DJEDDAH                     | 1952-1978.                     |
| 00330 00    | DOBA PREF                   | 1946-1978.                     |
| 00331 00    | DOBA C.T.                   | 1947-1980.                     |
| 00335 00    | DOHER C.T.                  | 1949-1978.                     |
| 00340 00    | DOLOUGOU                    | 1957-1961.                     |
| 00345 00    | DONIA                       | 1954-1955,1957-1978.           |
| 00350 00    | DONOMANGA                   | 1954-1978.                     |
| 00355 00    | DOUGUI FERME                | 1975.                          |
| 00362 00    | DOURBALI                    | 1970-1978.                     |
| 00370 00    | FADA                        | 1934-1978.                     |
| 00375 00    | FAYA LARGEAU                | 1933-1978.                     |
| 00380 00    | FIANGA S/PREF               | 1950-1977.                     |
| 00381 00    | FIANGA C.T.                 | 1946,1949-1977,1979.           |
| 00382 00    | FIANGA CFP                  | 1973-1978.                     |
| 00385 00    | SARH METEO (FT ARCHAMBAULT) | 1931-1932,1938-1978.           |
| 00386 00    | SARH C.T. (FT ARCHAMBAULT)  | 1940-1941,1954-1980.           |
| 00400 00    | GAGAL C.T.                  | 1949-1964,1969-1977.           |
| 00410 00    | GORE C.T.                   | 1949-1979.                     |
| 00415 00    | GOUNDI                      | 1954-1978.                     |
| 00425 00    | GOUNOU GAYA C.T.            | 1950-1978.                     |
| 00430 00    | GOZ BEIDA                   | 1947-1972,1974-1978.           |
| 00435 00    | GUELENDENG                  | 1952-1977,1979-1980.           |
| 00440 00    | GUEREDA                     | 1952-1964,1969-1977.           |
| 00445 00    | GUIDARI C.T.                | 1949-1979.                     |
| 00450 00    | GUYAO                       | 1953-1958.                     |
| 00455 00    | HARAZE DJOMBO               | 1953,1956-1962.                |
| 00460 00    | HARAZE MANGUEIGNE           | 1952-1978.                     |
| 00470 00    | IRIBA                       | 1955-1958,1961-1978.           |
| 00472 00    | KAGA PALPAYE                | 1973-1980.                     |
| 00475 00    | KAIROUAL FERME              | 1952-1953,1955-1959,1961-1978. |
| 00480 00    | KARAL                       | 1970-1977,1979.                |
| 00490 00    | KELO S/PREF                 | 1946-1977,1979-1980.           |
| 00491 00    | KELO C.T.                   | 1949-1980.                     |
| 00500 00    | KOKABRI C.T.                | 1950-1979.                     |
| 00505 00    | KORO TORO                   | 1944-1946,1952-1970.           |
| 00510 00    | KOUKOU - ANGARANA           | 1964-1969.                     |
| 00520 00    | KOUMRA S/PREF               | 1946-1977.                     |
| 00521 00    | KOUMRA C.T.                 | 1949,1951-1979.                |
| 00523 00    | KOUNDOUL                    | 1968-1973.                     |
| 00524 00    | KRIM KRIM                   | 1970-1978.                     |

Tableau 3.3.7 (suite)

PAYS : ( 146 )

TCHAD

| CODE ORSTOM | NOM DE STATION | ANNEES                         |
|-------------|----------------|--------------------------------|
| 00795 00    | YAO            | 1952-1962,1964-1971,1973-1977. |
| 00805 00    | YOUÉ FERME     | 1952-1969.                     |
| 00810 00-   | ZOUAR          | 1944-1970.                     |

## **CHAPITRE 4**

### **EAUX SUPERFICIELLES**

#### **4.1      Organisation et gestion**

L'hydrologie de surface au TCHAD a été confiée au SERVICE HYDROLOGIQUE de la Direction des RESSOURCES EN EAU et de la METEOROLOGIE (D.R.E.M.) récemment (octobre 1990) placée sous la tutelle du Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eaux.

D'autres organismes ou projets nationaux ou régionaux interviennent également dans ce domaine de manière plus sectorielle.

##### **4.1.1    Service hydrologique**

###### **4.1.1.1    Historique**

C'est au début des années cinquante, que le réseau hydrométrique du Tchad fut installé par l'ORSTOM qui l'exploita jusqu'en 1979.

Créé en 1975 au sein du Bureau de l'Eau, le Service Hydrologique National ne commença à être opérationnel qu'à partir de 1978.

Par contrat passé entre l'OMM et l'ORSTOM, cet organisme devait progressivement transférer la gestion du réseau au Service Hydrologique national.

Ce transfert qui devait être achevé en 1980 fut interrompu en 1979 par les événements (guerre civile).

De 1979 à 1982, il y eu interruption quasi totale des observations et mesures sur le réseau, lui même, au trois-quart, partiellement ou totalement détruit.

Après retour à une situation plus calme, le Service Hydrologique (S.H) entama dès 1982 la réhabilitation du réseau, la reprise des observations et mesures et la reconstitution du fichier hydrométrique.

Les attributions de la D.R.E.M., fixées par un arrêté ministériel (N° 085/318/MADR/DG/87) sont, concernant l'hydrologie, assez peu précises.

Par note interne, les attributions du Service Hydrologique ont été fixées, principalement :

- Inventaire de tous les points d'eau superficiels

- Etude des régimes hydrologiques des cours d'eau et réservoirs
- Analyse physico-chimique des eaux de surface
- Collecte, traitement et analyse de toutes les informations relatives aux eaux de surface "

Pour rendre opérationnel ce service, réhabiliter le réseau et reconstituer le fichier des données, le gouvernement Tchadien a demandé et obtenu l'aide de l'organisation Météorologique Mondiale (OMM, projet AGRHYMET).

Ce fut l'objet de quatre projets OMM successifs (RAF/74/073, CHD/76/008, CHD/83/011, CHD/87/013/A/01/16) qui concernent l'ensemble des activités de la D.R.E.M.

Ces projets ont permis d'assurer la formation initiale et continue du personnel du Service, la réhabilitation partielle du réseau et la mise en place d'une banque informatisée de données hydrologiques.

#### **4.1.1.2 Situation actuelle du service hydrologique**

Le service Hydrologique (S.H) dépend de la Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie (DREM) du Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eaux (MMERE).

Il dispose d'un bureau de fonction pour le chef de service dans le bâtiment de la Direction, d'un bâtiment à N'DJAMENA, à la D.R.E.M., qui regroupe les bureaux des Etudes et Publications et ceux des brigades et partage avec les autres services de la D.R.E.M. la salle d'informatique, le magasin et l'atelier.

Il dispose également, hors de N'DJAMENA, de trois bâtiments pour les activités sur le terrain des brigades, à MOUNDOU, SARH et ATI.

Le service est composé, sous l'autorité d'un chef de service (qui s'appuie sur le secrétariat de la D.R.E.M., de deux bureaux :

- Un bureau "HYDROMETRIE" chargé de la gestion du réseau hydrométrique, à savoir :
  - . l'installation et la maintenance des stations
  - . l'entretien du matériel de mesure
  - . la réalisation des mesures de débit
  - . la réception et l'archivage des données brutes

- Le bureau est subdivisé en quatre brigades :
  - . la brigade de N'DJAMENA (un ingénieur classe II) qui surveille le réseau du lac TCHAD, du LOGONE en aval de KIM, du CHARI en aval de BOUSSO (CHARI-BAGUIRMI) et du MAYO KEBBI
  - . la brigade de MOUNDOU (deux TS III) qui surveille le réseau du LOGONE en amont de BONGOR, la TANDJILE et le MAYO KEBBI
  - . la brigade de SARH (deux TS III) qui surveille le réseau du CHARI en amont de GUELENDENG
  - . la brigade d'ATI (un ingénieur classe I, un TS III) qui gère le réseau des cours d'eau sahéliens du Centre et de l'Est et des cours d'eau des zones désertiques au Nord (BA THA, BORKOU - ENNEDI - TIBESTI, GUERA, OUADAI, BILTINE).

Les brigades bénéficient, pour les tournées sur le terrain, de l'appui de chauffeurs et manœuvres de la D.R.E.M.

- Un bureau "ETUDES & PUBLICATIONS" chargé d'appuyer les brigades dans le dépouillement et l'exploitation des données brutes, de la saisie et du traitement informatique des données de base, du contrôle et de la validation des données, de l'établissement et de la mise à jour des courbes d'étalonnage, du calcul et de la diffusion des données élaborées sous la forme de bulletins et d'annuaires.

Il a également pour vocation de réaliser ou participer à des études hydrologiques générales ou particulières (projets d'aménagements).

Le bureau est constitué actuellement de trois ingénieurs classe II.

#### **4.1.2 Autres organisations**

##### **4.1.2.1 Projet S.N.V**

Le programme SNV est un projet de la coopération néerlandaise.

Il a pour objectif la mise en valeur des pâturages du BA THA. Ce projet implique une étude hydrologique du bassin versant du BA THA et du lac FITRI.

Cette étude est menée en commun avec la D.R.E.M. (brigade d'ATI). Il est envisagé d'utiliser les moyens de la télédétection (suivi de l'évolution de la végétation par image NOAA) avec contrôle sur le terrain des informations.

#### **4.1.2.2 Projet C.B.L.T (Commission du bassin du lac TCHAD)**

La commission du bassin du lac TCHAD a pour objectif la mise en valeur du bassin dit "conventionnel" du lac.

Dans ce cadre, un projet spécifique de "Planification et Gestion des ressources en eau du bassin" est actuellement en cours d'exécution (PNUD/RAF/88/029 1990-1993). Le projet (en cours de discussion) prévoit un soutien financier à la D.R.E.M. pour assurer le fonctionnement de 16 stations hydrométriques prioritaires, ainsi qu'un renforcement en matériel.

La C.B.L.T. n'effectue aucune observation mais utilise les données acquises par le Service Hydrologique de la D.R.E.M., possède sa propre banque informatisée et développe un programme de suivi par télédétection. Le projet prévoit également l'élaboration d'un modèle mathématique sur le régime des eaux de surface (objectif de gestion).

#### **4.1.2.3 Projet O.C.P / O.M.S**

Le programme OCP (Onchocerciasis Control Program) est un projet de l'OMS.

Il a pour objectif de contrôler l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. Cette maladie débilitante est due à la prolifération dans le corps humain de microfilaires qui, au stade final, peuvent envahir le globe oculaire et provoquer ainsi la cécité.

La maladie est transmise par une petite mouche (*Simulium damnosum*) qui se développe à l'état larvaire dans les zones à courant rapide des rivières.

Si la découverte récente d'un traitement curatif de la maladie permet de stopper son évolution, la présence de gîtes de simulies dans les régions habitées est extrêmement gênante pour les activités humaines.

Au TCHAD, les régions de la LIM et du NYA sont particulièrement affectées à la suite des modifications des régimes hydrauliques entraînées par la construction du barrage du NYA.

L'OCP prévoit de baser la lutte anti-simulie sur l'épandage de produits insecticides dans les cours d'eau concernés.

Ceci implique la mise en place d'un réseau spécifique d'échelles limnimétriques étalonnées en débit afin de faciliter le dosage des insecticides. L'opération devrait être confiée au Service Hydrologique de la D.R.E.M.

#### **4.1.2.4 OMVSD**

L'office de mise en valeur du SETEGUI - DERESSIA assure la gestion d'un projet de périmètres agricoles de 10 000 ha irrigués à partir des crues du LOGONE.

En raison de la période actuelle de sécheresse (affaiblissement des crues), de modifications de la géométrie du lit du fleuve au droit des ouvrages de prise et de difficultés de gestion, une superficie de 1 500 ha seulement est actuellement en exploitation.

L'office effectue quelques observations sur les débordements dans la zone des casiers rizicoles (qui ne sont pas intégrées dans la base de données hydrométriques).

L'office souhaiterait une actualisation des connaissances sur le régime du LOGONE et la topographie du lit dans la région des périmètres.

#### **4.1.2.5 SONASUT**

La Société National Sucrerie du Tchad, pour ses besoins propres d'information, exploite en commun avec la D.R.E.M., une station limnigraphique étalonnée en basses et moyenne eaux sur le CHARI.

#### **4.1.2.6 GTZ**

Cet organisme de la coopération allemande gère un projet d'aménagement des OUADDAYS (région de BILTINE). Ce projet implique, l'obtention de données hydrologiques pour la lutte contre l'érosion, la protection des berges, la protection des surfaces cultivées et l'irrigation par des méthodes traditionnelles.

L'organisme exploite deux limnigraphes et a des besoins de données sur l'érodibilité et la chaîne érosion-transports-sédimentation.

#### **4.1.2.7 AFRICARE**

Le projet a mis en place quelques limnigraphes dans le OUADDAY.

Outre les organismes ou projets cités ci-dessus, qui effectue ou participe aux observations hydrométriques, un certain nombre de projets implique des besoins en données hydrométriques. Ces projets seront inventoriés au paragraphe 6.1.

### **4.1.3 Personnel et formation**

Le personnel du Service Hydrologique présente les effectifs suivants:

- En 1978            Trois Techniciens
- En 1985            Huit Techniciens

- En 1990 six ingénieurs et cinq techniciens (plus deux en cours de formation à NIAMEY-Centre AGRHYMET)

La répartition de ce personnel est présentée dans l'organigramme du Service Hydrologique (Figure 4.1.1).

Dans le cadre du projet AGRHYMET, la D.R.E.M. a bénéficié jusqu'en 1987, du soutien d'un expert OMM qui jouait le rôle de conseiller auprès du directeur de la D.R.E.M.

Depuis 1991, le SH bénéficie, ainsi que les autres services de la D.R.E.M. du soutien d'un ingénieur informaticien formé aux Etats-Unis.

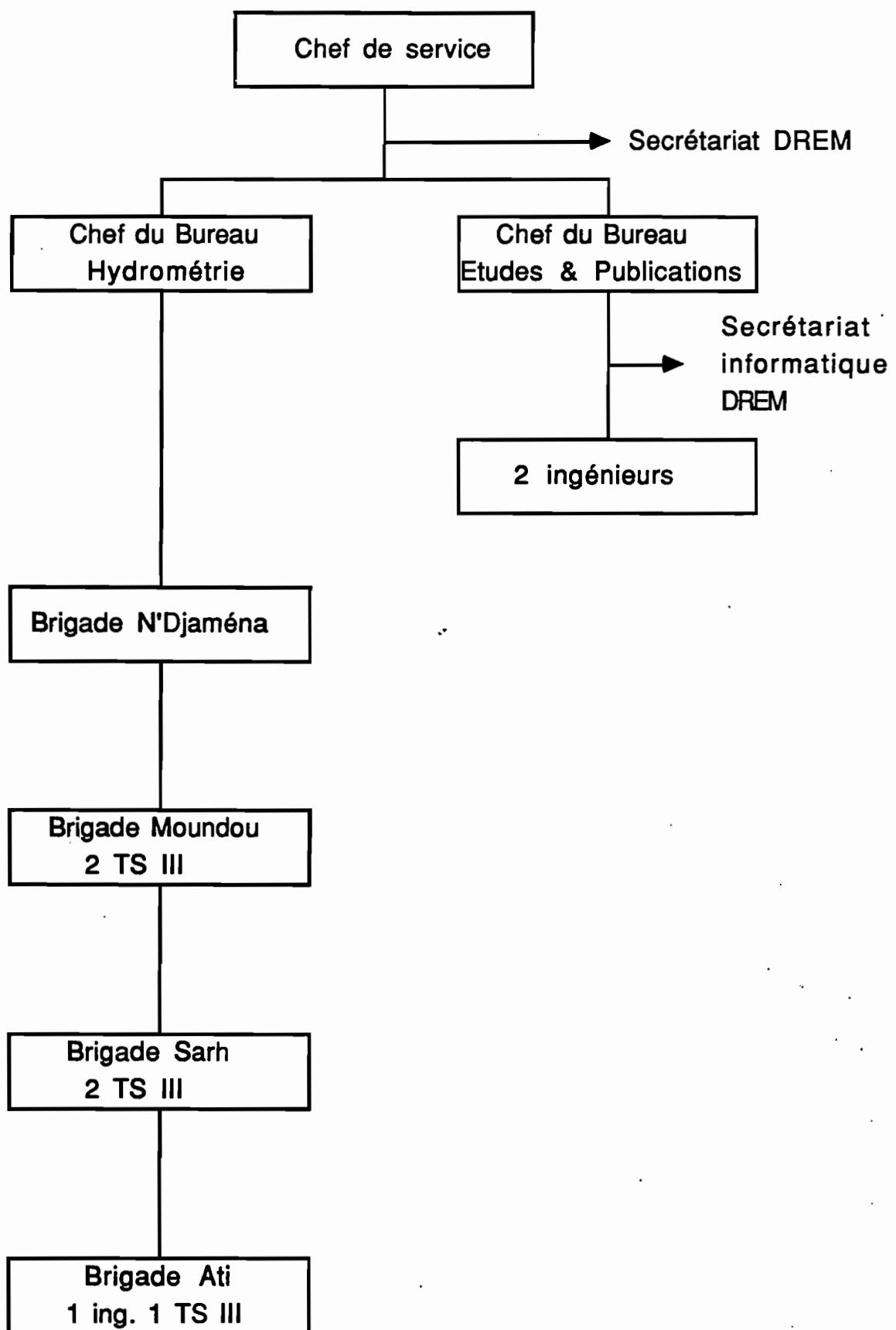
#### 4.1.3.1 Formation de base

Le niveau de formation des personnels identifiés sur l'organigramme du S.H. est le suivant :

- . **Chef de service** : Deux années de formation Technicien Supérieur (TS III) et deux années de formation Ingénieur d'application (I II) au Centre AGRHYMET / OMM de NIAMEY.  
Expérience professionnelle de 10 ans.
- . **Chef du bureau "HYDROMETRIE"** : Deux années TS III + deux années I II (AGRHYMET) complété par une année en spécialisation Hydraulique Agricole à l'EIER de OUAGADOUGOU.  
Expérience professionnelle de 11 ans.
- . **Chef du bureau "ETUDES & PUBLICATIONS"** : Deux années TS III (AGRHYMET) + deux années D.U.E (Université des Sciences et Techniques du Languedoc et ORSTOM Montpellier).  
Expérience professionnelle de 13 ans.
- . **Ingénieur "ETUDES & PUBLICATIONS"** : Deux années TS III (AGRHYMET) + une année spécialisation en mobilisation des ressources en eau (IER Ouagadougou) + deux années I II (AGRHYMET).  
Expérience professionnelle de 7 ans.
- . **Ingénieur "ETUDES & PUBLICATIONS"** : Deux années TS III + deux années I II (AGRHYMET).  
Expérience professionnelle de 6 ans.
- . **Ingénieur responsable de la brigade d'ATI et des études sur le BA THA** : niveau Ingénieur classe I après cinq années de formation à l'Institut d'Hydrométéorologie d'ODESSA.
- . **Techniciens supérieurs en hydrométrie (5) des brigades** : Deux années de formation TS III (AGRHYMET).

Figure 4.1.1

**Organigramme du Service Météorologique**



Deux techniciens supérieurs en cours de formation au centre AGRHYMET de NIAMEY devraient rejoindre le service en 1992.

#### **4.1.3.2 Formation continue**

Outre une auto-formation "sur le tas" encadrée par les ingénieurs formés à AGRHYMET ou en FRANCE, les ingénieurs et techniciens supérieurs du service ont pu suivre un stage de quinze jours sur l'utilisation du logiciel HYDROM de l'ORSTOM effectué à N'DJAMENA avec l'assistance d'un expert de l'ORSTOM Montpellier.

Plusieurs personnes du Service ont également pu suivre des sessions de formation à l'étranger :

- Un ingénieur (I II), un stage de formation de formateurs de deux mois
- Un ingénieur (I II), un stage de plusieurs mois en instrumentation hydrométrique
- Un ingénieur (I II), un stage logiciel HYDROM de trois semaines
- Un ingénieur (I II), un stage en hydrologie opérationnelle des petits bassins versants de deux semaines
- Un ingénieur (I II), un stage de maintenance de micro-ordinateur de deux semaines

Tous ces stages ont été effectués au Centre AGRHYMET de NIAMEY.

#### **4.1.4 Budget ( Hors personnel titulaire )**

Le budget de fonctionnement et investissement du Service Hydrologique est indifférencié dans le cadre du budget global de la D.R.E.M.

Le Directeur (D.R.E.M) assure la gestion de ce budget et alloue les crédits nécessaires au service hydrologique en fonction des dépenses prévues (achat de matériel, exécution des tournées et fonctionnement général du service).

Le budget global de la DREM a été présenté ci-dessus (cf. 3.1.4.).

Nous présentons ici simplement une estimation prévisionnelle du budget du Service Hydrologique effectuée par ce service :

Les dépenses globales s'élèveraient à 15 160 400 F CFA dont :

- Frais de fonctionnement des brigades 10 144 400 F CFA
- Frais de fonctionnement des bureaux 1 200 000 F CFA
- Indemnités des observateurs (53) 3 816 000 F CFA

**Tableau 4.1.1 - Frais de fonctionnement des brigades**

|                             |                          |
|-----------------------------|--------------------------|
| Temps terrain               | 52 H/Mois ou 318 H/Jours |
| Kilométrage                 | 37 600 km                |
| Indemnités des agents       | 5 289 000 F CFA          |
| Carburant                   | 2 581 600 F CFA          |
| Entretien et Fonctionnement | 2 274 000 F CFA          |
| Total                       | 10 144 400 F CFA         |

**Nota :** Le budget "entretien et fonctionnement" comprend l'achat des petits matériels de réfection du réseau (fers, ciment, etc...), de papeterie, produits pharmaceutiques et divers, ainsi que les frais divers d'entretien des matériels, frais postaux, main d'oeuvre occasionnelle etc...

#### **4.1.4.1 Commentaires**

- . Jusqu'en 1990, le budget de fonctionnement et d'investissement est généralement satisfaisant en masse annuelle et permet au Service Hydrologique d'assurer correctement ses fonctions. Il faut cependant noter certaines difficultés dans la mise en place des tranches budgétaires qui n'est pas toujours effectuée en temps utile et perturbe l'organisation des tournées sur le terrain.
  - . Pour l'année 1991, les reliquats de crédits du projet AGRHYMET (environ 10 millions de F CFA) sont insuffisants. Ils sont destinés en priorité à la formation de techniciens de classe IV (une cinquantaine) et au règlement des indemnités d'observateurs. Les observations sur les stations seront effectuées mais un nombre très limité de tournées de contrôle et mesures pourra être assuré. Ceci, du moins, si ne se concrétise par le projet CBLT qui permettra d'assurer la surveillance d'une quinzaine de stations hydrométriques essentielles.
  - . La dotation budgétaire de l'Etat est très insuffisante. Elle ne permet que d'assurer les dépenses générales de fonctionnement de la DREM (Eau, électricité, petites dépenses de fonctionnement, papeterie et petit matériel divers,...).
- La rémunération des observateurs reste à la charge du projet OMM. Des discussions sont en cours pour donner un statut aux observateurs ce qui permettrait leur prise en charge par l'Etat. Il est à craindre cependant, que dans ce cas, le service hydrologique, ne pouvant rémunérer directement les observateurs au service fait, perdre le contrôle effectif des lectures.

. Le fonctionnement du service hydrologique, comme de la DREM dans son ensemble, dépend étroitement des concours extérieurs pour le financement. Il paraît peu réaliste, dans la situation financière actuelle, d'attendre un renforcement significatif de la dotation budgétaire de l'état Tchadien.

. Il serait très souhaitable que le budget du service hydrologique, tout en restant sous le contrôle du directeur de la DREM, soit clairement identifié et arrêté en début d'exercice afin de faciliter l'organisation des activités de ce service.

## **4.2        Données hydrologiques**

### **4.2.1      Réseau hydrométrique**

#### **4.2.1.1     Historique**

Les premières observations sur les régimes hydrologiques du bassin du Tchad furent effectuées dès le début du siècle (Mission TILHO, travaux publics).

A partir de 1948, la commission Scientifique du Logone et du Tchad (appuyée par l'ORSTOM), puis l'ORSTOM développèrent le réseau hydrométrique qui fut suivi jusqu'en 1979. Les graves événements que connut le pays entre 1979 et 1982 furent la cause d'une interruption brutale des observations pendant près de quatre ans. Puis à partir de 1982, et avec l'appui de l'OMM, fut opérée la reconstruction du réseau permanent.

On peut ainsi schématiquement distinguer 4 périodes :

#### **-        Avant 1948 : PREMIERES OBSERVATIONS**

La première échelle limnimétrique fut installée à LAI sur le LOGONE en 1903, suivie par l'échelle de FORT-LAMY (N'DJAMENA) en 1906, BOL sur le lac TCHAD en 1908, probablement DOBA sur la PENDE (1917) puis peu de temps avant le second conflit mondial, une seconde station à FORT-LAMY (1932-1938), une troisième (1936-1949), les échelles de MOUNDOU et d'ERE sur le LOGONE (1935), de FORT ARCHAMBAULT (SARH) et BOUSSO sur le CHARI (1938).

La plupart des observations sur ces stations sont perdues ou difficilement utilisables, faute d'avoir pu recalier les anciennes échelles. Cependant les observations effectuées depuis 1935 à MOUNDOU et 1932 à FORT-LAMY ont pu être utilisées.

#### **-        1948 - 1979 : MISE EN PLACE DU RESEAU**

En 1948 commençaient les travaux de la Commission Scientifique du LOGONE et du TCHAD (CSLT), appuyée par l'ORSTOM et relayée par cet organisme à partir de 1959.

C'est de cette période que date le premier réseau dense et organisé sur la partie active du bassin tchadien. Plus d'une centaine de stations hydrométriques furent installées dont 63 ont eu une période d'observation supérieure à 10 années. La consistance du réseau à trois dates caractéristiques de la période était la suivante :

|      |    |          |
|------|----|----------|
| 1955 | 60 | stations |
| 1965 | 64 | stations |
| 1975 | 55 | stations |

Le réseau couvrait les bassins du LOGONE et du CHARI, celui du MAYO KEBBI et le lac TCHAD. Outre les observations classiques de hauteurs et débits effectuées sur ces stations, de très nombreuses observations ont été effectuées sur les plaines d'inondation du LOGONE et du CHARI ainsi que des mesures de transports solides et de composition physico-chimique des eaux de surface.

Dans les régions sahéliennes et désertiques du TCHAD, au nord du 14<sup>ème</sup> parallèle, des campagnes de mesures furent effectuées en saison des pluies :

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| TIBESTI (bassin du ZOUMI)         | 1959-1960 |
| Bassin du BARLO                   | 1959      |
| Bassin d'ABOU GOULEM              | 1958-1959 |
| ENNEDI et plaine du MORTCHA       | 1957-1959 |
| BA THA et ouaddis du nord         | 1956-1959 |
| Ouaddi ENNE                       | 1962      |
| Bassin de BAM-BAM (GUERA)         | 1963-1967 |
| Ouaddis KADJEMEUR, SOFOYA et FERA | 1965-1967 |

Les résultats de ces observations furent consignés dans de nombreux rapports et notes qui figuraient au centre de documentation de l'ORSTOM à FORT-LAMY (N'DJAMENA) et dont la plupart sont encore disponibles au Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à MONTPELLIER.

Citons parmi les importantes analyses, les publications suivantes :

- **La MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU LOGONE** en sept tomes de B. BILLON, A. BOUCHARDEAU, S. PIEYNS, C. RIOU, M. ROCHE et J. RODIER publié par l'ORSTOM en 1967-1968
- **La MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU LAC TCHAD** de P. TOUCHEBEUF de LUSSIGNY et alias, publiée par l'ORSTOM en 1969
- **Le BASSIN DU FLEUVE CHARI**, de B. BILLON, J. GUISCAFFRE, J. HERBAUD et G. OBERLIN publié par l'ORSTOM (Monographie hydrologique n° 2) en 1974

**TRACAGE NATUREL SALIN ET ISOTOPIQUE DES EAUX DU SYSTEME HYDROLOGIQUE  
DU LAC TCHAD de M.A. ROCHE publié par l'ORSTOM en 1980**

A partir de 1977, l'ORSTOM commença à transférer la gestion du réseau hydrométrique au jeune service hydrologique tchadien (contrat OMM/ORSTOM). L'opération devait se terminer en 1980 mais la guerre civile qui se déclencha en 1979 mit fin brutalement à ce transfert.

**- 1979 - 1982 : DESTRUCTION DU RESEAU**

Pendant plus de trois ans, les activités des services publics tchadiens furent paralysées et en particulier, les observations et mesures sur les réseaux hydrométriques. Abandonnés à eux-même, après le départ de l'ORSTOM en 1979, les observateurs cessèrent peu à peu leurs activités et les installations furent pour la plupart détruites.

**- 1982 - 1990 : LA RECONSTRUCTION DU RESEAU**

Quand, avec le retour à une situation plus calme, purent redémarrer les activités hydrologiques, le service hydrologique Tchadien se trouva devant une situation très difficile : Réseau détruit ne laissant subsister que quelques éléments disparus (quelques bornes, quelques éléments de support) pour plus de la moitié des stations ou même totalement disparu pour un autre quart, disparition totale des archives primaires après le pillage du Centre ORSTOM.

Le service, avec l'appui de l'OMM, se mit courageusement au travail et en quelques années put reconstituer l'essentiel du réseau. En 1990, cinquante-cinq stations (48 sur les cours d'eau, 7 sur les lacs ou delta) étaient en activité dont huit nouvelles stations. Pour la plupart des stations le rattachement aux anciennes échelles n'a pu être effectué approximativement qu'en comparant les courbes d'étalonnage des sections réputées stables.

Si les archives primaires ont presque totalement disparu, les données élaborées ayant été utilisées pour les monographies existaient heureusement en sauvegarde et pour la plupart informatisées, dans la banque de données du Laboratoire d'Hydrologie du Centre ORSTOM de MONTPELLIER.

## **CONCLUSION**

L'historique que nous venons de faire, facilite la lecture des tableaux 4.2.1 et 4.2.2, où sont listés les sites de stations en service au 31/12/1990 et les sites de celles qui furent abandonnées en 1979 par suite des événements, ou antérieurement à cette date pour différentes raisons (difficultés d'accès, mauvaises conditions hydrauliques, insécurité ou stations temporaires).

Les cartes 4.2.1 et 4.2.2 présentent la situation géographique du réseau hydrométrique actuel et celle des stations fermées.

Dans les listes des stations hydrométriques, on trouvera portés les renseignements suivants :

- . le numéro de la station selon la codification adoptée par l'ORSTOM; (à noter que des numéros de codification OMM sont également attribués à ces stations. Une liste de correspondance a été établie par le SH)
- . les noms du cours d'eau et de la station ;
- . les coordonnées géographiques du site ;
- . la superficie du bassin contrôlé (quand elle a été déterminée)
- . le TYPE de la station selon de code suivant :
  - S = ouvrage (déversoir par exemple)
  - C = canal à ciel ouvert
  - D = barrage
  - R = aucun aménagement
  - L = lagunes, lac ou delta (stations limnimétriques)
- . l'équipement (EQUIP) selon le code suivant :
  - 1 = échelle limnimétrique seulement
  - 2 = limnigraphie seulement
  - 3 = échelle limnimétrique et limnigraphie
- . la présence (O) ou l'absence (N) d'observateur ;
- . les années d'ouverture et de fermeture de la station ;
- . la gamme des débits mesurés (DEBIT) selon le code suivant :
  - 1 = débits d'étiage uniquement,
  - 2 = gamme complète de débits ;
- . le statut de l'étalonnage (ETAL) selon le code suivant :
  - 1 = stable,
  - 2 = instable,
  - 3 = affecté par le remous ou la marée,
  - 4 = combine 2 et 3

Nous n'avons pas indiqué ici la période approximative du retour du maximum jaugé, les statistiques effectuées à ce jour ne portant que sur la période dite "humide" antérieure à 1970 et, n'ayant pas pris en compte la récente période déficitaire (1970-1990), sans signification.

Indiquons seulement que, pour la grande majorité des stations, les courbes d'étalonnage ont du être très fortement extrapolée par des méthodes classiques, pour les plus hautes eaux.

Au chapitre 4.2.7, un tableau présentera l'inventaire des lacunes d'observations.

**Tableau 4.2.1 - Inventaire des stations hydrométriques en service**

au 31/12/1990

**\* BASSIN DU CHARI**

| NUMERO |           | RIVIERE       | STATION      | Lati-tude<br>DD.MM | Longi-tude<br>DD.MM | Surface<br>du B.V<br>KM <sup>2</sup> | T<br>Y<br>P<br>E | E<br>Q<br>U<br>I<br>P | O<br>B<br>S | Début | Fin | Dé-bit | Etal |
|--------|-----------|---------------|--------------|--------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------------|-------------|-------|-----|--------|------|
| 146    | 0 200 121 | CHARI         | N'DJAMENA TP | 12.07              | 15.02               | 600 000                              | R                | 1                     | 0           | 1953  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 200 112 | CHARI         | DJIMTILO     | 12.50              | 14.34               |                                      | L                | 1                     | 0           | 1953  |     |        |      |
| 146    | 0 200 109 | CHARI         | CHAGOUA      | 12.05              | 15.05               | 510 000                              | R                | 1                     | 0           | 1954  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 200 133 | CHARI         | MAILAO       | 11.35              | 15.17               | 500 000                              | R                | 1                     | 0           | 1953  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 200 124 | CHARI         | GUELENDENG   | 10.55              | 15.33               | 470 000                              | R                | 1                     | 0           | 1952  |     | (2)    | (1)  |
| 146    | 0 200 106 | CHARI         | BOUSSO       | 10.29              | 16.43               | 450 000                              | R                | 1                     | 0           | 1936  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 200 130 | CHARI         | HELLIBONGO   | 09.15              | 18.19               | 217 000                              | R                | 1                     | 0           | 1962  |     |        |      |
| 146    | 0 200 118 | CHARI         | SARH         | 09.09              | 18.25               | 193 000                              | R                | 1                     | 0           | 1938  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 201 406 | BAHR KEITA    | KYABE        | 09.24              | 18.57               | 14 000                               | R                | 1                     | 0           | 1952  |     | (2)    | (1)  |
| 146    | 0 201 606 | BAHR KO       | BALIMBA      | 09.08              | 18.21               | 7 850                                | R                | 1                     | 0           | 1951  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 201 903 | BAHR SARA     | MANDA        | 09.11              | 18.12               | 80 000                               | R                | 1                     | 0           | 1951  |     | 2      | 3    |
| 146    | 0 201 906 | BAHR SARA     | MOISSALA     | 08.20              | 17.46               | 67 600                               | R                | 1                     | 0           | 1951  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 202 603 | BAHR SALAMAT  | TARANGARA    | 09.36              | 18.20               | 135 000                              | R                | 1                     | 0           | 1952  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 203 501 | BAHR AZOUM    | AM-TIMAN     | 11.04              | 20.18               | 80 000                               | R                | 1                     | 0           | 1954  |     | (2)    | 1    |
| 146    | 0 204 506 | PETIT MANDOUL | NARABANGA    | 08.46              | 17.28               | 4 100                                | R                | 1                     | 0           | 1960  |     | 1      | 3    |
|        |           | CHARI         | KOUNO        |                    |                     |                                      | R                | 1                     | 0           | 1990  |     |        |      |
|        |           | LAC IRO       | BOUM KEBIR   | 10.10              | 19.23               | 455                                  | L                | 1                     | 0           | 1959  |     |        |      |

**\* BASSIN DU LOGONE**

| NUMERO |           | RIVIERE  | STATION     | Lati-tude<br>D.MM | Longi-tude<br>DD.MM | Surface<br>du B.V<br>KM <sup>2</sup> | T<br>Y<br>P<br>E | E<br>Q<br>U<br>I<br>P | O<br>B<br>S | Début | Fin | Dé-bit | Etal |
|--------|-----------|----------|-------------|-------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------------|-------------|-------|-----|--------|------|
| 146    | 0 300 164 | LOGONE   | N'GUELY     | 12.05             | 16.02               | 77 650                               | R                | 1                     | 0           | 1984  |     |        |      |
| 146    | 0 300 163 | LOGONE   | LOGONE GANA | 11.33             | 15.09               | 73 000                               | R                | 1                     | 0           | 1953  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 300 145 | LOGONE   | KATOA       | 10.50             | 15.05               |                                      | R                | 1                     | 0           | 1948  |     | 2      | 2    |
| 146    | 0 300 154 | LOGONE   | KOUMI       | 10.31             | 15.12               |                                      | R                | 1                     | 0           | 1953  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 300 112 | LOGONE   | BONGOR      | 10.16             | 15.25               | 72 000                               | R                | 1                     | 0           | 1952  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 300 124 | LOGONE   | ERE         | 09.45             | 15.50               | 68 700                               | R                | 1                     | 0           | 1935  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 300 148 | LOGONE   | KIM         | 09.43             | 15.55               |                                      | R                | 1                     | 0           | 1948  |     |        |      |
| 146    | 0 300 157 | LOGONE   | LAI         | 09.24             | 16.18               | 60 320                               | R                | 1                     | 0           | 1953  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 300 172 | LOGONE   | MOUNDOU Pt  | 08.32             | 16.04               | 33 970                               | R                | 3                     | 0           | 1956  |     | 2      | 2    |
| 146    | 0 300 173 | LOGONE   | PANDZANGUE  | 07.56             | 15.46               | 33 000                               | R                | 1                     | 0           | 1935  |     |        |      |
| 146    | 0 300 103 | LOGONE   | BAIBOKOUM   | 07.45             | 15.40               | 21 360                               | R                | 3                     | 0           | 1951  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 301 215 | BA-ILLI  | MOULKOU     | 10.44             | 15.32               |                                      | R                | 1                     | 0           | ?     |     | 2      |      |
| 146    | 0 301 403 | LIM      | OULIBANGALA | 07.50             | 15.50               | 4 360                                | R                | 3                     | 0           | 1951  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 302 507 | PENDE    | DOBA COTON  | 08.39             | 16.50               | 14 300                               | R                | 1                     | 0           | 1966  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 302 509 | PENDE    | GORE        | 07.57             | 16.37               | 12 020                               | R                | 3                     | 0           | 1955  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 302 706 | TANDJILE | BOLOGO      | 09.07             | 15.48               | 3 850                                | R                | 1                     | 0           | 1950  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 302 712 | TANDJILE | TCHOA       | 09.20             | 16.05               | 5 870                                | R                | 1                     | 0           | 1954  |     | 2      | 1    |
| 146    | 0 302 003 | NYA      | ARGAO       | 08.16             | 15.37               | 2 840                                | R                | 1                     | 0           | 1963  |     | 2      | 1    |

**\*\* BASSIN DU BA THA**

| NUMERO |           | RIVIERE            | STATION        | Lati-tude<br>DD.MM | Longi-tude<br>DD.MM | Surface<br>du B.V<br>KM <sup>2</sup> | T<br>Y<br>P<br>E | E<br>Q<br>U<br>I<br>P | O<br>B<br>S | Début | Fin | Dé-bit | Etal |
|--------|-----------|--------------------|----------------|--------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------------|-------------|-------|-----|--------|------|
| 146    | 4 000 103 | BA THA             | AM DAM         | 12.46              | 20.28               | 10 600                               | R                | 3                     | 0           | 1958  |     | 2      | 2    |
| 146    | 4 000 109 | BA THA             | ATI            | 13.12              | 18.19               | 46 000                               | R                | 3                     | 0           | 1955  |     | 2      | 2    |
| 146    | 4 000 115 | BA THA             | OUM HADJER     | 13.18              | 19.41               | 32 950                               | R                | 3                     | 0           | 1955  |     | 2      | 2    |
| 146    | 4 002 205 | MELMELE            | DELEP          | 12.41              | 18.39               | 975                                  | R                | 1                     | 0           | 1959  |     |        |      |
|        | 4 009 505 | LAC FITRI          | YAO            | 12.51              | 17.33               | 70 000                               | L                | 1                     | 0           | 1955  |     |        |      |
|        |           | BA THA             | KOUNDJOUROU    |                    |                     |                                      | R                | 1                     | 0           | 1990  |     |        |      |
|        |           | BAM BAM            | BIRNY          |                    |                     |                                      | R                | 1                     | 0           | 1990  |     |        |      |
|        |           | TOUNDERNE          | MAGRANE        |                    |                     |                                      | R                | 1                     | 0           | 1990  |     |        |      |
|        |           | OUADI BILTINE      | BILTINE        | 14.31              | 20.54               |                                      | R                | 1                     | 0           | 1988  |     |        |      |
|        |           | LAC OUNIANGA-KEBIR | OUNIANGA KEBIR | 19.00              | 21.30               |                                      | L                | 1                     | 0           | 1990  |     |        |      |
|        |           |                    |                |                    |                     |                                      |                  |                       |             |       |     |        |      |

**\*\* BASSIN DU MAYO KEBBI**

| NUMERO |           | RIVIERE    | STATION     | Lati-tude<br>DD.MM | Longi-tude<br>DD.MM | Surface<br>du B.V<br>KM <sup>2</sup> | T<br>Y<br>P<br>E | E<br>Q<br>U<br>I<br>P | O<br>B<br>S | Début | Fin | Dé-bit | Etal |
|--------|-----------|------------|-------------|--------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------------|-------------|-------|-----|--------|------|
| 146    | 1 702 008 | LAC LERE   | LERE        | 9.39               | 14.14               | 19 210                               | L                | 1                     | 0           | 1955  |     |        |      |
| 146    | 1 702 009 | MAYO KEBBI | M'BOURAO    | 9.50               | 14.47               | 12 880                               | R                | 3                     | 0           | 1961  |     | 2      | 1    |
| 146    | 1 709 803 | LAC TIKEM  | TIKEM       | 9.49               | 15.03               | 7 620                                | L                | 1                     | 0           | 1948  |     |        |      |
| 146    | 1 704 003 | KABIA      | GOUNOU GAYA | 9.39               | 15.31               | 3 840                                | R                | 3                     | 0           | 1948  |     | 2      | 1    |
| 146    | 1 704 006 | KABIA      | PATALAO     | 9.51               | 15.16               | 6 040                                | R                | 3                     | 0           | 1949  |     | 2      | 1    |
| 146    | 1 704 007 | KABIA      | PONT CAROL  | 9.17               | 15.30               | 2 072                                | R                | 1                     | 0           | 1968  |     | 2      | 1    |
| 146    | 1 709 503 | LAC FIANGA | FIANGA      | 9.56               | 15.11               | 2 480                                | L                | 1                     | 0           | 1948  |     |        |      |
| 146    | 1 703 501 | MAYO DORBO | BALANI      |                    |                     |                                      | R                | 1                     | 0           | 1989  |     |        |      |

**\*\* LAC TCHAD**

| NUMERO |                       | RIVIERE   | STATION  | Lati-tude<br>DD.MM | Longi-tude<br>DD.MM | Surface<br>du B.V<br>KM <sup>2</sup> | T<br>Y<br>P<br>E | E<br>Q<br>U<br>I<br>P | O<br>B<br>S | Début | Fin | Dé-bit | Etal |
|--------|-----------------------|-----------|----------|--------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------------|-------------|-------|-----|--------|------|
| 146    | 0 209 705             | LAC TCHAD | BOL DUNE | 13.27              | 14.42               |                                      | L                | 1                     | 0           | 1953  |     |        |      |
| 146    | 53700 001<br>(n° OMM) | LAC TCHAD | KALOM    | 13.11              | 14.35               |                                      | L                | 3                     | N           | 1973  |     |        |      |

Nota : Si le statut de l'étalonnage est généralement noté 1, c'est-à-dire étalonnage "stable", cela ne s'applique pour la plupart des stations que pour les moyennes et hautes eaux, et peut-être même par défaut (un nombre plus conséquent de jaugeages en moyennes et hautes eaux ferait peut-être apparaître une certaine instabilité hydraulique - courbes non univoques - liée à la faible pente générale des cours d'eau).

Pour les basses eaux et la plupart des stations, les courbes d'étalonnage sont instables et liées à la géométrie du lit sableux généralement remanié lors des plus fortes crues.

**Tableau 4.2.2 - Inventaire des stations hydrométriques abandonnées**

**\*\* BASSIN DU CHARI**

| NUMERO |           | RIVIERE      | STATION      | Latit-<br>tude<br>DD.MM | Longi -<br>tude<br>DD.MM | Surface<br>du B V<br>KM <sup>2</sup> | T<br>Y<br>P<br>E | E<br>Q<br>U<br>I<br>P | O<br>B<br>S | Début | Fin  | Dé-<br>bit | Etal |  |  |
|--------|-----------|--------------|--------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------------|-------------|-------|------|------------|------|--|--|
| 146    | 0 203 503 | BAHR AZOUM   | KOUKOU-ANG * | 12.00                   | 21.39                    | 67 000                               | R                | 1                     |             | 1964  | 1978 |            |      |  |  |
| 146    | 0 209 303 | BAHR LIGNA   | LIGNA *      | 12.03                   | 15.19                    |                                      | R                | 1                     |             | 1968  | 1979 |            |      |  |  |
| 146    | 0 200 115 | CHARI        | DOUGUIA      | 12.38                   | 14.50                    |                                      | R                | 1                     |             | 1953  | 1962 | 2          | 1    |  |  |
| 146    | 0 200 127 | CHARI        | GOULFEY      | 12.23                   | 14.55                    | 600 000                              | R                | 1                     |             | 1953  | 1957 | 2          | 1    |  |  |
| 146    | 0 200 139 | CHARI        | MILTOU       |                         |                          |                                      |                  |                       |             |       |      |            |      |  |  |
|        |           |              |              | 10.14                   | 17.26                    | 450 000                              | R                | 1                     |             | 1953  | 1966 | 2          | 1    |  |  |
| 146    | 0 200 142 | CHARI        | MOGROUM      | 11.07                   | 15.25                    | 480 000                              | R                | 1                     |             | 1956  | 1970 |            |      |  |  |
| 146    | 0 200 136 | CHARI        | MANI         | 12.44                   | 14.41                    |                                      | R                | 1                     |             | 1954  | ?    | 2          | 1    |  |  |
|        |           |              |              | BA-ILLI                 | 10.31                    | 16.27                                | 460 000          | R                     | 1           |       | 1955 | ?          |      |  |  |
|        |           |              |              | CHARI                   | MANDJAFFA                | 12.02                                | 15.10            | 510 000               | R           | 1     |      | 1955       | ?    |  |  |
| 146    | 0 201 203 | BAHR ERGUIG  | MASSENYA *   | 11.24                   | 16.10                    | (470 000)                            | R                | 1                     |             | 1953  | 1969 |            |      |  |  |
| 146    | 0 201 403 | BAHR KEITA   | GOTOBERI *   | 09.21                   | 18.47                    | 14 000                               | R                | 1                     |             | 1954  | 1969 |            |      |  |  |
| 146    | 0 204 509 | MANDOUL      | N'DILA *     | 08.40                   | 17.37                    | 9 500                                | R                | 1                     |             | 1965  | 1970 | 2          | 3    |  |  |
|        |           |              |              | MANDOUL                 | GONGO                    | 08.21                                | 17.23            | 950                   | R           | 1     |      | 1960       | ?    |  |  |
|        |           |              |              | MANDOUL                 | BANGOUL                  | 08.37                                | 17.20            |                       | R           | 1     |      | ?          | ?    |  |  |
|        |           |              |              | MANDOUL                 | N'GONDERE                | 08.54                                | 17.52            |                       | R           | 1     |      | 1960       | ?    |  |  |
| 146    | 0 207 203 | GOUUMBO SAMA | BEDOUA       | 08.41                   | 17.10                    | 260                                  | R                | 1                     |             | 1959  | 1962 | 2          |      |  |  |
| 146    | 0 207 206 | GOUUMBO SAMA | KOKATI       | 08.35                   | 17.02                    | 90                                   | R                | 1                     |             | 1959  | 1962 | 2          | 1    |  |  |
| 146    | 0 206 803 | DOLMADJI     | KOKABRI      | 08.34                   | 17.10                    | 750                                  | R                | 1                     |             | 1959  | 1962 | 1          |      |  |  |
| 146    | 0 206 806 | DOLMADJI     | MEKAPTI      | 08.27                   | 17.03                    | 450                                  | R                | 1                     |             | 1959  | 1962 | 1          |      |  |  |
| 146    | 0 207 603 | KOOL         | KARA         | 08.55                   | 17.05                    | 230                                  | R                | 1                     |             | 1959  | 1962 | 2          | 1    |  |  |
| 146    | 0 208 003 | MAYEI        | YEI          | 08.46                   | 17.01                    | 200                                  | R                | 1                     |             | 1959  | 1962 | 1          | 1    |  |  |
|        |           |              |              | MAYEI                   | KEMKAYA                  | 08.56                                | 17.10            | 1050                  | R           | 1     |      | 1959       | 1962 |  |  |
| 146    | 0 209 603 | SERBEWEL     | MALTAM       | 12.11                   | 14.49                    |                                      | R                | 1                     |             | 1956  | 1970 | 2          |      |  |  |
|        |           |              |              | LOUMIA                  | PONT                     | 11.23                                | 15.22            |                       |             | ?     | ?    |            |      |  |  |
|        |           |              |              | BAHR LIGNA              | KARKAM                   | 12.12                                | 15.11            |                       | R           | 1     |      | 1955       | ?    |  |  |
|        |           |              |              | TAFTAF                  | KOBRO                    | 12.41                                | 14.42            |                       |             | ?     | ?    |            |      |  |  |
|        |           |              |              | BA-ILLI                 | BA-ILLI                  | 10.31                                | 16.29            | 17500                 | R           | 1     |      | ?          | ?    |  |  |

\* Nota : Les stations de Koukou Angarana, Gotoberi, N'Dila, Massenya et Ligna sont réouvertes dès que possible. Le Bahr erguig et le Bahr ligni sont actuellement à sec.

**\*\* BASSIN DU LOGONE**

| NUMERO |           | RIVIERE   | STATION            | Lati-tude<br>DD.MM | Longi-tude<br>DD.MM | Surface<br>du B V<br>KM <sup>2</sup> | T<br>Y<br>P<br>E | E<br>Q<br>U<br>I<br>P | O<br>B<br>S | Début | Fin  | Dé-bit | Etal |
|--------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------------|-------------|-------|------|--------|------|
| 146    | 0 300 160 | LOGONE    | LOGONE BIRNI       | 11.46              | 15.06               | 76 000                               | R                | 1                     |             | 1953  | 1979 | 2      | 1    |
| 146    | 0 300 118 | LOGONE    | DJAFGA             | 10.37              | 15.08               |                                      | R                | 1                     |             | 1954  | 1960 | 2      |      |
| 146    | 0 300 136 | LOGONE    | HAM                | 09.59              | 15.42               |                                      | R                | 1                     |             | 1954  | 1956 | 2      |      |
| 146    | 0 300 175 | LOGONE    | POUSS              | 10.50              | 15.04               |                                      | R                | 1                     |             | 1945  | 1966 |        |      |
| 146    | 0 300 181 | LOGONE    | TOUKOU             | 10.25              | 15.15               |                                      | R                | 1                     |             | 1953  | 1965 |        |      |
| 146    | 0 301 209 | BA ILLI   | MAROU              | 09.49              | 16.19               |                                      | R                | 1                     |             | 1954  | 1978 | 2      |      |
| 146    | 0 301 603 | MAYO DANA | YAGOUA             | 10.20              | 15.14               |                                      | R                | 1                     |             | 1953  | 1966 |        |      |
| 146    | 0 302 506 | PENDE     | DOBA               | 8.39               | 16.51               | 14 300                               | R                | 1                     |             | 1949  | 1968 | 2      | 2    |
| 146    | 0 302 512 | PENDE     | GAMANGHA           | 6.50               | 15.49               | 1 310                                | R                | 1                     |             | 1971  | 1974 | 1      |      |
| 146    | 0 302 703 | TANDJILE  | AMBASGLAO          | 9.36               | 15.51               |                                      | R                | 1                     |             | 1955  | 1962 | 1      |      |
| 146    | 0 302 709 | TANDJILE  | TCHIRE GOGOR       | 9.29               | 15.56               |                                      | R                | 1                     |             | 1954  | 1969 | 1      |      |
| 146    | 0 304 002 | NGOU      | BOUGOUY LAN-CRENOA |                    |                     |                                      | R                | 1                     |             | 1951  | 1975 |        |      |
| 146    | 0 309 706 | LOGOMATIA | ZINA               | 11.16              | 14.57               |                                      | R                | 1                     |             | 1953  | 1978 | 1      |      |
| 146    | 0 300 130 | LOGONE    | GAMSEI             | 10.59              | 15.03               |                                      | R                | 1                     |             | 1955  | 1957 | 2      | 1    |
|        |           | LOGONE    | SATEGUI            | 09.31              | 16.15               |                                      | R                | 1                     |             | 1954  | 1955 |        |      |
|        |           | LOGONE    | GOUNDO             | 09.32              | 16.14               |                                      | R                | 1                     |             | 1953  | ?    |        |      |
| 146    | 0 300 115 | LOGONE    | DRAI N'GOLO        | 09.34              | 16.10               |                                      | R                | 1                     |             | 1953  | 1953 |        |      |
| 146    | 0 300 127 | LOGONE    | FORT FOUREAU       | 12°05              | 15°02               |                                      | R                | 1                     |             | 1953  | -    |        |      |
| 146    | 0 301 203 | BA ILLI   | BOUDougour         | 10.35              | 15.33               |                                      | R                | 1                     |             | 1951  | ?    | 1      |      |
| 146    | 0 301 212 | BA ILLI   | MIGOU              | 10.42              | 15.26               |                                      |                  |                       |             | 1954  | ?    |        |      |

**\*\* BASSIN DU BA THA**

| NUMERO |           | RIVIERE | STATION     | Lati-tude<br>DD.MM | Longi-tude<br>DD.MM | Surface<br>du B V<br>KM <sup>2</sup> | T<br>Y<br>P<br>E | E<br>Q<br>U<br>I<br>P | O<br>B<br>S | Début | Fin  | Dé-bit | Etal |
|--------|-----------|---------|-------------|--------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------------|-------------|-------|------|--------|------|
| 146    | 4 000 106 | BA THA  | AM GUEREDRA | 12.51              | 21.10               | 7 900                                |                  |                       |             | 1957  | 1966 | 1      |      |

**\*\* BASSIN DU MAYO KEBBI**

| NUMERO |           | RIVIERE    | STATION       | Lati-tude<br>DD.MM | Longi-tude<br>DD.MM | Surface<br>du B V<br>KM <sup>2</sup> | T<br>Y<br>P<br>E | E<br>Q<br>U<br>I<br>P | O<br>B<br>S | Début | Fin  | Dé-bit | Etal |
|--------|-----------|------------|---------------|--------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------------|-------------|-------|------|--------|------|
| 146    | 1 702 012 | MAYO KEBBI | YOUÉ          | 9.53               | 14.53               |                                      |                  |                       |             | 1961  | 1969 |        |      |
| 146    | 1 703 503 | MAYO DORBO | TIKEM         | 9.49               | 15.03               | 1 390                                |                  |                       |             | 1968  | 1969 | 2      |      |
| 146    | 1 704 008 | KABIA AVAL | PONT CAROL    | 9.17               | 15.30               |                                      |                  |                       |             | 1971  | 1978 |        |      |
| 146    | 1 704 009 | KABIA      | ZAMBIE DONGOR | 9.21               | 15.33               | 2 300                                |                  |                       |             | 1962  | 1969 | 1      |      |

**\*\* LAC TCHAD**

| NUMERO |           | RIVIERE   | STATION   | Lati-tude<br>DD.MM | Longi-tude<br>DD.MM | Surface<br>du B V<br>KM <sup>2</sup> | T<br>Y<br>P<br>E | E<br>Q<br>U<br>I<br>P | O<br>B<br>S | Début | Fin  | Dé-bit | Etal |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------------|-------------|-------|------|--------|------|
| 146    | 0 209 703 | LAC TCHAD | BOL BERIM |                    |                     |                                      | L                | 1                     |             | 1978  | 1978 |        |      |

#### **4.2.1.2 Réseau hydrométrique actuel**

Le réseau actuel se compose de cinquante-cinq stations, dont 48 sur les cours d'eau et 7 sur les lacs ou le delta du CHARI.

Onze d'entre elles seulement sont équipées de limnigraphes (4 sur les principales stations du LOGONE, 3 sur celles du MAYO KEBBI, 3 sur le BA THA et 1 sur le lac TCHAD). Si pour une grande partie des cours d'eau, les variations du plan d'eau sont suffisamment lentes pour pouvoir se contenter de lectures journalières, il n'en reste pas moins qu'un effort d'équipement pour les stations à variations moins lentes du plan d'eau, stations éloignées,...) reste nécessaire.

Pour le moment aucune station n'est équipée d'équipement de télétransmission ce qui serait pourtant très utile pour quelques unes d'accès difficile.

Le réseau hydrométrique TCHADIEN a deux fonctions principales:

- Contrôler les régimes hydrologiques des grands fleuves du pays et de leurs affluents principaux, et notamment pour le suivi de la période actuelle de déficit d'hydraulique et fournir les données hydrologique nécessaires aux aménagements hydrauliques réalisés ou projetés
- Assurer le suivi hydrologique du delta du CHARI et des lacs (TCHAD, lac FITRI, lac IRO, lacs du MAYO KEBBI)

Un certain nombre d'études sur petits bassins versants seraient également nécessaires pour les projets d'aménagements ruraux, mais à l'exception du bassin du BA THA (projet S.N.V.), les moyens du service hydrologique ne permettent pas pour le moment, ce genre d'opérations.

Partant de ces objectifs, on peut évaluer l'efficacité du réseau de la façon suivante :

##### **LE CHARI**

Les sept stations réparties sur le CHARI entre SARH et N'DJAMENA permettent un contrôle efficace du fleuve depuis la réunion des formateurs centrafricains jusqu'au confluent du LOGONE.

Les stations de BOUSSO et MAILAO permettent d'estimer les pertes dans les plaines d'inondation. La réouverture dès que possible de la station de MASSENYA permettra de contrôler le transit du BARH ERGUILIG (actuellement à sec).

La station de N'DJAMENA est évidemment capitale pour l'évaluation de la majeure partie des apports dans le lac TCHAD.

Pour les affluents, sont contrôlés le BAHR SARA (deux stations dont une immédiatement en amont du confluent avec le CHARI), le BAHR KO, le BAHR SALAMAT, le BARH AZOUM (une seule station en attendant la réouverture de KOUKOU ANGARANA), le BAHR KEITA et son affluent le petit MANDOUL.

Ce dispositif minimal semble pour le moment satisfaisant.

Fig-4-2-1

## Réseau des stations hydrométriques actives

Tchad nord

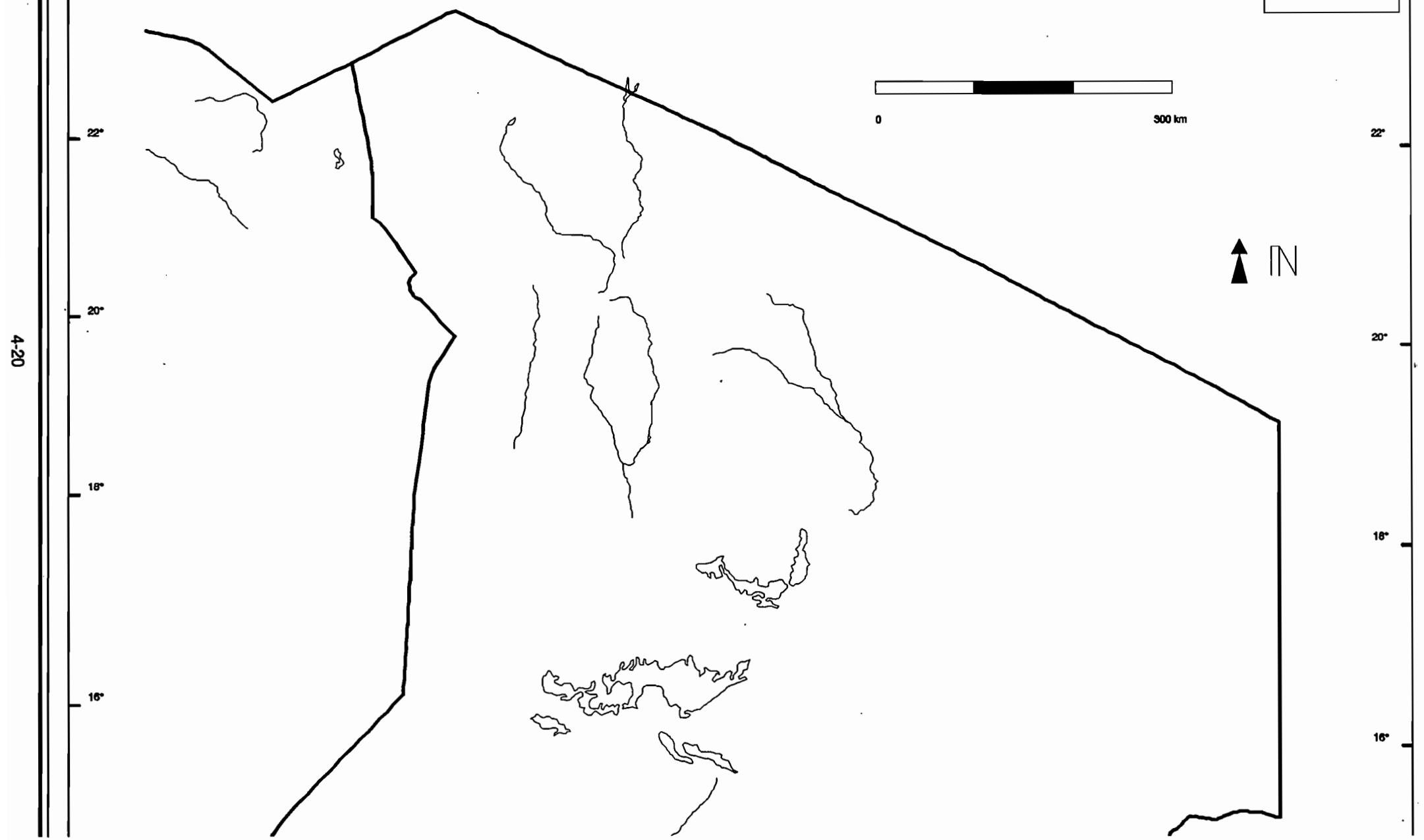


Fig-4-2-1

Tchad sud

4-21

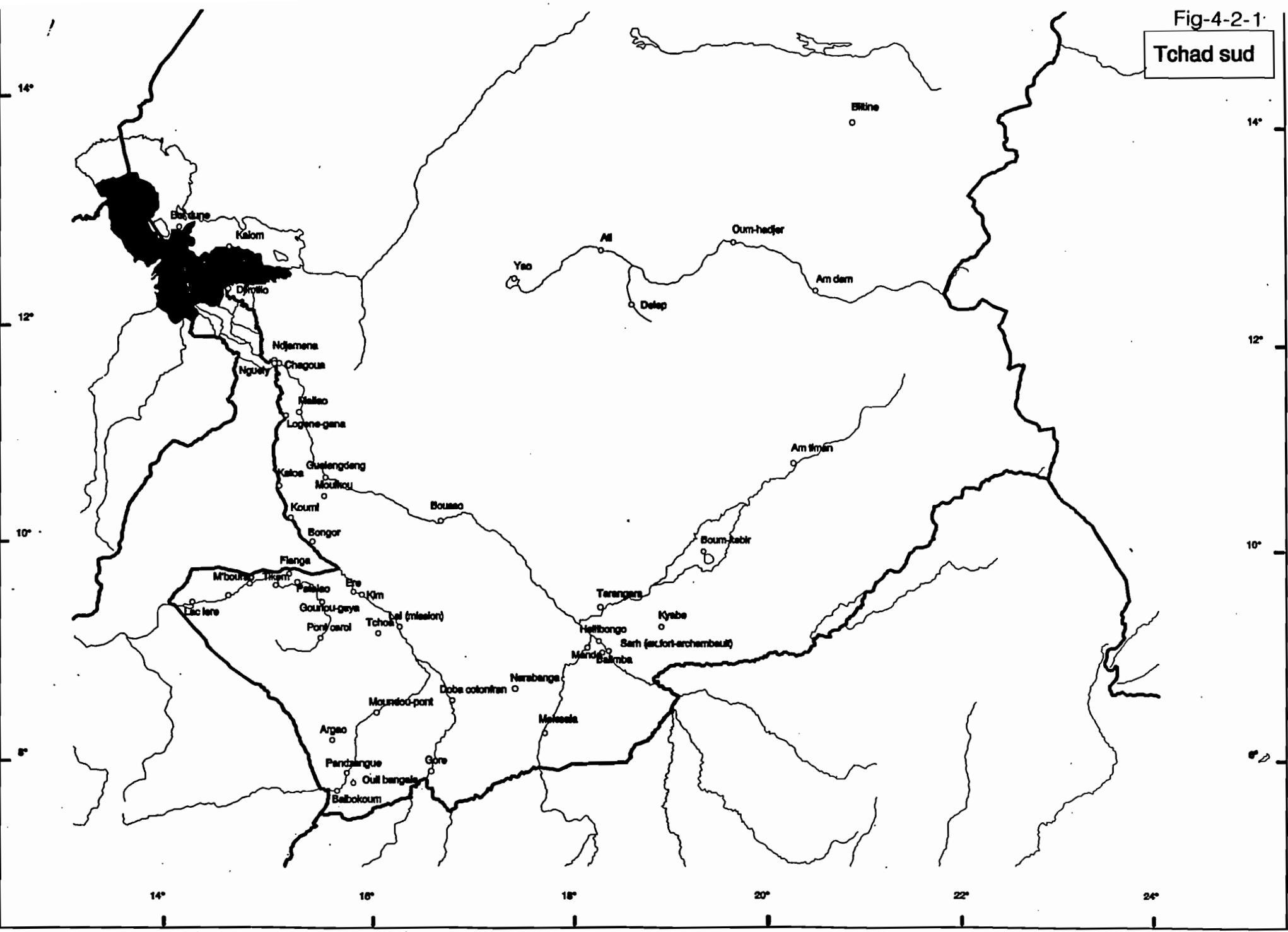


Fig-4-2-2

## Réseau des stations hydrométriques abandonnées

Tchad nord

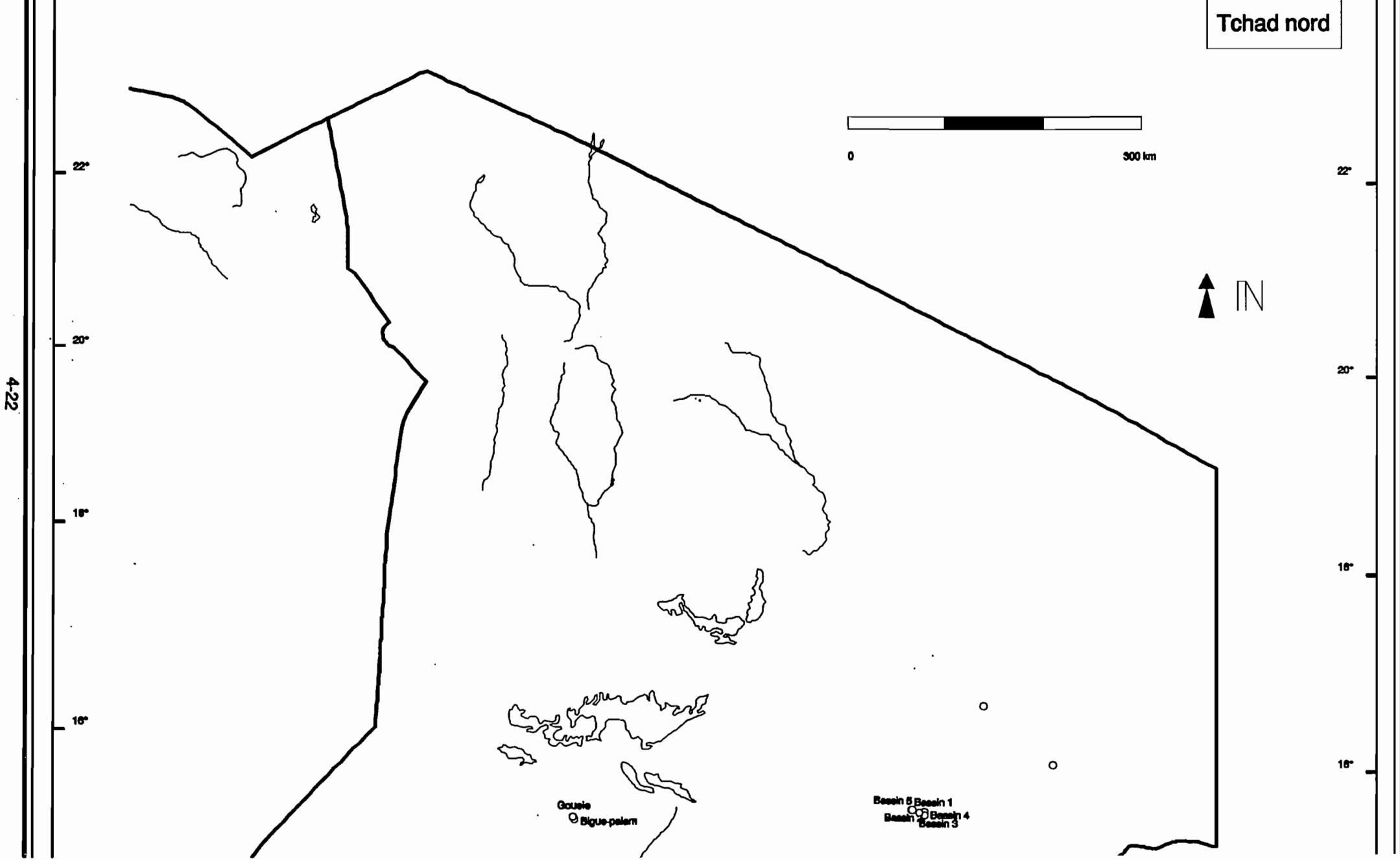
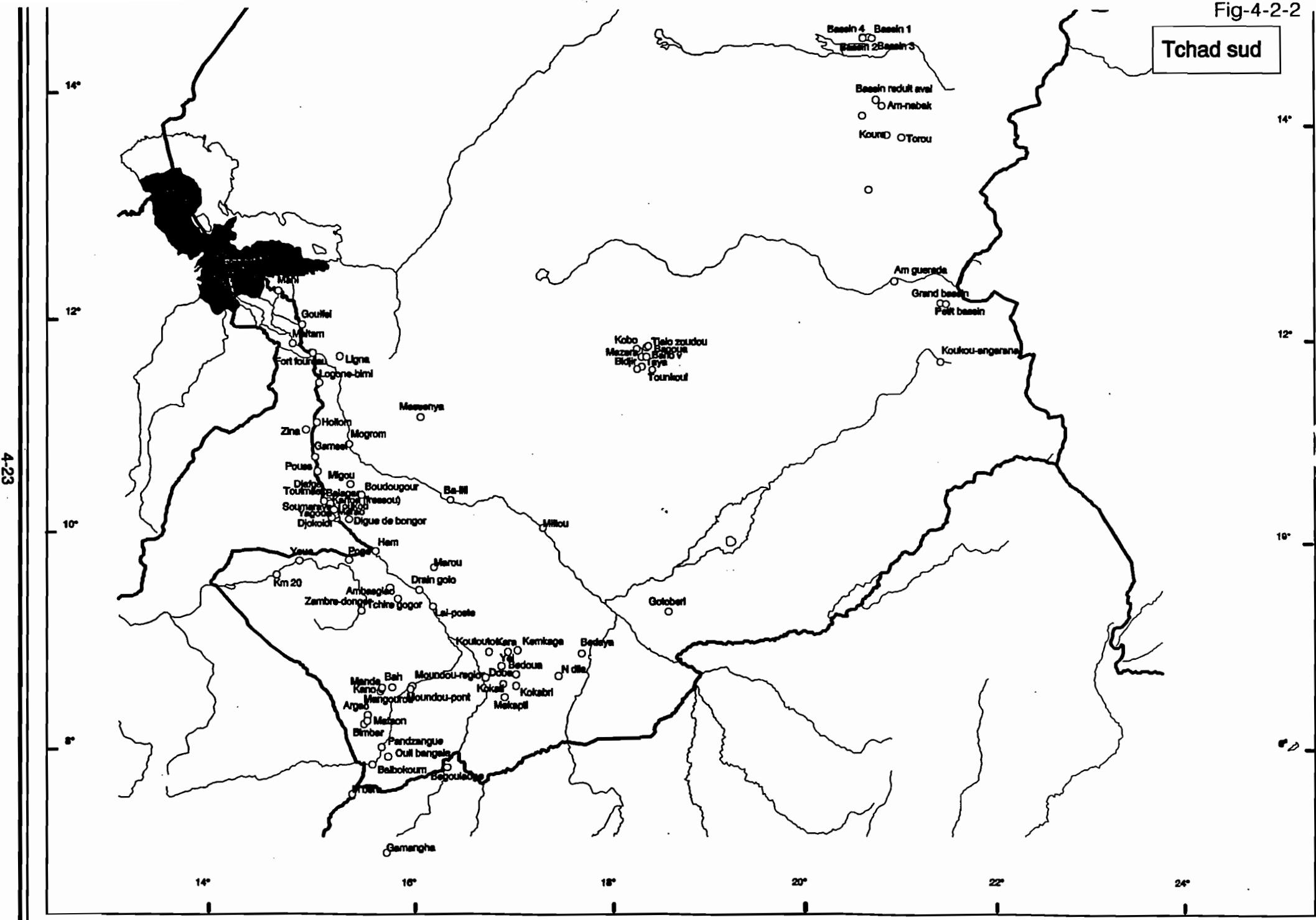


Fig-4-2-2

## Tchad sud



## **LE LOGONE**

Entre la frontière du CAMEROUN et le confluent du CHARI, neuf stations bien réparties permettent un contrôle efficace des variations du régime du fleuve et notamment des pertes par débordement (actuellement réduites du fait de l'hydraulicité) dans la région d'ERE, du GRAND YAERE et vers le BA ILLI.

Il est possible cependant que, en raison des aménagements projetés, un renforcement en stations temporaires soit peut-être nécessaire.

Les affluents principaux du LOGONE au TCHAD (PENDE, LIM, NYA et TANDJILE) disposent d'une à deux stations de contrôle.

La situation, qui correspond au réseau minimal, semble assez satisfaisante.

## **LE BA THA**

Outre la station du lac FITRI, le bassin du BA THA est équipé de cinq stations permettant d'évaluer l'évolution des apports sur ce cours d'eau temporaire et d'estimer le bilan du lac.

Plus au nord, des observations régulières sont effectuées sur l'Oued BILTINE et le bassin de BAM BAM depuis 1988 et 1990.

Compte tenu des possibilités du service, ce réseau ne peut être actuellement étendu.

## **LE MAYO KEBBI**

Il existe cinq stations sur rivières et trois sur les lacs nécessaires au contrôle du régime hydrologique de cet affluent de la BENOUÉ dont le bassin fait l'objet de projets d'aménagements. Le réseau apparaît suffisant.

## **LAC TCHAD**

Deux stations sont actuellement en service. La station ancienne de BOL dont le maintien est indispensable pour la continuité de la chronique des niveaux du lac TCHAD. On notera cependant que dans l'état actuel du lac, cette station est exondée la majeure partie de l'année.

Elle a dû être doublée, dès 1973, d'une seconde station située sur un îlot dans la zone des eaux libres. Ces dernières années, il a fallu déplacer l'échelle en raison de la baisse du niveau minimal.

Cette station (KALOM) est d'un accès difficile. Il serait nécessaire de l'équiper d'une station de télétransmission. Sur le delta du CHARI, la station de DJIMTILO permet de contrôler les apports au lac.

## **AUTRES LACS**

Des stations limnimétriques, pour l'étude des régimes de lacs, sont installées sur le lac FITRI (BA THA), le lac IRO (CHARI), le lac OUNIANGO KEBIR, les lacs LERE, TIKEM et FIANGA (MAYO KEBBI). Dans la

perspective d'une mise en valeur générale des bas-fonds, ces études seront probablement amenées à être développées.

Le tableau 4.2.3 permet de résumer la couverture et la résolution du réseau sur chacun des principaux bassins.

**Tableau 4.2.3**

|            |                                   |                                      | Répartition des surfaces contrôlées |    |     |     |      |      |      |  |
|------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----|-----|-----|------|------|------|--|
| Bassin     | Superficie Totale KM <sup>2</sup> | Superficie Contrôlée KM <sup>2</sup> | N0                                  | N5 | N10 | N50 | N100 | N200 | N500 |  |
| CHARI      | 600 000                           | 600 000                              | 14                                  | 13 | 12  | 11  | 8    | 6    | 2    |  |
| LOGONE     | 78 000                            | 77 650                               | 18                                  | 15 | 13  | 8   |      |      |      |  |
| MAYO KEBBI | 20 000                            | 12 880                               | 8                                   | 4  | 1   |     |      |      |      |  |
| BA THA     | 70 000                            | 70 000                               | 5                                   | 4  | 4   | 1   |      |      |      |  |

**Légende :** N0, N5, N10, N50, N100, N200, N500 = nombre de stations contrôlant un bassin versant de superficie supérieure à 0, 5 000, 10 000, 50 000, 100 000, 200 000 et 500 000 km<sup>2</sup>.

Pour le CHARI et le LOGONE, les bassins supérieurs sont situés dans les pays limitrophes, CENTRAFRIQUE pour le CHARI et CAMEROUN pour le LOGONE. La densité et la répartition des stations sont relativement satisfaisants et permettent d'obtenir les données nécessaires aux aménagements situés en bordure de ces grands fleuves et susceptibles d'une irrigation par dérivations ou pompages. Des aménagements éventuels sur les petits affluents entraîneront probablement des besoins en données sur de petites unités hydrologiques actuellement non étudiées. Pour le MAYO KEBBI et le BA THA la situation est satisfaisante.

Nous reviendrons (6.1) sur les projets actuellement envisagés et les demandes en données hydrologiques qu'ils suscitent.

#### 4.2.2 Méthode de mesure des débits

Pour toutes les stations destinées au contrôle des écoulements, les jaugeages se font au moulinet hydrométrique au niveau des sections naturelles, à la perche, ou avec un saumon à partir d'un canot pneumatique. Les jaugeages de hautes eaux sont effectués selon la largeur du lit, soit au câble gradué soit au cercle hydrographique.

La méthode utilisée est classique : exploration détaillée de la section transversale, par la mesure de 30 à 60 vitesses ponctuelles, réparties selon la section entre 5 à 20 verticales de 3 à 8 points.

Pour quelques stations sont réalisés des profils en travers topographiques pour permettre l'extrapolation des courbes d'étalonnage.

Le nombre moyen de jaugeages par station sur rivière est passé de 1,3 en 1987 à 2,2 à 3 de 1988 à 1990.

#### **4.2.3      Equipement**

##### **4.2.3.1    Stations hydrométriques**

L'ensemble des stations est équipé de batteries d'éléments limnimétriques (plaques émaillées) sur support UPN. Sauf une (île de KALOM sur le lac TCHAD) toutes les stations sont suivies par des observateurs qui effectuent une à deux lectures par jour.

Onze stations sont équipées de limnigraphes à inscription graphique OTTX (réduction 1/10) à autonomie mensuelle.

Les limnigraphes sont gérés (contrôle du fonctionnement et remplacement des diagrammes) par les brigades hydrologiques du S.H. en saison des pluies et par les observateurs en saison sèche.

La station de KALOM est contrôlée épisodiquement en raison des difficultés d'accès, à partir de N'DJAMENA.

L'état du réseau est satisfaisant mais, après la saison des pluies 1990, un certain nombre de réfections s'avérait nécessaire. En raison des difficultés financières, la campagne 1991 de réfection du réseau était problématique.

##### **4.2.3.2    Matériel hydrométrique**

Le service Hydrologique dispose de quatre équipements complets de jaugeage (Moulinets OTT avec perche, saumons de 25 et 50 kg), de cercles hydrographiques et de quatre embarcations pneumatiques ZODIAC munis de moteurs hors-bord.

En réserve, il y a deux limnigraphes OTT X (à installer) et deux caisses de moulinet.

##### **4.2.3.4    Pièces détachées**

Le stock de pièces détachées dont dispose le S.H. (mouvements d'entraînement et engrenages pour limnigraphes, lot d'éléments d'échelle, ...) est en nombre suffisant pour assurer la maintenance.

#### **4.2.3.5 Véhicules**

Outre un véhicule de direction et un véhicule de liaison, la DREM dispose de sept véhicules tout terrain 4X4 (achetés sur projet AGRHYMET) dont deux en bon état, un en état moyen et quatre en mauvais état. Signalons que sur le parc initial ou commandé un véhicule a "disparu" sous douane et deux, en parc, ont été "réquisitionnés" par des irréguliers.

Le Service Hydrologique dispose, en saisons des pluies, de quatre véhicule tout-terrain du parc automobile de la DREM, mis en "pool" commun. Deux seulement de ces véhicules sont dans un état satisfaisant, les deux autres posent des problèmes sur le terrain. Enfin, en raison de la faiblesse du parc, se posent des problèmes de disponibilité des véhicules au moment des tournées.

#### **4.2.4 Entretien et soutien sur le terrain**

La maintenance du réseau et son exploitation (contrôle des stations, mesures hydrométriques et topographiques) sont assurés par des tournées représentant environ 5 mois de terrain par an.

On distingue trois types de tournées ainsi organisées :

- **Campagne des hautes eaux**

Cette campagne, d'une durée d'environ quatre mois (Juillet à Octobre pour la zone sahélienne, Août à Novembre pour la zone tropicale) est assurée par les quatre brigades à partir de leurs bases respectives de N'DJAMENA, MOUNDOU, SARH et ATI qu'elles rejoignent en début de saison des pluies. Le réseau a été réparti en secteurs (cf. 4.1.1.2).

- **Tournées de basses eaux**

Ces tournées sont effectuées depuis N'DJAMENA. D'une durée maximale de 3 semaines (entre Janvier et Mars), elles sont consacrées aux mesures de débit d'étiage.

- **Tournées de réfection**

Ces tournées sont également effectuées depuis N'DJAMENA (entre Janvier et Mars). D'une durée globale maximale de trois semaines, elles sont consacrées à la remise en état des stations après la saison des hautes eaux.

La réalité de ces tournées est liée aux disponibilités financières. En 1991, si une solution extérieure n'est pas assurée (projet CBLT), il est à craindre que les tournées de contrôle et mesure seront fortement réduites.

Enfin, en raison de l'absence d'un dispositif de télésurveillance, les tournées de réfection sont systématiques ou entraînées à la suite du courrier reçu des observateurs.

## **4.2.5 Traitement des données**

### **4.2.5.1 Equipement informatique**

A l'exception du tracé des courbes d'étalonnage et de la numérisation des limnigrammes (encore effectuée manuellement faute d'une table à digitaliser), le traitement des données est informatisé et se fait à l'aide du logiciel HYDROM fourni par l'ORSTOM.

Le matériel informatique suivant, situé dans la salle d'informatique commune de la DREM, est dédié au service hydrologique :

- un micro-ordinateur AST PREMIUM/286 compatible IBM muni d'une RAM et d'un disque dur d'une capacité de 80 MO
- une imprimante OKIDATA
- une table traçante HP

Outre le logiciel HYDROM et les utilitaires ou fonctions avancées du DOS (XTREE, ARC, PCTOOLS,...), le S.H. dispose des logiciels suivants :

- DIXLOIS, logiciel ORSTOM d'ajustements statistiques,
- PROFIL, logiciel de traitement des levés topographiques,
- PROPAG, logiciel de démonstration des propagations d'onde de crue,
- D BASE 3 PLUS, traitement de base de données,
- QUATTRO, traitement de base de données (équivalent à LOTUS),
- FRAMEWORK, traitement de base de données (tableur) et de texte,
- Utilitaires de traitement de textes (WORD, WORDSTAR,...)

### **4.2.5.2 Procédures**

#### **4.2.5.2.1 Saisie des hauteurs limnimétriques**

##### **- Hauteurs limnimétriques observées**

Les fiches mensuelles extraites du carnet de l'observateur (une à deux lectures journalières selon la saison) sont collectées par ramassage (saison des pluies) ou courrier postal.

Le taux de disponibilité est satisfaisant mais les délais sont souvent trop longs pour satisfaire les demandes de renseignement en temps quasi-réel.

Ces fiches font l'objet d'un contrôle primaire par les agents du S.H. avec vérification de la vraisemblance (erreurs de lecture). Elles sont recopiées sur une fiche annuelle qui, jusqu'en 1985, était dactylographiée pour l'édition de l'annuaire. Depuis 1985, la fiche est saisie sous HYDROM, mois par mois, puis fait l'objet d'une vérification visuelle du limnigramme sur écran.

- Limnigrammes

Les diagrammes sont collectés par ramassage (saison des pluies) ou courrier. Ils sont exploités par numérisation manuelle à raison d'un pointage toutes les quatre heures. Le dépouillement de l'année 89-90 est pratiquement terminé (Juin 1991). Les données provenant des limnigrammes ne sont pas encore saisies en informatique.

Les données limnimétriques observées (archives primaires) sont complètes (à l'exception des lacunes d'observation) pour l'ensemble du réseau reconstitué de 1982 (partiel) à mai 1991.

La saisie informatique des données (données anciennes de la banque ORSTOM de MONTPELLIER et données récentes depuis 1982) est achevée depuis fin 1990, pour 20 stations. Pour les autres, les données (extraites de la banque ORSTOM) sont informatisées jusqu'à 1979. Les données récentes seront informatisées pour la fin 1991.

#### **4.2.5.2.2 Jaugeages et étalonnages**

Jusqu'à 1987, les jaugeages étaient dépouillés à la main (calcul des vitesses ponctuelles puis planimétrage). Depuis 1987 les jaugeages sont dépouillés à l'aide du logiciel HYDROM en fin de campagne.

Les courbes d'étalonnage sont ajustées visuellement sur papier millimétré. Pour les hautes eaux, les extrapolations sont reprises des publications de l'ORSTOM ou, à défaut, tracées à partir des courbes surfaces-hauteurs et vitesses moyennes.

Ces courbes sont ensuite numérisées manuellement en une série de points pivots (hauteur/débit) de telle façon qu'entre deux points la relation puisse être assimilée à un segment de droite. C'est sous cette forme que les courbes d'étalonnage sont ensuite intégrées dans la banque de données HYDROM.

#### **4.2.5.2.3 Vérification et calcul des données élaborées**

Le logiciel HYDROM comporte des sorties graphiques. Celles-ci sont utilisées pour une critique visuelle des données.

A partir de ces données de base, HYDROM permet le calcul des diverses données élaborées : débits instantanés, hauteurs et débits maxima et minima, hauteurs moyennes journalières, etc ...

Ces calculs peuvent être effectués en cours d'année en fonction des données disponibles et des besoins. Ils sont, dans tous les cas, vérifiés et repris en fin d'année.

#### **4.2.5.2.4 Mise à disposition des données**

Les données informatisées sont accessibles aux utilisateurs sur demande (extraction et impression de listes).

Elles sont d'autre part diffusées sous une forme synthétique :

- Débits de quelques stations de référence dans les bulletins décadiques et de GTP,
- Annuaire des stations hydrométriques édité en utilisant le logiciel annuaire AGRHYMET. Cet annuaire, photocopié en 25 exemplaires est diffusé auprès des principaux utilisateurs potentiels : Offices de mise en valeur (ONPMV, ...), CBLT, ORSTOM, AGRHYMET, Génie rural, etc...

Dix exemplaires sont conservés à la DREM.

L'annuaire publie (année hydrologique Mai-Avril) les tableaux de hauteurs moyennes journalières et de débits moyens journaliers.

Le délai de publication est voisin de un an. Les annuaires sont disponibles jusqu'en Avril 1989.

L'annuaire 1989-90 sera publié en juillet 1991.

#### **4.2.6 Qualité des données**

La qualité des données hydrologiques peut être appréciée selon deux critères :

- la qualité de l'information limnimétrique (consistance et précision),
- la qualité de l'information débitmétrique qui dépend de la qualité initiale de l'information limnimétrique mais également de la précision des étalonnages.

##### **4.2.6.1 Données limnimétriques**

La qualité des hauteurs observées dépend de la conscience professionnelle des observateurs et de la fréquence des contrôles effectués par les agents du S.H.

Ces contrôles doivent porter sur la tenue des carnets, la concordance entre les lectures et les observations directes à l'échelle lors des visites de contrôle, la bonne concordance entre les lectures consignées et les côtes des jaugeages ainsi que (contrôle à posteriori) entre les observations en amont et aval.

Des lacunes d'observations sont inévitables (un observateur ne pouvant être présent 365 jours par an à la station pour des raisons diverses). Ces lacunes sont acceptables si les complètements sont

possibles, soit par interpolation en cas de lacunes de courte durée, soit à partir de stations voisines bien corrélées.

Le tableau 4.2.4.1 présente le pourcentage de lacunes journalières pour 5 stations sur 12 années (1978/79 à 1989/90).

Le pourcentage de lacunes est très important sur l'échantillon global, mais si l'on distingue deux sous-périodes, l'analyse est assez différente :

première sous-période (1978-79 à 1983-84) : cette sous-période englobe les "événements" de 1979 à 1982 au cours desquels les observations furent à peu près interrompues.

Le pourcentage de lacune moyen est de 54% (de 30% à MOUNDOU, station située un peu à l'écart des zones les plus perturbées à 70% à SARH)

deuxième sous-période (1984-85 à 1989-90) : le pourcentage moyen de lacunes retombe à 8%, valeur voisine des périodes d'observations antérieures à 1978 (lectures presque complètes à N'DJAMENA, lacunes voisines de 16% à MOUNDOU).

Le pourcentage de lacunes en saison des pluies est inférieur à celui en saison sèche, en raison de la plus grande fréquence des contrôles, bien qu'assez peu significativement. On notera que des lacunes en saison des pluies sont plus dommageables, en raison des variations plus rapides du plan d'eau, qu'en saison sèche où la décrue généralement régulière permet une interpolation facilitée. Dans le cas des grands cours d'eau tchadiens, ce constat doit cependant être relativisé, les limnigrammes étant relativement massifs.

On notera également la distinction entre la période "perturbée" (1978-84) et la période "calme" (1984-90). Les pourcentages de lacunes respectifs s'établissent ainsi, pour la saison des pluies :

|           |               |
|-----------|---------------|
| CHAGOUA   | 50 % et 2 %   |
| SARH      | 85 % et 10 %  |
| N'DJAMENA | 50 % et 0,3%  |
| BONGOR    | 67 % et 4,8%  |
| MOUNDOU   | 19,5% et 7,8% |

Le pourcentage moyen de lacunes en saison des pluies s'établit donc à 5% pour la période récente. Il est probable que ce pourcentage sera réduit lorsqu'auront été fusionnés les fichiers de données observés et les fichiers issus du traitement des limnigrammes lorsque ceux-ci auront été informatisés.

Il est évidemment très souhaitable de réduire au mieux ce pourcentage de lacunes mais l'expérience des monographies antérieures montre qu'en dessous d'un seuil de 5% de lacunes en hautes eaux, les compléments par interpolation et corrélations sont possibles et que les chroniques restituées ne fournissent pas d'échantillons trop dégradés par rapport aux chroniques exhaustives optimales.

Les limnigraphes ont un taux d'enregistrement assez satisfaisant en général. Ils connaissent cependant les difficultés propres aux limnigraphes à flotteur en zone sahélienne : blocage en basses eaux par suite de l'ensablement des puits nécessitant de fréquentes interventions. En moyennes et hautes eaux le fonctionnement est satisfaisant.

Fait exception le limnigraphe de KALOM sur le lac TCHAD. Les enregistrements sont défectueux (rampe faussée par suite peut-être d'acte de vandalisme). En raison des difficultés d'accès, les contrôles à cette station sont insuffisants.

#### **4.2.6.2 Précision des étalonnages**

La précision de la traduction des hauteurs en débits dépend de plusieurs facteurs :

- la stabilité de la station
- la gamme des débits jaugés
- la fréquence des jaugeages en regard de la stabilité de la section
- la qualité du tracé de la courbe d'étalonnage

Les tableaux 4.2.4 et graphiques 4.2.3 présentent une analyse des résultats sur cinq stations représentatives pour la période postérieure à 1982.

Pour chacune des stations nous avons comparé le débit jaugé au débit calculé à partir de la courbe moyenne d'étalonnage et nous avons mis en relation le débit jaugé, supposé, sauf erreur de calcul, exact et l'erreur relative commise en utilisant l'étalonnage.

Le premier type de graphique permet de visualiser la qualité de l'étalonnage dans son ensemble et donc la précision de l'estimation des apports.

Le second type de graphique permet d'évaluer la précision du tracé en fonction du débit. Un tracé correct doit correspondre à des erreurs relatives inférieures à un certain pourcentage, si possible voisin du zéro et régulièrement réparties sur toute la gamme des débits.

#### **CHARI à SARH**

Deux courbes d'étalonnage ont été tracées (1982 à avril 1988 et depuis avril 1988).

Pour la première courbe, à l'exception du jaugeage n°3 (- 28% ?) à vérifier, les écarts restent compris entre -10 et +10 % pour les débits supérieurs à  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ . Les erreurs relatives sont très importantes pour les basses eaux.

Pour la seconde courbe, les jaugeages 30, 31 et 32 se situent très à l'écart de la courbe (-20 à -34 %) et devront être vérifiés.

Les mesures de basses eaux (pour  $Q < 100 \text{ m}^3/\text{s}$ ) sont très dispersés.

#### **.     CHARI à CHAGOUA**

Deux courbes ont été tracées (du 17/02/78 au 31/05/85 et à partir du 01/06/85).

Pour la première courbe, les jaugeages supérieurs à  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  restent en général compris entre -10 et +10 %. Les écarts sont par contre assez importants au dessous de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ . Le tracé de la courbe d'étalonnage pour les basses eaux serait à reconsidérer.

Pour la seconde courbe, le jaugeage n°27 est suspect (-43% ?). Il peut s'agir d'une erreur de lecture à l'échelle ( $H_{lu} = 3,76 \text{ m}$  pour  $Q = 904 \text{ m}^3/\text{s}$  et débit calculé :  $518 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pour  $H = 4,76 \text{ m}$  le débit calculé -  $889 \text{ m}^3/\text{s}$  - se rapprocherait du débit effectivement jaugé).

A l'exception de ce jaugeage, les écarts pour les débits supérieurs à  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  restent compris entre -10 et +10 %. On note la dispersion des jaugeages des basses eaux.

#### **.     CHARI à N 'DJAMENA**

Une courbe d'étalonnage valable depuis le 01/01/82.

A l'exception du jaugeage n°23 (-14%), les jaugeages de moyennes et hautes eaux ( $Q > 100 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ont une dispersion acceptable (écarts comprises -10 et +10 %). La dispersion des jaugeages de basses eaux est plus forte (-40 à +40 %) mais reste plus faible que sur les autres stations étudiées.

#### **.     LOGONE à MOUNDOU - PONT**

Une courbe d'étalonnage valable depuis le 16/09/77. Pour les débits supérieurs à  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  et à l'exception des jaugeages n°7 (-21%), 17 (-18%) et 24 (-20%), les écarts restent généralement compris entre -10 et +10 %. Les débits de basses eaux sont assez dispersés autour de l'unique courbe de débits de basses eaux. On notera en particulier les n°2, 3 et 4 (écarts voisins ou supérieurs à - 40%). Il eût été nécessaire de tracer au moins deux courbes d'étalonnage pour les basses eaux (détarage dû à la mobilité du lit).

#### **.     LOGONE à BONGOR**

Une courbe d'étalonnage valable depuis le 01/01/83. Pour les débits supérieurs à  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , à l'exception de quelques jaugeages à vérifier (n°1, 7), les écarts restent généralement compris entre -10 et +10 %. La dispersion des jaugeages de basses eaux est plus prononcée.

Tableau 4.2.4 - Comparaison entre débits jaugés et calculés

\*\* CHARI à SARH

| Numéro d'ordre | Q jaugé m <sup>3</sup> /s | Q calculé m <sup>3</sup> /s | Erreur absolue m <sup>3</sup> /s | Erreur relative % | Numéro d'ordre | Q jaugé m <sup>3</sup> /s | Q calculé m <sup>3</sup> /s | Erreur absolue m <sup>3</sup> /s | Erreur relative % |
|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------|
| 8              | .021                      | .450                        | .429                             | 2 040             |                |                           |                             |                                  |                   |
| 21 *           | .201                      | 0                           | -201                             | .100              |                |                           |                             |                                  |                   |
| 7              | .230                      | 1.70                        | 1.47                             | 639               |                |                           |                             |                                  |                   |
| 20 *           | .302                      | 0                           | -302                             | -100              | 52 *           | 77.7                      | 92.8                        | 15.1                             | 19                |
| 12             | 600                       | 150                         | -45                              | -75               | 36 *           | 80.9                      | 77.8                        | -3.1                             | -4                |
| 49 *           | 2.03                      | 5.98                        | 3.95                             | 192               | 15             | 92.4                      | 104                         | 11.6                             | 12.5              |
| 33 *           | 3.76                      | 6.68                        | 2.92                             | 78                | 37 *           | 92.4                      | 90.2                        | -2.2                             | -2.4              |
| 5              | 6.20                      | 6.00                        | -20                              | -3                | 27 *           | 94.5                      | 170                         | 75.5                             | 80                |
| 54 *           | 7.04                      | 11.3                        | 4.26                             | 61                | 38 *           | 95.4                      | 94.5                        | -9                               | -1                |
| 53 *           | 8.28                      | 12.3                        | 4.02                             | 49                | 3              | 115                       | 82.8                        | -32.2                            | -28               |
| 6              | 10.6                      | 9.30                        | -1.30                            | -12               | 17             | 117                       | 124                         | 7                                | 6                 |
| 4              | 18.5                      | 12.0                        | -6.5                             | -35               | 16             | 118                       | 110                         | -8                               | -7                |
| 50 *           | 19.6                      | 25.5                        | 5.9                              | 30                | 19             | 118                       | 117                         | -1                               | -8                |
| 48 *           | 28.9                      | 27.6                        | -1.3                             | -4.5              | 39 *           | 127                       | 125                         | -2                               | -1.5              |
| 22 *           | 31.3                      | 29.3                        | -2.0                             | -6.4              | 18             | 132                       | 134                         | 2                                | 1.5               |
| 23 *           | 36.9                      | 36.5                        | -4                               | -1.0              | 40 *           | 150                       | 141                         | -9                               | -6                |
| 51 *           | 40.7                      | 73.3                        | 32.6                             | 80                | 41 *           | 157                       | 155                         | -2                               | -1.3              |
| 24 *           | 42.6                      | 44.5                        | 1.9                              | 4.5               | 42 *           | 158                       | 167                         | 9                                | 5.7               |
| 9              | 44.0                      | 42.9                        | -1.1                             | -2.5              | 43 *           | 172                       | 182                         | 10                               | 5.8               |
| 14             | 47.2                      | 42.3                        | -4.9                             | -10               | 44 *           | 186                       | 206                         | 20                               | 10.7              |
| 25 *           | 49.1                      | 50.1                        | 1.0                              | 2                 | 45 *           | 250                       | 259                         | 9                                | 3.6               |
| 25 *           | 50.2                      | 50.1                        | -1                               | -2                | 13             | 250                       | 231                         | -19                              | -7.5              |
| 10             | 52.5                      | 50.7                        | -1.8                             | -3.5              | 46 *           | 260                       | 279                         | 19                               | 7.3               |
| 34 *           | 54.4                      | 56.0                        | 1.6                              | 3                 | 47 *           | 312                       | 296                         | -16                              | -5.1              |
| 35 *           | 55.1                      | 61.0                        | 5.9                              | 11                | 32 *           | 366                       | 294                         | -72                              | -19.7             |
| 11             | 61.2                      | 61.7                        | .5                               | .8                | 29 *           | 502                       | 531                         | 29                               | 5.8               |
| 26 *           | 71.8                      | 86.8                        | 15.0                             | 21                | 31 *           | 534                       | 350                         | -184                             | -34               |
|                |                           |                             |                                  |                   | 30 *           | 547                       | 415                         | -132                             | -24               |
|                |                           |                             |                                  |                   | 28 *           | 736                       | 684                         | -52                              | -7.1              |

Nota : Jaugeages 4 à 19 barème validé de 1982 à avril 1988

Jaugeages 20 à 54 (notés \*) barème validé depuis avril 1988

**\*\* CHARI à CHAGOUA**

| Numéro<br>d'ordre | Q<br>jaugé<br>$\text{m}^3/\text{s}$ | Q<br>calculé<br>$\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur<br>absolue<br>$\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur<br>relative<br>% | Numéro<br>d'ordre | Q<br>jaugé<br>$\text{m}^3/\text{s}$ | Q<br>calculé<br>$\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur<br>absolue<br>$\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur<br>relative<br>% |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
| 23                | .08                                 | 2.50                                  | 2.42                                       | 3 000                   | 38                | .010                                | 0                                     | .01                                        | -100                    |
| 22                | 1.09                                | 5.20                                  | 4.11                                       | 377                     | 37                | .406                                | 1.60                                  | 1.19                                       | 293                     |
| 21                | 3.07                                | 7.00                                  | 9.93                                       | 128                     | 36                | 1.06                                | 3.43                                  | 2.37                                       | 224                     |
| 7                 | 6.90                                | 14.6                                  | 7.70                                       | 112                     | 35                | 1.88                                | 4.57                                  | 2.69                                       | 143                     |
| 20                | 8.20                                | 14.4                                  | 6.20                                       | 76                      | 30                | 8.50                                | 7.54                                  | -9.6                                       | -11.3                   |
| 17                | 11.9                                | 21.0                                  | 9.1                                        | 76                      | 24                | 10.7                                | 11.2                                  | .50                                        | 4.7                     |
| 19                | 12.5                                | 17.6                                  | 5.1                                        | 41                      | 40                | 14.0                                | 15.0                                  | 1.0                                        | 7.1                     |
| 8                 | 16.8                                | 20.6                                  | 3.8                                        | 22.6                    | 39                | 25.8                                | 22.4                                  | -3.4                                       | -13.1                   |
| 18                | 39.5                                | 30.5                                  | -9.0                                       | -22.8                   | 34                | 254                                 | 250                                   | -4                                         | -1.6                    |
| 16                | 46.6                                | 33.8                                  | -12.8                                      | -27.5                   | 31                | 336                                 | 336                                   | 0                                          | 0                       |
| 15                | 62.0                                | 45.1                                  | -16.9                                      | -27.3                   | 29                | 338                                 | 300                                   | -38                                        | -11.2                   |
| 14                | 128                                 | 112                                   | -16                                        | -12.5                   | 28                | 510                                 | 451                                   | -59                                        | -11.6                   |
| 9                 | 788                                 | 818                                   | 30                                         | 3.8                     | 32                | 523                                 | 563                                   | 40                                         | 7.6                     |
| 11                | 904                                 | 890                                   | -14                                        | -1.5                    | 25                | 777                                 | 765                                   | -12                                        | -1.5                    |
| 10                | 1 000                               | 965                                   | -35                                        | -3.5                    | 27                | 904                                 | 518                                   | -386                                       | -42.7                   |
| 12                | 1 010                               | 1 130                                 | 120                                        | 11.9                    | 26                | 910                                 | 987                                   | 77                                         | 8.5                     |
| 13                | 1 140                               | 1 290                                 | 150                                        | 13.2                    | 33                | 1 220                               | 1 190                                 | -30                                        | -2.5                    |

Nota : Jaugeages 7 à 23 barème validé du 17/02/88 au 31/05/85

Jaugeages 24 à 40 barème validé depuis le 01/06/85

**\*\* CHARI à N'DJAMENA**

| Numéro d'ordre | Q jaugé $\text{m}^3/\text{s}$ | Q calculé $\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur absolue $\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur relative % | Numéro d'ordre | Q jaugé $\text{m}^3/\text{s}$ | Q calculé $\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur absolue $\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur relative % |
|----------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 28             | 4.90                          | 6.00                            | 1.10                                 | 22.4              | 5              | 72.7                          | 67.7                            | -5.0                                 | -6.9              |
| 27             | 5.91                          | 6.80                            | .89                                  | 15.1              | 13             | 97.5                          | 88.7                            | -8.8                                 | -9.0              |
| 26             | 7.24                          | 7.60                            | .36                                  | 5.0               | 6              | 128                           | 110                             | -18                                  | -14.1             |
| 19             | 7.50                          | 8.40                            | .50                                  | 6.7               | 21             | 132                           | 118                             | -14                                  | -10.6             |
| 18             | 12.7                          | 13.2                            | .50                                  | 3.9               | 12             | 150                           | 162                             | 12                                   | 8.0               |
| 25             | 21.8                          | 27.0                            | 5.2                                  | 23.9              | 11             | 202                           | 197                             | -5                                   | -2.5              |
| 4              | 24.9                          | 34.7                            | 9.8                                  | 39.4              | 24             | 465                           | 478                             | 13                                   | 2.8               |
| 20             | 25.0                          | 34.7                            | 9.7                                  | 38.8              | 7              | 591                           | 606                             | 15                                   | 2.5               |
| 17             | 30.4                          | 23.4                            | -7.0                                 | 23.0              | 10             | 757                           | 804                             | 47                                   | 6.2               |
| 15             | 36.0                          | 35.8                            | -2                                   | -5                | 8              | 1 140                         | 1 200                           | 60                                   | 5.3               |
| 14             | 69.0                          | 72.8                            | 3.8                                  | 5.5               | 22             | 1 290                         | 1 220                           | -70                                  | -5.4              |
| 16             | 72.6                          | 69.4                            | -3.2                                 | -4.4              | 23             | 1 770                         | 1 520                           | -250                                 | -14.1             |
|                |                               |                                 |                                      |                   | 9              | 1 840                         | 1 850                           | 10                                   | .5                |

**\*\* LOGONE à MOUNDOU - PONT**

| Numéro d'ordre | Q jaugé $\text{m}^3/\text{s}$ | Q calculé $\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur absolue $\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur relative % | Numéro d'ordre | Q jaugé $\text{m}^3/\text{s}$ | Q calculé $\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur absolue $\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur relative % |
|----------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 29             | 26.6                          | 26.7                            | .1                                   | .3                | 6              | 528                           | 567                             | 39                                   | 7.4               |
| 2              | 28.5                          | 17.2                            | -11.3                                | -39.6             | 7              | 590                           | 715                             | 125                                  | 21.1              |
| 28             | 28.6                          | 28.8                            | .2                                   | .7                | 26             | 629                           | 709                             | 80                                   | 12.7              |
| 3              | 31.8                          | 16.7                            | -15.1                                | -47.5             | 14             | 650                           | 599                             | -51                                  | -7.8              |
| 11             | 33.0                          | 26.7                            | -6.3                                 | -19.1             | 13             | 700                           | 647                             | -53                                  | -7.6              |
| 8              | 35.6                          | 34.7                            | -9                                   | -2.5              | 17             | 752                           | 615                             | -137                                 | -18.2             |
| 4              | 45.6                          | 23.5                            | -22.1                                | -48.5             | 19             | 773                           | 810                             | 37                                   | 4.8               |
| 25             | 49.7                          | 38.1                            | -11.6                                | -23.3             | 24             | 783                           | 625                             | -158                                 | -20.2             |
| 1              | 50.0                          | 47.3                            | -2.7                                 | -5.4              | 15             | 950                           | 971                             | 21                                   | 2.2               |
| 16             | 54.7                          | 53.3                            | -1.4                                 | -2.6              | 10             | 1 030                         | 1 130                           | 100                                  | 9.7               |
| 22             | 118                           | 79.3                            | -38.7                                | -32.8             | 23             | 1 190                         | 1 210                           | 20                                   | 1.7               |
| 12             | 171                           | 206                             | 35                                   | 20.5              | 18             | 1 210                         | 1 330                           | 120                                  | 9.9               |
| 9              | 301                           | 328                             | 27                                   | 9.0               | 20             | 1 460                         | 1 510                           | 50                                   | 3.4               |
| 5              | 372                           | 363                             | -9                                   | -2.4              | 21             | 1 750                         | 1 940                           | 190                                  | 10.9              |
| 27             | 513                           | 567                             | 54                                   | 10.5              |                |                               |                                 |                                      |                   |

**\*\* LOGONE à BONGOR**

| Numéro d'ordre | Q jaugé $\text{m}^3/\text{s}$ | Q calculé $\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur absolue $\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur relative % | Numéro d'ordre | Q jaugé $\text{m}^3/\text{s}$ | Q calculé $\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur absolue $\text{m}^3/\text{s}$ | Erreur relative % |
|----------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 13             | 16.6                          | 18.6                            | 2.0                                  | 12                | 1              | 230                           | 270                             | 40                                   | 17.4              |
| 12             | 31.6                          | 31.3                            | -3                                   | -1.0              | 6              | 257                           | 281                             | 24                                   | 9.3               |
| 18             | 33.9                          | 25.1                            | -8.8                                 | -26               | 7              | 266                           | 224                             | -42                                  | -15.8             |
| 3              | 37.2                          | 32.8                            | -4.4                                 | -11.8             | 8              | 267                           | 237                             | -30                                  | -11.2             |
| 19             | 41.1                          | 37.3                            | -3.8                                 | -9.2              | 5              | 346                           | 331                             | -15                                  | -4.3              |
| 14             | 47.6                          | 43.3                            | -4.3                                 | -9.0              | 9              | 387                           | 380                             | -7                                   | -1.8              |
| 20             | 49.8                          | 35.8                            | -14.0                                | -28.1             | 10             | 450                           | 480                             | 30                                   | 6.7               |
| 2              | 53.0                          | 60.2                            | 7.2                                  | 13.6              | 15             | 456                           | 397                             | -59                                  | -12.9             |
| 4              | 63.0                          | 60.2                            | -2.8                                 | -4.4              | 11             | 555                           | 554                             | -1                                   | 0                 |
| 17             | 85.4                          | 62.0                            | -23.4                                | -27.4             | 16             | 618                           | 703                             | 85                                   | 13.8              |

**Tableau 4.2.4.1 - Inventaire des lacunes à 5 stations du réseau  
Période 1978 - 1990 (en % de la durée d'observation)**

**\*\* ANNEE COMPLETE**

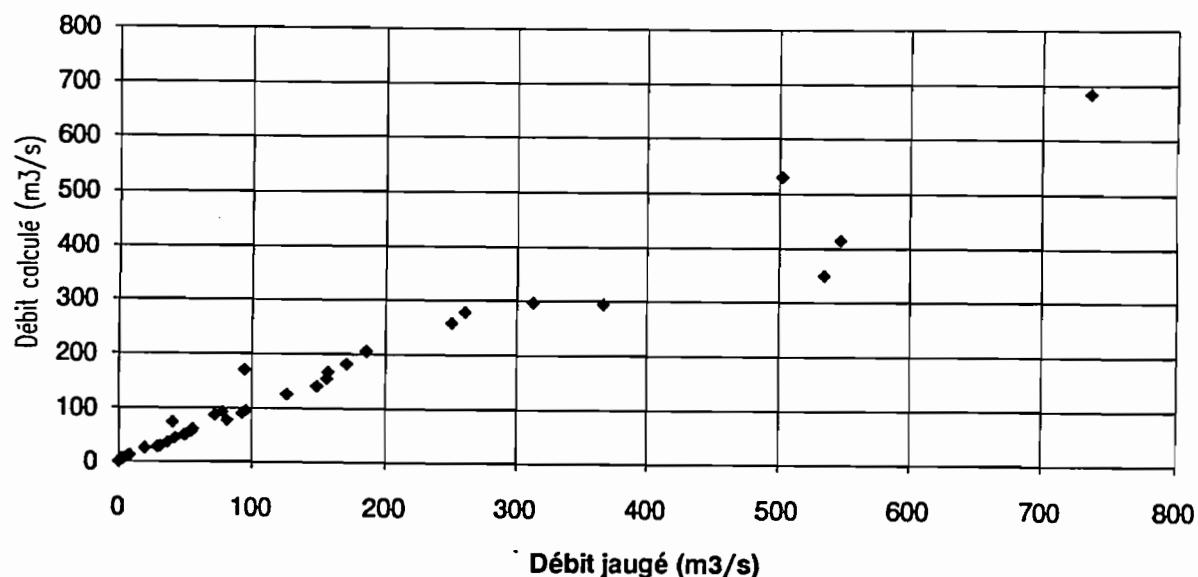
| Station   | 78-79 | 79-80 | 80-81 | 81-82 | 82-83 | 83-84 | 84-85 | 85-86 | 86-87 | 87-88 | 88-89 | 89-90 | Moy. |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| CHAGOUA   | 24    | 33    | 100   | 100   | 59    | 0     | 7     | 20    | 2     | 1     | (0)   | 2     | 29   |
| SARH      | 27    | 100   | 100   | 100   | 94    | 59    | 3     | 0     | 16    | 9     | 5     | 17    | 39   |
| N'DJAMENA | 4     | 33    | 100   | 100   | 59    | 0     | 0     | (0)   | 1     | 0     | 1     | 0     | 25   |
| BONGOR    | 18    | 100   | 100   | 100   | 88    | 11    | 10    | 7     | 1     | 4     | 30    | 2     | 38   |
| MOUNDOU   | 16    | 38    | 58    | 40    | 36    | 25    | 1     | 45    | 10    | 6     | 11    | 24    | 23   |
| MOYENNE   | 18    | 61    | 92    | 88    | 61    | 19    | 4     | 15    | 6     | 4     | 9     | 9     | 31   |

**\*\* MOIS D'HIVERNAGE (Juillet à Novembre)**

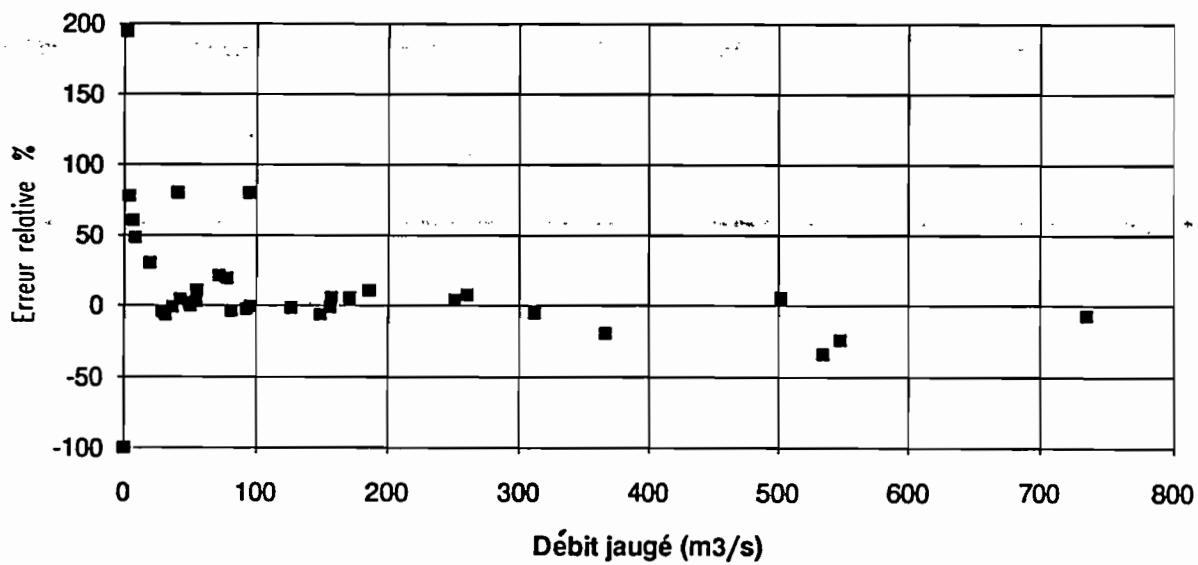
| Station   | 78-79 | 79-80 | 80-81 | 81-82 | 82-83 | 83-84 | 84-85 | 85-86 | 86-87 | 87-88 | 88-89 | 89-90 | Moy. |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| CHAGOUA   | 1     | 0     | 100   | 100   | 100   | 0     | 0     | 8     | 0     | 3     | 0     | 2     | 26   |
| SARH      | 7     | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 7     | 0     | 0     | 22    | 0     | 30    | 47   |
| N'DJAMENA | 2     | 0     | 100   | 100   | 100   | 0     | 0     | 0     | 2     | 0     | 0     | 0     | 25   |
| BONGOR    | 0     | 100   | 100   | 100   | 100   | 0     | 0     | 4     | 0     | 0     | 25    | 0     | 36   |
| MOUNDOU   | 0     | 11    | 53    | 49    | 4     | 0     | 2     | 8     | 0     | 0     | 0     | 37    | 14   |
| MOYENNE   | 2     | 42    | 91    | 90    | 81    | 20    | 2     | 4     | 3     | 5     | 5     | 14    | 29.7 |

**Figure 4.2.3 - Comparaison entre débits jaugés et calculés**

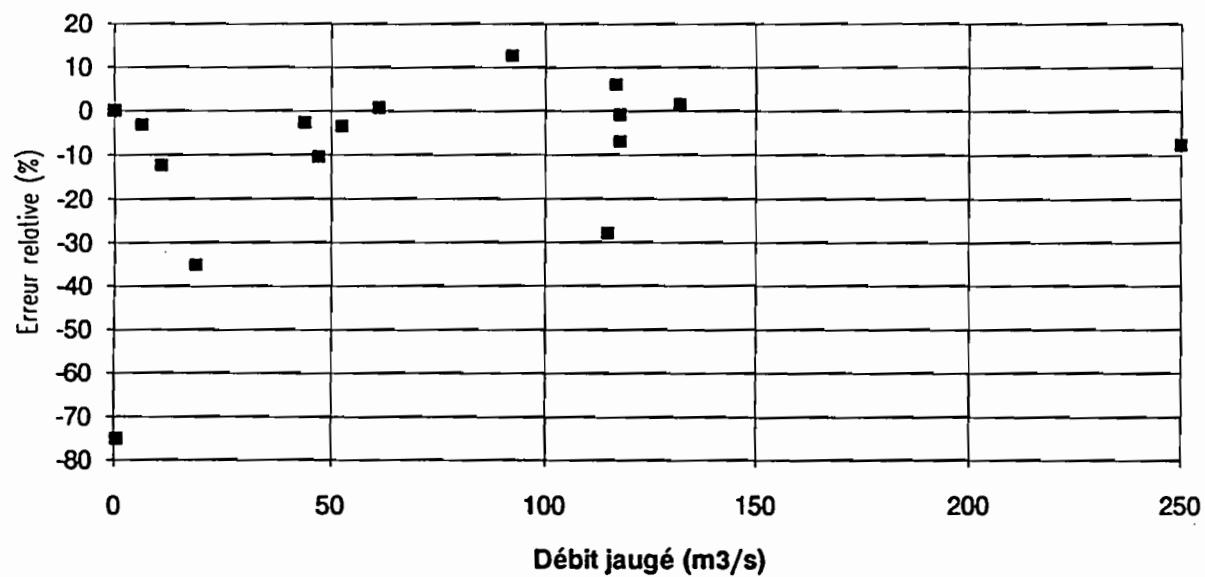
**Chari à Sarhr depuis Avril 1982**



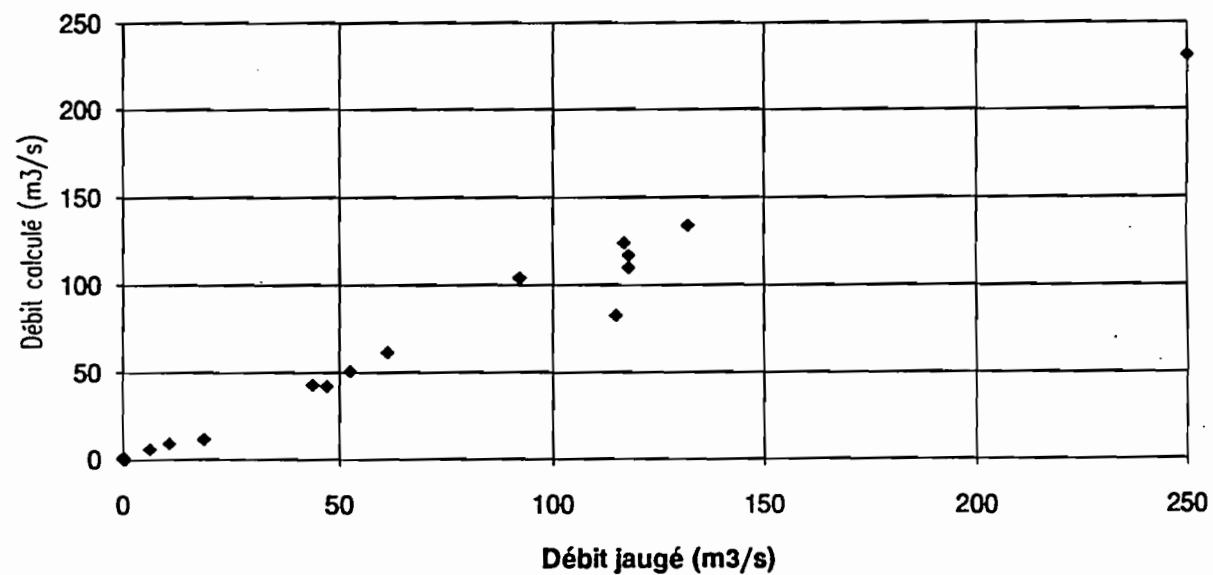
**CHARI A SAHR depuis Avril 1982**



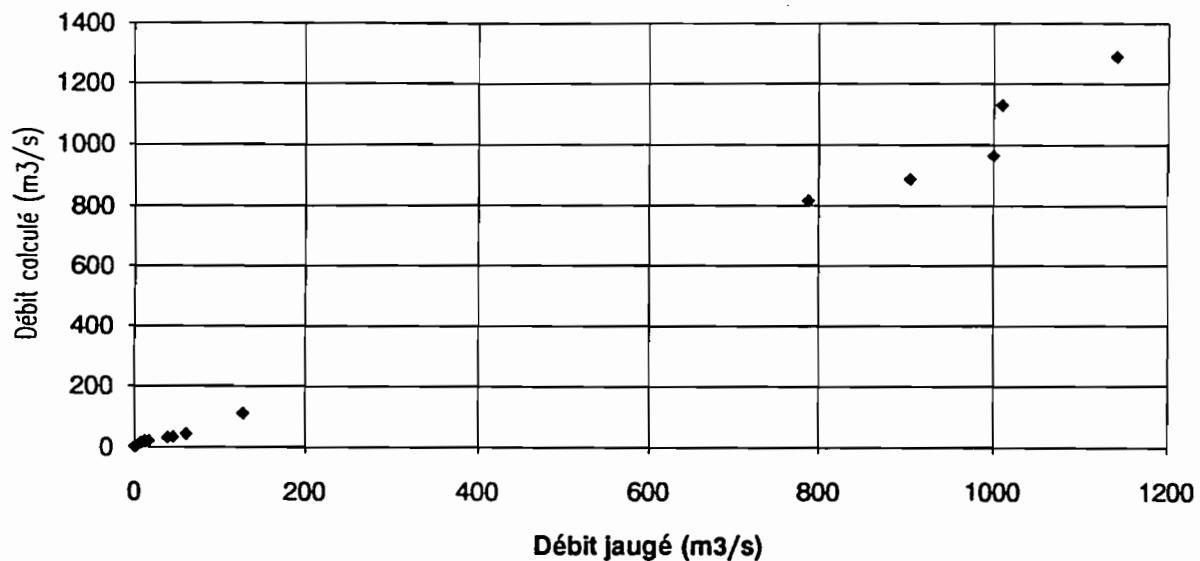
**Chari à Sahr 1982 à avril 1988**



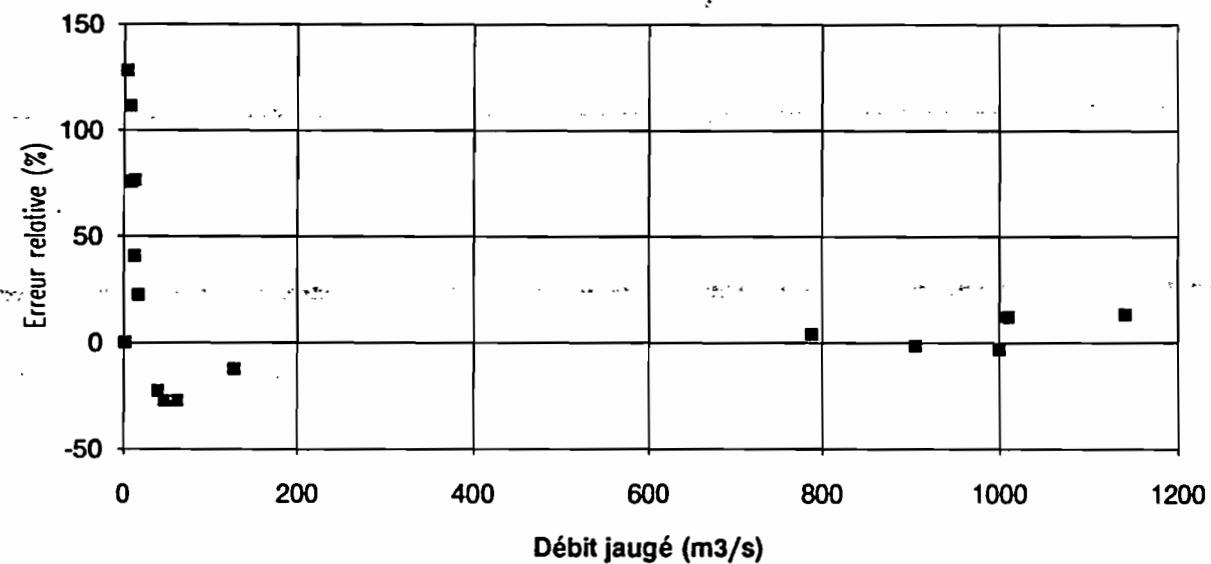
**Chari à Sahr 1982 à avril 1988**



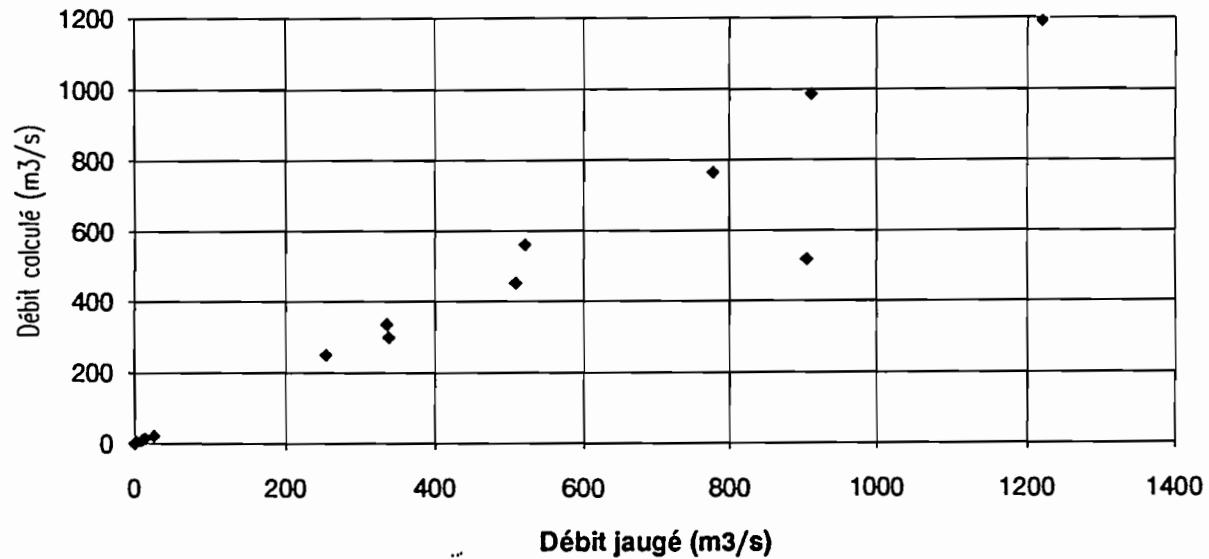
### **Chari à Chagoua**



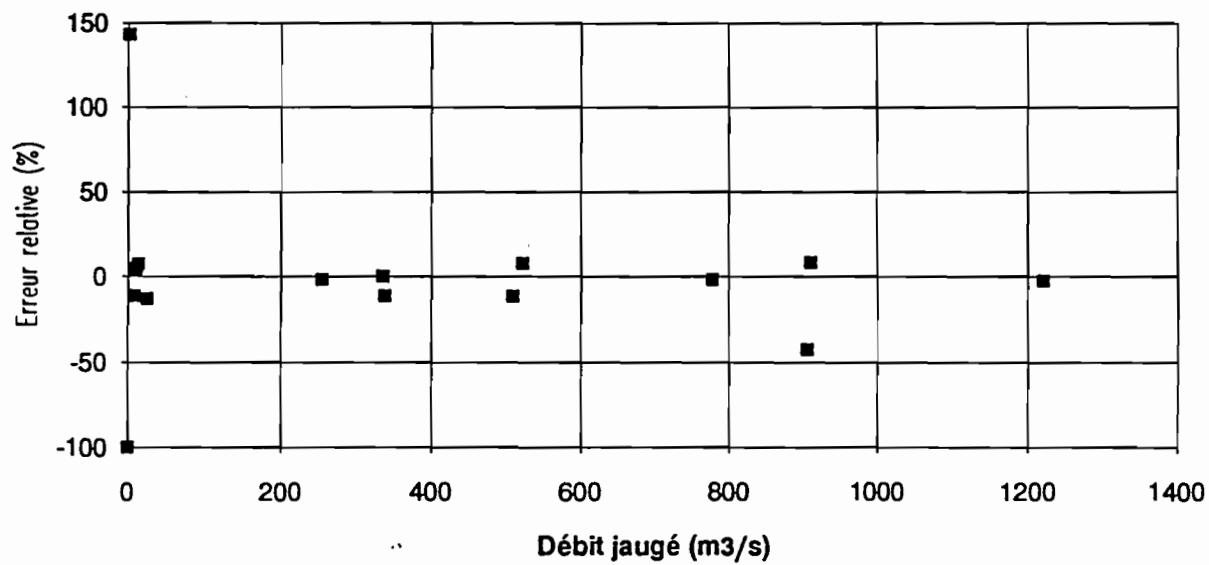
### **Chari à Chagoua**



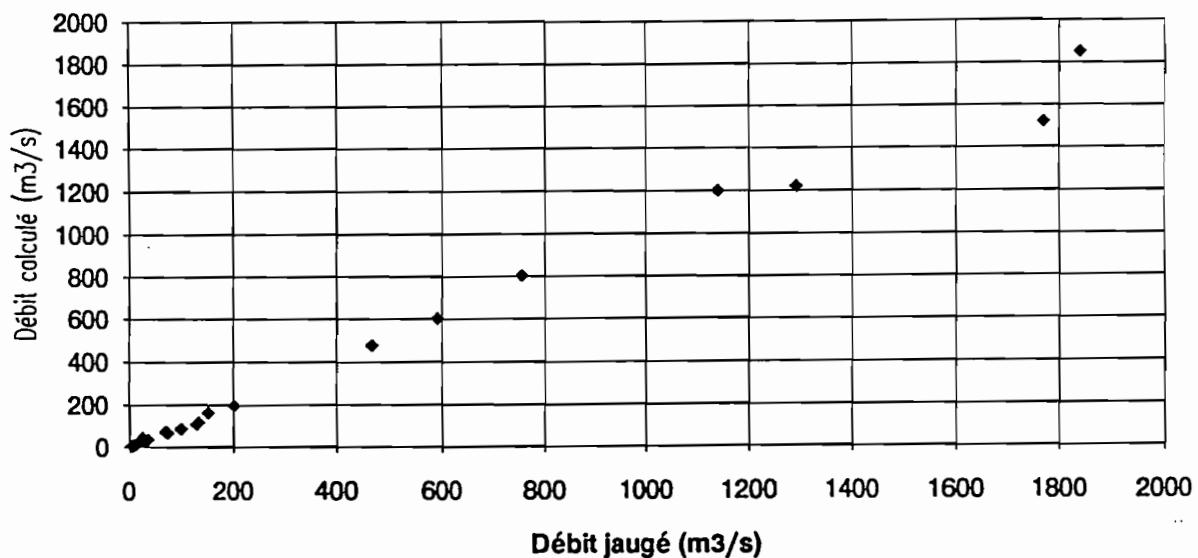
**Chari à Chagoua (à compter du 01/06/85)**



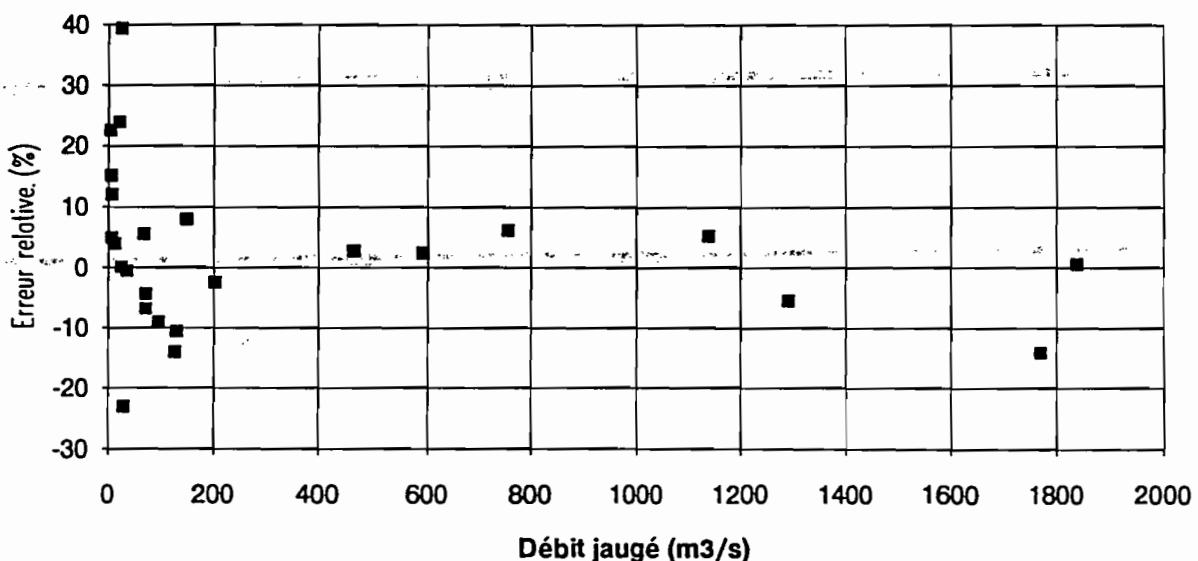
**Chari à Chagoua (à compter du 01/06/85)**



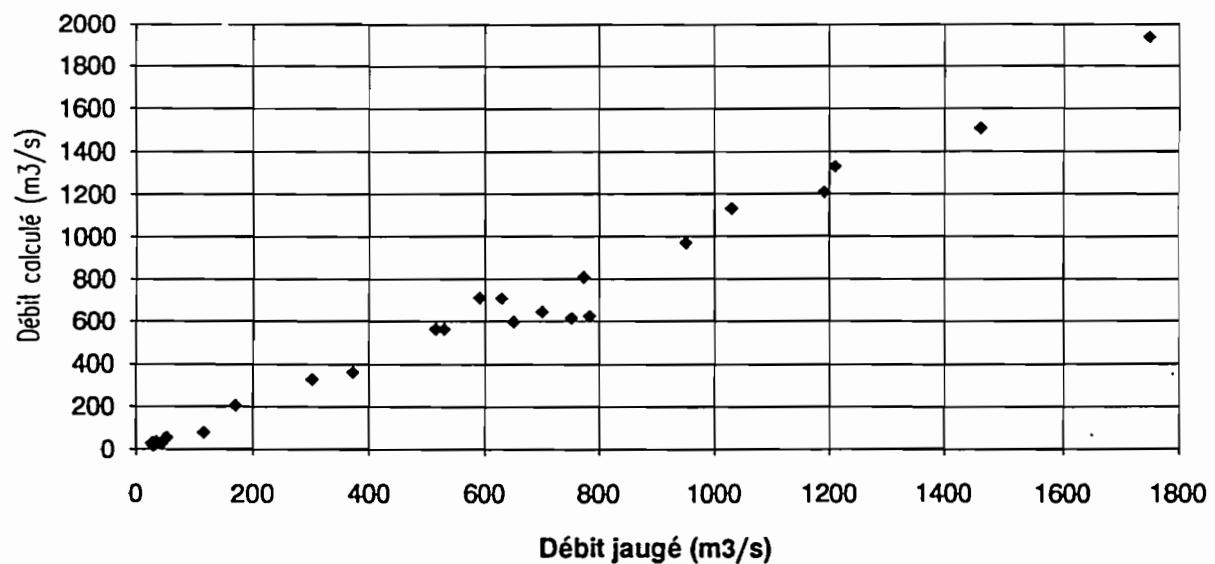
### **Chari à N'Djamena**



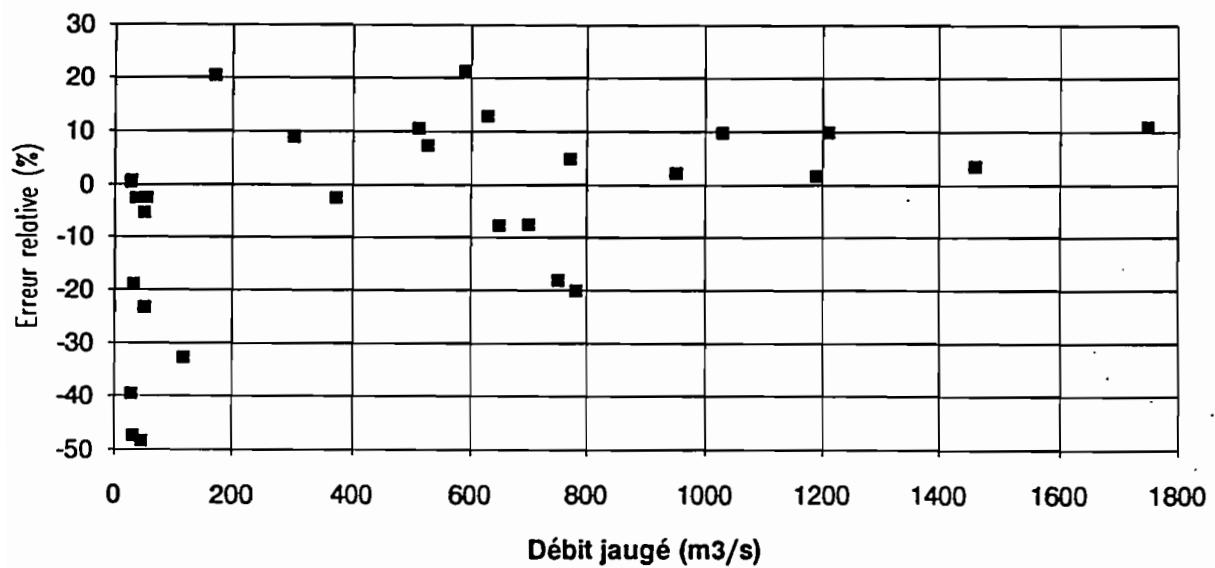
### **Chari à N'Djamena**



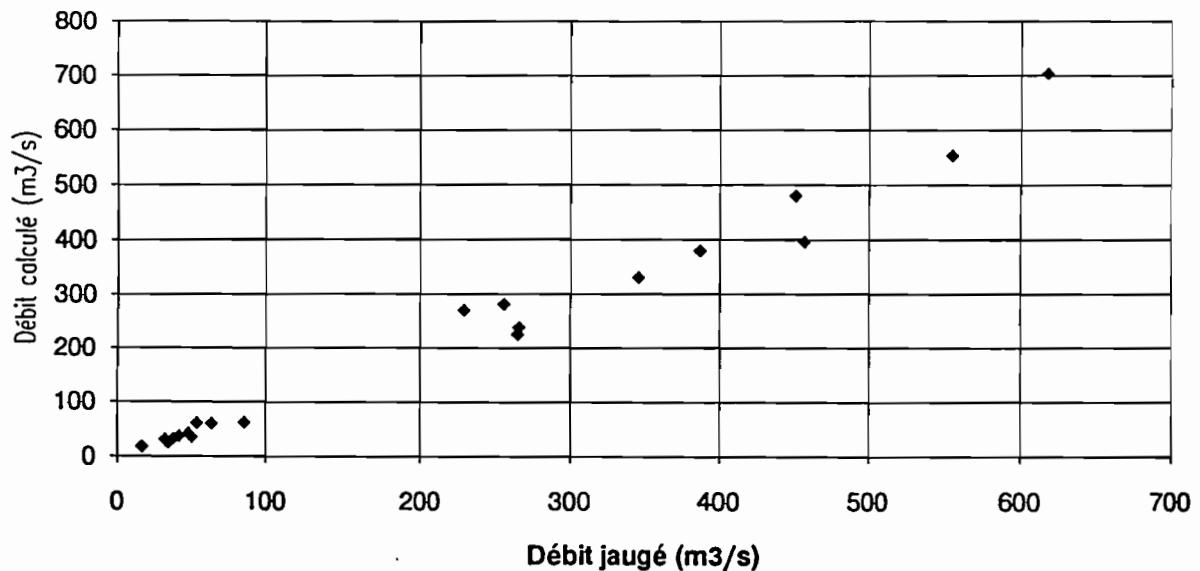
### Logone à Moundou-Pont



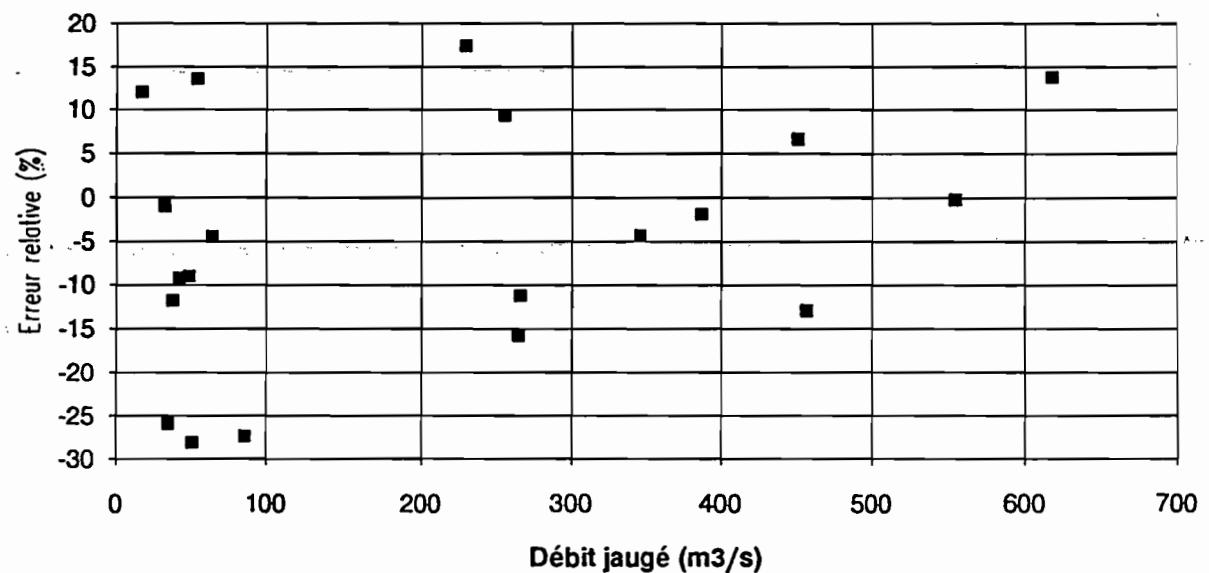
### Logone à Moundou-Pont



### Logone à Bongor



### Logone à Bongor



Pour les hautes eaux, et sous réserve de vérifications de certains jaugeages (cote, formule de l'hélice, reprise des calculs), la dispersion des mesures autour des courbes moyennes reste acceptable, sans plus. Certains tracés pourraient être repris : par exemple, la courbe d'étalonnage de MOUNDOU qui semble trop basse au-dessus de 1 000 m<sup>3</sup>/s (tous les écarts sont positifs).

Pour les basses eaux, l'adoption d'une courbe unique entraîne des écarts excessifs. Il est vrai que le trop faible nombre de mesures en regard de l'instabilité naturelle des lits permet difficilement la détermination de la validité des courbes successives qui pourraient être tracées. Les limites des périodes pourraient cependant être évaluées en s'aidant des limnigrammes par comparaison des cotes de "débits de base" avant et après chaque crues importantes en partant de l'hypothèse d'une faible variation des débits.

Les problèmes d'étalonnage devront être revus avec plus de soin.

Nous reprendrons ici les conclusions du rapport d'expertise de la mission d'évaluation du projet AGRHYMET (CHD/87/013) de Juillet 1990 (MM. RIOU, BILLON et BEKAYO).

"L'inexpérience des ingénieurs est à l'origine de difficultés dans l'établissement des courbes d'étalonnage: tracés discutables entraînant des calculs de débits erronés - vérification insuffisante grâce à la comparaison de stations proches..."

Ces défauts imputables à la jeunesse des cadres seront corrigés par l'expérience mais plus rapidement grâce à l'intervention sous forme de courtes missions d'un hydrologue confirmé qui développera le sens critique du service et améliorera la méthodologie".

#### **4.2.7 Disponibilité des données**

##### **4.2.7.1 Originaux et archives**

En raison du pillage et de la destruction du centre ORSTOM de N'DJAMENA entre 1979 et 1982, la documentation de ce centre a presque totalement disparu. A l'exception, assez rare, de documents présentant un aspect commercial (par exemple l'Atlas du Tchad qui a pu être racheté sur le marché de N'DJAMENA), les archives hydrométriques primaires (dossiers de stations, originaux de lectures, carnets de jaugeages, levés topographiques, etc...) ont disparu, finissant leur carrière dans l'emballage de produits alimentaires ou autres usages.

Des photocopies ou doubles d'une partie de ces archives, (non répertoriées) ayant servi à la production des données élaborées des monographies sont conservées au laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à MONTPELLIER.

Depuis 1982, les archives primaires (relevés et enregistrements de hauteurs d'eau, levés topographiques et fiches de jaugeage) sont archivées et conservées, après exploitation pour la banque informatisée, au service hydrologique de la DREM.

**Tableau 4.2.5 - Inventaire des lacunes du fichier d'observations pour douze stations principales**

| Rivière    | Station     | Avant 1950 |    | 1951-1960 |    | 1961-1970 |    | 1971-1980 |    | 1981-1990 |    |
|------------|-------------|------------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|
| CHARI      | N'DJAMENA   | 45         | 24 | 12        | 13 | 42        | 0  | 72        | 10 | 75        | 23 |
| CHARI      | CHAGOUA     |            |    | 1         | 91 | 19        | 66 | 64        | 11 | 78        | 16 |
| CHARI      | BOUSSO      | 10         | 86 | 75        | 14 | 83        | 3  | 72        | 12 | 58        | 21 |
| CHARI      | MAILAO      |            |    | 68        | 5  | 92        | 1  | 78        | 17 | 79        | 18 |
| CHARI      | SARH        | 27         | 51 | 80        | 7  | 83        | 2  | 65        | 24 | 49        | 41 |
| BAHR SARA  | MOISSALA    |            |    | 76        | 8  | 56        | 11 | 69        | 19 | 38        | 42 |
| BAHR AZOUR | AM-TIMAN    |            |    | 67        | 29 | 99        | 1  | 56        | 35 |           |    |
| LOGONE     | BAIBOKOUM   |            |    | 51        | 17 | 38        | 20 | 67        | 20 | 43        | 18 |
| LOGONE     | BONGOR      |            |    | 11        | 57 | 34        | 34 | 74        | 18 | 51        | 32 |
| LOGONE     | LAI         |            |    | 85        | 9  | 79        | 12 | 75        | 25 | 58        | 35 |
| LIM        | OULIBANGALA |            |    | 58        | 12 | 47        | 34 | 53        | 29 | 80        | 18 |
| TANDJILE   | TCHAD       |            |    | 86        | 2  | 90        | 2  | 69        | 22 | 58        | 24 |

Nota : Les lacunes sont répertoriées par périodes d'observation : avant 1950, de 1951 à 1960, de 1961 à 1970, de 1971 à 1980, de 1981 à 1990.

Deux valeurs (%) sont fournies par période : la première valeur correspond au pourcentage de mois complets (sans lacune journalière), la seconde au pourcentage de mois sans aucune observation ; le complément à 100 % correspond au pourcentage de mois présentants des lacunes.

**Tableau 4.2.6 - Inventaire des lacunes du fichier informatique autres stations en activité**

| Rivière      | Station     | Avant 1950 |    | 1951-1960 |    | 1961-1970 |    | 1971-1980         |    | 1981-1990 |    |  |
|--------------|-------------|------------|----|-----------|----|-----------|----|-------------------|----|-----------|----|--|
| HARI         | DJIMTILO    |            |    |           |    | 28        | 39 | ?                 | ?  | 67        | 17 |  |
| CHARI        | GUELENDENG  |            |    |           |    |           |    | Réouverte en 1990 |    |           |    |  |
| CHARI        | HELLIBONGO  |            |    |           |    | 67        | 18 | ?                 | ?  | 88        | 3  |  |
| BAHR KEITA   | KYABE       |            | 29 | 25        | 88 | 6         | 92 | 0                 | 89 | 3         |    |  |
| BAHR KO      | BALIMBA     |            | 43 | 24        | 71 | 11        | 81 | 11                | 63 | 19        |    |  |
| BAHR SARA    | MANDA       |            |    |           |    |           | 64 | 8                 | 72 | 10        |    |  |
| BAHR SALAMAT | TARANGARA   |            |    |           |    |           |    | Réouverte en 1990 |    |           |    |  |
| MANDOUL      | NARANBAGARA |            |    |           |    |           |    |                   |    | 11        | 19 |  |
| LAC IRO      | BOUM KEBIR  |            |    |           |    |           |    |                   |    | 72        | 0  |  |
| LOGONE       | LOGONE GANA |            | 43 | 18        | 38 | 26        | 92 | 3                 | 78 | 5         |    |  |
| LOGONE       | KATOA       | 46         | 42 | 36        | 29 | 61        | 11 | 83                | 5  | 16        | 14 |  |
| LOGONE       | KOUMI       |            |    | 60        | 19 | 82        | 9  | 84                | 10 | 18        | 8  |  |
| LOGONE       | ERE         | 31         | 42 | 57        | 17 | 94        | 1  | 95                | 0  | 79        | 14 |  |
| LOGONE       | KIM         |            |    |           |    |           |    |                   |    | 98        | 4  |  |
| LOGONE       | PANDZANQUE  |            |    |           |    |           | 75 | 19                |    |           |    |  |
| BAILLI       | MOULKOU     |            |    | 20        | 63 | 84        | 10 | 60                | 26 | 4         | 92 |  |
| PENDE        | DOBA        |            |    | 68        | 21 | 77        | 7  |                   |    | 78        | 4  |  |
| PENDE        | GORE        |            |    | 67        | 12 | 88        | 1  | 96                | 0  | 71        | 10 |  |
| TANDJILE     | BOLOGO      |            |    |           |    |           |    |                   |    | 76        | 4  |  |
| NYA          | ARGAO       |            |    |           |    | 78        | 5  | 90                | 6  | 29        | 54 |  |
| LAC LERE     | LERE        | 25         | 58 | 21        | 50 | 77        | 11 | 61                | 39 | 69        | 11 |  |
| MAYO KEBBI   | M'BOURAO    |            |    |           |    | 18        | 20 | 60                | 7  | 43        | 10 |  |
| LAC TIKEM    | TIKEM       | 42         | 38 | 64        | 18 | 44        | 1  | 39                | 19 | 32        | 24 |  |

**NB : T signifie "Temporaire"**

**Inventaire des lacunes du fichier informatique autres stations en activité**

| Rivière    | Station     | Avant 1950 |    | 1951-1960 |    | 1961-1970 |    | 1971-1980 |    | 1981-1990 |    |   |
|------------|-------------|------------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|---|
| KABIA      | GOUNOU GAYA |            |    | 52        | 36 | 56        | 31 | 34        | 8  | 49        | 24 |   |
| KABIA      | pt CAROL    |            |    |           |    | 64        | 25 | 73        | 11 | 75        | 10 |   |
| LAC FIANGA | FIANGA      | 33         | 53 | 70        | 13 | 91        | 2  | 70        | 16 | 13        | 27 |   |
| BA THA     | AM DAM      |            |    | 8         | 75 | 22        | 68 | 20        | 70 | 17        | 58 |   |
| BA THA     | ATI         |            |    | 18        | 50 | 28        | 44 | 29        | 54 | 10        | 65 |   |
| BA THA     | OUM HADJER  |            |    | 13        | 52 | 11        | 51 | 47        | 44 | 15        | 63 |   |
| MELMELE    | DELEP       |            |    | 8         | 75 | 1         | 62 | 5         | 70 | 18        | 46 |   |
| LAC FITRI  | YAO         |            | 14 | 58        | 22 | 57        |    |           |    | 14        | 50 |   |
| LAC TCHAD  | BOL         | 80         | 12 | 79        | 0  | 87        | 1  | 68        | 14 | 44        | 13 |   |
| LAC TCHAD  | KALOM       |            |    |           |    |           |    |           |    | 19        | 27 |   |
|            | BILTINE     |            |    |           |    |           |    |           |    | 75        | 0  | T |

**NB : T signifie "Temporaire"**

#### **4.2.7.2 Banque de données**

##### **4.2.7.2.1 Le logiciel HYDROM**

La banque de données HYDROM, utilisée par le SH, gère 7 types de fichiers :

- les fichiers d'identifications des stations ;
- les fichiers de jaugeages ;
- les fichiers des étalonnages ;
- les fichiers des côtes instantanées ;
- les fichiers des débits instantanées ;
- les fichiers des débits journaliers ;
- les fichiers des dossiers de stations.

HYDROM, pour chacun de ces fichiers, permet de dresser l'inventaire des données disponibles et d'en extraire celles souhaitées sur support papier ou informatique (disquettes). Les fichiers informatiques extraits peuvent être obtenus soit en format ASCII, soit dans un format binaire propre à HYDROM, soit enfin sous forme de fichiers directement utilisables par le logiciel d'ajustements statistiques DIXLOIS, développé par l'ORSTOM et utilisé par le bureau "Etudes et Publications" du SH.

Si les données s'y prêtent, il est également possible d'en obtenir une représentation graphique.

Les ingénieurs du SH ont pu suivre des stages externes et internes (avec l'appui d'un expert de l'ORSTOM) de maniement du logiciel. Ces ingénieurs ont une bonne maîtrise du logiciel.

##### **4.2.7.2.2 Contenu de la banque**

Sous réserve d'une mise à jour des données les plus récentes en cours d'exploitation, les fichiers sont complets depuis 1982. Pour la période antérieure, une duplication du fichier de données de la banque du Laboratoire Hydrologique de l'ORSTOM (Montpellier) a permis de reconstituer l'essentiel des fichiers hydrométriques.

Si l'on qualifie de bonnes les périodes à lectures continues et en majorité complètes, moyennes les périodes à lectures continues mais comportant un nombre important de lacunes et mauvaises les périodes sans aucune lectures (ou presque), l'inventaire des données peut être ainsi analysé :

|                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| <b>CHARI à N 'DJAMENA :</b> | 1933-37, état moyen,  |
|                             | 1938-46 bon,          |
|                             | 1947-53 mauvais,      |
|                             | 1957-70 moyen,        |
|                             | 1971-79 bon,          |
|                             | 1979-81 mauvais,      |
|                             | A partir de 1983 bon. |

|                               |                                                                                                                    |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CHARI à CHAGOUA :</b>      | 1955-67 mauvais,<br>1969-79 bon,<br>1981-82 mauvais,<br>A partir de 1983 bon.                                      |
| <b>CHARI à BOUSSO :</b>       | 1936-40 bon et moyen,<br>1941-53 mauvais,<br>1954-75 bon,<br>1978 complet,<br>1976-82 mauvais,<br>Depuis 1984 bon. |
| <b>CHARI à MAILO :</b>        | 1953-79 bon,<br>1980-82 mauvais,<br>Depuis 1982 bon.                                                               |
| <b>CHARI à SARH :</b>         | 1938-39 moyen,<br>1940-44 bon,<br>1945-50 mauvais,<br>1951-78 bon,<br>1979-83 mauvais,<br>Depuis 1984 bon.         |
| <b>BAHR SARA à MOISSALA :</b> | 1951-79 bon avec quelques lacunes,<br>1979-82 mauvais,<br>Depuis 1982 bon avec quelques lacunes.                   |
| <b>BAHR AZOUM à AMTIMAN :</b> | 1953-74 bon,<br>1975-79 mauvais à moyen.                                                                           |
| <b>LOGONE à BAIBOKOUM :</b>   | 1951-78 bon sauf 62, 70 et 71 incomplets,<br>1979-82 mauvais,<br>Depuis 1983 bon.                                  |
| <b>LOGONE à BONGOR :</b>      | 1952-67 mauvais sauf saison sèche,<br>1968-79 bon,<br>1979-82 mauvais,<br>Depuis 1983 bon.                         |
| <b>LOGONE à LAI :</b>         | 1951-57 bon à moyen,<br>1958-61 bon,<br>1962-64 mauvais,<br>1964-78 assez bon,                                     |

|                            |                                                                                                                        |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | 1978-82 mauvais,<br>Depuis 1982 bon.                                                                                   |
| <b>LIM à OULIBANGALA :</b> | 1951-57 bon à moyen,<br>1958-61 bon,<br>1962-64 mauvais,<br>1964-78 assez bon,<br>1979-82 mauvais,<br>Depuis 1982 bon. |
| <b>TANDJILE :</b>          | 1954-78 bon,<br>1979-82 mauvais,<br>Depuis 1982 bon à moyen.                                                           |

Le tableau 4.2.7.2 a été établi par le SH selon les mêmes principes que le tableau 4.2.7.1. Il correspond au fichier en l'état actuel avant remise à jour à partir de toutes les archives disponibles (copies d'archives primaires de l'ORSTOM - Montpellier, tableaux publiés dans les monographies, etc ...).

On notera d'autre part que, pour les stations à écoulement temporaire, l'absence de relevés en saison sèche correspond en général à un état "à sec".

Lorsque sera achevée la mise à jour du fichier informatisé des données acquises depuis 1982, il restera à compléter la banque de données à partir des informations en archives primaires (MONTPELLIER, à vérifier) et contenues dans les publications (jaugeages, débits journaliers).

En particulier devront être reconstitués les fichiers des dossiers des stations et constitué un fichier de débits journaliers, dit opérationnel, établi à partir des données élaborées, et souvent complétées par interpolation et corrélation, publiées dans les monographies.

Enfin, il reste à signaler que pour les données récentes en cours d'informatisation, une sauvegarde régulière (back-up) est effectuée à intervalle régulier lors des travaux, précaution nécessaire en raison des très nombreuses coupures d'électricité. On notera qu'il serait nécessaire de renforcer l'installation électrique de la DREM afin de protéger le centre informatique. (Lors de notre mission, un incendie par court-circuit a mis hors d'usage le tableau de distribution !).

Les fichiers de données sont sauvegardés sur disquettes qu'il serait utile d'entreposer dans un local extérieur à la salle d'informatique. Enfin à intervalle régulier, une copie des données est expédiée à l'ORSTOM - MONTPELLIER. Cette précaution est justifiée sans plus amples explications.

#### **4.2.7.3      Données publiées**

Les données hydrologiques (jusqu'à 1967) ont été publiées dans divers ouvrages dont les principaux sont cités en 4.2.1.1. :

- Monographie du LOGONE      1967-68
- Monographie du CHARI 1974
- Monographie du LAC TCHAD    1969

Les données postérieures à 1982 ont été publiées dans les annuaires réalisés par le service Hydrologique Tchadien.

Pour la période intermédiaire, quelques résultats synthétiques figurent dans différents ouvrages :

- Traçage naturel et isotopique des eaux du système hydrologique du Lac Tchad M.A. ROCHE ORSTOM 1970
- Le fonctionnement hydrologique du lac Tchad au cours d'une période de sécheresse (1973-1989)  
J. LEMOALLE ORSTOM 1989

Ces documents peuvent être consultés à la DREM, au CRA (Centre de Recherche Appliquée, N'DJAMENA), à la CBLT et au laboratoire d'hydrologie ORSTOM de Montpellier.

Le Service Hydrologique de la DREM ne possède qu'une assez faible partie de l'importante bibliographie Hydrologique concernant le Tchad.

Le C.R.A. a pour vocation d'archiver et d'informatiser toute la documentation scientifique concernant le Tchad. Cet archivage est en cours de complètement.

Outre les ouvrages de base concernant le bassin du lac Tchad, la CBLT a en documentation, un certain nombre de notes et rapports relatifs à ses activités.

Enfin, la quasi-totalité de la documentation hydrologique concernant le Tchad est archivée à l'ORSTOM - Montpellier.

D'autre part, le service Hydrologique possède l'essentiel des ouvrages méthodologiques (Hydrologie) en langue française.

#### 4.3 Transport solide

Dès le début de ses activités, la Commission Scientifique du LOGONE et du TCHAD s'est intéressé aux transports solides.

Les campagnes de mesures effectuées en 1954 et 1955 sur le LOGONE à LAI avaient fourni les résultats suivants:

| Période                 | Débit liquide           | Charge transporté          |
|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Début crue (juillet)    | 700 m <sup>3</sup> /s   | 300 g/m <sup>3</sup>       |
| Montée de la crue       | 1 200 m <sup>3</sup> /s | 225 à 250 g/m <sup>3</sup> |
| Maximum (Octobre)       | 2 000 m <sup>3</sup> /s | 150 g/m <sup>3</sup>       |
| Etale (Août-Septembre)  |                         | 80 à 120 g/m <sup>3</sup>  |
| Fin de décrue (Oct-Nov) |                         | 60 à 80 g/m <sup>3</sup>   |

La turbidité croît rapidement en début de crue annuelle, reste stationnaire jusqu'à l'étalement puis décroît rapidement lors de la décrue.

En année moyenne, la charge transportée totale avait été estimée à  $2,6 \cdot 10^6$  Tonnes, soit une dégradation spécifique de 46 T/km<sup>2</sup>.

La composition granulométrique des transports en suspension était la suivante :

|                  |        |
|------------------|--------|
| Sables grossiers | 3.6 %  |
| Sables fins      | 9.3 %  |
| Limons           | 24.5 % |
| Argiles          | 62.6 % |

Ces études ont été reprises et développées en 1968 (M.A. ROCHE, B. DUPONT) et effectuée jusqu'à 1973 de façon systématique (B. BILLON 1968, P. CARRE 1972, A. CHOURET 1973). Elles concernaient cette fois l'ensemble du bassin (CHARI, LOGONE et leurs affluents).

##### - Exportation des suspensions des bassins amont

Les charges moyennes mensuelles en sédiments sont minimales (15 à 25 mg/l) pendant l'étiage en fin de saison sèche. Avec les premières crues (ruissellement sur sol sec et dénudé), elles croissent brutalement pour atteindre leur maximum au début de la montée des eaux, en juin et juillet dans le LOGONE à MOUNDOU (250 à 300 mg/l), en juillet dans la PENDE à DOBA (250 à 300 mg/l), dans le BAHR SARA à MANDA (120 à 150 mg/l) et en juillet-août dans le CHARI à SARH (80 à 150 mg/l).

Elles décroissent ensuite et atteignent en septembre un minimum plus ou moins marqué, souvent assez voisin des valeurs de l'étiage dans le PENDE et le CHARI. La diminution des concentrations en cours de la montée des eaux est provoquée par la croissance de la végétation herbacée générale sur

tout le bassin et par l'humectation des sols, ainsi que, dans une moindre mesure, par le filtrage effectué par les hautes herbes lors de la vidange des plaines d'inondation. Le minimum de septembre peut être attribué aux effets conjugués de la végétation et de la dilution maximale.

La concentration moyenne annuelle en sédiments soit un gradient décroissant d'ouest en est, lié à l'évolution des facteurs conditionnels : 150 mg/l dans le Logone, 75 mg/l dans la Pende, 50 mg/l dans le Bahr Sara et 53 mg/l dans le Chari. Bien que sans réelle signification physique, en raison de phénomènes de sédimentation des apports et d'érosion des berges, on observe un gradient décroissant d'ouest vers l'est de la dégradation spécifique : 60 t/km<sup>2</sup> à MOUNDOU, 25 t/km<sup>2</sup> à DOBA, 10 t/km<sup>2</sup> à MANDA et 1.2 t/km<sup>2</sup> à SAHR.

#### **- Transport et sédimentation des suspensions dans les bassins inférieurs**

A Fort Foureau (Kousseri) comme à Chagoua, la concentration minimale est observée en octobre ou novembre, lors de la vidange des plaines d'inondation. Ces valeurs sont inférieures à celle de l'étiage.

La charge moyenne annuelle du LOGONE à KOUSSEURI (109 mg/l) est deux fois plus importante que celle du Chari à Chagoua (53 mg/l). Après le confluent, la charge moyenne du Chari à N'DJAMENA a pu être estimée à 71 mg/l. Les charges maximales mensuelles du Logone et du Chari sont dans un rapport compris entre 3 et 5 (respectivement 440 à 600 mg/l et 120 à 150 mg/l).

En raison de la différence des apports liquides respectifs, les quantités annuelles transportées par le Logone et le Chari sont du même ordre de grandeur : 1 à 1.4 millions de tonnes.

On notera qu'une partie importante des matériaux transportés décante dans les plaines d'inondation. En dépit de l'érosion des berges, le transport annuel dans le Logone au niveau du confluent équivaut seulement à la moitié ou au tiers des apports réunis du Logone supérieur et de la Pende. Sur le Chari, l'érosion des berges fournit plus de matériaux que les plaines d'inondation n'en retiennent et les exportations du Chari supérieur et du Bahr Sara sont ainsi de 20 à 50 % plus faible que le tonnage transité à Chagoua.

En rapportant la concentration interannuelle (71 mg/l) au module du Chari à N'DJAMENA (calculé sur la période humide antérieure à 1972), on peut évaluer l'apport solide interannuel du Chari à près de 3 millions de tonnes, dont 60 % sont déversées de juillet à septembre.

#### **- Nature minéralogique des matériaux transportés en suspension**

Les analyses granulométriques indiquent qu'en moyenne 55 % de la charge en suspension est constituée d'argiles (en grande majorité de la Kaolinite), le complément étant constitué de limons et de sables.

C'est donc environ 1.5 millions de tonnes de Kaolinite qui sont déversés annuellement dans le lac. Ce fait pose un problème au sujet de la sédimentation dans le lac où prédomine la montmorillonite (qui représente également l'essentiel des argiles des sols constituant les plaines d'inondation).

Pour conclure, on notera que les phénomènes d'écoulement et d'érosion - transport - sédimentation dans le bassin endoréique cristallin et alluvial du lac Tchad, sous climat tropical à sub-désertique, sont caractérisés par la présence de basses régions, très plates, qui "constituent une série de pièges sédimentaires de plus en plus efficaces : plaines d'inondation, lac, erg aquifère et interdunes alternativement noyés et exondés".

#### 4.4 Qualité des eaux

Dès le début des observations, les explorateurs qui découvrirent le lac Tchad furent étonnés par la faible salure des eaux. Les premières mesures (mission TILHO 1906-1909) montraient sommairement un gradient de salinité croissant vers le nord du lac.

Dès 1958, l'étude détaillée de la salure des eaux et des autres paramètres physico-chimiques (conductivité, teneurs, PH, etc...) ainsi que de leurs évolutions fut effectuée de façon systématique par l'ORSTOM.

De 1966 à 1970, des campagnes d'échantillonnage sur les fleuves et les lacs furent effectuées ainsi que des prélèvements périodiques sur dix-huit stations.

Les travaux de laboratoire ont représenté environ 20 000 mesures des conductivités, 8 000 dosages d'ions ou de silice, 1 200 mesures isotopiques d'oxygène, 100 de deutérium, 30 de tritium.

Les conclusions de ces études ont été présentées dans la thèse de M.A. ROCHE, citée ci-dessus. Nous en rappellerons très sommairement les grandes lignes : .

Issues principalement des hauts bassins cristallins, où l'altération se réalise en milieu drainé, les eaux ne contiennent que des bicarbonates, d'origine atmosphérique et des chlorures et sulfates à l'état de trace. A l'exutoire de ces bassins, la salure globale moyenne est de 30 mg/l avec un spectre cationique (me) Ca.Na 2 Mg.K et une teneur en silice d'environ 20 mg/l.

Dans les régions inférieures, ces eaux divaguent dans une premier bassin de sédimentation constitué par les plaines d'inondation. Les pertes y sont déjà sévère (de l'ordre de 30 % d'eau, 50 % des suspensions et 10 % d'ions et silice). Il en résulte un piégeage préférentiel selon les plaines et l'hydraulique, soit du calcium et du magnésium, soit du sodium et du potassium, mais à la sortie du piège le spectre moyen est peu différent de ce qu'il était à l'entrée.

Pour les argiles on quitte le domaine de la kaolinite pour celui de la montmorillonite.

En année moyenne (période humide),  $43 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> d'eaux fluviales, auxquels s'ajoutent  $6.5 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> de pluie, débouchent dans le lac avec des concentrations en suspension de 71 mg/l, en ions de 42 mg/l et en silice dissoute de 25 mg/l. Ces valeurs équivalent à un déversement interannuel de  $3 \cdot 10^6$  t. de suspension,  $1,8 \cdot 10^6$  t. d'ions et  $1,1 \cdot 10^6$  t. de silice, auxquels s'ajoutent à hauteur de 15 % des apports éoliens et pluviaux.

Les eaux se mélangent dans le lac en se dirigeant vers les rives. Elles s'évaporent progressivement à plus de 93 à 96 % ; les teneurs en oxygène 18 et leurs salures augmentent. Sur les rives, les salures, ioniques globales sont 3 à 40 fois supérieures aux valeurs originelles.

Toutefois, les teneurs moyennes en ions (320 mg/l) et silice (50 mg/l) restent très faibles, ce qui induit "l'existence de processus de régulation saline : une sédimentation chimique dans le lac même et des pertes de solution très minéralisée par infiltrations et abandons littoraux".

Ces conditions physico-chimiques expliquent également la dégradation de la kaolinite, pourtant minéral quasi-exclusif des apports, et la néoformation des montmorillonites qui existent en proportion dominante dans les fonds. Des phénomènes conjugués d'adsorption et de sédimentation assurent également "une capacité tampon susceptible de stabiliser les salures à l'échelle pluriannuelle".



## CHAPITRE 5

### EAUX SOUTERRAINES

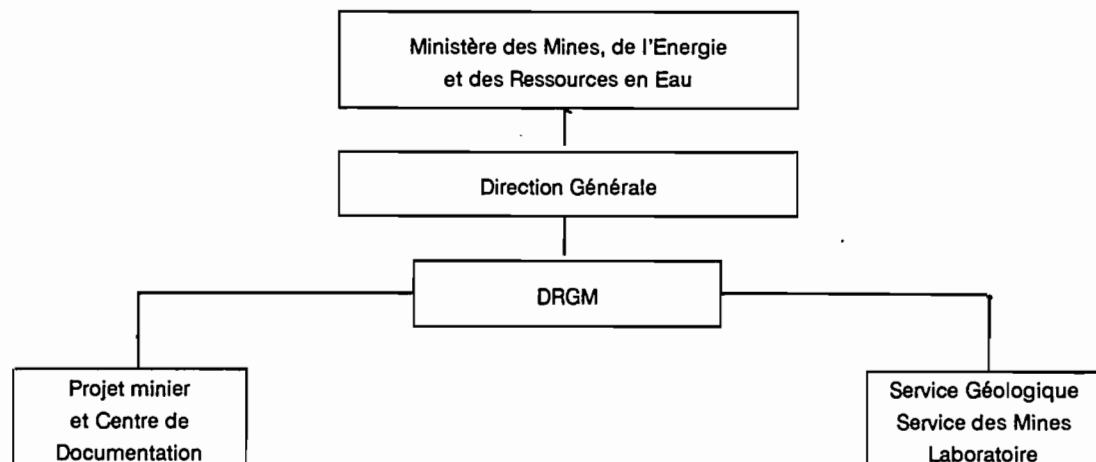
#### 5.1      Organisation et gestion

Les principaux services qui, au Tchad, collectent des données géologiques et hydrogéologiques sont :

- la Direction de Recherches Géologiques et Minières (DRGM),
- le Bureau de l'Eau,
- l'ONHPV (Office National de l'Hydraulique Pastorale et Villageoise),
- la STEE (Société Tchadienne d'Eau et d'Electricité).

Nous donnons ci-après les attributions de ces différents services et, dans la mesure où les renseignements ont été communiqués, les organigrammes et les moyens disponibles (personnel, moyens informatiques, matériel d'analyse, etc.).

#### 5.1.1    Direction de Recherches Géologiques et Minières



#### 5.1.1.1   Généralités

La Direction de Recherches Géologiques et Minières (DRGM) fait office de service géologique national tchadien. Elle fait partie du Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau (MIMEE). Son rôle est de coordonner et d'entreprendre les recherches en vue de la mise en valeur des richesses du sous-sol, d'appliquer les directives du code minier, ainsi que de gérer et faire la synthèse de la documentation relative aux sciences de la terre.

La DRGM est une émanation des différents services mis en place durant la colonisation française tels que le BUMIFOM, l'IRGM, ainsi que le BRGM. Avant l'Indépendance, les activités minières étaient sous le contrôle de la Direction des Mines et de la Géologie (DMG) dont le siège se trouvait à Brazzaville. La DMG est remplacée par la DRGM en 1986. Au cours de la guerre civile de 1979-1980, plus de la moitié des archives relatives aux sciences de la terre a été détruite ou dispersée.

Dès 1987, la DRGM bénéficie de l'assistance du PNUD sous la forme du projet CHD/87/010 qui a procédé à la reconstruction des locaux du centre de documentation et du laboratoire, au rassemblement de la documentation relative aux sciences de la terre, à la formation des cadres nationaux et à la prospection sur le terrain en vue de l'établissement d'un inventaire minier du Tchad.

En ce qui concerne le dernier point, la stratégie du projet est construite autour de deux axes principaux :

- Entreprendre les recherches de matières à haute valeur (or, platine, etc.) ayant le plus de chances d'être mises en exploitation dans le contexte géographique du Tchad, jusqu'au stade où les indices trouvés pourraient intéresser les compagnies minières privées.
- Entreprendre les recherches de certaines substances minérales (diatomites, kaolin, natron, etc.) susceptibles de promouvoir le développement d'une industrie locale.

Certains résultats encourageants ont été obtenus (anomalies géochimiques en or et un indice d'or alluvionnaire dans le Mayo-Kebbi au Sud-Ouest du pays, une réserve très importante de diatomites dans le Kanem au Nord-Est du Lac Tchad, quelques gîtes de calcaire, etc.).

#### **5.1.1.2 Présentation de la section informatique**

Le projet CHD/87/010 a également assisté la DRGM pour l'acquisition et l'installation du matériel informatique dans les buts suivants : gestion de la documentation relative aux sciences de la terre, archivage des résultats obtenus lors des missions sur le terrain, aide à l'interprétation de ces données (calculs statistiques, détermination des anomalies, etc.), présentation des résultats (édition des rapports, cartes des résultats), administration, comptabilité, gestion de la bibliothèque et des stocks des magasins.

Afin de répondre à ces divers besoins, la section informatique du projet CHD/87/010 a été mise en place en février 1989. Son personnel se compose de deux informaticiens (1 tchadien et 1 expatrié) ainsi que de deux opératrices de saisie.

##### **a. Matériel**

Le matériel dont dispose la section se présente de la manière suivante :

- 4 ordinateurs, dont 3 IBM PS/2 (modèles 70 et 50) et 1 portable Toshiba T1200,
- 1 Bernoulli Box Dual Drive, comme support-mémoire et unité de sauvegarde,
- 1 Streamer Techmar QT-60e pour la sauvegarde sur bande magnétique,
- 2 imprimantes matricielles Epson LQ 1050,
- 1 table à digitaliser Numomics modèle 2206,
- 1 plotter Schlumberger pour rouleaux format A1.

L'ensemble de ce matériel est protégé contre les coupures d'électricité et les variations de tension par des stabilisateurs de tension accompagnés d'onduleurs.

#### **b. Logiciels**

Les logiciels et programmes dont dispose la section sont les suivants :

##### *b1. Les logiciels "courants"*

- traitement de texte WORD version 4 et WORDSTAR,
- programme de mise en page PAGEMAKER,
- systèmes de gestion de bases de données DBASE IV pour la gestion des données géochimiques et CDS/ISIS pour la gestion des références bibliographiques,
- tableur EXCEL,
- logiciel intégré FRAMEWORK III,
- programme de transfert de données entre ordinateurs LAPLINK.

##### *b2. Les logiciels "spécialisés"*

- programme de statistiques MICROSTAT II,
- applications géologiques de ROCKWARE, GRIDZO-LOGGER-GEOPAL (gridding, krigeage, cartes de teneurs, logs de forages, déterminations de minéraux, calculs de réserves, etc.).

##### *b3. Les programmes qui ont été conçus dans le cadre de la section*

- gestion des stocks des différents magasins (matériel de prospection/camping et matériel de bureau, laboratoire, garage) programmé en DBASE,
- aide à la saisie des résultats d'analyse,

- vérification des banques de données,
- traduction des numéros de terrain en coordonnées cartésiennes,
- diagrammes de corrélation bilogarithmiques entre deux éléments,
- géostatistiques pour la création de fiches statistiques et la définition d'éventuelles anomalies,
- traçage de cartes des résultats à différentes échelles pour notamment la mise en évidence des anomalies.

c. **Organisation de la section**

Le matériel de la section informatique est réparti suivant le type d'activité :

- c1. **Le groupe géologie/géochimie** (composé d'un IBM PS/2 70F61, la Bernoulli Box, 1 imprimante Epson, la table à digitaliser, 1 souris et le plotter) est essentiellement utilisé pour la saisie et le traitement des données géologiques et géochimiques. Les programmes sont tous installés sur le disque dur de l'ordinateur alors que les fichiers de données figurent sur les cartouches de la Bernoulli.

Ce système présente deux avantages :

- les procédures de sauvegarde ne s'appliquent qu'aux fichiers de données du fait que le contenu du disque dur ne varie pratiquement pas,
  - d'autre part, en attribuant une cartouche à chaque utilisateur, ce dernier, en commettant une erreur irrémédiable, ne met en danger que ses propres fichiers.
- c2. **Le groupe bibliographie** (composé d'un IBM PS/2 50Z-061, le streamer Techmar, 1 imprimante Epson et 1 lecteur externe de disquettes 5 1/4") sert à la gestion de la bibliothèque et des références bibliographiques.
- c3. **Le groupe secrétariat** (avec un IBM PS/2 50Z) est essentiellement utilisé pour la rédaction des rapports et du courrier ainsi que pour la gestion du stock des magasins.
- c4. **Le Toshiba T1200** sert au développement d'applications qui seront par la suite transférées aux ordinateurs concernés.

**5.1.1.3 Centre de Documentation**

Il abrite les archives, la documentation et les cartes géologiques.

La section informatique est installée dans les locaux du Centre de Documentation. Ces derniers sont neufs, clairs, aérés, climatisés mais trop exigus.

La documentation porte sur les sciences de la terre.

#### **5.1.1.4 Laboratoire**

Il est destiné à l'analyse des échantillons de sols et de roches. Il a été renforcé par un projet PNUD (1987-Avril 1991) avec extension possible sur 3 à 4 ans. Un expert expatrié assiste :

- 1 chef de laboratoire,
- 1 ingénieur chimiste,
- 4 laborantins, niveau baccalauréat, formés sur place,
- 3 aides-laborantins formés sur place,
- 3 préparateurs (formés en Belgique, stage au Mali).

Le laboratoire se veut être celui du Service des Mines mais pas celui du Ministère des Ressources en Eau. Il est équipé pour les analyses de roches mais pas pour l'eau.

Le matériel est très performant et en bon état mais pas spécialement adapté pour l'hydrochimie.

#### **5.1.2 Bureau de l'Eau**

Le Bureau de l'Eau a été créé le 12 juin 1964 par décret n° 117/PR/TP, rattaché au Ministère des Travaux Publics et placé sous l'autorité du Comité de Coordination et de l'Hydraulique.

Par décret n° 752/PR/SGG/85, le Bureau est rattaché organiquement au Ministère de l'Elevage et de l'Hydraulique Pastorale.

En 1991, le Bureau est rattaché au Commissariat Délégué à la Présidence du Conseil d'Etat chargé des Ressources en Eaux.

Le 13 juin 1991, le Bureau de l'Eau est rattaché à la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement du Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau.

"Le Bureau de l'Eau a pour mission générale la tenue et la mise à jour de l'inventaire des ressources et des besoins en eau ainsi que la centralisation de tous les résultats des études concernant les problèmes de l'eau dans la République du Tchad".

Le Bureau de l'Eau gère :

- la banque des données de l'eau,
- le centre de documentation de l'eau,
- le réseau piézométrique national,
- la laboratoire d'analyse de l'eau.

Le Bureau de l'Eau intervient comme conseil (recherche de documents, missions sur le terrain, méthodologie pour la construction et la réparation des puits).

#### **5.1.2.1 Moyens en personnel**

Le Bureau de l'Eau est constitué de neuf personnes dont :

- 1 chef du Bureau de l'Eau, ingénieur hydrologue,
- 1 chef-adjoint, ingénieur technologue chimiste,
- 1 adjoint, technicien du génie rural,
- 1 ingénieur hydrogéologue-géophysicien expatrié, conseiller technique,
- 1 bibliothécaire non formé, arabophone,
- 1 secrétaire,
- 1 chauffeur,
- 2 gardiens.

#### **5.1.2.2 Moyens en matériel affectés et disponibles au Bureau de l'Eau**

##### **a. Locaux**

Le Bureau de l'Eau dispose d'un bâtiment neuf, aéré, clair, climatisé avec 8 bureaux. L'énergie est fournie par un groupe électrogène de 60 kVA neuf. Les équipements de bureaux sont neufs.

##### **b. Matériel roulant existant**

Trois véhicules sont pris en charge par le Programme National de l'Elevage :

- 1 véhicule 4 x 4 Toyota - 1989, Financement Banque Mondiale,
- 1 véhicule 4 x 4 Toyota - 1990, Financement Banque Mondiale,
- 1 véhicule 4 x 4 Toyota - 1986, Financement BID.
- 1 quatrième véhicule 4 x 4 Toyota - 1984, est pris en charge par le programme : GTZ - Arabie.

**c. Matériel technique**

Le Bureau de l'Eau possède :

- . 2 positionneurs satellites GPS et 2 SAT NAV,
- . 4 sondes électriques,
- . 1 photocopieuse RANK XEROX,
- . 1 machine à écrire électronique.

**d. Matériel informatique et de bureau**

Le matériel inventorié lors de la mission d'enquête est le suivant :

- . 1 micro-ordinateur IBM PS/2 386-8580 avec disque dur 60 Mo, 1 streamer incorporé 60 Mo, 1 lecteur de disquette 3,5",
- . 1 BULL MICRAL (60) 286 avec disque dur 60 Mo, 1 streamer externe 60 Mo et 1 lecteur de disquette 5"1/4,
- . 1 table à digitaliser Summumgraphics 1812,
- . 2 imprimantes EPSON FX 1000,
- . 1 imprimante laser HP LASERJET Série II,
- . 1 table traçante HP 7475 papier A4 --> A3,
- . 1 table traçante DRAFTPRO papier A4 --> A0,
- . 4 tables pour ordinateur,
- . 1 armoire,
- . 1 bureau,
- . 2 armoires de rangement pour les cartes topographiques.

Logiciels : PROGRES, ACTIF, BADGE, PROSPER.

Pour la publication assistée par ordinateur : WINDOWS, PAGE MAKER, EXCEL.

Pour la cartographie et le report de points d'eau : SURFER.

Possibilité de tirer des cartes et plans de 1 m de large en 8 couleurs.

**e. Laboratoire d'analyse des eaux**

Dans une pièce claire, climatisée de 16 m<sup>2</sup>, équipée d'un évier, se trouvent :

- 1 réfrigérateur,
- » · 2 mallettes DREL/S dont 1 seule fonctionne,
- 1 spectrophotomètre DREL 2000 portatif, avec mallette comportant 1 pHmètre, un conductimètre et un lot complet de réactifs,
- 3 titrimètres numériques,
- 4 conductimètres,
- 2 pHmètres,
- 1 thermomètre électronique,
- 1 laboratoire portatif archaïque non utilisé,
- petit matériel divers, bidons, etc.

Le laboratoire peut effectuer les analyses suivantes, selon les réactifs disponibles : dureté totale TAC, Ca, Mg (calculé par différence) NH<sub>4</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, Bicarbonates (si le pH > 8), NO<sub>3</sub>, Résidu sec par addition, parfois Fer et Potassium.

- Capacité du laboratoire : 7 à 10 échantillons/jour.
- Personnel : le directeur-adjoint du Bureau de l'Eau.
- Auto-financement du laboratoire : chaque échantillon est facturé 30 000 à 35 000 FCFA.
- Le budget de fonctionnement (achat des réactifs) est de 2 000 000 FCFA.
- Volume de travail : 80 échantillons en 1988 (5e FED), 40 en 1988-1989 (6e FED), 67 en 1989-1990, 128 en 1990-91 (6e FED).

**f. Matériel de camping**

4 lits, 4 duvets, 4 moustiquaires et tout le matériel de cuisine, glacière, bidons, pour 4 personnes.

**g. Budget 1991 du Bureau de l'Eau**

Le budget est de : 30 218 000 FCFA

**5.1.3 Office National de l'Hydraulique Pastorale et Villageoise (ONHPV)**

**5.1.3.1 Présentation**

L'Office National du l'Hydraulique Pastorale et Villageoise (ONHPV) a été créé par ordonnance n° 2/PR/MEHP du 23 mars 1983 en remplacement du Service des Aménagements Ruraux d'Hydraulique (SERARHY).

L'ONHPV est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civile et autonomie financière. Il est placé sous la tutelle du Ministère de l'Elevage et de l'Hydraulique Pastorale. Les attributions de l'ONHPV ont été fixées par décret n° 67/PR/MEHP du 6 avril 1984.

Depuis le 13 juin 1991, l'ONHPV est placé sous la tutelle du Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau.

L'Office est administré par un Conseil d'Administration. Le Directeur de l'Office est nommé par décret ; il assure l'exécution des décisions du Conseil d'Administration ; il est chargé de la gestion technique, administrative et financière de l'Office.

Les ressources financières de l'ONHPV sont constituées par :

- . les subventions du budget de l'Etat et du budget des collectivités et établissements publics,
- . les produits des impôts, taxes, centimes additionnels qui pourraient lui être affectés,
- . les aides extérieures, les emprunts, les dons et les legs des personnes morales privées et des particuliers,
- . les ressources provenant de ses opérations propres,
- . les taxes et redevances qui pourraient être instituées pour l'usage des ouvrages hydrauliques.

Le budget de l'Office est annuel et s'exécute du 1er janvier au 31 décembre. Il est de 167 500 000 FCFA pour 1991 (prévisions).

### **5.1.3.2 Attributions**

Depuis sa création, l'ONHPV a repris les anciennes attributions du "Service des Aménagements Ruraux d'Hydraulique (SERARHY)".

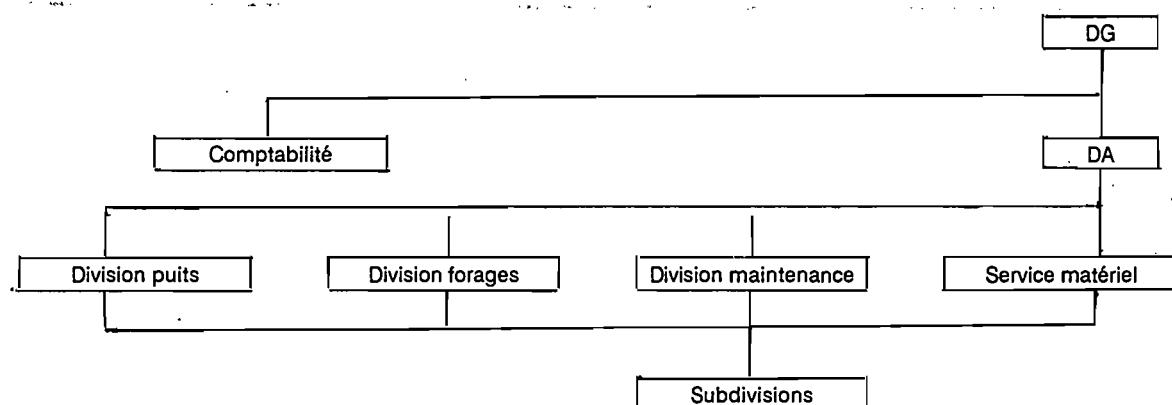
L'ONHPV a pour tâches d'assurer l'entretien, le fonctionnement et le renouvellement des ouvrages d'hydraulique rurale d'intérêt public, la construction et l'aménagement de nouveaux ouvrages.

Dans ce contexte, l'ONPHV participe à l'élaboration des programmes d'investissement des puits et forages ruraux, assure la maîtrise d'ouvrage des programmes d'hydraulique villageoise, assure la maîtrise d'oeuvre des projets d'hydraulique pastorale faisant appel aux eaux souterraines, la programmation dans ce secteur étant du ressort de la Direction de l'Elevage.

L'ONHPV s'est fixé un certain nombre d'objectifs :

1. Suivi des différents projets de forages opérationnels.
2. Exécution de travaux de puits (puits neufs et puits réparés).
3. Exécution de travaux de forage en régie, et à l'entreprise ; à travers le projet pilote de la Banque Mondiale (RSA), étude des modalités de maintenance des moyens d'exhaure (pompes manuelles, mécanisées et solaires) en vue d'une harmonisation dans les différents projets.
4. Mise en place d'une structure informatique de programmation au sein du Bureau de l'Eau.

### **5.1.3.3 Organisation**



Organigramme de l'ONHPV - Services techniques

L'ONHPV comporte :

- la Direction Générale, basée à N'Djaména,
- la Division forages,
- la Division puits,
- la Division maintenance,
- le Service matériel.

Chaque unité dispose de ses moyens propres, elle établit les marchés, exécute les travaux (régie ou entreprise) et contrôle les travaux.

Outre les services centraux, l'ONHPV est actuellement décentralisé dans 9 subdivisions à partir desquelles sont exécutées les opérations :

- N'Djaména (Chari Baguirmi),
- Mao (Kanem),
- Ati (Batha),
- Abéché (Ouaddaï),
- Pala (Mayo-Kebbi),
- Moundou (Logones - Tandjilé),
- Sahr (Moyen-Chari),
- Mongo (Guéra, sur financement PNUD),
- Am-Timan (Salamat sur financement FAC).

Trois restent à créer :

- Largeau (BET),
- Bol (Lac),
- Biltine (Biltine).

#### **5.1.3.4 Moyens et capacité de l'ONHPV**

##### **a. Les moyens de la Division Forages**

###### **a1. Organisation**

Cette division comporte deux services :

- le Service Travaux chargé de réaliser les forages. Il intervient soit en régie, soit à l'entreprise,
- le Service Contrôle chargé de contrôler les travaux exécutés par des entreprises privées.

**DIVISION FORAGES**

Chef de Division : 1



|                    |   |                     |                     |
|--------------------|---|---------------------|---------------------|
| Foreurs :          | 3 | Equipe exploitation | Chef de Service : 1 |
| Aides-foreurs :    | 2 | forages pastoraux : | 10                  |
| Chauffeurs :       | 5 | Aides-chauffeurs :  | 5                   |
| Chef de Service :  | 1 | Manoeuvres :        | 5                   |
| Chef Sce Adjoint : | 1 |                     |                     |

Organigramme Division Forages

a2. Moyens en personnel

Outre le chef de division, il existe deux chefs de service. Le personnel qui opère actuellement sur les appareils de forage de l'ONHPV comprend :

- 1 ingénieur (chef de service adjoint),
- 3 chefs foreurs,
- 2 aides-foreurs,
- 10 équipes d'exploitation des forages pastoraux,
- 5 chauffeurs (+ 5 aides),
- des ouvriers spécialisés et manoeuvres.

A ce personnel, on doit ajouter les ingénieurs, foreurs et ouvriers spécialisés qui sont affectés aux projets spécifiques de forages ; le projet le plus important est actuellement le projet PNUD/Ouaddaï/Guéra qui comporte deux ateliers de forage (mixtes rotary/marteau fond de trou).

a3. Moyens en matériel

Le matériel de forage dont dispose actuellement l'ONHPV a été acquis dans le cadre de projets spécifiques ou sur fonds propres (1 atelier). A la fin des projets, ce matériel devenu propriété de l'ONHPV est utilisé pour réaliser de nouveaux programmes soit en régie, soit à l'entreprise.

Le tableau 5.1.1 récapitule les ateliers de forage dont dispose actuellement l'ONHPV, leur état. Ainsi, sur la base des 4 ateliers actuellement opérationnels, le potentiel propre de réalisation de l'ONHPV peut être estimé comme suit :

- 300 forages courts/an (50-150 m),
- 10 à 15 forages profonds/an (100 à 300 m).

Si l'ONHPV souhaite atteindre ce potentiel, il devra toutefois se renforcer en personnel spécialisé (chefs de chantier, foreurs, mécaniciens).

**Tableau 5.1.1 - Liste des ateliers de forage de l'ONHPV**

| Foreuse<br>(marque, type)      | Mode foration                           | Entraînement<br>rotation                                                     | Capacité forage                              | Projet d'origine                 | Etat actuel<br>(âge)           |
|--------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Geomechanick<br>RB 35<br>(Al.) | Mixte<br>rotary/marteau<br>fond de trou | Tête hydraulique<br>montée/descente par<br>vérins et câbles                  | 6" - 300 m<br>12" - 200 m                    | GTZ/FSD<br>rachetée par<br>ONHPV | Remise en état<br>prévue       |
| Foraco<br>SM-70R<br>(Fr.)      | Mixte<br>rotary/marteau<br>fond de trou | Tête rotative<br>entraînée par tige<br>carrée montée/<br>descente par chaîne | 6" - 200 m<br>12" - 150 m                    | BIRD<br>(Logones/<br>Tandjilé)   | Remise en état<br>prévue       |
| CME 55<br>(US)<br>3 unités     | Tarière ou rotary<br>carottage          | Table rotation<br>montée/descente<br>par vérins                              | Tarière<br>4"20-40 m<br>rotary<br>6" ~ 100 m | USAID                            | 2 unités en état<br>(~ 10 ans) |
| Geoastra<br>G22 L<br>(Ital.)   | Mixte<br>rotary/marteau<br>fond de trou | Tête hydraulique                                                             | 6" ~ 200 m<br>12" ~ 100 m                    | Italie<br>(Kanem-Lac)            | Remise en état<br>prévue       |
| Geoastra<br>G24 L<br>(Ital.)   | Rotary                                  | Tête hydraulique                                                             | 6" ~ 500 m<br>12" ~ 400 m                    | Italie<br>(Kanem-Lac)            | Remise en état<br>prévue       |
| Portadrill<br>Smith (US)       | Rotary                                  | Table rotation                                                               | 6" ~ 300 m<br>12" ~ 400 m                    |                                  | A réviser                      |
| Mobil-Drill<br>(US)            | Rotary                                  | Table rotation                                                               | 6" ~ 200 m<br>12" ~ 100 m                    | USAID                            | Bon                            |
| Chicago<br>Pneumatic<br>(US)   | Rotary                                  | Table rotation                                                               | 6" ~ 800 m<br>12" ~ 400 m                    |                                  | En cours<br>réfection          |

#### a4. Forage au marteau fond de trou

Il existe actuellement, à l'ONHPV, 1 seul compresseur de capacité suffisante :

- Marque : ATLAS COPCO
- Type : PRH 700 Dd
- Pression : 10 bars
- Débit : 19 m<sup>3</sup>/mn

L'ONHPV récupérera au terme de 1990 deux nouveaux ateliers de forage qui seront rétrocédés par le projet PNUD Ouaddaï/Guéra (foreuses mixtes rotary/marteau, marque : Bonne Espérance, type : FBE 2).

a5. *Liste du matériel et du personnel pour pompages d'essais*

- compresseur 12 bars Ingersol B, pour essais par air lift. Monté sur plateau - Neuf,
- 1 compresseur 8 bars, pour soufflage. Tracté - Neuf,
- 1 pompe immergée 4" Grundfoss SP8-16 - Bon état,
- 1 groupe électrogène 25 kVA - Bon état,
- 1 groupe électrogène 10 kVA - Bon état,
- 1 groupe électrogène 25 kVA + rouleau tuyau flexible,
- petit matériel,
- camion porteur MAGYRUS 330-32 de 1987 10 cylindres,
- 1 opérateur-chauffeur,
- 2 aides-opérateurs,
- 1 chauffeur mécanicien,
- 1 aide-mécanicien pour le camion-compresseur.

b. **Les moyens de la division Puits**

Etant donné les spécificités du Tchad, pays où l'élevage occupe une place importante, les puits ont toujours tenu une place privilégiée dans l'hydraulique rurale, en particulier dans la moitié Nord du territoire. Aussi, le SERHARY puis l'ONHPV possède une grande et longue expérience en la matière d'autant plus que ces travaux ont le plus souvent été réalisés par leurs moyens propres.

Cette tendance s'est renforcée depuis la création de l'ONHPV.

b1. *Organisation de la division Puits*

L'organigramme et les moyens correspondants présentés par la figure 5.1.1 montrent que cette structure est décentralisée dans les différentes subdivisions à partir desquelles sont réalisés les travaux. Toutefois, les moyens affectés à chacune d'entre elles varient en fonction de leur plan de charge. L'unité opération d'exécution est la Brigade, qui est elle-même constituée d'un nombre variable d'équipes. Leurs moyens propres sont les suivants :

**Tableau 5.1.2 - Moyens en personnel et matériel de la division PUITS**

|                         | Personnel                                                                             | Matériel                                                                |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1 Brigade               | - 1 chef de brigade<br>- 1 adjoint<br>- 1 mécanicien/soudeur<br>- 1 commis/magasinier | - 2 camions<br>- 1 véhicule de liaison                                  |
| 1 Equipe de fonçage     | - 1 chef d'équipe<br>- 1 aide<br>- 4 manoeuvres                                       | - 1 treuil à main<br>- moules à buses (1 et 0,5 cm)<br>- petit matériel |
| 1 Equipe de mise en eau | - 1 chef d'équipe<br>- 1 aide<br>- 4 manoeuvres                                       | - 1 derrick mécanique<br>- 1 benne preneuse<br>- petit matériel         |

b2. Cadence d'exécution des puits

Les cadences moyennes sont les suivantes :

Fonçage/cuvelage :

- 1 équipe fonce 12 à 15 ml/mois soit 3 puits/an (prof. 30 à 40 m),
- 1 brigade de 6 équipes est en mesure de foncer environ 20 puits/campagne.

Mise en eau (captage comportant 6 buses perforées dont 5 mises en place par havage) :

- la cadence est de 1 mise en eau/mois et par équipe.

Ainsi, pour une brigade comportant 6 équipes de fonçage et 2 équipes de mise en eau, 20 puits de 30 à 40 m peuvent être réalisés par campagne de 10 mois de travaux effectifs.

b3. Potentiel actuel de l'ONHPV

Sur la base d'un effectif de 5 brigades, l'ONHPV est en mesure d'exécuter actuellement de 80 à 100 puits/an.

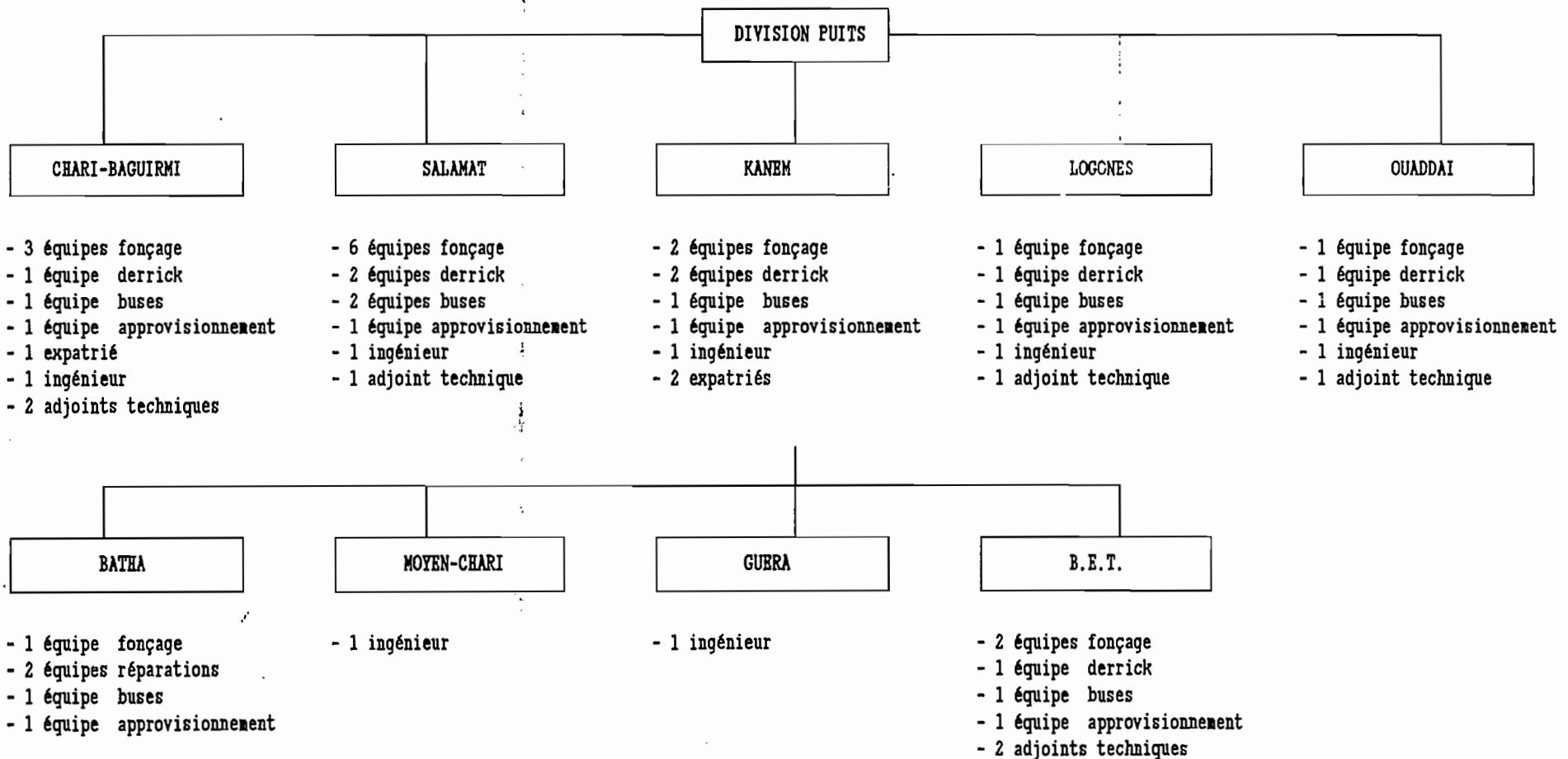
c. La division Maintenance

Cette division est de création récente (1988). Elle bénéficie de l'appui du "Sous-programme Maintenance du Projet de Restructuration du Secteur Agricole" (RSA - financement BIRD).

Figure 5.1.1

ORGANIGRAMME DU PERSONNEL  
DES TRAVAUX PUITS CAMPAGNE 1987-1988

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| 1 équipe fonçage =           | 6 personnes |
| 1 équipe derrick =           | 6 personnes |
| 1 équipe buses =             | 6 personnes |
| 1 équipe approvisionnement = | 5 personnes |



c1. *Structure de la division Maintenance*

Elle comporte :

- . 1 chef de division et adjoint,
- . des animateurs-mécaniciens et ouvriers,
- . 2 agents informaticiens.

Elle dispose de son budget et de sa logistique propres.

Financements :

- . Projet RSA - Banque Mondiale : 284 702 355 FCFA (1989-1990)
- . UNICEF
- . GTZ
- . FED
- . 1990-1991 : 2 000 000 FCFA pour achat de matériel informatique.

Actuellement, cette structure est décentralisée dans 7 subdivisions :

- . Chari-Baguirmi (N'Djaména),
- . Batha (Ati),
- . Ouaddaï/Biltine (Abéché),
- . Kanem (Moussoro),
- . Moyen-Chari (Sahr),
- . Guéra (Mongo - projet PNUD),
- . Salamat (Am-Timan - projet FAC).

c2. *Mode d'intervention de la division Maintenance*

Son rôle n'est pas d'entretenir les pompes manuelles mais d'assumer et contrôler la maintenance dont la charge est dévolue aux utilisateurs. La "Maintenance" est donc chargée :

- . des enquêtes villageoises ressources/besoins et motivations,
- . de l'animation des villages bénéficiaires des équipements, pour expliquer l'intérêt et le fonctionnement des pompes,
- . de la formation des artisans réparateurs,
- . de la collecte des fonds destinés aux renouvellements des pompes,

de quelques opérations spéciales hors de portée des artisans telles que le repêchage d'éléments de pompes tombés au fond des ouvrages.

Ce service s'est attaché, dans un premier temps, à créer et/ou réactiver "la maintenance" sur les pompes installées avant sa création et dont certaines n'étaient pas entretenues faute d'information et de motivation des villageois.

La division Maintenance a également en charge le fonctionnement des stations de pompage d'hydraulique pastorale existant au Tchad.

### c3. *L'informatique à la division Maintenance*

Les activités informatiques ont débuté en janvier 1990 avec l'arrivée du matériel financé dans le cadre du projet RSA et avec l'appui du Bureau de l'Eau.

La division de la Maintenance dispose d'un ordinateur BULL Micral 45 de 20 Mo avec écran VGA couleur BULL Micral, d'une imprimante Epson LQ 1050 et d'un onduleur JP 550, d'un lecteur externe 5"1/4 et d'une souris Microsoft.

Les logiciels utilisés sont les suivants :

- un programme DBASE IV,
- une interface graphique WINDOWS avec le traitement de texte WRITE et le tableur EXCEL,
- un logiciel de cartographie SURFER,
- un logiciel utilitaire PC TOOLS.

Le traitement de texte WRITE est utilisé pour la rédaction des rapports et documents de l'ONHPV.

Il est prévu de réaliser avec SURFER, avec le concours du Bureau de l'Eau, la cartographie au niveau national des points d'eau enregistrés dans SUPER en janvier 1991.

#### **5.1.4 Société Tchadienne d'Eau et d'Electricité (STEE)**

Au Tchad, l'approvisionnement en eau des centres urbains relève de la STEE. Outre la ville de N'Djaména, la STEE a en charge l'alimentation en eau des préfectures et de certaines sous-préfectures.

Pour identifier les ressources en eaux souterraines nécessaires à l'approvisionnement des centres urbains, la STEE est amenée à réaliser des études hydrogéologiques, à faire des forages de reconnaissance et d'exploitation, des essais de pompage et des analyses sur la qualité de l'eau.

La STEE collecte et détient des données hydrogéologiques pour 10 centres urbains (depuis 1986). Elle assure la production, la distribution et la gérance des eaux urbaines.

La STEE est sous la tutelle du Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau.

#### **5.1.4.1 Moyens en personnel**

Le nombre d'agents de la STEE affectés au département de l'hydraulique est de 50 à N'Djaména, 14 en province.

Selon les besoins et les travaux à effectuer, il est fait appel à des manoeuvres journaliers.

#### **5.1.4.2 Financements**

- . La part hydraulique de la Convention CCCE est de 30 millions de FCFA. Cette Convention est clôturée.
- . Subvention RFA/KFW : 620 500 000 FCFA - Clos fin 1991.
- . Prêt de 770 000 000 FCFA de la BEI.
- . Prêt de 6 000 000 d'Ecus de la BEI, contrat de rétrocession à la STEE en cours.

#### **5.1.4.3 Moyens en matériel**

##### **a. Laboratoire d'analyse des eaux**

Il n'y a pas à proprement parler de laboratoire des eaux à la STEE. Il existe un petit matériel de terrain pour déterminer la teneur en chlore libre et réaliser quelques analyses, mais les réactifs sont périmés.

La Convention BEI-STEE I/7.0727/TB prévoit la construction d'un bâtiment pour abriter un laboratoire des eaux (15 000 000 FCFA). Le rapport d'activité STEE/073/DTH/91 mentionne que "l'appel d'offres pour ce petit bâtiment sera lancé en dernier".

##### **b. Véhicules**

- . 1 véhicule léger de direction,
- . 8 pick-up,
- . 1 camion plateau, pratiquement toujours en panne,

10 véhicules divers sur don RFA/KFW (1 véhicule léger, 1 break, 3 break 4 x 4, 2 pick-up, 1 pick-up 4 x 4, 2 camions légers).

### 5.1.5 Autres organisations

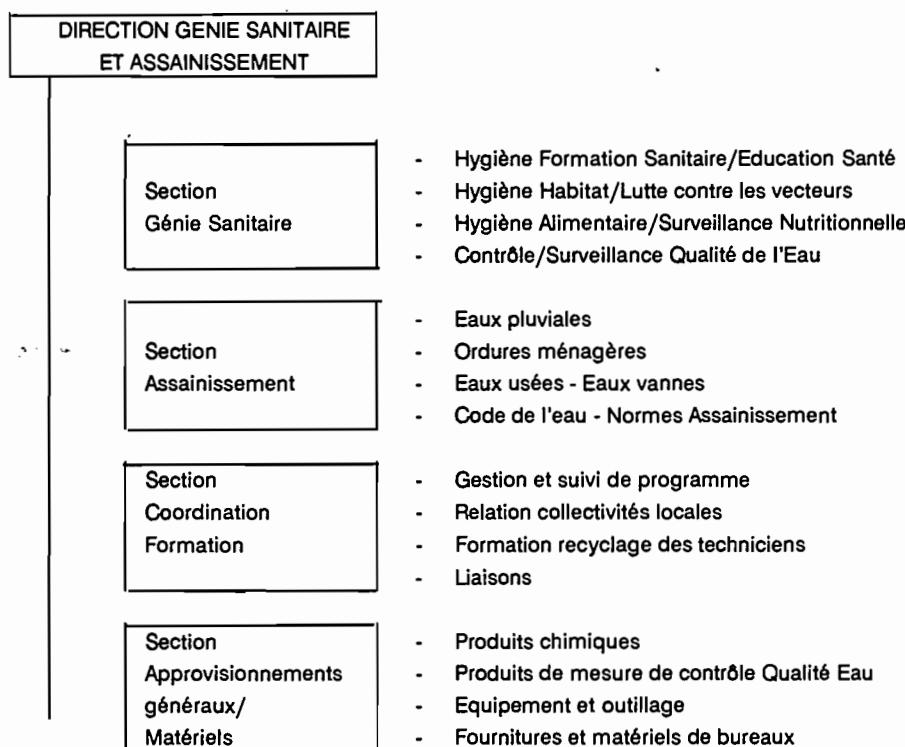
#### 5.1.5.1 Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement (DGSA)

La Direction est rattachée au Ministère de la Santé et des Affaires Sociales.

Elle a pour vocation d'élaborer et de mettre en oeuvre les programmes d'assainissement au niveau national.

Elle est chargée de promouvoir et de développer l'état de santé des populations urbaines et rurales en veillant particulièrement à l'amélioration des conditions d'hygiène du milieu par l'élimination des principales sources de transmission des maladies : lutte contre les vecteurs des maladies parasitaires, la pollution fécale, la pollution des eaux de consommation, élimination et traitement des ordures et autres déchets.

Organigramme Direction Génie Sanitaire et Assainissement



Les moyens en personnel n'ont pas été communiqués.

Les moyens en matériels sont pratiquement inexistant.

Le laboratoire d'analyse se réduit à un mini-labo qui se charge des analyses bactériologiques et chimiques des eaux et des denrées alimentaires. Une section des traitements de l'eau est rattachée au laboratoire.

Le laboratoire dispose de trois techniciens (formés à la SODECI - Abidjan).

Budget :

- . Participation de l'Etat : 30 000 000 FCFA/an
- . Subvention de l'OMS : non communiquée

#### **5.1.5.2 SODELAC - Société de Développement du Lac**

La SODELAC a pour objet le développement global de la région du Lac et, à cet effet, d'étudier, de promouvoir, de coordonner, d'exécuter ou contrôler toutes opérations dans tous les domaines de développement. La spécialisation de la SODELAC est limitée à la réalisation et à la gestion des aménagements hydroagricoles et à l'encadrement du monde paysan.

Jusqu'à présent, les activités de la SODELAC n'ont guère porté sur la mise en valeur des eaux souterraines (2 forages à la Ferme Semencière, quelques chadoufs améliorés).

#### **5.1.5.3 Organismes para-étatiques et étatiques**

Le Génie Rural ne s'occupe plus des eaux souterraines depuis 1983.

L'Office de Mise en Valeur des Plaines de Sategui-Deressia (OMVSD) et l'Office National de l'Horticulture (ONADEH) n'utilisent que les eaux de surface à des fins d'irrigation.

L'Office National de Développement Rural (ONDР) et le Fonds d'Investissement Rural (FIR) initient des aménagements pluridisciplinaires mais sous-traitent l'hydraulique souterraine à l'ONHPV.

La Direction des Routes (Ministère des Travaux Publics) s'adresse à l'ONHPV si des besoins en eau se font sentir lors de travaux routiers.

#### **5.1.5.4 Bureau Interministériel des Etudes et de la Programmation (BIEP)**

Le BIEP réalise des études et des projets dans le secteur agro-sylvo-pastoral avec une équipe pluridisciplinaire de 12 cadres nationaux et de trois ou quatre conseillers techniques expatriés. Il n'y a pas de spécialistes de l'eau et le BIEP n'a pas de compétence dans le domaine de l'eau.

L'eau souterraine intervient indirectement dans les projets (sécurité alimentaire, schéma directeur de développement).

Le BIEP réorganise sa banque de données en collaboration avec le CRA, le CEFOD et FARCHA. Le CRA a vendu le logiciel TEXTO et forme le personnel du Centre de Documentation du BIEP. Le centre sera opérationnel début 1992.

Equipement :

- Ordinateur IBM PS 2, modèle 30,
- Imprimante EPSON 2250.

Logiciels : TEXTO, THESAURUS (mots clefs), BBINAT (bordereau).

Personnel : 1 manipulateur informatique qui deviendra le documentaliste.

#### **5.1.5.5 Laboratoire du Centre Vétérinaire de Farcha**

Le laboratoire a été créé pour la recherche vétérinaire et zootechnique. Les analyses physico-chimiques et bactériologiques sur des échantillons d'eau sont une activité marginale.

Mais les moyens en matériel et en hommes sont suffisants pour élargir les activités dans ce domaine.

Le personnel comprend : 2 vétérinaires microbiologistes, 2 ingénieurs pour les analyses vétérinaires et alimentaires, 1 infirmier pour les prises de sang, 2 agents techniques.

Le laboratoire d'analyse lui-même n'a pu être visité.

#### **5.1.5.6 Laboratoire d'analyse de la Faculté des Sciences Exactes et Appliquées de l'Université du Tchad**

Ce laboratoire peut effectuer des analyses sur des échantillons d'eau amenés par des organismes ou des particuliers.

Les locaux sont vastes, en bon état, propres, clairs, aérés, avec l'air conditionné.

**a. Matériel disponible**

- Spectrophotomètre HACH (portatif), 1988.
- Coffret "Lovibond Nessler" pour analyse de l'eau, 1990.
- Spectrophotomètre de flamme (pour dosage des alcalins et alcalino-terreux), 1987.
- pHmètre.
- Conductimètre.

**b. Moyens humains**

- 3 enseignants-chercheurs, chimistes certifiés, docteurs.
- 2 techniciens (+ 1 technicien prévu) chimistes (licence, DEUG).
- 1 garçon de laboratoire.

**c. Analyses effectuées sur demande**

pH, dureté totale, chorures,  $\text{Fe}^{2+}$ , chlore total,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ .

**d. Perspective**

Analyse systématique de l'eau en utilisant davantage le spectrophotomètre HACH.

Le laboratoire forme et fournit des techniciens chimistes.

Toutes les analyses sont possibles s'il ne manque pas les réactifs. Laboratoire fixe et laboratoire portatif, mais pas de véhicule.

Le financement est assuré par l'Agence de Coopération Culture et Technique pour les pays Francophones et le Fonds d'Aide à la Coopération.

Le Centre ne possède pas d'archives ni de données sur les eaux.

#### **5.1.5.7 Commission du bassin du Lac Tchad**

Le siège de cet organisme international est à N'Djaména.

La CBLT intéresse le Tchad, le Cameroun, le Niger, le Nigéria.

Elle a été créée en 1964 dans le but d'une coopération internationale pour le développement harmonieux des ressources naturelles du Lac Tchad, l'eau en particulier.

En 1989, les activités de la Commission ont été transférées aux Etats Membres. Ces derniers définissent une politique centralisée au niveau de la Commission qui ne s'occupe que de projets à caractères généraux.

Dans le cadre du projet RAF/88/029/B/01/01 "Planification et Gestion des Ressources en Eau du Bassin du Lac Tchad", le renforcement du Centre de Documentation est en cours avec mise en place d'un documentaliste et l'assistance d'un conseiller technique.

Financement PNUD de 55 000 \$ pour achat du matériel :

|                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| Micro-ordinateur :  | GATEWAY 2000    |
| Microprocesseur :   | 80386 - 25 MHR  |
| Lecteur de disque : | 1,2 Mo de 5"1/4 |
| Lecteur :           | 1,44 Mo de 3,5" |
| 1 disque dur :      | 80 Mo           |
| Moniteur :          | VGA Color 14"   |
| Clavier :           | QWERTY          |
| Imprimante :        | EPSON LQ 1050   |
| Onduleur :          | 500 VA - 50 Hz  |
| Logiciel :          | ISIS, 2.32      |

#### **5.1.5.8      Centre de Recherche Appliquée (CRA)**

Le CRA est un centre de documentation, d'appui à la recherche, qui dépendait au départ du Ministère du Plan, et se trouve rattaché actuellement au Ministère de l'Enseignement. Il a été créé sur un financement FAC qui arrive en fin de convention.

Le centre est spécialisé dans le traitement des Images Satellites SPOT. Il publie une revue scientifique et organise des conférences scientifiques.

Le centre possède de grandes potentialités pour l'archivage et la saisie des données. Il peut collecter toutes les données, toutes les archives, toute la documentation et éditer des synthèses.

Il est le Centre Pilote du réseau informatisé national, en liaison avec les centres du BIEP, du CEFOD, de la DRGM qui ont le même logiciel.

Le matériel informatique du CRA est décrit dans la figure 5.1.2.

## Figure 5.1.2 - Matériel informatique du CRA

### I - Secrétariat

- 2 macintosh SE avec deux lecteurs 3"1/2
- 2 imprimantes Image Writer (avec et sans chargeur)

### II - Edition

- 1 macintosh II avec disque dur 40 Mo et 1 lecteur 3"1/2, mémoire vive de 5 Mo
- 1 imprimante Laser Writer II NTX
- 1 Scanner Apple
- 1 lecteur 5"1/4 compatible IBM - Macintosh
- 1 écran double page

### III - Documentation

- 3 Goupil G5 - 286 avec disque dur 40 Mo
  - 1 Goupil G5 - 286 avec disque dur 100 Mo pour la gestion de la base
  - 2 imprimantes matricielles EPSON
  - 4 onduleurs
  - 2 lecteurs de microfiches dont un lecteur reproducteur
- Matériel mis en place par le CTA dans le cadre de l'implantation du disque CDROM dans les pays ACP.

Le CRA a été choisi au niveau national

- 1 Bull Micral avec disque dur 40 Mo
- 1 Imprimante Laser EPSON
- 1 lecteur de CDROM

### IV - Traitement de données satellitaires (banques numériques)

- 1 Goupil G50 avec :
  - disque dur 200 Mo
  - lecteur 5"1/4
  - lecteur de streamer
- 1 dérouleur de bande Kennedy
- 2 écrans dont 1 grand pour visualisation des images
- 1 onduleur en cours d'acquisition

### V - Logiciels

- Word 4.0 pour le traitement de texte
- WordPerfect
- Excel 2.2
- Page Maker 3.01 et 4.0 pour l'édition
- Carto 2D
- Quark X Press
- Mac Draw 2.0
- Mac Draw F1.95
- SuperPaint 2.0
- Image Studio 1.22
- Edimath V1.0
- Illustrateur 88
- Texto/Logotel 4.02 pour la gestion documentaire
- Minimage pour le traitement d'images satellites
- IDA pour le traitement d'images satellites

### VI - Banques de données sur disque compact CDROM

- 1 disque compact SESAME (le CRA participe à son actualisation)
  - 1 disque compact TRIPAG and RURAL (Hollandais)
  - 1 disque compact CAB Abstracts (Grande-Bretagne)
  - 1 disque compact AGRIS (FAO)
- et leurs actualisations à venir

### **5.1.5.9 Organismes de coopération et de financement**

Les principaux organismes de coopération et de financement sont les suivants :

- GTZ : Agence de la coopération technique allemande, intervient pour la création de puits et de forages, en liaison étroite avec l'ONHPV (Mayo-Kebbi, Ouaddaï-Biltine).
- PNUD : Réalise avec l'ONHPV des programmes d'hydraulique villageoise dans l'Ouaddaï et la Guéra : avec études hydrogéologiques, géophysiques, pompage d'essais, forages, études de synthèse, séminaire sur les eaux souterraines, cartes hydrogéologiques.
- UNICEF : Réalise des interventions multiples au Tchad pour la création de puits et de forages (Tandjilé, Mayo-Kebbi, Kanem), réhabilitation de puits, assistance technique (foreur, hydrogéologue) création de latrines dans le Tandjilé. Budget 89-90 : 1 290 000 \$ et 90-91 : 780 000 \$ pour le domaine de l'eau.
- BANQUE MONDIALE : Intervient en milieu rural et urbain pour l'alimentation en eau et pour l'assainissement (urbain). Etude - diagnostic en cours au Tchad sur l'eau et l'assainissement. Projets fonds ruraux (Batha) et réhabilitation du secteur agricole en zone sahélienne.
- USAID : Pas de financement direct de projet d'hydraulique. Etude des ouadis de N'Gouri (terminée).
- CCE : Finance la réalisation de forages profonds dans le cadre du 6e FED avec extension possible pour création de puits pastoraux et de forages profonds autour de N'Djaména. Un financement est en place pour la réalisation de 2 forages pour la STEE. Un programme de 700 forages est envisagé dans le 7e FED.

### **5.1.5.10 Organisations non gouvernementales (ONG)**

Les principales ONG intervenant au Tchad sont les suivantes :

- Secours Catholique  
de Développement  
(SECADEV) : Assure l'assistance des groupements villageois en vue d'une auto-promotion dans la gestion et d'un accès à un développement autonome.

Aide à la création de 105 puits (1984-1990).

CARE International : A une grande activité dans le domaine de l'hydraulique villageoise au Tchad, avec la création de 400 forages dans la région de Sahr (Financement CARE) la fourniture et la mise en place de 400 pompes. Installation de 153 pompes dans le Kanem.

Personnel : 45 personnes à Sahr, 15 dans le Kanem.

Matériel : 1 atelier de forage (CARE).

Les données sont saisies sur ordinateur à Sahr.

Association Néerlandaise  
d'Assistance pour le  
Développement (SNV) :

Basée à Ati. Financée par les Pays-Bas. Projets dans le Batha. Prévision de créer des puits, financés par SNV, et creusés par ONHPV (projet de 3 ans) avec l'assistance de 10 techniciens expatriés.

## 5.2 Données géologiques

### 5.2.1 Cartographie géologique

Le Tchad dispose d'un ensemble de documents cartographiques suivants :

#### 5.2.1.1 Cartes éditées

Cartes générales :

- Carte géologique de l'AEF au 1/2 000 000, 3 feuilles + Notice explicative par G. GERARD (1968).
- Carte géologique de la République du Tchad au 1/1 500 000, 2 feuilles par J.P. WOLF (1967), sans notice.
- Carte géologique du Tchad par M. MBAITOUDJI au 1/2 000 000 (1978, 1982).
- Carte tectonique du Tchad par M. MBAITOUDJI au 1/2 000 000 (1983).

Cartes géologiques de reconnaissance :

- Feuille Fort-Lamy au 1/1 000 000 + Notice explicative par J. BARDEAU (1956).
- Feuille Adré au 1/500 000 + Notice explicative par J. GSELL et J. SONET (1960).
- Feuille Fort-Archambault - Est au 1/500 000 + Notice explicative par R. DELAFOSSE (1960).
- Feuille Niéré au 1/500 000 + Notice explicative par J. SONET (1963).
- Feuille Bossangoa Est au 1/500 000 + Notice explicative par G. GERARD.
- Feuille Moundou au 1/500 000 par Ph. WACRENIER (1964) + Notice provisoire (ronéotypée) : Rapport T12 de fin de mission 1953 par Ph. WACRENIER.

#### **5.2.1.2      Cartes provisoires**

- Carte de Borkou-Ennedi-Tibesti au 1/1 000 000, 2 feuilles + Notice explicative par Ph. WACRENIER (1958).
- Feuille Am-Timan - Ouest au 1/400 000 par P. VINCENT (1968) + Notice explicative provisoire (ronéotypée) : rapport préliminaire de mission sur la coupure Am-Timan Ouest (février-Mai 1962). Rapport T41 par P. VINCENT (1961).
- Feuille Laï au 1/500 000 par Ph. WACRENIER (1951) + Notice provisoire : Rapport W 52 du 28/2/1954 par Ph. WACRENIER.
- Feuille Bossangoa - Ouest (Baïbokoum) au 1/500 000 (incomplète) - Tirage ozalide (par G. GERARD - 1954) + Notice explicative provisoire : Rapport T53 du 4/12/1954 par G. GERARD.

#### **5.2.1.3      Minutes géologiques au 1/200 000**

##### **a.      Coupure Niéré**

- Am Zoer (ND 34 XVI) par J. SONET (1961)
- Guéréda (ND 34 XVII) par J. SONET (1960)
- Kapka (ND 34 XXII) par J. SONET (1960)
- Iriba (ND 34 XXIII) par J. SONET (1960)
- Bir-Djouad (ND 34 XXIV) par J. SONET (1960)

**b. Coupure Biltine - Est**

- Biltine (ND 34 XV) par P. SYLVESTRE (1964) Rapport 1 AM 64 A2 (A)
- Oum-Chalouba (ND 34 XXI) par P. SYLVESTRE (1964) Rapport 1 AM 64 A2 (A)

**c. Coupure Adré**

- Goz-Beida (ND 34 IV) par A. GSELL (1955) Rapport N.P. 59

**d. Coupure Am-Timan - Ouest**

- Aboudeia (ND 34 XX) moitié W de la feuille, par P. VINCENT (1964) - Rapport P. 38
- Lac Iro (ND 34 XIV) moitié W de la feuille par P. VINCENT (1964) - Rapport P. 38

**5.2.1.4 Cartes diverses**

- Cartes des ressources minérales du Tchad - 1/2 000 000 par M. MBAITOUDJI (1981).
- Carte minérale du Tchad - 1/5 000 000 par J.B. CHAUSSIER (1970).
- Cartes gravimétriques du Bassin du Tchad - 1/3 000 000 par P. LOUIS (1970).

**5.2.2 Documentation géologique**

La section informatique de la DRGM est particulièrement active dans deux domaines :

- le traitement des données géochimiques,
- la gestion des références bibliographiques.

Près de 60 000 échantillons de roches ont été analysés (or, métaux précieux, uranium), ce qui représente 350 000 données qui ont été saisies sur 47 bases de données.

Le Centre de Documentation fait partie du réseau PANGIS pour un système d'information géologique. L'échange d'information se pratique par disquettes et se fera dans un proche avenir par CD-ROM.

Chaque notice bibliographique est constituée de 50 champs et sous-champs. Les descripteurs scientifiques sont extraits du Thésaurus Multilingue en Sciences de la Terre publié par l'Union Internationale des Sciences Géologiques.

La base de données contiendra 4000 références plus celles de la phototèque et de la cartothèque. Une bibliographie nationale en Sciences de la Terre sera publiée.

### **5.3        Données hydrogéologiques**

#### **5.3.1      Cartographie des aquifères**

L'ensemble des documents cartographiques particuliers au Tchad ou généraux recensés lors de la mission d'enquête sont les suivants :

- Carte hydrogéologique de la République du Tchad 1/1 500 000 par J.L. SCHNEIDER (1969-1970).
- Cartes hydrogéologiques de reconnaissance au 1/500 000 (BRGM) :
  - Mao, Fort-Lamy, Pays-Bas, Largeau par J.L. SCHNEIDER (1966-1968),
  - Moundou-Bongor par H. TORRENT (1965-1966),
  - Aouk-Salamat par J. MERMILLOD (1966),
  - Batha par J. ABADIE et G. GAGNIERE (1966).
- Cartes inédites ou sous forme de minutes, incluses dans des rapports :
  - Schéma d'orientation hydrogéologique du Ouaddaï et du Guéra au 1/200 000 et 1/400 000 PNUD-DTCD-ONHPV (1988-1991),
  - Carte hydrologie, hydrogéologie, géomorphologie au 1/200 000 de la préfecture du Mayo-Kebbi en 8 feuilles (GTZ - GAF - 1990).
- Carte de planification des ressources en eau souterraine des états membres du CIEH de l'Afrique soudano-sahélienne. Notice. Echelle à 1/1 500 000 (BRGM 1976).

#### **5.3.2      Données de base hydrogéologiques**

##### **5.3.2.1     Données collectées par le Bureau de l'Eau**

Le Bureau de l'Eau propose deux types de données :

- la documentation comprenant les archives et la bibliothèque,
  - le fichier informatisé PROGRES.
- a.      Le Centre de Documentation possède en bibliothèque 1116 titres essentiellement sur l'hydrogéologie du Tchad. L'accès aux documents se fait à partir d'une liste comportant un

numéro de classement, le nom de l'auteur, le titre, l'organisme, l'année de parution, des indications sur les tableaux, cartes, nombre de pages.

En 1990, toute la documentation a été saisie dans la base de données BIBLIO dont l'intérêt est de permettre des recherches rapides de documents par nom d'auteur, par sujet traité, par zone géographique concernée.

Un fichier manuel des points d'eau double le fichier informatique. Il comporte plus particulièrement les fiches forages et les fiches de visite et de réparation.

Le service de reproduction effectue des tirages de textes et de cartes pour l'ONHPV et pour les services extérieurs.

- b. Le logiciel PROGRES est un logiciel de programmation et de gestion des ressources en eau qui reprend la base de données des points d'eau existante ACTIF - BADGE - PROSPER.

La base de données comprend 6866 points d'eau actuellement (7000 fin 1991), 15 000 villages répertoriés dont 13 700 à population connue (recensement de 1968) et les résultats d'une enquête sur 2000 villages (dont 400 sont saisis).

Sur les 6866 points saisis, 3414 sont complètement renseignés. Les fichiers de base sont au nombre de deux :

- Le fichier "ouvrages" saisi par ACTIF et transféré dans BADGE. Les données saisies sont issues du fichier de points d'eau manuel pour les ouvrages antérieurs à 1979 et des différents rapports et comptes rendus pour les travaux récents.
- Le fichier "besoins du village" saisi par PROSPER.

La confrontation des deux fichiers permet d'évaluer les ressources en eau complémentaires à mobiliser pour satisfaire les besoins et par suite de programmer les campagnes d'hydraulique villageoise.

La base de données "ouvrages" permet de sortir des listings en réponse à différentes interrogations classiques dans DBASE. Il y a 80 champs, donc 80 réponses possibles qui peuvent être combinées. La base "village" permet les interrogations sur les populations, les dispensaires, les écoles, etc.

Toutes les données peuvent être cartographiées avec plus ou moins de facilités (Annexes F1 et F2). L'adaptation d'un programme plus convivial permettra le tracé automatique de toutes les cartes par degré carré (carte 1/200 000) ou par division administrative (Préfecture).

Ces différentes cartes, prêtes à l'impression, seront stockées sous forme numérique sur disque dur ou sur disque BERNOUILLI : il se constituera une véritable cartothèque au 1/200 000 facilement transportable et qui couvrira tout le Tchad.

c. Constitution des fichiers utilisés dans PROSPER

Le fichier "besoins" est constitué d'une fiche d'enquête socio-économique et d'une fiche de saisie (Annexes F3 et F4).

Le fichier "point d'eau" comprend (Annexes F5 à F10) :

- une fiche technique de forage,
- une fiche de puits neufs,
- une fiche de puits rénovés,
- une fiche sur l'état d'un puits,
- une fiche des caractéristiques physico-chimiques des eaux,
- une fiche essais par pompage,
- une fiche pompe installée,
- un dossier étude avec une fiche d'implantation (photo-interprétation, géophysique),
- une fiche de saisie "ouvrage".

Les analyses réalisées au laboratoire des eaux ne sont pas encore saisies dans la banque de données.

Elles concernent (fin 1991) 450 échantillons d'eau, soit 6300 données stockées dans des fiches.

#### **5.3.2.2 Données collectées par l'ONHPV**

Depuis sa création et compte tenu des projets en cours ou financés, l'ONHPV aura exécuté, en 1992, 511 puits neufs, 2039 forages et réhabilité 370 puits, soit 2920 ouvrages.

Toutes les données relatives à ces réalisations sont transmises au Bureau de l'Eau.

#### **5.3.2.3 Données collectées par la Division Maintenance de l'ONHPV**

Sur le programme DBASE IV, la division dispose des deux bases de données suivantes :

SUPER : Suivi des points d'eau ruraux.

1600 enregistrements concernent l'ensemble des caractéristiques techniques des forages positifs et les différentes informations concernant les aspects techniques des pompes, de l'animation et de la maintenance (voir la description de SUPER en Annexe F11).

**SOLAIRE** : Mise en place en novembre 1990 à l'occasion du programme Régional Solaire. Cette base regroupe l'ensemble des caractéristiques des forages, des équipements pour le pompage solaire et les aspects de l'animation (voir la description de SOLAIRE en Annexe F12).

#### **5.3.2.4      Données détenues par la STEE**

Sous forme de rapports, la STEE détient les données concernant une trentaine de forages réalisés au Tchad pour l'AEP des centres urbains avec :

- la coupe géologique,
- la coupe technique,
- la coupe granulométrique,
- les résultats des essais par pompage,
- et des analyses physico-chimiques (absentes pour les forages récents).

Les volumes d'eau exploités, les débits des ouvrages, sont connus pour tous les forages et présentés sur des tableaux de production mensuelle et annuelle.

Peu ou pas de données sur la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux (mises à part les analyses faites à la création des ouvrages).

On ne sait pas s'il existe des données archivées.

La STEE n'a pas de moyen informatisé pour saisir les données.

#### **5.3.2.5      Données détenues par la DGSA**

Les seules données que possède la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement concernent :

Un inventaire partiel des puits particuliers de la ville de N'Djaména, en cours (entre 900 et 1000 inventoriés en juin 1991) comportant la liste des puits traditionnels, l'adresse, le volume d'eau contenu dans le puits mais pas de prélèvement à fin d'analyse.

Quelques analyses partielles. Aucune en 1990 pour l'eau, 67 en 1989, 87 en 1988.

#### **5.3.2.6      Données hydrogéologiques détenues par la SODELAC**

Il faut mentionner que dans le cadre du Schéma Directeur de Développement socio-économique de la Région du Lac (bureau d'études SODETEG), un inventaire des ressources en eau souterraine de la Préfecture du Lac a été réalisé (1990) avec la définition d'un programme d'hydraulique villageoise et pastorale.

L'étude comporte de nombreuses données sur la géométrie, les caractéristiques hydrodynamiques et hydrochimiques des aquifères.

#### **5.3.2.7      Données détenues par les laboratoires d'analyse des eaux**

- Le laboratoire vétérinaire de Farcha n'a pas d'archives disponibles ni de fiches d'analyse des eaux. Pourtant, certaines références mentionnent 100 analyses en 1984 et 300 en 1990 sur des eaux de forage.
- Le laboratoire de la Faculté des Sciences ne possède ni archives ni de données sur l'eau (moins de 10 échantillons par an) (fiche d'analyse Annexe F13).

#### **5.3.2.8      Données détenues par la CBLT**

Près de 5000 documents traitant du développement des ressources en eau du Lac sont épargnés parmi les différents pays de la région, les organisations internationales et les organismes extérieurs qui travaillent dans le bassin. Le centre de documentation en cours de constitution va tenter de rassembler toutes ces données.

La documentation de base de la CBLT a été partiellement détruite ou dispersée lors du transfert du Secrétariat de Maroua à N'Djaména. Le centre dispose de 2000 titres qui sont en cours de saisie.

Un exemple de test d'impression est joint en Annexe F14.

#### **5.3.2.9      Le Centre de Recherche Appliquée (CRA)**

Une édition simplifiée d'une interrogation des descripteurs EAU et HYDR a permis de sortir une centaine de titres concernant l'eau (eau de surface et eau souterraine) sur 2000 titres possédés par le Centre.

#### **5.3.2.10    Le CEFOD (Centre d'Etudes et de Formation pour le Développement)**

Ce centre de documentation, très fréquenté, possède la documentation du CIEH antérieure à 1979 (essentiellement météorologie et hydrologie).

Le fichier manuel est en voie d'informatisation.

2000 références au total concernent avant tout l'histoire, la géographie, le droit et l'économie.

### **5.3.3      Données piézométriques**

#### **5.3.3.1    Historique du réseau piézométrique (sources : BRGM 1986 - Etude des nappes d'eau souterraine du Tchad - BID)**

En terrain sédimentaire, les mesures de variations des nappes aquifères sont les données essentielles qui permettent de comprendre leur système hydrodynamique et d'étudier les fluctuations sous l'influence des conditions climatiques et de leur exploitation.

Les résultats des interprétations permettent d'évaluer le potentiel exploitable des aquifères et leurs réactions sous l'influence de différentes contraintes (exploitation, recharge) par simulation mathématique des écoulements.

La quasi-totalité des forages de reconnaissance exécutés par le passé a été équipée en piézomètres d'observation. Ce réseau a été complété par des puits. 169 piézomètres ont été mesurés de 1964 à 1968 dans le Kanem-Batha et Chari-Baguirmi (Figure 5.3.1). Dans les autres régions du Tchad, il n'y a pas d'historique piézométrique autre que les niveaux mesurés lors de la création des ouvrages.

De 1970 à 1986, il n'y a plus eu de suivi piézométrique régulier. On notera les mesures ponctuelles suivantes :

- Avril-juin 1984 :              Batha, Kanem et piste du 13e parallèle
- Décembre 1984 :              Batha, Kanem
- Juin 1986 :                      Batha.

#### **5.3.3.2    Le réseau piézométrique actuel**

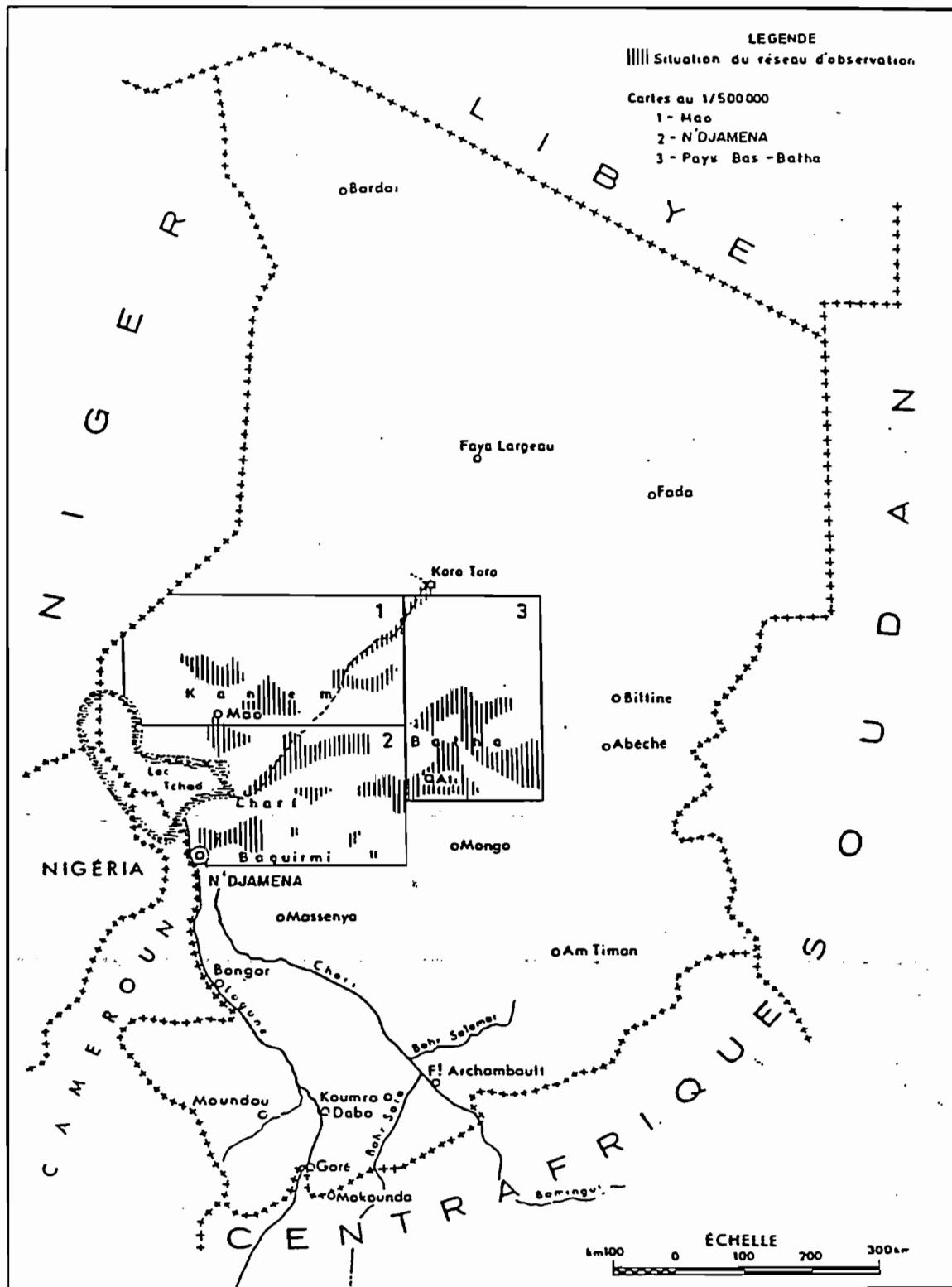
Seule la zone sédimentaire est intéressée par le réseau de piézomètres. Les piézomètres sont choisis en fonction des unités hydrogéologiques, des anciens piézomètres dont il existe un historique et des conditions d'accès.

Au Tchad, le Bureau de l'Eau est responsable depuis 1986 de la mise en place, de la maintenance et des mesures d'un réseau de 66 piézomètres répartis en 3 secteurs géographiques :

- Le Chari-Baguirmi Nord et le Kanem.
- Le Chari-Baguirmi Est et le Batha.
- Le Salamat.

Le réseau est visité deux fois par an, à la fin de la saison sèche (juin) et après la fin de la saison des pluies (novembre, décembre). Les deux visites annuelles sont assurées par un cadre supérieur, un chauffeur et un véhicule 4 x 4. Chaque tournée dure 30 jours. Le suivi du réseau est financé par le Programme National de l'Elevage.

Figure 5.3.1 - Situation du réseau d'observation (1964-1968)



Les emplacements des piézomètres sont portés sur des cartes topographiques au 1/200 000 avec les itinéraires. Au cours de la visite du réseau, des points d'eau sont inventoriés.

Un piézomètre est caractérisé par : le type d'ouvrage, le nom du village, le numéro d'inventaire, les coordonnées, la profondeur de l'ouvrage, le niveau de l'eau par rapport au sol, le niveau du repère de la mesure, la date de la mesure, des observations sur l'état de l'ouvrage.

La base piézométrique possède environ 500 données récentes sur les mesures. Chaque piézomètre a été visité, 10 fois environ. Les données sont consignées sur les cahiers de terrain car la base piézométrique n'est pas encore opérationnelle.

Les mesures antérieures à 1986 sont regroupées dans le document du BRGM cité comme sources au paragraphe 5.3.3.1.

#### **5.3.3.3 Inventaire résumé du réseau piézométrique**

|                  |           |                   |
|------------------|-----------|-------------------|
| Chari Baguirmi : | 5 forages | 2 puits cimentés  |
| Kanem :          | -         | 23 puits cimentés |
| Batha :          | 6 forages | 20 puits cimentés |
| Salamat :        | 4 forages | 2 puits           |

#### **5.3.3.4 Autres mesures de niveau du plan d'eau**

- Le SECADEV effectue des relevés irréguliers des niveaux sur les puits créés depuis 1984. Les fiches de suivis par zone de travail sont conservées à N'Djaména au siège de la SECADEV.
- ORT de N'Gouri : mesures sur 25 points d'eau dans les nappes des Ouadis (1987 à 1990) et interprétation des mesures [Ch. EBERSCHWEILER - 1990 - Impact hydrologique et écologique de l'exploitation des eaux souterraines à des fins agricoles dans la région des ouadis au Nord-Est du Lac Tchad - ORT-USAID].
- STEE : il est possible que des piézomètres, ou d'anciens forages, aient fait l'objet de relevés de niveau. Mais on ne connaît pas leur état et nul ne sait s'il y a eu des mesures archivées.
- CBLT : un projet financé par le FAC et confié au BRGM prévoit la conception et la définition d'un réseau piézométrique et la définition des conditions et des coûts d'exploitation, pour le suivi des nappes à l'échelle du bassin. Le projet démarera en automne 1991 et durera 11 mois.
- ONHPV-PNUD (Source R. THEPOT, 1988, suivi piézométrique de quelques forages autour d'Abéché-Ouaddaï). Des relevés de niveau de la nappe ont été effectués en 1987-1988 sur une douzaine de points d'eau autour d'Abéché.



## CHAPITRE 6

### EXPERTISE ET EVALUATION

#### 6.1 Besoins en données

Nous formulons ci-après les besoins en données exprimés par les responsables tchadiens lors de la mission du Consultant. La liste indiquée n'est pas forcément exhaustive mais elle permet de mettre en valeur l'importance des données de base qui font défaut tant dans le domaine de l'évaluation des ressources que dans celui de la qualité des eaux.

##### 6.1.1 Besoins en données climatologiques et pluviométriques

De nombreux organismes entretiennent des relations avec la DREM en collaborant ou en demandant des données.

La mission PNUD/OMM de juillet 1990 en avait dressé la liste ci-après, selon deux groupes d'importance.

| Organisme | GTP | Type de collaboration              | Informations demandées souhaitées                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Perspectives                                                                                                                                                                                                  |
|-----------|-----|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DPV       | oui | Prête sa radio.<br>Informe le GTP. | Avancée du FIT.<br>Vent : direction et vitesse.<br>Pluie, temp., humidité (dissémination des maladies).<br>Vent à 600 m (acridiens).<br>Télédétection IV.<br>Conditions météo. pour les vols aériens.<br>Hauteur d'eau pour les surfaces inondées. Ex. : vallée du Mandoul (pontes)<br>50% de l'information provient du réseau de la DPV et<br>50% de la DREM.<br>Délays moins longs. | Développement de la surveillance et de la lutte antiacridienne : projet ECOFORCES. La tendance actuelle est de développer un réseau propre d'informations (17 BLU) mais souhaite le développement de la DREM. |

| Organisme     | GTP | Type de collaboration souhaitées                                                                                                                          | Informations demandées                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Perspectives                                                                                                                                                                 |
|---------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AEDES/<br>SAP | oui | Création de postes pluvio.<br>gérés par la DREM.<br>Contrôle et paiement des<br>observateurs Guera.                                                       | Essentiellement la pluie.<br>Edite un bulletin mensuel<br>de 400 exemplaires avec<br>la pluviométrie.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Observations de cultures.<br>L'AEDES utilise sa propre<br>fiche.<br>Extension au BET.                                                                                        |
| SNV           | non | Hydrologie dans le Batha<br>en commun avec la DREM :<br>étude du bassin versant.                                                                          | Image NOAA (végétation).<br>Hauteurs d'eau.<br>Suivi des pâturages : contrôle<br>au sol des informations<br>de la télédétection.                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Utilisation de la télédétection<br>et contrôle au sol.<br>Inventaire des mares.<br>Suivi des pâturages.                                                                      |
| BSA           | oui | Donne ses observations au GTP.<br><br>Evaluation de la récolte en<br>octobre avec la DREM.<br>Contacts sur le terrain<br>pour l'observation des cultures. | Pluie.<br>Reprend le bulletin de la<br>DREM dans une synthèse<br>mensuelle.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Amélioration des<br>prévisions de récolte<br>(télédétection,<br>contrôle au sol).                                                                                            |
| FAO           | non | Suivi du projet.                                                                                                                                          | Informations plus nombreuses<br>en zone agricole.<br>Réseau plus dense, notamment<br>au Salamat.<br>Nécessité de séries chrono-<br>logiques suffisantes.<br>Informations plus élaborées pour<br>établir des probabilités de réussite.<br>Eléments pour des évaluations<br>de potentialité.<br>Hauteurs d'eau supplémentaires :<br>Zacouma, lac Tchad, lac Fitri.<br>Informations avec des délais<br>plus courts.<br>Diffusion plus importante. | Développement vivrier du<br>Salamat.<br>Protection<br>de l'environnement<br>(flore, faune au Salamat).<br>Mise en valeur des sols de<br>Berbere.<br>Cartes de potentialités. |
| SONASUT       | non | Station en commun<br>l'irrigation.                                                                                                                        | ETP, évaporation, bac pour<br>canne à sucre, besoins eau,<br>Données nombreuses sur la<br>zone de la canne à sucre et<br>autour en agrométéo.<br>Données de hauteurs d'eau<br>du Chari.<br>Débits (la transformation<br>hauteur-débit n'est pas encore<br>faite).                                                                                                                                                                              | Etudes agrométéo axées sur la<br>prévisions de rendement,<br>parasites, etc. La société a<br>cependant son propre<br>agrométéorologue.                                       |

Un deuxième groupe est composé d'organismes connaissant la DREM, collaborant avec elle et utilisant les données mais à un moindre degré.

**Cotontchad :**

Souhaite une information accrue, une augmentation des données satellitaires et considère l'agrométéorologie comme tout à fait importante.

Collabore avec des postes pluviométriques et ses postes radio.

Souhaite une meilleure intégration de l'agrométéorologie dans le monde rural, soutient le projet pilote et désire son extension dans la zone côtière.

**MAC/PROJET ECOFORCES :**

A besoin de données pour le biomodèle OSE, notamment la pluie rapidement Voir DPV.

**CILONG :**

Plusieurs ONG collaborent notamment pour la transmission des informations. Ex. : la Secadev pour le Guéra.

**DIRECTION DE L'ELEVAGE :**

Fait partie du GTP.

**LABORATOIRE DE FARCHA :**

Suivi des pâturages avec utilisation des images NOAA qui parviennent à la DREM. Utilisation des données pluviométriques.

Il y aurait un intérêt à avoir un pluviomètre sur les sites du suivi : matériel DREM, observateur du "suivi".

**CBLT :**

Souhaite des mesures de débit solide et des mesures biologiques pour l'eau. Utilise les annuaires.

**DEFPA :**

Le bulletin est photocopié et diffusé aux implantations de la DFPA.

La DFPA pourrait organiser avec la DREM une session de formation en agrométéorologie d'une sélection d'agents de l'Agriculture.

Un nouveau journal Agri Info peut consacrer quelques articles à l'agrométéorologie et l'hydrologie.

**ONDR :**

Va participer au projet pilote et fait partie du GTP.

Participe à l'observation et à la transmission des données.

Devrait avoir une collaboration plus poussée avec le DREM dans l'avenir.

**OMS :**

Pas de relations actuellement avec la DREM mais il pourrait y avoir dans l'avenir un besoin en hauteur d'eau (lutte contre l'onchocercose).

**DIRECTION DU GENIE RURAL ET DE L'HYDRAULIQUE :**

Utilise des données pluviométriques et pourrait compléter sa documentation actuelle avec les données de la DREM.

En résumé, la DREM est connue, appréciée et le jugement est en général positif. Une information plus abondante arrivant dans de courts délais est souvent souhaitée ; on retrouve aussi le problème déjà évoqué des transmissions.

**6.1.2 Besoins en données concernant le régime hydrologique et la qualité des eaux de surface**

De nombreux organismes ont exprimé des besoins concernant le régime des eaux de surface (apports, crues et étiages, topographie des zones inondées).

Ces données concernant aussi bien les grands systèmes hydrologiques (CHARI, LOGONE, lac TCHAD) que les petits bassins susceptibles d'être aménagés (petite hydraulique rurale).

Nous rappellerons brièvement ces besoins :

**CBLT :**

Données concernant le mécanisme d'alimentation du lac et son fonctionnement (marnage).

En particulier, il faut noter les besoins concernant le programme de planification et gestion des ressources eaux superficielles (RAF/88/029 1990-1991) concernant le bassin conventionnel du lac TCHAD (CHARI en aval de SARH et LOGONE en aval de LAI). Le projet prévoit le renforcement du réseau hydrométrique, l'amélioration des connaissances en hydrologie notamment pour le réglage d'un modèle mathématique, la création et l'utilisation d'une cellule de télédétection et la définition d'une stratégie pour l'aménagement des ressources en eau.

**DIRECTION DE LA PROTECTION DES VEGETAUX (DPV) :**

Hauteurs d'eau des surfaces inondées (par exemple vallée du MANDOUL).

**COOPERATION NEERLANDAISE (SNV) :**

Hydrologie du BA-THA

**FAO :**

Données concernant les potentialités (vallée du SALAMAT par exemple). Limnimétrie à développer pour les lacs (TCHAD, FITRI)

**SONASUT :**

Besoins d'informations hydrologiques concernant les prélèvements dans le CHARI (station de pompage), étalonnage des échelles au droit de ces stations.

**OMS :**

Données de débits nécessaires à la lutte contre les vecteurs de l'onchocercose (bassin du LOGONE près du DOBA). Secteur LIM-NYA.

**OMVSD :**

Réactualisation du régime du LOGONE (régimes des crues et topographie du lit mineur) dans la région de SATIEGUI - DERESSIA.

**PLAN :**

Hydrologie des petits bassins versants sahéliens et sub-désertiques (GUERA, BILTINE, OUADDAL,...)

Fonctionnement des bas fonds en bordure du lac TCHAD

**GTZ (COOPERATION ALLEMANDE) :**

Données concernant l'hydrologie et l'érosion hydrique dans le OUADDAL.

**FED :**

Dans le cadre du VI<sup>e</sup> FED (LOME III), une zone de concentration prioritaire a été délimitée (interfleuve CHARI - LOGONE et région du bas CHARI entre N'DJAMENA et le lac).

Les besoins concernent, dans la perspective de développement de périmètres irrigués par pompage dans les cours d'eau, des données sur les débits de basses eaux, la mobilité des lits et l'érosion des berges aussi que sur le mécanisme de fonctionnement du lac TCHAD (Hydrologie des bas-fonds)

**MINISTERE DES TRANSPORTS / DIRECTION DES ROUTES :**

Les besoins concernent une réactualisation des données concernant les crues pour les ouvrages de franchissement prévus à court terme.

- ROUTE D'JERMAYA - MASSAGUET - N'GOURA :  
Dimensionnement de buses, dalots et radiers - Ruisseaulement
- ROUTE MOUNDOU - TOUBORO (RIVE GAUCHE DU LOGONE OCCIDENTAL) :  
Franchissement du NYA et de la LIBI.
- ROUTE MOUNDOU - KELU - PALA - LERE :  
Réhabilitation de l'assainissement avec construction d'ouvrages (franchissement du MAYO KEBBI et de la TANDJILE)
- PONT DE BOLONG (ENTRE BOKORO ET MONGO)
- ROUTE YAO - ATI - OUM HADJER - AM DAM - AM GUEREDRA (REGION DU OUADDAI) :  
Franchissement du BA-THA
- PONT DE ERE :  
Pour remplacer le bac actuel (route BONGOR - ERE - KELO)
- ROUTE N'DJAMENA - KOUSSERI :  
Etude des débordements par conjonction des crues du CHARI et du LOGONE

Les besoins en données concernant la qualité des eaux sont importants et exprimés par la plupart des organismes gestionnaires ou planificateurs notamment la CBLT.

De nombreuses études ont été effectuées dans ce domaine (cf. 4.3 et 4.4) mais elles sont pour la plupart relative à la période excédentaire antérieure à 1973.

Il est nécessaire de réactualiser ces données dans le contexte déficitaire de l'hydraulique actuelle.

Il semble donc nécessaire de doter le Service Hydrologique des moyens de poursuivre l'acquisition des données sur le plan physico-chimique dans le même temps qu'il pourra apporter son concours au suivi de la qualité bactériologique des eaux de surface. Des propositions en ce sens ont été faites par l'OMM (Division pour l'Afrique Département de la coopération technique. Rapport de M<sup>r</sup> D. CLUIS. Projet CHD/87/013).

Le SH, dote des moyens nécessaires, contribuerait à la collecte des données sur les eaux de surface (échantillonnage et conservation des prélèvements) qui seraient ensuite analysées dans les laboratoires analytiques de N'DJAMENA (laboratoire de physico-chimie de la faculté des sciences exactes et appliquées - laboratoire bactériologique de FARCHA).

### **6.1.3 Besoins en données pour l'évaluation des ressources en eaux souterraines**

L'accroissement de la population et des besoins en eau en particulier en milieu urbain, les besoins nouveaux de l'agriculture et la mise en pratique d'un programme d'hydraulique pastorale, appellent l'exploitation de ressources hydrauliques de plus en plus importantes dans un contexte rendu défavorable par la sécheresse et la désertification.

#### **6.1.3.1 Besoins généraux en données sur les eaux souterraines**

##### **a. Dans les formations sédimentaires**

Les évaluations anciennes concernant la ressource en eau sont à actualiser en fonction des nouvelles conditions climatiques, en analysant les données des milliers de points d'eau modernes et les rapports de fin de travaux.

L'évaluation doit porter sur la différenciation d'ensembles, d'unités et de sous-unités hydrogéologiques, caractérisés par leur géométrie, leurs caractéristiques hydrodynamiques et la qualité des eaux. Les conditions d'accès et d'exploitabilité de la ressource doivent être prises en compte.

- Les programmes de lutte contre la sécheresse et la désertification ne tiennent pas suffisamment compte de la "désertification hydrogéologique". La sécheresse persistante a des effets différents selon la nature des terrains et la profondeur de la nappe.
- Les aquifères profonds du Tchad, qui ont de bonnes potentialités, restent mal connus (Pliocène Inférieur, Continental Terminal et Intercalaire).
- Les ressources en eau du Borkou, en particulier de la cuvette de Faya, doivent être évaluées.
- Le manque d'informations dans les zones argileuses du Batha et du lac Fitri rendent difficiles les implantations des puits et des forages.
- Le bassin du Salamat possède d'importantes ressources artésiennes qu'il faut évaluer.
- Certaines zones de bordure des aquifères ou des massifs montagneux présentent des biseaux stériles qu'il faut localiser (piémont Ouest du Ouaddaï, contact Pliocène Quaternaire dans la région de Beurkia-Kouba).
- En liaison avec la désertification, il existe des "nappes en creux" dans le Chari Baguirmi dont on ignore le fonctionnement hydraulique.

- Pour alimenter en eau N'Djaména, des forages sont créés à la demande, sans études préalables et sans suivi d'exploitation. Mais ni la géométrie, ni l'extension, ni l'alimentation de l'aquifère ne sont connues.

**b. En zone de socle**

La recherche d'eau dans les aquifères discontinus est malaisée. Dans les zones des versants érodés, elle devient aléatoire et localement déconseillée. Il s'avère nécessaire de localiser et de délimiter les aires selon leurs potentialités et de donner des orientations pour la recherche et l'exploitation des eaux souterraines. L'extraction de débits relativement importants dans un aquifère discontinu entraîne le souci de la pérennité de la ressource.

**c. Nécessité d'un suivi piézométrique**

Le Tchad possède un réseau national d'observation piézométrique limité en surface et en nombre de points d'observation.

L'extension de ce réseau permettrait :

- de parfaire la configuration et la surveillance de la surface des nappes des aquifères des terrains sédimentaires,
- de posséder des données de base pour évaluer la ressource,
- d'expliquer l'hydraulique des "nappes en creux",
- de contribuer à la compréhension du processus de l'aridification hydrogéologique et de son évolution,
- de délimiter et d'expliquer les "biseaux secs",
- de localiser les aires d'alimentation des nappes.

En plus du réseau généralisé, il est nécessaire de surveiller les zones de forts prélèvements ponctuels : alimentation en eau des centres urbains, des industries.

En zone de socle, des observations du niveau de l'eau s'avèrent nécessaires afin de suivre l'évolution de la ressource dans les aquifères de fissure et dans les altérites et afin de déceler d'éventuelles baisses dues au déficit pluviométrique (Biltine - Ouaddai).

L'équipement d'ouvrages avec des pompes solaires peut entraîner un déséquilibre hydrodynamique qu'il faut prévenir et maîtriser.

#### **6.1.3.2 Besoins en données sur la qualité de l'eau**

Au Tchad, comme dans les pays voisins, la qualité de l'eau a été considérée comme une préoccupation secondaire par rapport à l'urgence des besoins. La prise de conscience actuelle est loin de compenser l'insuffisance des données dans ce domaine.

- A N'Djaména, l'aquifère superficiel est pollué par les rejets d'origine anthropique en l'absence d'un réseau d'assainissement et par la présence de milliers de puits perdus et de latrines.
- Les industriels rejettent sans traitement d'importants volumes d'eaux résiduelles.
- Dans les villes, la desserte en eau potable n'est que partielle. Elle est compensée en partie par des prélèvements dans des puits particuliers qui captent une eau hautement dangereuse. Ces puits se comptent par centaines.
- En milieu rural, des milliers de puisards, de sources non aménagées et de mares sont encore en usage et resteront en usage longtemps encore.
- Les puits creusés dans les zones basses ou inondables influent sur des eaux peu profondes sensibles à la pollution.
- Il est nécessaire de connaître la nature, l'origine, la localisation, l'importance de l'extension et l'évolution de la pollution dans les zones sensibles. Quelles sont les ressources en eau exposées à des risques de pollution et les mesures à prendre pour les protéger ?

En dehors de la pollution, certaines eaux présentent des éléments en excès qui les rendent non consommables. Les analyses physico-chimiques décèlent ces anomalies ; par ailleurs, elles contribuent à la connaissance des conditions de gisement et d'alimentation des aquifères.

#### **6.1.3.3 Besoins en données du secteur agricole**

L'agriculture est une grande consommatrice potentielle d'eaux souterraines. Ces dernières sont très peu utilisées actuellement car le coût d'investissement et d'exploitation est plus élevé que pour les eaux de surface. Mais devant la relative pénurie des eaux superficielles, les eaux souterraines sont appelées à être sollicitées de plus en plus, davantage dans le cadre de micro-réalisations villageoises que dans celui de grands aménagements hydroagricoles.

La ressource visée est celle de la nappe phréatique exploitable à peu de frais et celle des alluvions.

L'irrigation des périmètres maraîchers se fait par pompage direct dans les cours d'eau. Mais le lit mineur se déplace, les berges s'érodent et les parcelles se trouvent isolées de la ressource ou

disparaissent. L'irrigation par puits ou forages à l'intérieur des terres est souhaitable surtout pour l'arboriculture fruitière qui demande des investissements à long terme.

L'aménagement des puits maraîchers exploités avec des motopompes est en pleine extension dans la région du Lac pour irriguer les ouadis et les polders.

L'évaluation du "système de survie alimentaire" ne peut se faire correctement sans la connaissance de la ressource en eau.

#### **6.1.3.4 Besoins en données du CILSS (Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel)**

Le Tchad possède d'importantes ressources en eau souterraine mais ces ressources sont mal évaluées.

Orientation (avec le concours du CIEH) vers des études de mobilisation des eaux pluviales et de surface avec de petits moyens. Des difficultés apparaissent au niveau de l'entretien des prises d'eau, du déplacement des lits des cours d'eau ou de leur ensablement.

#### **6.1.3.5 Besoins en données de la direction des routes**

Dans le cadre des travaux routiers, des besoins en eau existent au moment de la création et ensuite pour l'entretien du réseau.

Des forages sont alors réalisés en utilisant les données existantes mais sans recherche de données nouvelles.

#### **6.1.3.6 Besoins en données du SECALEV**

De sérieuses difficultés sont rencontrées dans les zones de socle par manque de données pour guider l'implantation des puits.

Dans le Batha, de nombreux échecs sont observés dans les formations argileuses et au niveau du biseau sec. Il est difficile de créer des puits dans les argiles du Fitri.

Les puits doivent être surcreusés peu de temps après leur création par manque de données techniques initiales.

Le SECALEV souhaite des informations pour tenter une campagne de forages.

#### **6.1.3.7 Besoins en données de la direction du génie sanitaire et de l'assainissement**

Les demandes formulées par la DGSA sont les suivantes :

- . Données sur la quantité d'eau distribuée aux populations.
- . Recensement de la population bénéficiaire d'eau potable.
- . Données sur la qualité de l'eau distribuée.
- . Inventaire des puits utilisés dans les villes.
- . Inventaire des sources de pollution.
- . Carte sanitaire et carte de la qualité des eaux du Tchad.
- . Elaboration et mise en application d'une réglementation sur l'eau.
- . Données sur la conception des latrines.
- . Assainissement des centres urbains et industriels.
- . Ramassage et traitement des ordures ménagères.
- . Sensibilisation des populations sur l'aspect sanitaire.
- . Lutte contre le choléra.

#### **6.1.3.8 Besoins en données de la STEE**

Les besoins en données de la STEE ne concernent pas spécialement la ressource ni la qualité de l'eau.

Les préoccupations sont d'ordre financier et liées à la technique de distribution :

- . Recensement de la population urbaine desservie.
- . Evaluation des consommations réelles par habitant.
- . Prévision de l'évolution des consommations.
- . Mise en service d'un laboratoire des eaux.

#### **6.1.3.9 Besoins en données de la CBLT**

Les besoins en données concernent principalement les ressources en eau :

- . Evaluation des ressources en eau souterraine.
- . Réseau piézométrique.
- . Cartographie des aquifères.
- . Modélisation des aquifères.
- . Système de gestion des ressources en eau.

- Recharge des aquifères.
- Ressource des aquifères profonds au Niger et au Tchad.
- Prise en compte du projet de lutte contre la désertification.
- Plan directeur pour le développement et la gestion écologiquement rationnelle des ressources naturelles du Bassin Conventionnel du Lac Tchad.

#### **6.1.3.10 Besoins en données de l'ONHPV**

Les besoins en données de l'ONHPV récapitulent dans une large mesure ceux des autres organismes et se confondent en grande partie avec ceux du Bureau de l'Eau :

- Etudes de synthèse.
- Cartes hydrogéologiques générales et de détail.
- Cartes hydrochimiques.
- Problèmes liés aux biseaux secs.
- Insuffisance de données sur les aquifères profonds.
- Difficultés rencontrées dans les zones de socle.
- Solutions hydrauliques de remplacement dans les zones défavorables à la création des puits et des forages.
- Reconnaissance hydrogéologique dans le BET.
- Plan directeur d'utilisation des eaux souterraines.
- Programme national d'hydraulique villageoise et pastorale.

#### **6.1.3.11 Besoins en données du Bureau de l'Eau**

Le Bureau de l'Eau doit centraliser toutes les données relatives aux eaux souterraines. Mais toute la documentation ne parvient pas à cet organisme.

Les fiches types en usage au Tchad ne sont pas toutes standardisées.

Seuls les rapports de fin de travaux ou d'études sont collectés. De nombreuses données mentionnées dans les dossiers de terrain, ainsi que les dossiers de prospection restent souvent dans les archives des projets, dans les bases de province ou sont gardés par l'organisme responsable du projet.

Les besoins et lacunes constatés au Bureau de l'Eau sont :

- Absence au Bureau de l'Eau de réalisation d'études et de cartographies.
- Absence d'un schéma directeur de l'eau.
- Extension du réseau piézométrique national.
- Extension de l'activité du laboratoire des eaux.
- Enquête sur les villages et définition des besoins en points d'eau.
- Inventaire sur l'état des points d'eau.
- Inventaire des points d'eau pouvant être équipés avec des pompes solaires.

## **6.2 Expertise et évaluation sur la pluviométrie**

### **6.2.1 Evaluation générale**

Pour répondre correctement aux besoins précédemment exposés, le réseau pluviométrique actuel avec ses 227 pluviomètres, ses deux pluviographes journaliers et sa trentaine de pluviographes hebdomadaires demande à être amélioré.

La densité du réseau, rapportée à l'ensemble du territoire est de 1,7 pluviomètres pour 10 000 km<sup>2</sup>. Cette valeur est inférieure à la norme internationale préconisée par l'OMM qui varie de 6 à 40, suivant l'aridité du climat. Il conviendrait en réalité de considérer les moitiés sud et nord du pays pour tenir compte des grandes zones climatiques. Si l'on considère que seule la moitié sud du pays est équipée, la densité y dépasse la valeur 3.

### **6.2.2 Situation actuelle**

L'efficacité des observations pluviométriques pâtit de plusieurs points défaillants dans le système de gestion du réseau.

- La difficulté majeure provient du manque de crédits et de moyens en véhicules pour que deux tournées annuelles sur l'ensemble du réseau national puissent être systématiquement effectuées.

Ces tournées sont indispensables au contrôle et à la formation des observateurs ainsi qu'à la maintenance des stations. Partielles et espacées, elles ne sont pas toujours réalisées par les agents des services climatologique et agrométéorologique qui sont pourtant informés dans le détail des spécificités de chaque station. Elles n'ont ainsi pas toujours lieu juste avant et après

la saison des pluies et avec un assortiment complet de pièces de rechange nécessaire à la remise en état des stations.

L'informatisation des services est nettement insuffisante tant en nombre de micro-ordinateurs et de périphériques qu'en effectif de personnel attaché au traitement, notamment à la saisie. Les compétences d'utilisation de logiciels sont encore insuffisantes.

Le nombre de pluviographes à rotation journalière, au nombre de deux, est très insuffisant.

L'absence complète de dépouillement et de traitement des diagrammes pluviographiques journaliers est due à la mauvaise qualité des enregistrements et au manque de spécialistes et de matériel aptes à procéder à des traitements systématiques.

La densité du réseau pluviométrique est faible sur le lac Tchad, le sud-est et la BET. Le nombre de pluviographe à rotation journalière est très insuffisant.

Il est bien sûr à noter que la répartition spatiale des pluviomètres est hétérogène mais les faibles densités correspondent généralement à des zones désertiques ou d'insécurité. Aussi semble-t-il préférable, avant d'accroître considérablement le nombre des stations, de chercher à lever les contraintes précédemment exposées. Un trop grand nombre de stations, que l'on n'arriverait pas à gérer faute de moyens adéquats, risquerait d'engendrer des données de mauvaise qualité et de bloquer le fonctionnement des services, en handicapant l'adaptation à la phase d'informatisation actuelle.

L'objectif même du service agrométéorologique, axé sur les relations avec l'agriculture, pourrait tendre à négliger les mois les plus secs. De même, le travail par décade, imposé par certains logiciels (saisie/sortie) n'est pas forcément le plus adéquat lorsqu'on étudie les relations pluies écoulement. Il y a danger d'intensification du problème avec le groupement de la climatologie dans le service agrométéorologique.

### **6.2.3 Besoins à venir**

Les besoins exprimés par les services de la DREM, pour répondre aux différents organismes nationaux, demandent :

des crédits spécifiquement fléchés par services pour la réalisation des tournées périodiques de contrôle des stations,

l'attribution de micro-ordinateurs et de périphériques et l'augmentation de l'effectif en personnel qualifié pour la constitution de la banque pluviométrique et pluviographique et l'interprétation,

- l'automatisation du réseau pluviographique par l'installation de pluviographes à mémoire de masse afin de surmonter l'obstacle que constitue la mauvaise qualité des diagrammes et leur dépouillement,
- le renforcement du réseau dans les zones de faibles densités (sud-est, Salamat, Bet, lac Tchad).

**Tableau 6.2.1 - Densités des réseaux pluviométriques et climatologiques.**

|                                                       | Densité minimum recommandée<br>(Normes OMM) |        | Densité actuelle<br>10 000 km <sup>2</sup> |                        |     |      |     |    |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------|--------------------------------------------|------------------------|-----|------|-----|----|
|                                                       | Type                                        | Humide | Aride                                      | Ensemble du territoire | SW  | SE   | NW  | NE |
| Pluviomètres (nbre/10 <sup>4</sup> km <sup>2</sup> )  | 40                                          | 6      | 1,7                                        | 4,9                    | 2,3 | 0,1  | 0,2 |    |
| Pluviographes (nbre/10 <sup>4</sup> km <sup>2</sup> ) | 2                                           | 1      | <b>Mauvais état ou inconnu</b>             |                        |     |      |     |    |
| bacs d'évaporation (nbre/10 km <sup>2</sup> )         | 2                                           | 3      | 0,4                                        | 1,3                    | 0,6 | 0,03 | 0,1 |    |

Le pays a été divisé en 4 zones selon le parallèle 14°N et le méridien 18°E.

N.B. : 1 - Les densités ont été calculées pour le nombre de pluviomètres en fonctionnement en 1990 (64).  
 2 - Zone humide suivant OMM : zone où la pluviométrie annuelle dépasse l'ETP (n'existe pas au Tchad).

### 6.3 Climat

#### 6.3.1 Evaluation générale

Le réseau de stations climatologiques permettant la mesure et l'évaluation de l'évaporation n'a pas une densité suffisante si l'on se réfère aux normes OMM. Comme pour la pluviométrie, la densité est insuffisante dans la zone du lac, le sud-est (Salamat) et le Bet.

Toutefois, la priorité semble être, plutôt qu'un renforcement du réseau, la recherche de l'amélioration de la qualité et de la rapidité de collecte des données. La mission d'inspection faite en juillet 1990 a cependant montré que la qualité du réseau (choix des sites, tenue des carnets, entretien), était tout à fait convenable, les anomalies constatées ne dépassant pas la norme.

L'inspection des stations météorologiques ne peut être réalisée selon la périodicité souhaitée d'au moins deux fois par an sur l'ensemble du réseau faute de financement et de moyens en véhicules.

L'entretien des instruments météorologiques est faite dans l'atelier du service de maintenance de la DREM mais il manque des pièces détachées en raison de l'insuffisance du stock.

Quant au personnel d'encadrement, chargé de la planification et de la supervision des activités météorologiques, il est suffisant en regard des normes OMM.

Le Manuel d'Evaluation des Ressources en Eau (OMM/UNESCO, 1988), contient également des critères d'appréciation du déploiement du personnel. Le tableau 6.2.2 rappelle ces critères et donne la situation actuelle au Tchad.

**Tableau 6.2.2 - Besoins en personnel pour la collecte de données météorologiques  
(nombre de fonctionnaires pour 100 stations)**

|                                                   | Ingén.      | Techn.<br>supér. | Contrôl.   | Assist.  | Observ.    |
|---------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|----------|------------|
| <b>Niveaux recommandés<br/>(OMM/UNESCO, 1988)</b> |             |                  |            |          |            |
| - Personnel de terrain                            | 0,5         | 2                | 2          | -        | 100        |
| - Traitement des données                          | 1           | 2                | 2          | -        | 0          |
| - Supervision                                     | 0,25        | 0                | 0          | -        | 0          |
| <b>TOTAL</b>                                      | <b>1,75</b> | <b>4</b>         | <b>4</b>   | <b>-</b> | <b>100</b> |
| <b>Niveaux actuels au</b>                         |             |                  |            |          |            |
| - Personnel de terrain                            | 0           | 0,8              | 0,4        | -        | 100        |
| - Traitement des données                          | 0,4         | 0,8              | 1,2        | -        | 0          |
| - Supervision                                     | 0,4         | 0                | 0          | -        | 0          |
| <b>TOTAL</b>                                      | <b>0,8</b>  | <b>1,6</b>       | <b>1,6</b> | <b>-</b> | <b>100</b> |

L'effectif du service de climatologie paraît insuffisant, notamment en ingénieur. La formation actuellement en cours tant du personnel actuel de la DREM que celles d'observateurs de stations principales est un réel succès. Quelques uns de ces observateurs désireux de rester à N'Djamena, seront chargés de la saisie informatique. Une formation complémentaire doit être assurée notamment pour l'emploi de logiciels spécifiques.

Les événements intervenus au Tchad de 1978 à 1982 sont à l'origine d'une grave lacune sur la plus grande partie du pays. Cette lacune ne pourra être comblée, plus ou moins, que par des évaluations basées sur des stations ayant fonctionné durant cette période, notamment dans les pays limitrophes.

Une étude devrait être entreprise sur ce thème, avec la recherche des données existantes utilisables.

### **6.3.2        Situation actuelle**

Il n'a pas été possible d'évaluer la qualité des observations climatologiques récentes qui ne sont pour la plupart pas saisies sur informatique. Le retard pris en ce domaine est préoccupant bien que la disponibilité récente de CLICOM offre un des moyens de s'attaquer à la tâche.

Il manque un logiciel unique ou des logiciels suffisamment coordonnés entre eux pour éviter la double saisie des données.

La fréquence de contrôle des stations, insuffisante sur l'ensemble du réseau, est due aux délégations annuelles de plus en plus restreintes dans la phase III du projet PNUD CHD/087/013. Les moyens ne permettraient pas de tenir la fréquence de deux tournées par an. L'inquiétude est grande pour les années à venir, la phase IV du projet PNUD, étant surtout destinée à la formation.

Le financement national bien qu'accepté, semble être difficile à utiliser et ne permet pas de faire fonctionner la DREM dans des conditions suffisantes.

La formation d'observateurs étalée sur trois ans, en deux promotions, se terminera en 1992.

### **6.3.3        Besoins à venir**

Les projets de développement actuels sont réalisés dans des zones très localisées de faible extension, dans le but d'aider de petites communautés. Aussi n'est-il pas possible de prévoir des années à l'avance les sites précis où des données seront nécessaires. C'est bien là une justification moyenne d'un réseau d'observation de permettre par relations de différents types l'évaluation de valeurs en quelque site que ce soit.

Compte tenu de la zonalité climatique sensiblement conforme à la latitude, il semble inutile d'accroître fortement le réseau. Les quelques stations prévues en complément semblent suffisantes comme projet.

La CBLT par ailleurs, nécessite, pour l'étude du bassin conventionnel et en particulier du lac Tchad, la connaissance des pluies (13% des apports) et de l'évaporation (93 à 96% des pertes). Compte tenu d'un besoin de précision plus grand que sur les bassins versants, il paraît nécessaire d'augmenter la densité de pluviomètres sur le lac même et d'installer une station climatologique sur une île en son milieu. La CBLT a d'ailleurs fait connaître sa demande par l'élaboration d'un projet présentant le détail de l'opération.

Par ailleurs, la région du Ouaddaï reste, depuis une trentaine d'années, l'objet de projets d'exploitation des eaux souterraines (socle cristallin faillé et alluvions) et d'amélioration de l'agriculture, localisée sur les rives de cours d'eau. Il conviendrait de réhabiliter une station climatologique à Fada (Enedi) et un pluviomètre à Oum Chalouba et Koro Toro, sites importants pour l'étude des fluctuations de la marge désertique (100 mm en période "humide normale").

L'assainissement des villes, telle que N'Djamena, est délabré, de même que les franchissements de cours d'eau sur petits bassins ou la protection des rives dans le Ouaddaï sont l'objet de travaux sans étude d'intensité-durée des pluies. Ces travaux d'équipement se développeront dans l'avenir, impliquant des études pluviographiques faites par le CIEH. Il faut donc s'attendre dans l'avenir à une demande dans ce sens,

## 6.4 Hydrologie

Avant de conclure sur l'adéquation de l'organisation du réseau hydrométrique actuel et sa gestion par le Service Hydrologique Tchadien, nous allons reprendre son évaluation en regard des normes UNESCO - OMM.

### 6.4.1 Réseau hydrométrique

#### 6.4.1.1 Architecture du réseau

Le tableau ci-dessous résume la comparaison du réseau en activité avec les normes UNESCO - OMM.

|                                      | DENSITE RECOMMANDEE<br>ARIDE SEDIMENTAIRE | DENSITE REELLE<br>A.S |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|
| Stations de niveau sans enregistreur | 1.2                                       | 0.8                   |
| Stations de niveau avec enregistreur | 0.6                                       | 0.16                  |
| Stations de débit fluvial            | 1                                         | 0.6                   |
| Stations de débit solide             | 0.7                                       | 0                     |
| Stations de qualité des eaux         | 0.7                                       | 0                     |

Les valeurs mentionnées se rapportent au nombre de stations pour 10 000 km<sup>2</sup>. La superficie de référence pour le TCHAD est de 700 000 km<sup>2</sup>, correspondant uniquement au système hydrographique actif au sud du 14<sup>e</sup> parallèle, il n'existe actuellement qu'une seule station sur un bassin de régime sub-désertique (OUADDI ENNE à BILTINE).

L'ensemble du territoire tchadien concerné correspond à la zone aride (évaporation potentielle supérieure à la pluviométrie) sur terrains sédimentaires (continental terminal et alluvions tertiaires et quaternaires) à l'exception de la station de BAIBOKOUM (sur le LOGONE supérieur) située sur granites anciens.

Le nombre spécifique de stations du réseau actuel (stations de niveau et de débit) est certes inférieur aux normes recommandées mais il faut noter deux points :

- Le nombre actuel de stations correspond approximativement au réseau laissé en place par l'ORSTOM en 1979 et jugé suffisant après que des études complémentaires antérieures aient permis, par corrélations inter-stations, de déterminer par interpolations les caractéristiques du régime entre les mailles du réseau.
- L'état actuel du réseau permet, sous réserve d'un financement régulier des activités du service, à celui-ci de suivre assez correctement l'évolution des régimes.  
La réouverture prévue de quelques stations complémentaires assurera l'existence d'un réseau d'une densité acceptable.

Ceci ne concerne que le réseau permanent des grands cours d'eau et des lacs. Les besoins exprimés concernant l'hydrologie des petits bassins nécessiteraient des études supplémentaires qui dépassent les moyens actuels du Service Hydrologique. Seul un renforcement des moyens du Service Hydrologique lui permettrait d'assurer ces études pourtant nécessaires, puis d'élaborer une méthodologie (modélisation) permettant de fournir les données en tout site à aménager.

Enfin, il n'existe actuellement aucune station de suivi des débits solides et de la qualité des eaux.

#### **6.4.1.2      Equipement des stations**

Pour la grande majorité des stations, l'équipement est classique (échelle limnimétrique suivie par un observateur). Le fonctionnement correct de ce réseau nécessite un suivi régulier par les brigades du Service Hydrologique (maintenance, contrôle des lecteurs, mesures) et par conséquent la régularité des moyens financiers.

Si pour une bonne partie du réseau (bassins inférieurs des grands cours d'eau à variations relativement limités du plan d'eau), des observations éliminatoires par lectures d'échelle peuvent paraître suffisantes pour le moment, il apparaît nécessaire de renforcer sérieusement l'équipement limnigraphique pour les stations amont et les petits affluents à variations rapides du plan d'eau.

Le nombre de limnigraphes apparaît ainsi très insuffisant (onze au total) et doit être renforcé.

De plus l'équipement limnigraphique classique (flotteur et enregistrement graphique) paraît maintenant obsolète et entraîne des difficultés (travaux de génie civil couteux, vulnérabilité aux crues violentes, manque de fiabilité en basses eaux, lourdeur du traitement numérique). Il apparaît donc nécessaire de rééquiper (remplacement progressif et nouvelles stations) le réseau en appareillage moderne (limnigraphes à capteurs piezo resistifs et saisie sur mémoire de masse). Par souci d'homogénéité avec les autres réseaux sahariens, de facilité de maintenance et d'information des données, nous

recommandons d'équiper le réseau en plate-formes de collecte de données (PCD) modernes de type CHLOE D.

Enfin il est nécessaire de penser à équiper certaines stations éloignées et d'accès difficile (BAHR SALAMAT, lac TCHAD,... par exemple) de PCD de type PH 11 ou CHLOE E à émetteurs pour la télétransmission (système ARGOS) ceci afin de permettre la télésurveillance (acquisition des données et maintenance).

Il n'existe pour le moment aucune station de réception ARGOS. En attendant la mise en place d'une telle station (qui pourrait être commune à la DREM et à l'ASECNA par exemple), une solution transitoire pourrait être mise en oeuvre. Par accord avec une organisme équipé (HYDRONIGER Niamey ou ORSTOM - Montpellier), les données télétransmises pourraient être réexpédiées par courrier et les pannes éventuelles des systèmes d'acquisition signalées pour intervention par fax ou téléphone.

#### **6.4.1.3 Mode d'exploitation du réseau**

Appliqué à un réseau de structure classique (échelles limnimétriques en grande majorité), le mode d'exploitation paraît bien adapté : deux campagnes de mesures (Hautes eaux de quatre mois, basses eaux de 3 semaines), une campagne de maintenance en saison sèche. Ceci du moins, si les moyens budgétaires permettent une réalisation effective.

Une évolution semble cependant nécessaire :

- Modernisation de l'équipement d'acquisition des données par développement de la limnigraphie à saisie sur mémoire de masse et mise en place pour certaines stations d'accès difficile de station télétransmise (en particulier la station de KALOM sur le lac TCHAD, d'accès très difficile et dont le fonctionnement est problématique - nombreuses lacunes).
- Accroissement sensible des mesures de débits, principalement en basses eaux afin de pallier les détarrages naturels des sections. Cet accroissement sera facilité par une plus grande disponibilité des brigades si la modernisation du réseau les décharge d'autant de tâches de contrôle et maintenance de l'appareillage ancien classique.
- Mise en place en début d'exercice des crédits de fonctionnement permettant une meilleure planification des campagnes. Ceci implique que les décisions d'exécution des tournées puissent être prises par le responsable du Service Hydrologique dans le cadre des crédits prévus et délégués en temps utile.
- Meilleure disponibilité des moyens de transports (véhicules tout-terrain)

#### **6.4.2 Traitement et disponibilités des données**

Le traitement des enregistrements limnigraphiques est encore effectué manuellement ce qui induit un certain retard. Il est nécessaire que le Service Hydrologique soit doté d'une table à digitaliser, ceci en attendant le remplacement progressif des limnigraphes à enregistrement graphique par des PCD à saisie sur mémoire statique permettant l'informatisation directe des données.

Une amélioration de la qualité des étalonnages est indispensable.

La mise à jour informatique des données doit être achevée le plus rapidement possible. Le nombre et la qualification des ingénieurs du bureau de traitement des données rend cette opération possible dans des délais raisonnables.

Une fois la banque de donnée mise à jour, il sera nécessaire de remplacer l'édition de l'annuaire classique (qui prend un temps trop important dans les activités du bureau au détriment d'autres travaux) par l'édition d'un rapport annuel plus synthétique (état des renseignements disponibles et analyse de l'hydraulité de l'année, particularités etc...). Les demandes plus précises exprimées par les utilisateurs potentiels pourront être satisfaites par édition automatique de listings, station par station (tableaux de hauteurs, de débits journaliers, de débits classés etc...) à partir du logiciel HYDROM.

Enfin il serait nécessaire que le SH complète sa documentation en disposant des principaux ouvrages de synthèse hydrologique effectuées par l'ORSTOM ou autres organismes.

#### **6.4.3 Matériel hydrométrique et véhicules**

Le SH dispose, pour chacune des quatre brigades, d'un équipement complet de jaugeages et des pièces détachées suffisantes par la maintenance de ce matériel.

Les embarcations (et moteurs) sont en nombre suffisants mais certains sont en état très moyen.

La situation des véhicules tout-terrain est moins satisfaisante. Deux véhicules seulement sont en bon état. Il serait nécessaire de remplacer les deux autres véhicules plus anciens qui posent des problèmes.

Enfin il serait souhaitable que les véhicules du Service Hydrologique lui soient affectés en propre en raison de la nécessité pour ce service, pour la bonne exécution des campagnes en saison des pluies (dans des conditions éprouvantes pour les moyens de transport), de disposer de véhicules en parfait état de marche.

#### **6.4.4 Personnel**

- Effectifs**

(voir Tableau)

- Formation**

Formé au centre AGRHYMET de NIAMEY, l'ensemble du personnel est compétent. Il faudra envisager la formation d'un ingénieur hydrologue classe I (formation supérieure en hydrologie).

#### **6.4.5 Aspects budgétaires et institutionnels**

Le fonctionnement du SH, dans le cadre de la DREM, a été assuré par des concours financiers extérieurs (Projets OMM / AGRHYMET).

Une quatrième phase (1992 ?) est actuellement en cours d'examen.

Mais, dans leur principe, ces projets ont pour objet la réhabilitation et le renforcement des structures opérationnelles et non de se substituer à un budget de fonctionnement régulier qui devrait rester à la charge du gouvernement tchadien.

Un service Hydrologique, pour assurer ses objectifs, a besoin d'un budget de fonctionnement régulier et assuré dans la durée ainsi que d'une programmation pluriannuelle des investissements.

Si les autorités de tutelle doivent être fortement incitées à assurer, non seulement les charges en personnel, mais aussi la totalité des charges de fonctionnement et de réassortiment du matériel (même en cherchant dans ce dernier cas des concours extérieurs), il semble peu réaliste, dans la conjoncture actuelle, d'envisager à court (et même à moyen) terme une prise en charge financière significative de ce fonctionnement. Le gouvernement tchadien qui fait actuellement face à une crise financière aiguë, n'inscrit probablement pas dans ses priorités, la prise en charge du fonctionnement du service hydrologique au niveau nécessaire, ceci sans faire preuve d'un pessimisme exagéré.

Il est par conséquent indispensable de rechercher toutes les solutions de financement extérieur pour le fonctionnement du SH.

**Tableau 6.4.1 - Le tableau suivant permet la comparaison des effectifs actuels du SH aux normes préconisées par l'UNESCO / OMM**

|                        | INGENIEURS |   | TECHNICIENS SENIORS |   | TECHNICIENS JUNIORS |   | OBSERVATEURS |    |
|------------------------|------------|---|---------------------|---|---------------------|---|--------------|----|
|                        | R          | A | R                   | A | R                   | A | R            | A  |
| OPERATIONS TERRAIN     | 0.5        | 2 | 2.5                 | 3 | 2.5                 | 2 | 50           | 55 |
| TRAITEMENT DES DONNEES | 1          | 3 | 1.5                 | 1 | 1.5                 | 1 |              |    |
| SUPERVISION            | 0.25       | 1 |                     |   |                     |   |              |    |
| TOTAL                  | 1.75       | 6 | 4                   | 4 | 4                   | 3 | 50           | 55 |

**R** = Recommandations UNESCO / OMM (pour 50 stations)

**A** = Situation actuelle du SH (pour 55 stations) (en comptant 2 TS III en formation)

**Nota :** Techniciens 5 en activité + 2 en cours de formation.

Le nombre d'ingénieurs est assez nettement supérieur aux normes UNESCO / OMM. Il s'agit pour la plupart d'ingénieurs classe II de formation relativement récente (anciens TS III ayant suivis deux années de formation complémentaires à Niamey - AGRHYMET). Une partie de ces ingénieurs, dès que la réhabilitation du réseau sera achevée (avec mise à jour de la banque de données) pourra, dans le cadre du bureau ETUDES et PUBLICATIONS, se consacrer d'avantage aux études particulières (études de petits bassins versants) et à la valorisation des données hydrologiques.

Le nombre de techniciens apparaît suffisant.

Le nombre d'observateurs correspond à la structure classique actuelle du réseau.

Il pourra diminuer en fonction de la modernisation de l'équipement.

#### **6.4.6 Conclusion : adéquation aux besoins actuels et futurs**

Les besoins en données hydrologiques actuels et futurs concernent deux catégories d'entités hydrométriques.

- **Les grands cours d'eau et les lacs.**

Le réseau actuel (moyennant quelques réouvertures de stations déjà programmées, cf. nota du tableau 4.2.2) apparaît suffisant pour répondre aux besoins exprimés.

Les demandes de données sur les sites situés entre les mailles du réseau pourraient être satisfaites à partir des observations effectuées antérieurement sur les stations fermées ou à partir d'observations complémentaires de courte durée (par corrélation avec les stations permanentes).

Cependant les activités du SH devront être développées dans deux directions :

- Acquisition de données concernant les débits solides et la qualité des eaux. Ces mesures devant être effectuées dans des délais assez brefs afin de compléter, pour la période déficitaire actuelle, les résultats consistants acquis antérieurement mais en phase humide.
- Réactualisation de l'étude des régimes hydrologiques, prenant en compte, après complètement si possible de la période non observée 1979-81, la période déficitaire postérieure aux monographies (depuis des années 1967-68). Cette réactualisation pourra être effectuée par le SH renforcé en association avec un organisme extérieur (expert - conseil).
- **Les petits bassins versants**

L'orientation actuellement programmée sur la mise en valeur de petits périmètres irrigués et l'aménagement de retenues collinaires induit la production de données spécifiques sur les régimes des petits cours d'eau sahéliens et sub-désertiques (BILTINE, GUERA, OUADDAI...).

Il est évidemment impensable d'étudier chaque bassin aménageable au cas par cas, mais la fourniture de données utilisables implique de compléter les résultats déjà obtenus (cf. 2.1.1..5) en observant pendant quelques années une gamme de bassins représentatifs, puis de dégager par modélisation, des résultats hydrologiques à partir des données climatologiques.

Ce programme ne pourra être assuré par le SH qu'en renforçant sérieusement son Bureau d'Etudes et Publications.

Pour conclure le Service Hydrologique Tchadien, apparaît comme une structure potentiellement efficace qui pourrait, l'expérience venant et à condition que soit assurée la pérennité de ses moyens financiers, assurer de façon très satisfaisante, dans une premier temps, la gestion du réseau hydrométrique actuel, puis après renforcement, les études plus particulières sollicitées par les organismes responsables de projet.

## **6.5       Hydrogéologie**

### **6.5.1      Situation actuelle de l'organisation et de la gestion du secteur eau souterraine**

#### **6.5.1.1     Evaluation générale. Les contraintes institutionnelles**

Les années 1990-91 ont vu une évolution rapide du cadre constitutionnel du secteur de l'eau.

Il y a peu de temps, plusieurs organismes intervenaient dans le domaine des ressources en eau tout en étant dispersés dans différents départements et ministères (Ministère de l'Agriculture, Ministère de l'Elevage, des Ressources Animales et de l'Hydraulique Pastorale, Ministère des Mines et de l'Energie, Ministère de la Santé Publique).

La proposition d'organisation du "Ministère délégué à la Présidence chargé des Ressources en Eaux" qui prévoyait de regrouper tous les différents services n'ayant pas été retenue, un "Commissariat Délégué à la Présidence du Conseil d'Etat chargé des Ressources en Eau" a poursuivi la tentative précédente mais sans succès.

Le 13 juin 1991 a été créé le Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau avec en particulier la Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie (DREM) qui s'occupe des eaux météoriques et superficielles et la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement (DHA) chargée plus particulièrement des eaux souterraines.

Le Bureau de l'Eau est rattaché à la DHA. L'ONHPV et la STEE sont sous la tutelle du Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau.

La DHA est à créer de toutes pièces autour du Bureau de l'Eau.

#### **6.5.1.2      La Direction de Recherches Géologiques et Minières (DRGM)**

La DRGM détenait l'ancien service hydrogéologique avant 1982. Depuis 1983, c'est l'ONHPV et le Bureau de l'Eau qui s'occupent des eaux souterraines.

La DRGM se remarque actuellement par des locaux neufs mais exigus, abritant un Centre de Documentation avec 1790 références géologiques, et par un laboratoire d'analyse des roches très opérationnel.

En ce qui concerne la cartographie géologique, l'activité est quasi nulle dans le domaine de l'édition des cartes, faute de budget et de structure. Dans le cadre de la restructuration de la DRGM (projet PNUD-DTCD), il n'est pas prévu d'édition des cartes.

La laboratoire des Mines est riche en hommes et en matériel. Il est très actif dans la recherche d'or et de matières précieuses.

Il est possible d'élargir son activité dans l'hydrochimie en adaptant quelques appareils, mais il apparaît que ce laboratoire tient à rester spécialisé dans ses occupations actuelles.

#### **6.5.1.3 Le Laboratoire de la Faculté des Sciences Exactes et Appliquées**

Le laboratoire est vaste, assez bien équipé, bien entretenu et pourvu d'un bon personnel. Mais il n'est pas opérationnel dans la mesure où, ayant très peu d'analyses à faire, les réactifs sont périmés ou font défaut. La commande des réactifs à l'étranger demande certains délais.

Par suite, le laboratoire ne peut actuellement analyser : Ca, Mg, Na, K, SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub>, soit les éléments majeurs de la constitution de l'eau. Le laboratoire analyse 10 échantillons par an en moyenne.

Le laboratoire ne peut pas effectuer des prélèvements faute de véhicule.

Le laboratoire ne fait pas d'analyse bactériologique.

#### **6.5.1.4 Le laboratoire du Centre Vétérinaire de Farcha**

Tout comme celui de la Faculté des Sciences, le laboratoire d'analyse de Farcha a de bonnes potentialités, mais il manque d'activité et de dynamisme.

Un projet FAC est prévu pour monter une "cellule diagnostic" avec le développement d'analyses vétérinaires.

#### **6.5.1.5 Le Bureau de l'Eau**

Le grand mérite du Bureau de l'Eau est d'exister et d'avoir su se faire reconnaître comme organisme centralisateur des données hydrogéologiques. Il est vrai que son étroite dépendance avec l'ONHPV lui a permis une certaine vitalité. La réforme institutionnelle en cours apportera certainement de profondes modifications dans ses attributions.

Le Centre de Documentation fonctionne bien. Il est plus facile de consulter le fichier manuel que de demander une sélection par voie de l'informatique.

La banque de données pourrait être un modèle du genre, mais on ne peut attendre d'elle ce que laissent espérer ses potentialités.

La cellule informatisée est restée au stade expérimental avec pour exemple les données du 6e FED. Ceci pour les raisons suivantes :

- Insuffisance de données de base : 3414 puits d'eau sont renseignés sur les 6866 enregistrés. 400 villages sont renseignés sur 15 000 existants.
- Insuffisance et indisponibilité du personnel pour la saisie et le traitement des données.

Sans doute plus de temps est passé à adapter et à assimiler les potentialités techniques des appareils qu'à se pencher sur les données de base. Ceci est dû en partie à une certaine insatisfaction qui apparaît après le départ des missions d'appuis en informatique (matériel et logiciels sophistiqués ? Manque de pédagogie ? Logiciel peu commode à l'emploi ?).

Il s'ensuit que le logiciel PROGRES est opérationnel (?) mais pas totalement exploitable, que les données piézométriques ne sont pas saisies et donc non exploitables, que les données sur les analyses d'eau ne sont pas toutes saisies, que les cartes d'inventaires des points d'eau (localisation, profondeur des forages, profondeur de l'eau, etc.) ne sont pas disponibles actuellement.

A de rares exceptions près dues aux événements, les visites des piézomètres sont assurées.

Les analyses d'eau sont assurées ainsi que l'intervention du Bureau de l'Eau dans le Programme National de l'Elevage.

Trop d'activités incombent (ou incombait) à cet organe actif mais débordé qui ne peut arriver entièrement au bout de ses charges.

Les programmes sont utilisables par un informaticien averti mais difficilement par un profane : un manipulateur de clavier doit être disponible en permanence pour mettre à jour les données, mais les cadres doivent être formés plus encore en informatique.

Le Bureau de l'Eau n'a pu jouer le rôle de bureau d'études et de programmation et n'a pas pu organiser la production de cartes et de synthèses hydrogéologiques.

Côté matériel, l'ordinateur manque de capacité et de mémoire vive. Il faudrait acquérir un microprocesseur 486 avec un disque dur de 120 Mo ; sinon, le Bureau de l'Eau est nanti en matériel pour au moins 3 ans. Il faut toutefois compléter le laboratoire des Eaux avec un distillateur d'eau, des récipients pour les prélèvements et du matériel de sécurité (extincteur, couverture), pour répondre aux activités actuelles.

La nécessité de création d'un Laboratoire National de l'Eau au sein de la nouvelle Direction de l'Hydraulique entraînera une révision profonde du mini-labo du Bureau de l'Eau.

#### **6.5.1.6 L'ONHPV**

Cet organisme du secteur Eau a pratiquement le monopole des interventions dans le domaine des eaux souterraines. Fonctionnant en auto-financement et soutenu par les nombreux projets à financements extérieurs, l'ONHPV est caractérisé par son dynamisme.

La création de la Direction de l'Hydraulique lui ôtera certainement le côté réflexion et programmation (peu développé il est vrai) pour lui laisser l'aspect technique de la création et de la maintenance des points d'eau (un Office des Puits et Forages en quelque sorte).

Les bases provinciales ne fonctionnent que si elles sont soutenues par des projets en cours. Celles du Ouaddaï (Abéché) et du Kanem (Moussoro) sont en activité ralentie.

Au service de la Maintenance, il faudrait acquérir un ordinateur plus performant (482).

Le Tchad a une carence regrettable en hydrogéologues nationaux : guère plus de 2 ou 3 pour un immense pays qui a un besoin vital en eau souterraine.

Il est reproché à l'ONHPV de pratiquer des prix élevés, en particulier pour la construction des puits.

#### **6.5.1.7 La STEE**

La STEE a un travail gigantesque à assurer pour alimenter en eau potable les 51 "grands centres" du Tchad.

L'eau distribuée est chère et le coût d'un branchement est élevé. L'extension du réseau est limitée pour non rentabilité et, dans chaque centre, une partie de la population ne sera jamais alimentée en eau potable. La STEE a des difficultés de recouvrement et de gestion des bornes-fontaines.

La ressource, et surtout sa qualité, ne semblent pas être le souci majeur de la STEE : il est admis que l'eau des aquifères est de bonne qualité. La vérification de la qualité de l'eau distribuée semble limitée au contrôle du chlore résiduel en 6 points de desserte. La dose de chlore est vérifiée avec un micro-laboratoire portatif.

La STEE estime que les analyses complètes doivent être faites à l'initiative du Génie Sanitaire.

La STEE n'apporte aucun échantillon d'eau ni à Farcha, ni à la Faculté des Sciences, ni au Bureau de l'Eau. Le laboratoire de Farcha a analysé 5 ou 6 échantillons d'eau amenés par le Génie Sanitaire une semaine avant le choléra (pas de précisions sur l'origine des eaux).

Souhaitons que le laboratoire prévu par la STEE soit rapidement opérationnel.

#### **6.5.1.8 La Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement**

Les modifications intervenues dans l'organigramme vont-elles dynamiser cette Direction démunie mais pleine de bonnes intentions ? La Direction manque de moyens financiers et matériels et ne peut

assurer partout sa présence, ni la collecte des échantillons d'eau, ni le traitement chimique des points d'eau en totalité.

L'absence de réglementation et de législation de l'eau ne donne pas de portée à la surveillance des eaux industrielles.

La DGSA n'est pas associée aux programmes d'hydraulique malgré une convention avec l'ONHPV. Dans les équipes de sensibilisation des villageois, la Direction n'est pas représentée. La STEE n'associe pas la DGSA à ses programmes.

Les latrines échappent au contrôle de la DGSA qui est aussi écartée de l'Education Sanitaire.

Il n'y a aucun contrôle des eaux usées, ni des effluents des égouts. L'assainissement est quasi nul à N'Djaména.

Le ramassage des ordures est du ressort des municipalités assistées par un technicien de la DGSA.

Le laboratoire d'analyse est exigu, sombre, encombré, très mal équipé. Les réactifs font défaut. On note l'absence de microscopes.

## **6.5.2 Evaluation des données hydrogéologiques**

### **6.5.2.1 Evaluation des données géologiques**

Le Tchad dispose actuellement des cartes géologiques au 1/1 500 000 de J.P. WOLF (1964) et de M. MBAITOUDJJI au 1/2 000 000 (1982). Les cartes régionales datent des années 1954 à 1964. Elles suffisent dans l'ensemble pour constituer un support de carte hydrogéologique. Il est conseillé (en particulier dans les zones de socle) d'utiliser les données des cartes pédologiques, morphopédologiques et d'aptitude des sols, ainsi que l'interprétation de l'imagerie SPOT pour définir des régions et des sous-régions hydrogéologiques.

Les très nombreux échantillonnages de roches effectués dans le cadre de la recherche minière peuvent contribuer à compléter la connaissance lithologique du socle.

### **6.5.2.2 Evaluation concernant la cartographie hydrogéologique**

La carte hydrogéologique du Tchad de 1970 peut être profondément remaniée :

- en intégrant les données de plusieurs milliers de points d'eau nouveaux,

- en intégrant la synthèse hydrogéologique du Ouaddaï et du Guéra faite dans le cadre des Programmes d'Hydraulique Villageoise (PNUD),
- en utilisant les observations consignées dans de nombreux rapports de fin d'études et de travaux.

Cette masse importante de données doit faire l'objet d'une synthèse avec l'édition d'une nouvelle carte hydrogéologique.

Des cartes régionales peuvent être conçues et éditées, en particulier pour les zones de socle du Ouaddaï et du Guéra, et pour la région du Lac.

#### **6.5.2.3 Evaluation concernant la collecte des données**

Le Bureau de l'Eau collecte la plus grande partie des données issues des études et des travaux effectués par ou avec l'ONHPV. Les données résultant des activités d'organismes indépendants peuvent échapper à la collecte mais représentent en général un faible volume.

Chaque intervenant constitue un dossier selon son habitude tout en notant dans l'ensemble toutes les informations. On observe une assez bonne standardisation des fiches types. De nombreux tableaux synthétisés par l'ordinateur sont présentés dans les rapports et leurs annexes mais des données de base restent reléguées dans les dossiers de terrain, classées en archives et ne sont pas toujours disponibles.

Le Centre de Documentation du Bureau de l'Eau devrait régulièrement relancer les organismes oeuvrant dans le Secteur Eau tout en se référant aux programmes des études et des travaux.

Il manque les renseignements de base sur plus de 10 000 villages (il est possible de consulter les fiches du recensement pour récolter des données).

Les données des relevés piézométriques ne sont pas saisies, ainsi que la majorité de celles des analyses chimiques.

Les cartes des points d'eau localisés par degré carré à l'échelle du 1/200 000 ne sont pas disponibles. Par manque de symboles, la restitution ne différencie pas les puits des forages. Il est difficile d'individualiser les ouvrages relatifs à l'hydraulique pastorale.

La saisie est complète pour les données du programme 6e FED. Elle est succincte pour tous les autres ouvrages.

Il est donc impossible d'évaluer les besoins en points d'eau.

#### **6.5.2.4      Evaluation des données piézométriques**

Les observations sont faites en général dans des ouvrages en exploitation (puits). On ne peut juger de la qualité ni de l'utilité des données de certains piézomètres dans la mesure où aucun traitement n'a été effectué. Pourtant, il est hautement souhaitable de continuer les travaux de J.L. SCHNEIDER sur l'évolution des nappes du Tchad.

L'extension du réseau actuel doit profiter des résultats des observations et obéir à des besoins ayant trait :

- .     à l'hydraulique des nappes en creux,
- .     au seuil de rupture entre pluie/recharge pour plusieurs sols,
- .     au front de la désertification,
- .     aux biseaux secs,
- .     à la réalisation de futurs modèles de gestion (Salamat, Faya, etc.),
- .     aux objectifs des programmes de la CBLT,
- .     aux nappes des alluvions des massifs cristallins (Abéché).

La STEE étant une grande utilisatrice d'eau souterraine, il lui revient de réaliser des points d'observation pour chaque champ captant de chaque centre urbain. Les forages étant protégés dans des zones closes, il est possible d'installer des limnigraphes enregistreurs.

La réalisation d'un réseau d'observations piézométriques à N'Djaména est une nécessité afin d'élaborer un modèle hydraulique définissant les relations entre la nappe "supérieure", la nappe "profonde" et le Chari. Le modèle établira un programme de gestion et de protection des nappes.

#### **6.5.2.5      Evaluation des données sur la qualité des eaux**

Globalement, les données relatives à la composition chimique et à la qualité des eaux sont peu nombreuses par rapport au nombre de points d'eau existants. Cela tient à ce que les marchés ne comportent pas de ligne budgétaire sur ce sujet (sauf les projets financés par le FED) et qu'il est difficile de prélever, de conserver et d'acheminer jusqu'au centre d'analyse, des échantillons d'eau en bon état.

Le laboratoire de la Faculté des Sciences Exactes et Appliquées avance que les résultats d'analyses faites avec un micro-labo portatif ou d'une façon classique au laboratoire sont équivalentes. Il est alors possible d'envisager des analyses "in situ" ou de préférence dans les sous-bases alimentées en énergie.

Les laboratoires de N'Djaména végètent par manque de moyens mais surtout par manque d'activité lié à l'absence de prélèvements. Seul le laboratoire du Bureau de l'Eau a une activité relative (40 à 120 échantillons par an alors que l'ONHPV réalise en moyenne 370 ouvrages par an). Les autres

laboratoires ne font que quelques rares analyses spécialisées ou "obligées" : chlore total pour la DGSA (période de choléra), teneur en fer pour quelques forages USAID, eau de la piscine du NOVOTEL, collectivités (Pétroliers, Force Epervier, etc.).

Une des premières initiatives de la nouvelle Direction de l'Hydraulique sera de prendre les mesures nécessaires pour rendre obligatoires les analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux.

A part la petite carte "Faciès chimique des eaux de la nappe phréatique" mise en cartouche de la carte hydrogéologique de 1969, aucune étude de synthèse n'a été faite au Tchad sur la chimie et la qualité des eaux.

Il est rapporté (BRGM-1987) que "dans 40 % des cas, les nappes souterraines de l'Ouaddaï comportent des teneurs en nitrates dépassant les normes de potabilité admissibles pour l'alimentation humaine" (dans les puits sans doute ?).

A N'Djaména, plus de la moitié de la population n'est pas desservie en eau potable. 54 % de la population des 10 centres urbains possédant une adduction d'eau n'est pas desservie en eau potable. 25 % de la population rurale ne bénéficie pas d'un point d'eau moderne.

#### **6.5.2.6 Remarque sur les banques de données au Tchad**

La mise en place de banques de données constitue une activité particulièrement active au Tchad.

De nombreux organismes se constituent des banques de données et informatisent leur centre de documentation. Les potentialités des cellules informatisées incitent à rechercher et à saisir des lots de données autres que ceux de leur vraie spécialité. Il se constitue (ou on tente de constituer) des banques de banques de données.

Cela se réalise tacitement par l'adoption de logiciels communs (BIEP, CRA, CEFOD) ou en adhérant au réseau PANGIS (DRGM, Bureau de l'Eau).

La banque de données devient une arme pour tenter d'absorber des activités concurrentes.

## **CHAPITRE 7**

### **RECOMMANDATIONS**

#### **7.1 Description générale du niveau de changement nécessaire**

##### **7.1.1 Cadre institutionnel**

L'alimentation en eau des centres urbains est pratiquement du seul ressort de la STEE, avec le contrôle du Ministère de la Santé et des Affaires Sociales.

L'alimentation en eau du milieu rural dépend du Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau, du Ministère de l'Agriculture, du Ministère de la Santé et des Affaires Sociales et de l'intervention d'organismes non gouvernementaux.

Dans la pratique, trois organismes structuraient jusqu'en juin 1991 le secteur des eaux souterraines : la STEE, l'ONHPV et le Bureau de l'Eau, ce dernier étant dans le sillage de l'ONHPV.

La réforme institutionnelle en cours entraîne théoriquement :

- une réduction de l'autorité de la STEE, avec la création du Service de l'Hydraulique Urbaine de la DHA,
- une réduction de l'autorité de l'ONHPV, avec la création de la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement (DHA),
- un développement des activités qui incombaient au Bureau de l'Eau.

Le Comité National de l'Eau et de l'Assainissement, créé pour réaliser les objectifs de la DIEPA n'a aucune activité et son existence est virtuelle.

##### **7.1.2 Recommandations pour la coordination du secteur eau souterraine**

Le Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau vient de se doter d'une Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement (DHA) qui devrait élargir le champ des activités dans les domaines de la planification, de la programmation, de la coordination et des études.

La DHA va pouvoir exercer son autorité par l'entremise de ses services et de ses divisions (propositions du Consultant) :

- a. Le Service des Etudes et de la Programmation devrait être assuré par le Bureau de l'Eau avec :
  - . la Division de la Programmation, de la Coordination et de la Réglementation,
  - . la Division des Etudes et de la Gestion des Eaux Souterraines,
  - . la Division Documentation et Banque de Données, Diffusion des Données,
  - . la Division Inventaire - Réseau Piézométrique - Sensibilisation - Animation,
  - . le Laboratoire National des Eaux.
- b. Le Service de l'Hydraulique Urbaine.
- c. Le Service de l'Hydraulique Rurale (hydraulique villageoise et pastorale).
- d. Le Service de l'Assainissement.

Il existe donc au Tchad une cellule de réflexion pouvant programmer et coordonner des actions dans le domaine des eaux souterraines, pouvant initier et réaliser des études de synthèse, pouvant collecter et diffuser les données sur l'eau, pouvant assurer la gestion quantitative et qualitative de la ressource, pouvant définir les besoins en eau et en points d'eau, pouvant intervenir dans l'AEP et l'assainissement des centres urbains et pouvant élaborer et mettre en application le Code de l'Eau.

On peut craindre des difficultés relationnelles entre une direction nouvelle et des organismes bien établis ayant une assurance reposant sur une certaine indépendance financière (STEE et ONHPV). Il est recommandé une bonne coordination entre la DHA et des organismes d'exploitation ou d'exécution.

En particulier, la DHA est tenue de coordonner les interventions de la DGSA tant pour l'AEP et l'Assainissement Urbain, Industriel et Rural que pour les actions de sensibilisation, information et éducation sanitaire.

#### **7.1.3 Nécessité d'une politique de l'eau**

On ne peut compter sur l'autorité du Comité National de l'Eau et de l'Assainissement pour établir un Programme National de l'Eau ; cet organisme interministériel ne se réunit jamais. Mais il est dans les possibilités de la DHA d'établir sa politique d'intervention en se basant sur un plan national d'aménagement des ressources en eau comprenant :

- . un programme national de l'hydraulique urbaine et industrielle,
- . un programme national de l'hydraulique villageoise,
- . un programme national de l'hydraulique pastorale,
- . un programme national de l'hydraulique agricole,
- . un programme national de protection de l'eau.

Le plan national de l'eau doit tenir compte des activités de la CBLT.

#### **7.1.4 Recommandations pour la gestion des données**

Il revient à la Division "Documentation et Banque des Données" de la DHA de collecter, de traiter et de diffuser toutes les informations relatives au domaine des eaux souterraines, c'est-à-dire de continuer et d'améliorer l'action du Bureau de l'Eau dans ce domaine.

Le drainage des informations vers la banque de données de la DHA, ainsi que le mode de présentation des données, doivent être institutionnalisés avec des protocoles d'accord. Un rappel de cette obligation doit figurer en clair dans les marchés.

La réalisation d'analyses physico-chimiques et bactériologiques est une obligation pour chaque création de point d'eau, rappelée en clair dans les marchés. Une ligne budgétaire doit mentionner le nombre et le coût des analyses à effectuer.

Les dossiers enquêtes, études et travaux de terrains doivent parvenir à la DHA au même titre que les rapports.

#### **7.1.5 Code de l'eau**

Il est nécessaire d'envisager l'établissement d'un statut socio-juridique concernant l'Eau, son régime, son appartenance, son exploitation, l'utilisation des ouvrages d'aménagement des eaux et leur maintenance, les servitudes, les ordres de priorité dans l'utilisation de l'eau, les normes et les conditions d'utilisation, les situations nuisibles se rapportant à l'eau (inondations, sécheresse, désertification, érosion hydraulique, sédimentation et colmatage des canaux et des cours d'eau, eutrophisation des lacs et des mares, salinisation des eaux, tarissement des points d'eau, mauvais assainissement des terres, débordements nuisibles de la nappe phréatique), les principes de protection quantitative et qualitative de l'eau, les pollutions, les infractions et les sanctions.

Le besoin évident d'un Code de l'Eau ne doit pas se traduire par une formulation structurée, rigide et dirigiste, mais par une adaptation pragmatique aux conditions socio-culturelles locales.

#### **7.1.6 Recommandations pour l'AEP et l'assainissement du centre urbain de N'Djaména**

La ville de N'Djaména avec 540 000 habitants en 1990 et 1 234 000 en l'an 2000 souffre d'un grave déficit en eau potable, d'un assainissement quasi inexistant et d'une collecte des ordures insuffisante. Cela nécessite la mise en place immédiate d'un schéma directeur de l'eau et de l'assainissement.

Ce schéma directeur pourrait être conçu et mis en oeuvre par un Comité de l'Eau et de l'Assainissement de la Ville de N'Djaména comprenant :

- les Services Techniques de la Municipalité de N'Djaména,
- le Service de l'Hydraulique Urbaine de la DHA,
- le Service de l'Assainissement de la DHA,
- la DGSA,
- la STEE,

et des intervenants :

- pour l'aménagement des périmètres maraîchers : l'ONADEH,
- pour l'aménagement du Chari : la DREM,
- pour l'évaluation et la protection de la ressource en eau souterraine : le Bureau de l'Eau.

#### **7.1.7 Programme d'activités prioritaires à mettre en oeuvre par la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement**

- Les activités de la DHA devront avoir comme fil conducteur l'élaboration du Plan National d'Aménagement des Ressources en Eau (voir paragraphe 7.1.3). La conception de ce plan pourra être confiée à un Bureau d'Etude.
- La DHA peut prendre l'initiative de la création du Comité de l'Eau et de l'Assainissement de la ville de N'Djaména, en lançant une étude sur l'évaluation de la ressource en eau souterraine de la région de N'Djaména, la qualité des eaux des nappes, l'impact des prélèvements par forages (STEE - Industries), l'impact de la ville sur la qualité des eaux, les relations nappe-Chari. L'étude se concrétisera par un modèle de gestion et de protection des nappes.
- Aménagement du Laboratoire des Eaux de la DHA pour les analyses physico-chimiques (paragraphe 7.4.1.1).
- En collaboration avec la DGSA, la DHA doit établir la carte de potabilité et de qualité des eaux souterraines du Tchad (paragraphe 7.4.2.4).
- Mise à jour de la base de données du Bureau de l'Eau (paragraphe 7.4.2.1).
- Soutenir la réhabilitation et les actions de la DGSA.
- Elaborer et mettre en application le Code de l'Eau avec le concours de la DGSA (paragraphe 7.1.5).
- Etendre le réseau d'observations piézométriques (paragraphe 7.4.2.2).

- Elaborer et éditer des cartes hydrogéologiques et hydrochimiques (paragraphe 7.4.2.3).
- Recherche de solutions de remplacement pour les zones déshéritées en eau où ni les forages, ni les puits ne sont adaptés aux conditions hydrogéologiques locales.
- Reconnaissance des nappes profondes du Tchad.
- Evaluation de la ressource en eau du Borkou (cuvette de Faya).
- Inventaire des forages pouvant être équipés avec des pompes solaires.
- Etudes des biseaux stériles.
- Evaluation du dynamisme de la désertification hydrogéologique.
- Formation d'hydrogéologues et de géophysiciens.

## **7.2 Pluviométrie et climat**

### **7.2.1 Structure gestionnaire**

S'agissant de financement international, il serait souhaitable qu'une planification de la répartition des crédits annuels puissent être proposée par un Conseil présidé par le Directeur de la DREM et dont seraient membres en particulier les Chefs de service.

La fédération des services climatologiques et agrométéorologiques en un seul service agroclimatologique est en soit une bonne initiative qui évitera des redondances d'activité. Toutefois, l'optique agronomique ne doit pas imposer des données de base et des traitements difficilement utilisables pour d'autres usages (par exemple : saisie et sortie par décades, prise en considération uniquement des pluies "utiles" d'avril à octobre, etc.). Les données doivent pouvoir être utilisables directement pour des applications hydrologiques ou écologiques.

### **7.2.2 Réseaux**

#### **7.2.2.1 Contrôle et maintenance du réseau climatologique et pluviométrique**

Les tournées de maintenance des stations, de contrôle et de paye des observateurs, sont faites de façon aléatoire et partielle. Des crédits doivent être fléchés pour que de telles tournées puissent être réalisées par les services climatologique et agrométéorologique de la DREM, deux fois par an sur l'ensemble du réseau.

Ces crédits de fonctionnement porteront sur l'acquisition d'un véhicule, du matériel et des pièces de recharge, des viatiques spécialement affectés au service désormais dénommé agroclimatologique.

### **7.2.2.2 Renforcement du réseau**

Quelques stations nouvelles doivent être créées dans la zone du lac Tchad, le sud-est (Salamat) et le Bet. A cet effet, des crédits doivent être alloués en complément de ceux réservés pour le contrôle et la maintenance du réseau. Ces missions pourront être couplées avec celles réalisées pour le contrôle.

Document de projet : un document intitulé "Contrôle des stations et des observations climatologiques et pluviométriques sur le terrain" est présenté en annexe.

### **7.2.2.3 Equipement**

Le contrôle et le renforcement du réseau doit compter avec un début d'équipement en stations automatiques d'acquisition de données sur mémoire de masse, permettant d'acquérir de façon fiable des données de qualité, en limitant les coûts de gestion et de traitement de l'information. Des stations climatologiques, autres que synoptiques, pourraient être sélectionnées pour servir de réseau pilote au pays. Les données pluviographiques enregistrées en rotation hebdomadaire au cours des années précédentes, sont en pratique inexploitables pour l'étude des intensités-durées. Il est important d'acquérir rapidement des données fiables et directement traitées, par l'utilisation de pluviographe à mémoire de masse.

### **7.2.2.4 Formation et affectation du personnel**

Le personnel devra acquérir une formation pour l'installation et la maintenance du matériel automatique ainsi que pour le traitement des données.

Des sections provinciales pourraient être créées pour gérer les zones de l'est et nord-est (Abéché), du sud (Sahr) et du sud-ouest (Moundou).

Document de projet : un document intitulé "Contrôle, renforcement et modernisation des réseaux climatologique et pluviométrique" est présenté en annexe.

## **7.2.3 données**

### **7.2.3.1 Informatisation**

Les données climatologiques et pluviométriques ne sont pas actuellement facilement accessibles à tout utilisateur sous forme spécifique, en raison notamment de la saisie informatique en cours et du classement des archives quelque peu désorganisé. Il convient de procéder à cette saisie de façon systématique et urgente en ce qui concerne les données climatologiques. Pour cela, les moyens informatiques existants sont insuffisants en nombre d'appareils et en logiciels. Si l'effectif en personnel paraît pouvoir être suffisant, une formation complémentaire par stages et missions de consultants doit être assurée.

Document de projet : un document intitulé "Renforcement des moyens informatiques du service climatologique" a été établi.

### **7.3 Eaux superficielles**

#### **7.3.1 Structure organisationnelle**

La situation du Service Hydrologique au sein de la Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie est logique, renforçant les relations évidentes entre Hydrologie et Climatologie. Elle offre l'avantage d'une adresse unique pour les organismes demandeurs de données sur les différents paramètres du cycle de l'eau.

Au sein de la DREM, il est cependant nécessaire de renforcer un certain degré d'autonomie du SH, lié à la spécificité de ses activités.

Si les réseaux climatologiques sont constitués de stations statiques dont les relations avec les services centraux sont représentées par des visites de contrôle de qualité et le rassemblement des données, les activités du SH sont caractérisées par des actions "dynamiques" : observations et mesures non seulement sur le réseau mais hors des mailles, très souvent en hautes eaux c'est à dire liées à l'événement "crue", dans des conditions difficiles de circulation.

Il est par conséquent nécessaire que le SH dispose de moyens de transports dédiés et d'une certaine autonomie de décision pour les interventions. Le budget de fonctionnement doit pouvoir être arrêté en début d'exercice et une grande latitude d'emploi laissée au responsable du SH permettant des prises de décision rapides.

L'organisation du SH en deux bureaux : "Hydrométrie" et "Etudes et publications" est judicieuse. Mais si pour le moment, le bureau "Etudes" apparaît plus comme une structure d'appui au bureau "Hydrométrie" (Traitement et mise en forme de la banque), il est nécessaire, qu'après renforcement de ses moyens, il puisse développer ses activités hors réseau : mesures de transport solide, organisation d'observations temporaires hors-réseau permanent, valorisation des données hydrologiques, ...

En particulier, le bureau "Etudes" devrait pourvoir être assez rapidement en mesure d'exploiter (ou participer avec des organismes extérieurs d'exploitation) de petits bassins représentatifs afin de fournir les données nécessaires aux petits aménagements envisagés. Le financement de ces activités finalisées devra, bien entendu, être consenti par les organismes utilisateurs sous forme contractuelle.

#### **7.3.2 Réseau**

##### **7.3.2.1 Taille et densité**

Après la réouverture prévue de quelques stations (BAHR AZOUM, BAHR KEITA, BAHR LIGNA, BAHR ERGUIG et MANDOUL), le réseau qui approchera les 60 stations apparaît d'une taille raisonnable et d'une densité suffisante pour couvrir les besoins d'informations générales. L'effort à consentir tient beaucoup plus dans la continuité du suivi et une amélioration de la qualité des données (augmentation du nombre de jaugeages, diminution des lacunes d'observation) que dans une extension du réseau.

Ce qui n'exclue pas le suivi temporaire de stations complémentaires afin de répondre à des demandes particulières (projets d'aménagements).

### 7.3.2.2      **Equipement**

#### -      **Le réseau**

Nous avons vu que l'équipement du réseau hydrométrique était des plus classiques (échelles limnimétriques et une dizaine seulement de limnigraphes à flotteurs et inscription graphique).

Il convient donc en premier lieu, de développer le rééquipement de ce réseau en limnigraphes modernes (capteurs de pression et inscription sur mémoire de masse type CHLOE D) afin d'assurer la fiabilité des observations et de faciliter l'informatisation de la banque de données.

De plus, au moins deux stations (les moins accessibles) devraient être équipés de limnigraphes à télétransmission (système ARGOS).

Le matériel de mesures est pour le moment suffisant bien que deux équipements de jaugeage vieillis devraient être remplacés.

Il conviendrait également de remplacer les cercles hydrographiques utilisés pour la débitmétrie des grands fleuves par des télémètres lasers.

Le traitement de la limnigraphie est encore manuel, source de retard. Il est nécessaire d'acquérir une table à digitalisation.

Enfin il est nécessaire de pourvoir au remplacement des deux véhicules tout-terrain anciens utilisés par les brigades, et de trois bateaux ZODIAC MK II (ainsi que d'un moteur 15 CV).

Le SH souhaite enfin être équipé de postes radios BLU (4) pour les liaisons entre brigades et DREM en saison des pluies.

#### -      **Autres activités à développer**

Hors réseau classique, il s'agit de poursuivre les études sur les lacs (mise en valeur des bas fonds). Deux échosondes et accessoires pour la bathymétrie seraient nécessaires.

Les études de débit solides et de qualité des eaux nécessiteront, autre les deux appareils portatifs HACH (PH, conductivité, température ...) dont dispose le SH, l'achat d'une balance électronique et d'un four de laboratoire.

Des études sur bassins versants nécessiteront un matériel hydrométrique spécifique (qui pourra cependant être acquis sur conventions particulières).

Enfin afin de permettre au bureau "Etudes" de développer ses activités, il serait souhaitable d'acquérir un matériel spécifique : un micro-ordinateur et ses périphériques ainsi que du matériel courant (cartes IGN au 1/200 000, matériel de dessin...).

### **7.3.2.3 Personnel**

Le personnel actuel du SH apparait à la fois suffisant pour les taches classiques de gestion du réseau et bien formé (formation de base au centre AGRHYMET de Niamey et stages spécialisés complémentaires). L'expérience fera le reste, souhaitons le.

Le développement souhaitable des activités du bureau "Etudes" nécessitera cependant un renforcement des moyens en personnel : un ingénieur hydrologue de classe I (formation universitaire de III<sup>e</sup> cycle en hydrologie) et un à deux techniciens (classe III) pour les mesures de débit solide et les études sur petits bassins représentatifs.

Les cadres du service devront continuer à perfectionner leur formation en informatique de base. Ils pourront s'appuyer pour cela sur l'ingénieur informaticien de la DREM, formé aux USA.

Enfin, il convient d'attirer l'attention sur deux points :

- Les agents du SH, en particulier les ingénieurs, appartiennent globalement à la même tranche d'âge. La politique de recrutement de nouveaux agents (remplacement éventuel des départs) devra prendre en compte un "pyramide" judicieux afin d'obtenir et conserver une bonne répartition entre "seniors" et "juniors".
- Afin d'éviter une spécialisation, qui pourrait devenir sclérosante, en agents de terrain et agents de bureau, il convient d'assurer à intervalle régulier une rotation des tâches et des responsabilités entre les ingénieurs du bureau "Hydrométrie" et du bureau "Etudes".

### **7.3.3 Données**

Les besoins en données hydrologiques tels qu'ils résultent des demandes exprimées, concernent trois domaines :

#### **7.3.3.1 Données de base du réseau**

La première étape consistera, après mise à jour dans la banque des données hydrométriques postérieures à 1982 (achèvement prévu fin 1991 - début 1992) à compléter de la façon la plus exhaustive les différents fichiers du logiciel HYDROM à partir des publications antérieures (vérification de la concordance des données publiées et des données informatisées). Il sera utile également de constituer à partir des publications un fichier des débits journaliers opérationnels (c'est à dire complété et corrigé).

Cette étape étant achevée, le bureau "Etudes" devra pouvoir participer à une réactualisation des données synthétiques concernant la régime des eaux de surface du TCHAD et prenant en compte la période déficiente postérieure aux différentes monographies. En particulier, il faudra s'efforcer de reconstituer, en utilisant toute l'information pluviométrique disponible ainsi que les observations

réalisés en Centrafrique et au Cameroun sur les bassins amont, la période non observée de 1979 à 1982. Pour ce faire le SH devra bénéficier de l'assistance d'hydrologues experts consultants.

### **7.3.3.2 Débits solides et mesures physico-chimiques**

Un ensemble très complet de mesure de ces paramètres a été effectué jusqu'en 1973 (cf. 4.3 et 4.4). Pour répondre aux demandes exprimées, il est nécessaire de reprendre partiellement le dispositif de mesures afin d'actualiser les résultats en période déficitaire.

Le SH ne pourra qu'assurer la gestion d'un dispositif allégé. Les mesures pourront après étalonnage (mesures ponctuelles sur l'ensemble de la section et comparaison avec quelques points représentatifs de la section), être réduites à des mesures de surface, voire à un point représentatif par section. Ces procédures ont été décrites dans les articles relatifs aux mesures effectuées par l'ORSTOM au TCHAD (cf. B. BILLON Cahiers ORSTOM Série Hydrologie, VN°2, 1968 et P. CARRE Cahiers ORSTOM Série Hydrologie, IX N°1, 1972).

Un réseau minimal de contrôle pourrait être constitué des stations situées en amont et en aval des zones de débordement ainsi qu'en aval du confluent CHARI - LOGONE (Stations de SARH, CHAGOUA, LAI, LOGONE BIRNI ou KOUSSERI, N'DJAMENA).

La mise en oeuvre du campagne de mesure et de leur interprétation devra bénéficier d'une formation complémentaire des ingénieurs et de l'assistance d'hydrologues experts consultants.

### **7.3.3.3 Mesures sur petits bassins représentatifs**

Ces mesures correspondent à la demande de différents organismes par l'aménagement de petits périmètres irrigués à partir de retenues collinaires.

Le SH sera ainsi appelé à sélectionner, installer et gérer (deux à trois ans) des petits bassins versants représentatifs. Ces opérations effectuées hors réseau de base nécessitent le renforcement des moyens du bureau "Etudes" : constitution d'une équipe spécifique (un ingénieur et un technicien + main d'oeuvre d'appui) et matériel dédié (dont l'acquisition ainsi d'ailleurs que le fonctionnement pourra être recherché par contrat avec les organismes demandeurs).

La formation spécifique à ce genre d'opération (un ingénieur a déjà effectué un stage à AGRHYMET d'hydrologie opérationnelle des petits bassins) fera l'objet d'un encadrement par un expert en mission (choix du bassin, conseils pour l'installation et la gestion, analyse des résultats).

### **7.3.4 Conclusion : Présentation des fiches-projets**

Deux documents de projets sont présentés :

#### **7.3.4.1 Modernisation et extension du domaine d'intervention du Service Hydrologique**

Le projet comprend deux volets, l'un relatif à la modernisation de la gestion du réseau, l'autre au renforcement des moyens du bureau "Etudes" du SH.

##### **7.3.4.1.1 Modernisation du réseau et de sa gestion**

Il convient selon les recommandations du paragraphe 7.3.2.2 de moderniser l'équipement du réseau hydrométrique (limnigraphie). Cette modernisation comporte l'acquisition, la mise en place et la gestion de limnigraphes à capteurs de pression et enregistrement sur mémoire de masse, dont certains seront équipés de balise émettrice (télétransmission par système ARGOS).

Pour ces appareils, il sera, en attendant la mise en place ultérieure d'une station de réception au TCHAD, nécessaire de passer des accords avec un organisme extérieur (HYDRONIGER Niamey ou ORSTOM / Montpellier) qui assurera la retransmission des données selon un protocole à définir.

Le matériel vieilli (véhicules tout-terrain, équipements de jaugeage, embarcations pneumatiques etc...) devra être remplacé.

Des équipements nouveaux (échosondes, télémètres lasers, table à digitaliser) devront être fournis.

La formation des personnels pour l'utilisation des nouveaux matériels sera assurés par des experts hydrométristes en mission (mise en place, exploitation et maintenance des CHLOE - Digitalisation des diagrammes).

Il est nécessaire de rappeler ici, que toute mesure de renforcement de la gestion du réseau sera inutile si le financement pérenne des activités du Service Hydrologique n'est pas assuré (budget TCHAD très problématique ou financement extérieur).

##### **7.3.4.1.2 Renforcement du Bureau "Etudes" du Service Hydrologique**

Il s'agit par des mesures de formation de personnel, d'encadrement du bureau par un expert hydrologue et d'acquisition de matériel de permettre en quelques années au bureau "Etudes" d'assumer le rôle suivant :

- Exécution de travaux et études complémentaires à la gestion du réseau permanent et répondant aux demandes en données des organismes responsables de projets de développement : mesures de débits solides et physico-chimiques, études de petits bassins représentatifs.

Participation à la réactualisation des données hydrologiques (prise en compte des données acquises postérieurement à la réalisation des monographies ORSTOM).

Dialogue avec les divers bureaux d'études utilisateurs des données hydrologiques produites par le Service Hydrologique.

Le bureau "Etudes" devra disposer d'un matériel spécifique dédié aux observations mesures et traitement de données hors réseau (micro-ordinateurs, analyse des échantillons, équipements de jaugeage, fonds documentaires etc...)

L'encadrement de ce bureau nécessite la formation (type 3<sup>e</sup> cycle d'université en hydrologie) d'un ingénieur classe I et la mise à disposition (missions ou séjour) d'un ingénieur hydrologue expert.

#### **7.3.4.2 Réactualisation des données hydrologiques et synthèse des régimes du TCHAD**

Les différentes monographies réalisées par l'ORSTOM datent de la fin des années 1970 et correspondent à la fin d'une période d'hydraulicité "normale" (?) ou excédentaire. Les caractéristiques synthétiques qui avaient été dégagées (apports, crues, basses eaux) ne correspondent plus à la situation actuelle (après près de 20 ans d'hydraulicité déficiente). L'élaboration des différents projets d'aménagements étudiés nécessitent que soient fournis des caractéristiques actualisées.

Le projet consiste à compléter pour les années postérieures à 1970 les banques de données, à tenter de reconstituer à partir de corrélations les lacunes d'observation et à dégager par analyse les nouvelles normes à utiliser.

L'opération dépasse les moyens du bureau "Etudes" du Service Hydrologique Tchadien et devra mettre en oeuvre des concours extérieurs (Bureau d'étude ou experts associés au Service Hydrologique).

### **7.4 Eaux souterraines**

#### **7.4.1 Structure organisationnelle**

Dans le cadre de la réforme institutionnelle, la création de la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement entraîne des changements et des créations dont il est difficile d'évaluer les besoins à l'heure actuelle.

Les besoins sont considérables au moment de la création d'une entité nouvelle, même si elle est axée sur le Bureau de l'Eau (locaux, matériel, véhicule). La dispersion des nouveaux services peut nuire à l'efficacité de la DHA.

Nous nous tiendrons à formuler des recommandations pour les besoins existants, pouvant s'inscrire dans la nouvelle organisation.

#### **7.4.1.1 Bureau de l'Eau**

##### **a. Renforcement du laboratoire des eaux**

Il devient essentiel pour le Tchad d'avoir des données sur la composition et la qualité de l'eau. La mobilisation des ressources en eau va s'accroître à court terme, ce qui nécessite dès maintenant de surveiller la vulnérabilité de la ressource et la potabilité de l'eau fournie.

Dans ce but, il est nécessaire de valoriser au mieux et de renforcer les moyens existants, à savoir le laboratoire d'analyses du Bureau de l'Eau, et de l'élargir afin de créer le Laboratoire National de l'Eau au sein de la DHA.

Pour cela, il faut mettre en oeuvre les moyens suivants :

- Mise à disposition d'un ingénieur hydrochimiste expatrié pendant 13 mois. Son rôle sera :
  - apporter un complément de formation pratique au personnel du laboratoire,
  - mise en place de nouvelles méthodes susceptibles d'améliorer le contrôle de la fiabilité des résultats, de réduire les coûts et d'élargir la gamme des mesures,
  - organiser le travail du laboratoire de façon rationnelle,
  - former le responsable à la gestion du laboratoire,
  - organiser la participation du laboratoire à la campagne de prélèvements et d'analyses pour la qualité des eaux.
- Mise en place d'un ingénieur hydrochimiste et d'un laborantin chimiste nationaux.
- Compléter le matériel existant par les acquisitions suivantes :
  - un distillateur d'eau,
  - un spectrophotomètre de flamme pour le dosage du sodium et du potassium,
  - des flacons à prélèvement,
  - du matériel de sécurité : extincteurs, couvertures ignifugées.
- Acquisition d'un véhicule 4 x 4.
- Une somme prévisionnelle permettra au consultant de commander les fournitures nécessaires à l'extension de l'actuel laboratoire. Les locaux actuels sont exigus : 16 m<sup>2</sup>. Il sera nécessaire de prévoir un local de 60 m<sup>2</sup>.

**b. Renforcement de la banque de données**

- Le centre informatisé du Bureau de l'Eau est bien équipé. Mais l'ordinateur de base est saturé, il manque de capacité et de mémoire vive. Il faut le remplacer par un microprocesseur 486 avec un disque dur de 120 Mo.
- Dans le cadre de l'enquête-village destinée à mettre à jour le fichier "besoins", il sera nécessaire de renforcer les postes de saisies avec :
  - 2 ordinateurs 486, et leurs périphériques : écrans, claviers, imprimantes,
  - 2 manipulateurs-clavier pour la saisie des données.

**c. Le Centre de Documentation**

- Prévoir un documentaliste ayant une expérience professionnelle de l'informatique pour gérer et dynamiser le Centre de Documentation du Bureau de l'Eau - DHA.
- Prévoir une cellule informatisée spécifique au Centre de Documentation.

**d. Extension du réseau piézométrique**

Prévoir un véhicule 4 x 4 avec chauffeur et un technicien pendant 2 mois par an.

**7.4.1.2 Le laboratoire d'analyse de la DGSA**

En tant que Service de Contrôle, la DGSA doit posséder un laboratoire d'analyses bactériologiques bien équipé et fiable capable d'identifier les causes des maladies dues à l'eau de consommation.

Un projet est proposé de manière à renforcer les structures existantes de la DGSA.

Pour cela, il faut prévoir :

- un bâtiment spacieux de 60 m<sup>2</sup> environ neuf ou à rénover,
- l'équipement du laboratoire et les produits et réactifs pour les différentes analyses,
- un complément de formation pour le personnel en place,
- l'assistance technique,
- deux véhicules tout terrain double cabine,
- des micro-labo portatifs pour les interventions en province, dans le milieu rural et sub-urbain,
- une cellule informatisée,
- formation de deux chimistes à l'informatique.

Un complément de véhicules et de matériel peut être affecté à la DGSA pour sa participation à la campagne de la qualité des eaux (carte hydrochimique, carte de qualité des eaux).

#### **7.4.2 Recommandations concernant les données hydrogéologiques**

##### **7.4.2.1 La base de données hydrogéologiques du Bureau de l'Eau**

Tout se passe comme si les moyens informatiques du Bureau de l'Eau étaient au stade expérimental avec beaucoup de potentialités techniques mais avec peu de sorties pratiques.

Cela est dû à l'insuffisance des données disponibles et à l'insuffisance de saisie des données existantes.

Pour remédier à cet état de fait, il est nécessaire de collecter de nouvelles données et de rattraper le retard de saisie dans le cadre d'un programme de mise à jour des données.

a. Collecte des données existantes : archives des projets concernant les documents de terrain (fiches d'enquête village, fiches de reconnaissance hydrogéologique, de géophysique, d'implantation, de chantier de forage, données des essais par pompage, fiche de mise en place des pompes, etc.). Ces archives sont en général conservées par le projet, ou par le Bureau d'Etudes, ou par l'ONHPV.

Analyse des archives et saisie des données validées.

b. Analyse des fiches du recensement des populations (nombre de villages, taille des villages, population, évolution de la population, renseignements divers sur les points d'eau, etc.). On estime en première approximation que l'on peut recueillir des données valides sur 2000 villages environ.

c. Pour les 10 000 villages restant, il faut envisager une enquête sur le terrain avec 10 équipes motorisées (motocyclettes 125 cm<sup>3</sup>) guidées par un spécialiste en enquêtes du type hydraulique villageoise. La durée de l'inventaire sera de 16 mois (12 mois sur le terrain). Il faut prévoir le camping pour les 10 techniciens et deux véhicules tout terrain pour les cadres.

Après dépouillement, la saisie de plusieurs dizaines de milliers de données nécessitera de renforcer les postes de saisie avec deux ordinateurs 486 et leurs périphériques servis par deux manipulateurs.

d. Saisie des données piézométriques.

e. Saisie des données des analyses d'eau.

Au terme de cette mise à jour, il sera possible de rendre opérationnel le logiciel et de déterminer avec précision les besoins en points d'eau. L'aide d'un consultant est conseillée pour la mise au point des logiciels (2 mois).

La carte hydrogéologique ne peut être élaborée qu'à la suite de ce programme.

#### **7.4.2.2 Extension du réseau piézométrique**

Le réseau national d'observation piézométrique ne comporte que 66 points d'observation qui ne recouvrent pas tout le territoire du Tchad. Il est possible de doubler dans un premier temps le nombre des piézomètres sans trop perturber ni le rythme ni l'organisation matérielle des mesures.

Cela se traduira par deux campagnes annuelles, soit 4 mois/équipe pour mesurer 130 piézomètres.

Pour les centres urbains, il faut impliquer la STEE à créer un réseau d'observation après un inventaire des forages inutilisés et des puits urbains. Des limnigraphes peuvent être acquis pour équiper quelques piézomètres protégés. Pour la ville de N'Djaména, ces piézomètres seront utiles pour caler un modèle mathématique de gestion des aquifères.

Le choix du réseau piézométrique sera partiellement défini par le BRGM, attributaire du marché CBLT concernant la conception et la définition d'un réseau piézométrique. Le réseau proposé dans notre étude peut déborder des limites conventionnelles du Lac Tchad.

#### **7.4.2.3 Nécessité de disposer de cartes hydrogéologiques**

La carte hydrogéologique du Tchad est à reconstruire en fonction des nombreuses données acquises depuis 1969 et dans l'optique d'élaborer un document actualisable apte à renseigner d'une façon pratique les techniciens œuvrant dans le domaine des eaux souterraines.

##### **a. Cartes proposées**

- Carte hydrogéologique au 1/1 000 000 du Tchad.
- Carte hydrogéologique au 1/200 000 de la Préfecture du Lac.
- Carte hydrogéologique au 1/500 000 du Guéra et du Ouaddaï.

##### **b. L'élaboration de ces documents doit intervenir après :**

- Le programme de mise à jour de la banque des données.
- Le projet de campagne de prélèvements d'échantillons pour définir la qualité de l'eau.
- L'étude CBLT par le BRGM.

**c. Conception proposée**

Les cartes hydrogéologiques proposées ne sont pas des documents définitifs. Devant la demande de ces documents, il est urgent d'élaborer des cartes qui seront essentiellement des guides pour la recherche, l'exploitation et la protection des eaux souterraines, sans pour autant négliger l'évaluation de la ressource et son renouvellement.

Les procédés actuels de cartographie assistée par ordinateur permettent de disposer de documents évolutifs, actualisables.

La cartographie digitalisée permet de traiter sur ordinateur un grand nombre de niveaux d'informations : topographie, planimétrie, hydrographie, géologie, isohyètes, points d'eau, courbes, surcharges diverses.

Dans le souci d'éviter les surcharges, des cartes thématiques seront produites avec constitution d'un atlas hydrogéologique.

La carte conçue par la CBLT sera un document classique statique, ne couvrant pas tout le Tchad. Elle sera intégrée dans la carte digitalisée.

**d. Moyens à mettre en oeuvre**

- Assistance d'un bureau d'études spécialisé.
- Adaptation à la station de travail informatisée existante au Bureau de l'Eau.
- Formation de deux ingénieurs hydrogéologues de la DHA à la CAO-DAO (cartographie et digitalisation, assistées par ordinateur).

**7.4.2.4 Campagne de prélèvements pour la qualité de l'eau**

**a. Objectifs de la campagne d'analyses d'eau**

Le Tchad ne dispose que d'un petit nombre d'analyses physico-chimiques et bactériologiques. Il est nécessaire d'établir la carte hydrochimique et la carte de qualité des eaux du Tchad. Ces éléments sont nécessaires sur le plan scientifique pour évaluer la ressource exploitable. La carte indique les zones d'alimentation des nappes, les directions d'écoulement, les zones de mélange des eaux. Ces éléments participent à la définition des unités hydrogéologiques.

La carte mentionne la qualité physico-chimique des eaux selon les normes applicables pour les humains, les animaux et l'agriculture.

Pour chaque point d'eau visité, il sera défini la potabilité chimique de l'eau avec l'indication des éléments indésirables, ainsi que la potabilité bactériologique.

Les zones à risque ou présentant un problème de qualité d'eau qu'il convient de surveiller seront délimitées sur la carte.

**b. Conception de la campagne d'analyse des eaux**

Dans un premier temps, une esquisse de la carte hydrochimique sera dressée à partir des données des analyses existantes dans les archives.

L'enquête sur les villages et les points d'eau, effectuée dans le cadre de la mise à jour de la banque de données (paragraphe 7.4.2.1) permettra d'évaluer le nombre de points d'eau en état de fonctionnement et leur répartition géographique. En se basant sur les ensembles hydrogéologiques, il sera alors possible de sélectionner (en tenant compte des accès) un réseau de points d'eau où s'effectueront les prélèvements d'eau aux fins d'analyses.

Dans un deuxième temps, la campagne de prélèvements se fera sur le réseau, avec :

- une campagne de prélèvements en période de hautes eaux (octobre-novembre),
- une campagne de prélèvements en période de basses eaux (juin-juillet).

Les échantillons prélevés feront l'objet d'analyses complètes et précises afin de définir les caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques des eaux. Ces analyses se feront aux laboratoires de la DHA (physico-chimie) et de la DGSA (bactériologie).

**c. Nombre de prélèvements**

Sur les 6888 points d'eau enregistrés dans la banque de données, on peut prévoir que 5000 sont fonctionnels. Parmi eux, on effectuera 3000 prélèvements pour les analyses physico-chimiques et 3000 pour les analyses bactériologiques à chaque campagne, soit 12 000 prélèvements au total pour les deux campagnes.

**d. Moyens à mettre en oeuvre**

Pour les prélèvements d'échantillons :

Avec 4 équipes, il faut 2,25 mois pour prélever de l'eau sur 3000 points d'eau (6000 échantillons), soit pour les deux campagnes 18 équipes/mois.

Chaque équipe comprendra :

- 1 véhicule 4 x 4

- 1 chauffeur
- 1 représentant DHA
- 1 représentant DGSA
- matériel de camping
- matériel de prélèvement et de conservation des échantillons
- 1 sonde électrique
- casiers d'expédition ou de transfert des échantillons jusqu'aux laboratoires

Pour le transport des échantillons :

- Un véhicule 4 x 4 équipé en unité frigorifique autonome.

#### e. Activités annexes

Ce projet servira à la mise en activité des laboratoires de la DHA et de la DGSA.

Il y aura un afflux de données qu'il faudra saisir, traiter et interpréter.

Ce projet permettra de relancer les activités de la DGSA.

Le projet occupera : 1 hydrogéologue de la DHA, 1 ingénieur sanitaire de la DGSA, le consultant hydrochimiste du laboratoire de la DHA, le consultant biochimiste du laboratoire de la DGSA, le service CAO-DAO de la DHA (cartographie assistée par ordinateur).

Le projet entretiendra des activités pendant 12 mois :

|                             |                                                                                                                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mars-avril :                | Esquisse de la carte hydrochimique.                                                                                               |
| Mai-juin-début juillet :    | 1ère campagne d'analyses, saisie des données.                                                                                     |
| Août-septembre :            | A mi-temps, saisie des données, traitement des données. 2e esquisse de la carte hydrochimique et de la carte de qualité des eaux. |
| Octobre-Novembre-Décembre : | 2e campagne de prélèvement, analyses, saisie de données.                                                                          |
| Janvier-février :           | Saisie des données, traitement des données.<br>Carte hydrochimique et de qualité des eaux.<br>Rapport final.                      |

f. **Organismes intéressés**

La Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement avec :

- le Service des Etudes et de la Programmation,
- le Service de l'Hydraulique Rurale,
- le Service de l'Assainissement,
- le Laboratoire National de l'Eau,
- le Centre de Documentation et la Banque de Données.

La direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement.

**7.4.2.5 Schéma directeur de l'eau et de l'assainissement de N'Djaména (Volet évaluation et protection de la ressource en eau)**

Dans le cadre de la mise en oeuvre du schéma directeur de l'eau et de l'assainissement de l'espace urbain et péri-urbain de N'Djaména, il est nécessaire :

- d'évaluer la ressource en eau souterraine,
- d'évaluer la qualité de la ressource,
- d'évaluer le renouvellement de la ressource,
- de définir la protection qualitative de la ressource,
- de définir les besoins en eau (AEP, industrielles, agriculture, espaces verts),
- de définir l'incidence des prélèvements sur les aquifères,
- de définir l'hydraulique du Chari par rapport aux aquifères,
- d'élaborer un modèle de gestion et de protection de la ressource.

a. Pour ce faire, il faut prévoir :

Une étude hydrogéologique : avec la mise en place d'un réseau de piézomètres, des pompages d'essais sur les forages existants, des profils de sondages électriques, l'interprétation des archives de la STEE et des forages industriels, une étude morpho-structurale pour définir la géométrie des chenaux alluviaux constituant les aquifères, l'élaboration d'un modèle analogique et l'étude des relations entre les aquifères supérieurs et inférieurs.

Une évaluation des besoins : études démographiques, desserte actuelle (eau STEE, revente d'eau, puits, divers), extensions du réseau STEE, définition de l'avoir et des besoins. Inventaire des points d'eau et des débits prélevés (STEE, industries, puits).

- Une étude sur la qualité, la pollution et la protection de la ressource : inventaire des latrines, des puits perdus, des rejets collectifs, des rejets industriels, des dépôts d'ordures. Campagne d'analyse des eaux des captages superficiels et profonds. Analyse des eaux usées, des rejets industriels, des eaux du Chari. Elaboration d'une carte de qualité des eaux, des zones à risques de pollution.
  - Un modèle d'exploitation, de gestion et de protection de la ressource prenant en compte les besoins actuels et futurs des utilisateurs.
  - Rédaction d'un Code de l'Eau adapté à la ville de N'Djaména.
- b. Les organismes intéressés par cette étude sont très nombreux (paragraphe 7.1.6). Les services suivants participeront directement au projet :
- La DHA pour effectuer l'étude hydrogéologique, le modèle, la cartographie, les analyses physico-chimiques, l'étude de l'avoir et des besoins.
  - La DGSA pour effectuer les prélèvements et les analyses afin de définir la qualité des eaux de consommation, et des effluents ; pour inventorier les puits, les latrines, les rejets industriels.
  - La STEE équipera les ouvrages existants ainsi que les ouvrages anciens en piézomètres et en stations d'essais et effectuera les pompages d'essais avec la participation de la DHA. Des limnigraphes seront fournis par la DHA mais entretenus et relevés régulièrement par la STEE. La STEE participera à l'évaluation des besoins, de la desserte, des taux de consommation.

La DHA sera coordonnateur du projet.

Le Code de l'Eau sera rédigé en commun.

- c. Moyens à mettre en oeuvre :
- Création de 10 piézomètres de 50 m.
  - Fourniture et mise en place de 5 limnigraphes.
  - Campagne de géophysique électrique (1 mois).
  - 50 analyses physico-chimiques.
  - 200 analyses bactériologiques.
  - Mise à disposition par un Bureau d'Etudes d'un consultant hydrogéologue.
  - Construction d'un modèle mathématique.
  - Définition des scénarios d'exploitation.
  - Installation des logiciels à N'Djaména.
  - Formation de deux ingénieurs nationaux avec stage au siège du Bureau d'Etudes.

## **7.5 Projets identifiés**

Les recommandations décrites ci-dessus ont permis d'élaborer les documents de projets présentés à l'annexe B.

La liste de ces projets fait l'objet du tableau 7.5.1.

**Tableau 7.5.1 - Récapitulatif des projets identifiés**

| N°     | Agence Gouvernementale                                            | Titre proposé                                                                               | Coût US\$ |
|--------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| CHD-01 | Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau (DREM) | Renforcement et modernisation des réseaux climatologiques et pluviométriques                | 844 000   |
| CHD-02 | Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau (DREM) | Contrôle des stations et des observations climatologiques et pluviométriques sur le terrain | 331 700   |
| CHD-03 | Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau (DREM) | Informatisation de la banque de données climatologiques et pluviométriques de la DREM       | 158 950   |
| CHD-04 | Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau (DREM) | Modernisation et extension du domaine d'intervention du Service Hydrologie (DREM)           | 467 000   |
| CHD-05 | Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau (DREM) | Réactualisation des données hydrologiques et synthèse des régimes des cours d'eau tchadiens | 137 500   |

**Tableau 7.5.1 - Récapitulatif des projets identifiés (suite)**

| N°     | Agence Gouvernementale                                                                                                            | Titre proposé                                                                                                     | Coût US\$ |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| CHD-06 | Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau                                                                        | Mise à jour de la banque de données du Bureau de l'Eau (DHA)                                                      | 504 580   |
| CHD-07 | Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau                                                                        | Renforcement du laboratoire hydrochimie de la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement (DHA)             | 487 800   |
| CHD-08 | Ministère de la Santé et des Affaires Sociales                                                                                    | Renforcement du laboratoire d'analyses bactériologiques de la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement | 558 900   |
| CHD-09 | Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau<br>Ministère de la Santé et des Affaires Sociales                      | Campagne de mesure sur la qualité des eaux souterraines captées                                                   | 403 050   |
| CHD-10 | Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau (DHA)                                                                  | Cartes hydrogéologiques du Tchad                                                                                  | 382 900   |
| CHD-11 | Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau (DHA)<br>Ministère de la Santé et des Affaires Sociales (DGSA)<br>STEE | Modèle de gestion et de protection des aquifères de N'Djaména                                                     | 600 000   |
| CHD-12 | Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau (DHA)                                                                  | Extension du réseau piézométrique national                                                                        | 610 850   |
| Total  |                                                                                                                                   |                                                                                                                   | 5 487 230 |

## 7.6 Remarques sur les projets proposés

Deux projets ont été proposés afin de renforcer les moyens des laboratoires d'analyses existants.

Cette solution nous paraît préférable à celle qui serait de regrouper l'ensemble des opérations d'analyses dans un même service.

## DOCUMENTS DE REFERENCES

Nous donnons ci-après la liste des principaux documents de références bibliographiques qui ont permis de fournir de nombreux renseignements et d'où sont extraites certaines conclusions et recommandations de la présente étude :

| Auteur                                                        | Titre                                                                                                                                                                                                                             | Année |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Bureau des Statistiques, Planification et Etudes du Tchad     | Annuaire des Statistiques Sanitaires du Tchad                                                                                                                                                                                     | 1988  |
| Marchés Tropicaux et Méditerranéens                           | Tchad                                                                                                                                                                                                                             | 1990  |
| BRGM                                                          | Actualisation des Connaissances sur les ressources en eau souterraine de la République du Tchad :<br>1. Présentation générale et bibliographie<br>2. Synthèse des données hydrogéologiques<br>3. Synthèse des données géologiques | 1987  |
| BRGM                                                          | Programme d'Hydraulique Villageoise et Pastorale dans le Sud et le Sud-Est du Tchad                                                                                                                                               | 1987  |
| BURGEAP                                                       | Programme d'Hydraulique Villageoise et Pastorale au Tchad                                                                                                                                                                         | 1986  |
| SODETEG-SODELAC                                               | Schéma Directeur de Développement Socio-Economique de la Région du Lac                                                                                                                                                            | 1990  |
|                                                               | Conférence Internationale pour le Développement du Tchad                                                                                                                                                                          | 1985  |
| Ministère du Plan et de la Coopération - Tchad                | Comptes Economiques 1983-1990                                                                                                                                                                                                     | 1990  |
| République du Tchad<br>Ministère du Tourisme et Environnement | Actes du Séminaire National Technologies et Environnement<br>Plan Directeur de lutte contre la désertification                                                                                                                    | 1990  |
| DGSA                                                          | Séminaire National Intersectoriel sur l'Eau et l'Assainissement                                                                                                                                                                   | 1989  |
| BRGM                                                          | Etude des nappes d'eau souterraine au Tchad                                                                                                                                                                                       | 1986  |
| Ministère du Plan                                             | Réunion de suivi de la table ronde de Genève de Décembre 1985                                                                                                                                                                     | 1986  |
| CIEH-BRGM                                                     | Carte de planification des ressources en eau souterraine de l'Afrique Soudano-sahélienne                                                                                                                                          | 1976  |
| FAO-PNUD                                                      | Etude des ressources en eau du bassin du Lac Tchad en vue d'un programme de développement                                                                                                                                         | 1972  |

| Auteur          | Titre                                                                                                               | Année     |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| BRGM            | Assistance à la programmation - Mise en place d'une cellule de Traitement informatique d'un fichier de points d'eau | 1989      |
| ONHPV/PNUD/DTCD | Programme d'Hydraulique Villageoise dans l'Ouaddaï géographique et le Guéra (divers rapports)                       | 1987-1991 |



**Annexe A**

**TERMES DE REFERENCE SPECIFIQUES  
TCHAD**

## **1. HYDROMETEOROLOGIE**

Le Consultant devra faire les analyses et recommandations nécessaires concernant :

- *La coordination entre les différents systèmes de collecte des données en vue de créer un fichier central accessible à tous les intervenants et utilisateurs des données.*  
(3.1, 3.2), (3.2.5, 7.2.1).
- *La mise en oeuvre de programmes de renforcement des activités hydrométéorologiques en prenant en compte les résultats acquis ou attendus des programmes existants*  
(3.2.3, 6.3, 7.2.2.2).
- *L'évaluation des besoins en bâtiments au siège et dans les stations pour permettre le déroulement normal des observations, du contrôle et du traitement des données, et de la maintenance.*  
(3.2.2.4, 6.3.1).
- *L'implantation d'un réseau de télécommunications pour concentrer les données des stations éloignées non synoptiques vers les services centraux.*  
(3.2.4.2, 7.2.2.3) et document de projet : "Renforcement et Modernisation des réseaux climatologiques et pluviométriques".
- *L'évaluation de l'équipement informatique existant et proposition de matériel pour doter le service des capacités suffisantes pour archiver et traiter les données.*  
(3.2.2, 3.2.4), (7.2.3.1) et document de projet "Informatisation de la banque de données climatologiques et pluviométriques de la DREM".
- *L'inventaire des fichiers informatisés des données existant dans les organismes régionaux spécialisés (ASECNA, AGRHYMET, CIEF/ORSTOM), Météorologie Nationale Française) ; mise à disposition de ses fichiers au plan national, choix d'un logiciel de saisie pour l'actualisation.*  
(3.2, 3.3.1), (3.2.4, 7.2.3.1, 6.3.2).
- *L'inventaire de l'instrumentation des stations et proposition de complément d'observation, le cas échéant, selon les normes en vigueur.*  
(3.2.2.1, 6.3.1, 6.3.3) et documents de projet "Renforcement et Modernisation des réseaux climatologiques et pluviométriques" et "Contrôle des stations et des observations climatologiques et pluviométriques sur le terrain".
- *L'examen de la densité du réseau et des possibilités d'ouverture de postes actuellement fermés.*  
(6.2.2, 6.3.3) et document de projet.

- Le recensement de la bibliographie disponible sur la climatologie du pays et développement d'une section Etudes à partir des données existantes.*  
(3.2.5, 3.2.4.4) et annexe C.
- le programme de formation dans les spécialités déficientes en nombre et en compétence.*  
Trois documents de projet (annexe B), (3.1.3, 7.2.2.4).

## 2. EAUX DE SURFACE

Le Consultant devra faire les analyses et recommandations nécessaires concernant :

- Les aspects institutionnels, et notamment l'opportunité de regrouper le service de l'hydrologie, responsable de l'inventaire des ressources en eau de surface et le Bureau de l'Eau du Ministre de l'Elevage et de l'Hydraulique Pastorale, responsable de l'inventaire des ressources en eau souterraine.*  
Le service hydrologique est rattaché à la Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie (DREM). Cette situation est satisfaisante. En attendant une hypothétique fusion de la DREM et du Bureau de l'Eau (eaux souterraines), la concertation entre ces différents organismes responsables des inventaires devra être renforcée sans pour cela entraîner la création de nouvelles structures lourdes.  
Réf. EA (4.1.1.2), R (7.3.1)\*.
- La nécessité d'entreprendre de nouvelles opérations d'appui aux activités hydrologiques en prenant en compte les résultats acquis et attendus des programmes en cours.*  
Le problème prioritaire à résoudre, avant tout renforcement ou nouvelles opérations d'appui, reste à l'évidence celui d'un budget de fonctionnement suffisant et pérenne.  
Réf R (7.3.4).
- L'évaluation des besoins en bâtiments du service central et des brigades décentralisées.*  
La situation est relativement satisfaisante sous réserve d'un renforcement et d'une modernisation de l'équipement électrique souvent défaillant.  
Réf. EA (4.1.1.2).
- Le renforcement en personnel scientifique et technique.*  
Réf. EA (4.1.3), EV (6.4.4), R (7.3.2.3 et fiches de projets).
- La densité du réseau en relation avec les besoins en données pour les aménagements hydrauliques, notamment sur les petits bassins versants.*  
Réf. EA (4.2.1.2), EV (6.4.1.1), R (7.3.2.1).

---

\*Codification des références chapitres et paragraphes  
EA (Etat actuel), EV (Evaluation), R (Recommandations)

*L'intensification des travaux sur le réseau hydrométrique grâce à un apport en logistique, instruments, et budget de fonctionnement.*

- Pour l'équipement :  
Réf. EA (4.2.3), EV (6.4.1.2. et 6.4.1.3), R. (7.3.2.2 et 7.3.4.1.1).
- Pour le budget :  
Réf. EA (4.1.4), EV (6.4.5).

*Le renforcement des équipements informatiques, le choix d'un logiciel de banques de données hydrologiques pour entreprendre après récupération des fichiers existants (ORSTOM), l'archivage des données.*

Réf. EA (4.2.5, 4.2.6 et 4.2.7), EV (6.4.2), R (7.3.3.1).

*La création d'une activité "Etudes" et l'établissement des termes de référence pour des études d'intérêt prioritaire telles que :*

- *l'érosion des berges et le changement des lits des cours d'eau,*  
Réf. EA (4.3 et 4.4), R (7.3.3.2 et 7.3.4.1.2 et fiches de projet).  
Les moyens actuels et les priorités du service hydrologique ne permettent pas pour le moment d'aller plus loin dans l'étude de l'érosion des berges et les modifications des lits des cours d'eau (en dehors du suivi de l'évolution de la géométrie des lits à partir des mesures
- *l'élaboration d'un manuel méthodologique d'estimation rapide des ressources en eau de surface (petits bassins),*
- Petits Bassins Versants :  
Réf. EA (2.1.1.5), EV (6.4.6), R (7.3.3.3 et 7.3.4.1.2 et fiches de projet)
- *étude de synthèse sur le régime des grands cours d'eau et du Lac Tchad, actualisation des monographies hydrologiques.*  
Réf. EA (2.1 et 4.2.7.3), EV (6.4.6), R (7.3.3.1 , 7.3.4.2 et fiches de projet).

### **3. EAUX SOUTERRAINES**

Le Consultant devra faire les analyses et recommandations nécessaires concernant :

- . *La coordination des activités hydrogéologiques entre le Bureau de l'Eau, les Offices et les Sociétés de mise en valeur.*  
(6.5.1, 7.1.1, 7.1.2).

- L'opportunité de créer une Direction générale de l'Hydraulique regroupant toutes les activités du secteur.*  
*(7.1.1, 7.1.2, 7.1.3, 7.1.4).*
- La restructuration du Bureau de l'Eau et notamment une évaluation des besoins en locaux, personnel et matériel (technique, informatique, logistique).*  
*(5.3.2.1, 6.5.1.5, 7.4. ; CHD/06 ; CHD 07).*
- Les modalités de mise en oeuvre d'un programme d'activités prioritaires à entreprendre au niveau de la future Direction Générale de l'Hydraulique.*

  - *inventaire de points d'eau (IRH),*
  - *synthèse de programmes d'hydraulique villageoise,*
  - *collecte de données,*
  - *synthèse évolutive sur les ressources en eau,*
  - *supervision de l'activité des Offices et Sociétés.*

*(7.1, 7.1.7, 7.4 ; Annexe B).*
- L'Harmonisation de la présentation de la synthèse de programme d'Hydraulique villageoise.*  
*(6.5.2.3).*
- Le mode d'élaboration d'une carte hydrogéologique avec mise à jour automatique informatisée.*  
*(6.5.2.2, 7.4.2.3, 7.4.2.4 ; CHD/10 ; CHD/11).*
- L'extension du réseau piézométrique implanté dans le cadre du projet BID et les moyens de suivi de ce réseau.*  
*(5.3.3, 6.1.3.1, 6.5.2.4, 7.4.2.2, CHD/12).*
- La formation du personnel en documentation.*  
*(7.4.1.1, 7.4.1.2, 7.4.2.3, 7.4.2.5, CHD/06, CHD/08, CHD/10, CHD/11).*

#### **4. IMPACT DES AMENAGEMENTS**

Les aménagements hydrauliques constituant des investissements très importants, le Consultant devra :

- Passer en revue l'activité des projets et offices dans ce secteur.*  
*(2.3, 2.4, 2.5, 5.1).*
- Evaluer les conséquences de l'exploitation de ces aménagements par rapport aux données disponibles sur les ressources.*

*Le Consultant étudiera en particulier les aménagements mis en place par la SODELAC et l'OMVSD.*  
*(2.3.3, 2.3.4, 2.4, 5.3.2.6).*



**Annexe B**

**DOCUMENTS DE PROJET TCHAD**

**DOCUMENT DE PROJET**

PAYS :

Tchad

DATE :

Juillet 1991

PROJET N° :

CHD/91/...

TITRE PROPOSE :

Renforcement et modernisation des réseaux climatologiques et pluviométriques

STRUCTURE GOUVERNEMENTALE IMPLIQUEE :

Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau .  
Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie

DUREE ESTIMEE :

4 ans

CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE :

844 000 \$ US

COUT DE LA CONTREPARTIE NATIONALE :

A calculer

SOURCE DE FINANCEMENT :

A décider

## **1. BUT DU PROJET ET LA RELATION AVEC LE PROGRAMME NATIONAL**

### **1.1 Programme national**

La préoccupation générale de la planification est d'évaluer les ressources avant de s'avancer dans de grands projets de développement, et de sauvegarder l'environnement .

Les résultats climatologiques et pluviométriques sont capitaux pour tout projet de développement quel que soit le secteur d'activité, la zone et la superficie concernées.

La mise en valeur agro-pastorale à l'échelle villageoise est une recommandation de la Banque Mondiale, très bien comprise après quelques succès d'ONG, et quelques échecs de projets géographiquement trop vastes. Cependant, l'existence même d'un village ainsi que ses ressources peuvent dépendre d'un écosystème régional tel qu'un lac ou une région inondable de grande superficie. A une autre échelle, le problème des longues périodes de sécheresse concerne tout le Sahel.

Ainsi, le développement de l'agriculture sur les rives des cours d'eau temporaires du Ouaddaï, la construction de routes avec ouvrages de franchissement dans tout le pays, l'assainissement des villes, dont la capitale, sont des projets qui retiennent tout l'intérêt des autorités. Ces projets nécessitent la connaissance des intensités-durées des précipitations qui est basée actuellement sur les données concernant 4 stations du Tchad pour une période antérieure à 1971.

La région du sud-est dont les plaines du Salamat, doit être mieux intégrée à l'essor national. C'est celle qui a été la moins étudiée du pays. Compte tenu des gradients et d'effets orographiques de bordure, la densité du réseau y est trop faible.

La modélisation du bilan hydrologique du lac Tchad entrepris par la CBLT à des fins d'usage agricole des eaux et des terres, rejoint les préoccupations de la SODELAC. Cependant, elle pâtit d'un manque de précision dans la connaissance des termes précipitations et évaporation sur le lac.

Les fluctuations climatiques des marges sahariennes et sahéliennes ont de graves conséquences pastorales et agricoles.

Il est nécessaire de disposer dans le nord d'un réseau plus dense d'observations permettant d'obtenir une meilleure connaissance des distributions spatio-temporelles des facteurs climatiques et pluviométriques.

## **1.2 Objectifs du projet**

Considérant les programmes de développement exposés aux paragraphes précédents,

Compte tenu des insuffisances actuelles du réseau dues à une densité insuffisante de stations dans certaines zones,

Compte tenu de l'importance de disposer de quelques stations où la fiabilité des observations est grande,

Compte tenu du peu de données disponibles ou exploitables sur l'intensité-durée des pluies, en l'état des techniques antérieurement utilisées,

Il est nécessaire de renforcer les réseaux climatologique et pluviométrique par la création de quelques nouvelles stations et l'utilisation d'appareils évitant les erreurs d'observations et de traitement trop compliqués pour être fiables.

L'objectif du projet est ainsi de :

- Créer de nouvelles stations :
  - . dans le nord du pays,
  - . sur le lac Tchad et son pourtour,
  - . dans le sud-est du pays, la zone du Salamat inclue.
- Installer en quelques stations des appareils automatiques à mémoire de masse :
  - . pluviographes,
  - . enregistreurs des paramètres de l'évapotranspiration dont la radiation globale.
- Former des techniciens capables d'assurer la maintenance et le fonctionnement des stations automatiques, et d'exploiter par informatique les mémoires recueillies.
- Assurer les crédits de fonctionnement nécessaires aux visites des appareils automatiques sur le terrain pendant une durée déterminée.

## **2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS**

Sept stations climatologiques sont à créer : 4 dans le nord, 2 sur le lac Tchad et 2 dans le sud-est.

Vingt stations pluviométriques doivent renforcer le réseau de ces mêmes zones dont une dizaine sur le lac Tchad.

Cinq stations automatiques à mémoire de masse seront réparties aux stations climatologiques les moins performantes, mais dans un premier temps dans des zones facilement accessibles à partir de N'Djamena.

Dix stations pluviographiques seront réparties sur l'ensemble du pays, en veillant cependant à la possibilité d'accès en toute saison (voiture, avion).

Deux stages seront effectués pour l'apprentissage de la technique d'installation et de maintien des stations automatiques par des techniciens de la DREM.

Une mission de consultant sera réalisée au Tchad pour l'installation et le traitement de données.

Les crédits pour l'installation et deux missions par an durant quatre ans, spéciaux pour ces missions, seront alloués.

### **3. STRATEGIE DU PROJET**

#### **3.1 Institutions et communautés bénéficiaires du projet**

L'institution responsable de l'obtention des données est la Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie, qui verra son efficacité améliorée par l'automatisation des équipements et son service dynamisé par la modernisation de son système d'acquisition de données.

#### **3.2 Bénéficiaires désignés**

Les principaux bénéficiaires sont les utilisateurs de données climatologiques : Directions et Services des Ministères Techniques (Mines et Ressources en Eaux, Agriculture) et Bureaux d'Etudes chargés de la définition des projets à la demande des précédents. La communauté scientifique internationale qui étudie les phénomènes climatiques globaux sera également bénéficiaire du projet.

Les données complémentaires obtenues grâce au projet seront utilisées pour des aménagements dont bénéficieront les populations tant rurales qu'urbaines.

#### **3.3 Accord pour la mise en oeuvre du projet**

Le projet sera réalisé par la DREM, par l'intermédiaire des Services de Climatologie et d'Agrométéorologie, avec l'assistance du Service d'Entretien et de Maintenance du matériel et celui de l'Informatique.

Un consultant international sera affecté au projet pour une durée de douze mois. Un mois de mission d'un consultant international sera réalisé chaque année durant les trois années suivantes.

Un consultant international effectuera deux missions de quinze jours pour mettre en place et contrôler le traitement des données.

Un technicien effectuera à l'étranger, durant deux mois, un stage de formation sur l'installation et la maintenance des appareils automatiques.

#### **4. ENGAGEMENT DU TCHAD**

##### **4.1 Soutien homologue**

Le nombre d'ingénieurs et de techniciens en climatologie et agrométéorologie de la DREM est suffisant pour assurer la contrepartie nationale.

##### **4.2 Accords légaux et déploiement futur du personnel**

Le personnel national participant au projet sera formé à des technologies nouvelles spécifiques de la climatologie. Il n'existe pas, au niveau national, d'autres secteurs demandeurs de tels spécialistes.

#### **5. RISQUES**

Ce projet fait partie d'un groupe de projets nationaux et régionaux proposé à la suite de l'évaluation des ressources hydriques de l'Afrique sub-saharienne. Il est indépendant des autres projets concernant le secteur de la climatologie.

#### **6. INTERVENTIONS**

##### **6.1 Sommaire des interventions**

- Choix des sites de stations nouvelles ou à compléter en équipement, par les Services compétents de la DREM.
- Acquisition des matériels, avec l'aide d'une mission d'un expert international.
- Formation du personnel de la DREM : deux techniciens pour l'installation et la maintenance, deux ingénieurs ou techniciens supérieurs pour le traitement des données.
- Installation du matériel : affectation d'un expert international pour l'installation et le début du fonctionnement.

- Tournées de contrôle et maintenance par les ingénieurs et/ou techniciens de la DREM, avec l'aide d'un expert 3 x 1 mois.
- Traitement de l'information par les ingénieurs de la DREM, avec l'aide d'un expert international (cf. ci-dessus).
- Elaboration de fiches techniques et de rapports sur le projet et les données obtenues.

## 6.2 Budget schématique

|                          | National                                                                                                                                                                                                                                | International                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US \$                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Personnel                | <ul style="list-style-type: none"> <li>-1 ingénieur et 2 techniciens</li> <li>-Allocations de subsistance (600 jours)</li> </ul>                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Expert en climatologie/instrumentation</li> <li>.Mission préparatoire (1x10 jours)</li> <li>.Affectation (12 mois)</li> <li>.Missions d'aide (3x30 jours)</li> <li>.5 voyages Europe/N'Djaména aller-retour</li> <li>.Allocation de subsistance (200 jours)</li> <li>.Allocation de villa</li> </ul> | <p style="text-align: right;">pour<br/>mémoire<br/>10 500</p> <p style="text-align: right;">6 500</p> <p style="text-align: right;">240 000</p> <p style="text-align: right;">60 000</p> <p style="text-align: right;">13 000</p> <p style="text-align: right;">15 000</p> <p style="text-align: right;">12 000</p> |
| Equipement               | <ul style="list-style-type: none"> <li>-20 pluviographes à mémoire de masse type OEDYPE</li> <li>-Matériel climatologique</li> <li>-Matériel divers</li> <li>-2 véhicules tout terrain (4x4)</li> <li>-Matériel informatique</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p style="text-align: right;">240 000</p> <p style="text-align: right;">100 000</p> <p style="text-align: right;">5 000</p> <p style="text-align: right;">44 000</p> <p style="text-align: right;">10 000</p>                                                                                                       |
| Fonctionnement sur 4 ans | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Véhicules</li> <li>-Carburants</li> <li>-Divers</li> </ul>                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p style="text-align: right;">30 000</p> <p style="text-align: right;">25 000</p> <p style="text-align: right;">18 000</p>                                                                                                                                                                                          |
| Formation                | <ul style="list-style-type: none"> <li>-2 techniciens pendant 2 mois à l'étranger</li> <li>- Billets d'avion</li> </ul>                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p style="text-align: right;">10 000</p> <p style="text-align: right;">5 000</p>                                                                                                                                                                                                                                    |
| Total                    |                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 844 000                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

## **Annexe A**

### **PERSONNEL INTERNATIONAL**

Le consultant permanent, responsable de la mise en place du projet et de son suivi pendant la première phase (12 mois), devra avoir une très bonne expérience de la climatologie et des équipements les plus récents disponibles sur le marché.

## **Annexe B**

### **FORMATION**

La formation à l'extérieur concerne deux techniciens supérieurs et se fera en deux temps :

- par leur intégration au projet durant les six premiers mois, ils assisteront l'expert international dans les tournées de visites des stations ;
- par un séjour de deux mois en Europe, pour une formation théorique et des stages pratiques chez les constructeurs des matériels qui seront retenus.

## **Annexe C**

### **EQUIPEMENT**

L'équipement à acheter consistera en :

- stations climatologiques automatiques avec enregistrements sur mémoires de masse ;
- pluviographes à mémoires de masse de type OEDIPE ;
- 1 ordinateur 280, 1 système de transfert des mémoires de masse et logiciel correspondant ;
- deux véhicules "tout terrain" indispensables pour les tournées.



**DOCUMENT DE PROJET**

PAYS :

Tchad

DATE :

Juin 1991

PROJET N° :

CHD/91/...

TITRE PROPOSE :

Contrôle des stations et des observations climatologiques et pluviométriques sur le terrain

STRUCTURE GOUVERNEMENTALE IMPLIQUEE :

Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau.  
Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie

DUREE ESTIMEE :

4 ans

CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE :

331 700 US \$

COUT DE LA CONTREPARTIE NATIONALE :

A calculer

SOURCE DE FINANCEMENT :

A calculer

## **1. BUT DU PROJET ET SA RELATION AVEC LE PROGRAMME NATIONAL**

### **1.1 Programme national**

Le Tchad, aux ressources uniquement agricoles et pastorales, est totalement dépendant de la variabilité des conditions climatiques. Les périodes de sécheresse, qui semblent pouvoir durer plusieurs décennies ainsi que la répartition des précipitations au cours de la saison pluvieuse, génèrent des états drastiques dans les écosystèmes des zones sahéliennes à sub-sahariennes. Les sociétés humaines qui sont partie intégrante de ces écosystèmes, se trouvent alors elles-mêmes en condition critique.

La connaissance de ces phénomènes et la capacité de s'y adapter et d'anticiper les perturbations compteront avec les techniques nouvelles de télédétection et télétransmission.

Toutefois, il sera nécessaire, au moins dans les phases d'étalonnage, de procéder à une "vérité sol". Actuellement, les observations aux stations sont entachées d'erreurs, systématiques notamment, bien supérieures à la précision permise par les techniques modernes. D'autre part, dans la phase actuelle, les systèmes d'exploitation et d'interprétation se heurtent à l'obstacle pratiquement insurmontable des techniques antérieurement utilisées faute de matériel et de personnel en temps suffisant.

D'autre part, de nombreux projets agricoles ou pastoraux de mise en valeur, notamment sur des superficies restreintes nécessitent la connaissance des conditions climatologiques locales. C'est une des raisons principales d'un réseau de pouvoir fournir, en une localité donnée, des valeurs estimées de paramètres par ailleurs observées.

### **1.2 Objectifs du projet**

Le réseau actuel d'observation climatologique compte 51 stations, auxquelles s'ajoutent 176 stations pluviométriques. Ce réseau est insuffisamment contrôlé en raison du manque d'argent et de moyens matériels pour réaliser les tournées. Certaines stations réputées en fonctionnement, n'ont pas été visitées depuis plusieurs années. Afin que la DREM puisse remplir une de ses responsabilités essentielles, elle doit passer à chaque station, sur l'ensemble du territoire national, au moins deux fois par an, pour :

- contrôler l'observateur, compléter sa formation et montrer l'intérêt porté à son travail,
- vérifier les conditions adéquates de fonctionnement et maintenir en état ou échanger le matériel d'observation,
- normaliser les abris et les équipements,
- payer régulièrement les observateurs,

recueillir les données.

L'objectif de ce projet est ainsi de permettre de réaliser deux missions annuelles de contrôle systématique sur l'ensemble du réseau pendant quatre ans.

## **2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS**

Deux missions annuelles seront réalisées pendant quatre ans.

Le projet fournira deux véhicules tout-terrain, spécifiquement affectés à ces tournées, et le carburant nécessaire. Il en assurera la maintenance.

Le projet fournira un lot de matériel classique pour la réparation et l'échange des appareils climatologiques et pluviométriques défectueux.

Le projet prendra en charge les viatiques du personnel sur le terrain.

La première tournée aura lieu d'avril à juin, avant la saison des pluies, l'autre d'octobre à novembre, après la saison des pluies.

## **3. STRATEGIE DU PROJET**

### **3.1 Institutions et communautés bénéficiaires du projet**

L'institution responsable de l'obtention des données sera la Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie qui verra son efficacité améliorée par l'amélioration de la qualité des données recueillies.

### **3.2 Bénéficiaires désignés**

Les principaux bénéficiaires sont les utilisateurs de données climatologiques et pluviométriques : Directions et Services des Ministères Techniques (Mines, Energie et Ressources en Eau, Agriculture) et Bureaux d'Etudes chargés de la définition des projets à la demande des précédents. La communauté scientifique internationale qui étudie les phénomènes globaux sera aussi bénéficiaire du projet.

Les données complémentaires obtenues grâce au projet seront utilisées pour des aménagements dont bénéficieront les populations rurales.

### **3.3 Accord pour la mise en place du projet**

Le projet sera réalisé par la DREM, par l'intermédiaire de ses Services de Climatologie et d'Agrométéorologie, avec l'assistance du Service de Maintenance du matériel.

Chaque campagne fera l'objet d'un rapport de tournée circonstanciée sur l'itinéraire, l'état des stations et les maintenances effectuées.

Un expert international effectuera avec la DREM deux tournées complètes au cours de la première année et de la quatrième année..

## **4. ENGAGEMENT DU TCHAD**

### **4.1 Soutien homologue**

Le nombre de techniciens est suffisant en climatologie pour effectuer les tournées de contrôle proposées.

### **4.2 Accords légaux et déploiements futur de personnel**

Le personnel national participant au projet effectuera un travail spécifique sur le terrain. Il n'existe pas au niveau national de secteurs demandeurs d'un tel travail.

La DREM adressera chaque fin de semestre cinq exemplaires d'un rapport de tournée circonstancié aux bailleurs de fonds.

## **5. RISQUES**

Ce projet fait partie d'un groupe de projets nationaux et régionaux, proposé à la suite de l'évaluation des ressources hydriques de l'Afrique sub-saharienne.

Il est indépendant des autres projets concernant le secteur de la climatologie.

## **6. INTERVENTION**

### **6.1 Sommaire des interventions**

- Détermination des itinéraires de tournée et chronogramme, par les services de la DREM.
- Acquisition des matériels de transport et de climatologie.
- Réalisation des tournées, à raison de visites annuelles sur l'ensemble du réseau.
- Préparation du rapport semestriel circonstancié et expédition en cinq exemplaires aux bailleurs de fonds.

### **6.2 Budget Schématique**

|                          | National                                                                                                    | International                                                                                                                                                  | US \$                                                           |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Personnel                | -3 techniciens<br><br>-Allocations de subsistance<br>-3 techniciens x 2 tournées x 3 mois<br>x 4 ans        | -Expert en climatologie/instrumentation<br>-Missions temporaires 2 x 3 mois<br>.2 voyages Europe/Afrique aller-retour<br>.Allocations de subsistance 180 jours | pour<br>mémoire<br><br>36 000<br><br>120 000<br>5 200<br>13 500 |
| Equipement               | -Matériel climatologique et pluviométrique classique<br>-2 véhicules tout terrain (4x4)<br>-Matériel divers |                                                                                                                                                                | 1 500<br>44 000<br>15 000                                       |
| Fonctionnement sur 4 ans | -Véhicules<br>-Carburants<br>-Divers                                                                        |                                                                                                                                                                | 35 000<br>30 000<br>18 000                                      |
| Total                    |                                                                                                             |                                                                                                                                                                | 331 000                                                         |

## **Annexe A**

### **PERSONNEL INTERNATIONAL**

Le consultant missionnaire, qui participera à deux des tournées sur l'ensemble du réseau climatologique et pluviométrique devra avoir une très bonne expérience des équipements et des réseaux de stations de ce type.

## **Annexe B**

### **FORMATION**

La seule formation sera celle acquise par la coopération nationale-internationale lors des tournées sur le terrain.

## **Annexe C**

### **EQUIPEMENT**

L'équipement climatologique normalisé (OMM) à acheter consistera en bacs à évaporation de classe A, thermomètres divers, évaporomètres Piche et buvards, mousselines, thermohygrographes, abris météorologiques, pluviomètres, héliographes.

Les deux véhicules à acheter seront des 4 x 4 tout-terrain.

**DOCUMENT DE PROJET**

PAYS:

Tchad

DATE :

Juillet 1991

PROJET N° :

CHD/91/...

TITRE PROPOSE :

Informatisation de la banque  
de données climatologiques  
et pluviométriques de la DREM

STRUCTURE GOUVERNEMENTALE IMPLIQUEE :

Ministère des Mines, de l'Energie et  
des Ressources en Eau.  
Direction des Ressources en Eau et de  
la Météorologie

DUREE ESTIMEE :

2 ans

CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE :

COUT DE LA CONTREPARTIE NATIONALE :

A calculer

SOURCE DE FINANCEMENT :

A décider

## **1. BUT DE L'AMENAGEMENT ET PROGRAMME PAR PAYS**

### **1.1 Programme pour le pays**

Les observations climatologiques et pluviométriques sont nécessaires pour toutes les études de projets de développement, quel que soit le secteur concerné : agriculture, élevage, routes et ouvrages d'art, urbanisme, santé.

Pour être facilement exploitées, les données doivent être facilement accessibles et rapidement disponibles sous la forme souhaitée, ou utilisables par des logiciels de traitement.

Ce n'est pas le cas actuellement au Tchad où les données ne sont pas toujours facilement accessibles dans leur ensemble. La saisie des données climatologiques n'est pas faite systématiquement et accuse beaucoup de retard.

### **1.2 Objectifs du projet**

L'équipement informatique de la DREM est très insuffisant.

Dans le cadre du projet PNUD/OMM/CHAD/87/013 "Développement agrométéorologique", il est prévu de constituer une banque de données climatologiques informatisée.

Quatre micro-ordinateurs 286, avec imprimantes et un traceur de courbe ont été acquis. Toutefois, compte tenu des utilisations multiples telles que traitement de texte, traitement de données, apprentissage de nouveaux logiciels, administration, peu d'accès reste disponible pour la saisie systématique des données climatologiques depuis le début des observations, et pluviométriques de la dernière décennie. A raison d'un micro-ordinateur par service, la carence en matériel informatique est préjudiciable à l'activité de la DREM.

D'autre part, pour faire face à une demande pressante de données, ou faute d'harmonisation entre logiciels divers, il peut y avoir redondance de saisie.

Il convient donc d'assurer une formation du personnel à la gestion de fichiers et utilisation de logiciels spécifiques, ainsi qu'à l'édition des bulletins.

L'objectif de ce projet est donc double : compléter les équipements informatiques et assurer une formation complémentaire du personnel de la DREM.

## **2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS**

Les deux points importants de ce projet sont :

- l'acquisition de matériel informatique complémentaire :
  - . micro-ordinateur 286 et 386,
  - . périphériques (imprimantes à aiguille, imprimante laser, table à numériser, traceurs),
  - . logiciels spécifiques ;
- la formation de plusieurs informaticiens et techniciens supérieurs à l'organisation et à l'utilisation de la banque de données pour l'assistance aux utilisateurs, ainsi qu'à son exploitation à des fins d'études spécifiques.

## **3. STRATEGIE DU PROJET**

### **3.1 Quelles sont les institutions qui bénéficieront en premier lieu des résultats et des activités du projet ?**

En premier lieu, la Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie qui trouvera dans la réalisation de ce projet les moyens nécessaires pour moderniser son activité et assurer un service aux utilisateurs beaucoup plus performant qu'il ne l'est aujourd'hui.

### **3.2 Bénéficiaires désignés**

Tous les utilisateurs de données qui bénéficieront rapidement d'un accès plus efficient.

### **3.3 Accord pour la mise en oeuvre du projet**

Le projet sera réalisé par la Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie, plus particulièrement par ses Services "Climatologie" et "Agrométéorologie", avec l'appui d'un informaticien consultant pour une durée de trois mois.

## **4. ENGAGEMENT DU PAYS BENEFICIAIRE**

### **4.1 Soutien homologue**

La DREM devra assurer la présence dans le projet d'un ingénieur informaticien, homologue du consultant et de cinq techniciens supérieurs qui recevront une formation approfondie en traitement informatique de données.

### **4.2 Accords légaux et déploiement futur du personnel**

Le personnel national participant au projet sera formé à des technologies nouvelles au traitement de l'information climatologique. Il n'y a pas d'indice laissant penser que ce personnel pourrait quitter la DREM après sa formation.

## **5. RISQUES**

Ce projet fait partie d'un groupe de projets nationaux et régionaux, proposé à la suite de l'évaluation hydrologique sub-saharienne.

Il doit être considéré comme prioritaire car la demande de données est très forte. Il est indépendant des autres projets, concernant le secteur de la climatologie.

## **6. INTERVENTIONS**

### **6.1 Sommaire des interventions**

- Choix des matériels (micro-ordinateurs et périphériques), en prenant en considération les problèmes de maintenance liés au contexte local.
- Achat et mise en service de ces matériels.
- Acquisition de logiciel de climatologie et pluviométrie, de statistiques et de cartographie automatique.
- Formation des techniciens.

## 6.2 Budget schématique

|                | National                                                                                                                              | International                                                                                                                                                                                                 | US \$                                                                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Personnel      | <ul style="list-style-type: none"> <li>-1 informaticien + 5 techniciens supér.</li> <li>-5 techniciens (saisie de données)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Expert en traitement informatisé des données ( 3 mois)</li> <li>-2 voyages Europe/Tchad aller-retour</li> <li>-Allocations de subsistance 90 jours à 75 \$</li> </ul> | <p style="text-align: center;">pour<br/>mémoire<br/>pour<br/>mémoire</p> <p style="text-align: right;">60 000<br/>5 200<br/>6 750</p> |
| Equipement     | -Matériel informatique                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                               | 70 000                                                                                                                                |
| Fonctionnement | -Matériel consommable                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                               | 7 000                                                                                                                                 |
| Formation      | -5 techniciens supérieurs pendant 3 mois                                                                                              |                                                                                                                                                                                                               | 10 000                                                                                                                                |
| Total          |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                               | <b>158 950</b>                                                                                                                        |

## **Annexe A**

### **PERSONNEL INTERNATIONAL**

Les consultants seront spécialistes en traitement de données, avec une bonne expérience des données climatologiques, et en cartographie automatique.

## **Annexe B**

### **FORMATION**

La formation des 5 techniciens affectés au traitement informatisé des données devra être faite durant la durée du projet. Une formation préliminaire au système d'exploitation DOS devra être faite sur place à N'Djamena dans une société d'informatique locale.

## **Annexe C**

### **EQUIPEMENT**

L'équipement à acheter sera du matériel informatique nécessaire pour la saisie et le traitement de données (numérisation des diagrammes) et la valorisation de cette information (édition d'annuaires, de rapports).

Ce matériel devra comprendre :

- 2 micro-ordinateurs 386 avec disque dur de 110 Mo, et imprimante à aiguilles,
- 6 micro-ordinateurs 286 avec disque dur de 80 Mo, et imprimante à aiguilles,
- 1 table à numériser,
- 1 traceur,
- 1 imprimante laser de haut niveau.

**DOCUMENT DE PROJET**

PAYS :

TCHAD

DATE :

AOUT 1991

PROJET :

CHD / 91 / ...

TITRE PROPOSE

Modernisation et extension du  
domaine d'intervention du Service  
Hydrologique (DREM)

STRUCTURE GOUVERNEMENTALE IMPLIQUEE :

Ministère des Mines, de l'Energie  
et des Ressources en Eau. Direction  
des Ressources en Eau et de la  
Météorologie (DREM)

DUREE ESTIMEE :

3 ans

CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE :

605 000 US \$

COUT DE LA CONTREPARTIE LOCALE :

A calculer

SOURCE DE FINANCEMENT :

A décider

## **1. BUT DE L'AMENAGEMENT ET PROGRAMME POUR LE PAYS**

### **1.1 Programme pour le pays**

La mise en valeur des ressources en eaux superficielles du TCHAD nécessite d'en faire l'inventaire et d'identifier les contraintes à surmonter pour pouvoir les exploiter. Les ressources en eaux, bien que relativement abondantes au sud du 14<sup>è</sup> parallèle connaissent une irrégularité interannuelle forte (climat sahélien pour la majeure partie du pays), marquée depuis le début des années 1970 par la persistance d'un déficit hydraulique accentué.

L'objectif pour le TCHAD est donc de maintenir en activité un réseau permanent de stations d'observation suffisant pour le suivi des caractéristiques des régimes, de disposer d'un système performant de traitement, d'analyse et d'accessibilité des données hydrométriques classiques, de pouvoir effectuer les mesures de caractéristiques physico-chimique des eaux nécessaires au fonctionnement des équipements envisagés et de pouvoir réaliser également des observations sur petits bassins versants dans le cadre des aménagements de périmetres agricoles.

### **1.2 Objectifs du projet**

Depuis le début des années 1980, grâce à quatre projets OMM successifs (RAF/74/073, CHD/76/008, CHD/83/011 et CHD/87/013), le service Hydrologique du TCHAD a pu réhabiliter le réseau hydrométrique en quasi-totalité détruit au cours des événements qui se sont déroulés entre 1979 et 1982, reconstituer la banque de données et former son personnel.

En 1991 se posent un certain nombre de problèmes :

- Assurer le financement du budget de fonctionnement et d'équipement du S.H en relais du projet OMM CHD/87/013 qui arrive à terme
- Moderniser l'équipement et la gestion du réseau permanent
- Poursuivre le renforcement et la formation des cadres du Service

Le premier objectif du projet sera donc de doter le S.H des moyens nécessaires pour remplacer les équipements de toute nature existants mais maintenant à bout de souffle et de poursuivre la modernisation du matériel et des moyens de gestion du réseau.

Le second objectif du projet sera de permettre l'extension des activités classiques du S.H et notamment dans deux domaines : mesures des paramètres physico-chimiques des eaux de surface et acquisition des paramètres hydrologiques sur petits bassins au cours d'études de courte durée.

Le troisième objectif du projet sera de renforcer la qualification des ingénieurs, et techniciens du service par le moyen de stages spécialisés à l'extérieur du pays, de stages sur place encadrés par des experts en mission et d'encadrement des activités du service (expertise - conseil) au moyen de missions d'un expert hydrologue.

Le quatrième objectif est prioritaire, puisqu'il conditionne l'ensemble des activités du Service. Il s'agit par des moyens à déterminer d'assurer le financement régulier des activités du S.H, en tenant compte des faibles possibilités budgétaires de l'Etat Tchadien.

## **2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS**

- Budget de fonctionnement du Service Hydrologique
- Remplacement des équipements classiques usagés : moyens de transport, équipements de mesures, etc...
- Modernisation des équipements d'acquisition de données :
  - Soit cinq limnigraphes à capteurs de pression et enregistrement sur mémoire de masse type CHLOE D
  - Et deux limnigraphes de même nature munis d'émetteurs ARGOS (type CHLOE E ou PH 11)  
Ceci dans un premier temps.
- Acquisition d'un télémètre laser pour les jaugeages sur grands fleuves (en remplacement des cercles hydrographiques)
- Modernisation des moyens de traitement des données
  - Acquisition d'une table à numériser pour le traitement des diagrammes enregistrés.
- Equipement destinés à l'extension des activités du S.H
  - Pour les mesures de débits solides et principales caractéristiques physico-chimiques des eaux : un four électrique (étude) et une balance électronique de précision. Le S.H dispose de sondes HACH pour les mesures de conductivité, PH, températures etc...
  - Pour les observations sur bassins versants le matériel spécifique d'un premier bassin représentatif (un limnigraphe et quatre pluviographes) sera acquis dans le cadre du projet (et pourra être réutilisé par la suite). Ce premier bassin servira à parfaire l'expérience des ingénieurs et techniciens du service. Pour les études ultérieures sur autres bassins (en fonction des différents projets envisageables) les matériels pourront être acquis sur conventions particulières.

- Acquisition d'un micro-ordinateur (plus périphériques) pour le bureau "Etudes" affecté aux études spécifiques.
- . Crédit d'un fonds documentaire (cartes topographiques, manuels spécialisés etc...)
- . Formation complémentaire du personnel au moyen de stages sur place (avec l'appui d'experts en mission) et de stages extérieurs de courte durée.
- . Appui sous forme de missions d'un expert hydrologue.

### **3. STRATEGIE DU PROJET**

#### **3.1 Quelles sont les institutions qui bénéficieront en premier lieu des résultats et des activités du projet ?**

En premier lieu, le principal bénéficiaire du projet sera le Service Hydrologique de la DREM qui disposera ainsi des moyens lui permettant d'accomplir sa mission.

#### **3.2 Bénéficiaires désignés**

Le projet bénéficiera ensuite aux planificateurs et aménageurs qui ont besoin de données hydrologiques fiables.

Enfin de façon indirecte, le projet bénéficiera aux populations concernées par une meilleure gestion de la ressource en eau et la protection de l'environnement.

#### **3.3 Accord pour la mise en oeuvre du projet**

Le projet sera réalisé par le Service Hydrologique et l'ensemble de son personnel avec l'aide d'experts et consultants internationaux.

#### **3.4 Stratégies alternatives de mise en oeuvre**

Ce projet apparaît comme une conséquence directe de l'évaluation hydrologique qui a été réalisée. Sa mise en oeuvre dans des délais rapides est d'une importance essentielle pour le fonctionnement du Service Hydrologique et la satisfaction des besoins exprimés en données pour le développement du TCHAD. Les alternatives de mise en oeuvre sont extrêmement limitées.

## **4. ENGAGEMENT DU PAYS BENEFICIAIRE**

### **4.1 Soutien homologue**

Le personnel du S.H est constitué actuellement de six ingénieurs et cinq techniciens (plus deux en formation). L'effectif paraît suffisant et compétent pour assurer la contrepartie nationale du projet.

Il serait toutefois souhaitable que puisse, assez rapidement, être formé et incorporé dans les effectifs, un ingénieur hydrologue de classe I (en liaison avec le second projet).

### **4.2 Accords légaux et déploiement futur du personnel**

Il n'existe aucun indice que le personnel du Service Hydrologique soit amené à quitter le service pour le secteur privé, d'ailleurs inexistant dans ce domaine.

## **5. RISQUES**

Ce projet fait partie d'un groupe de projets nationaux et régionaux proposés à la suite de l'évaluation hydrologique sub-saharienne.

Il doit être considéré comme prioritaire car les besoins en données exprimés par les différents organismes est forte. Il peut être réalisé indépendamment de l'autre projet concernant l'hydrologie mais par contre, conditionne en grande partie, le second projet "Réactualisation des données hydrologiques".

## **6. INTERVENTIONS**

### **6.1 Sommaires des interventions**

Le projet se déroulera sur trois ans et bénéficiera de l'appui d'un expert consultant international et d'un ingénieur (ou technicien supérieur) hydrométriste spécialisé dans les techniques modernes d'acquisition et traitement des données hydrométriques. L'ensemble du personnel du S.H sera associé à ce projet.

L'opération s'effectuera selon le calendrier suivant:

- Achat des équipements et choix des sites d'implantation des nouveaux équipements et des stations de mesure de transports solides.

- Choix d'un petit bassin versant représentatif dans le cadre d'une opération d'aménagement hydro-agricole et conclusion d'une convention de gestion d'un bassin de mesures.
- Installation des matériels et organisation des campagnes d'observations et mesures.
- Traitement des données : mise en forme et intégration dans la banque.
- Pendant toute la durée du projet, la formation théorique et pratique du personnel sera complétée aux moyens de stages extérieurs de courte durée dans un laboratoire spécialisé extérieur et par l'encadrement des experts désignés.
- Un protocole d'accord devra être défini avec un organisme extérieur disposant d'un centre de réception ARGOS (HYDRONIGER, LABORATOIRE HYDROLOGIQUE ORSTOM, ...) afin d'assurer la collecte et la retransmission des données télétransmises.

## 6.2 Budget schématique

|                        | National                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | International                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US \$                                                             |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Personnel              | (tout le personnel du SH)                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p style="text-align: right;">pour<br/>mémoire</p> <p>-Expert consultant principal (6 mois) 120 000<br/>           -Expert hydrométriste (3 mois) 60 000<br/>           -Allocations de subsistance (230 j. x 75 US \$) 21 000<br/>           -7 voyages aller-retour Europe/Tchad 19 200</p> |                                                                   |
| Equipement             | <p>-Equipement limnigraphique des stations<br/>           -Equipement du bassin représentatif<br/>           -Matériel de prélèvement et analyse<br/>           -Matériel informatique de bureau<br/>           -Véhicules<br/>           -Matériel divers et outillage<br/>           -Matériel complémentaires (seconde priorité)</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 56 000<br>55 500<br>5 100<br>11 200<br>62 000<br>20 000<br>43 400 |
| Fonctionnement (3 ans) | <p>-Installation du bassin représentatif<br/>           -Matériel consommable et carburants<br/>           -Divers</p>                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 10 000<br>60 000<br>30 000                                        |
| Formation              | <p>-3 stagiaires pendant 2 mois en France<br/>           -3 voyages aller-retour Tchad/France + per diem</p>                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 15 000<br>15 000                                                  |
| Total                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 603 400                                                           |

## **Annexe A**

### **PERSONNEL INTERNATIONAL**

Le consultant international, chargé de superviser le projet et d'apporter ses conseils au Service Hydrologique, devra être un ingénieur hydrologue de grande expérience dans le domaine de l'hydrologie qualitative en général.

Son intervention (quatre séjours de un mois 1/2 échelonnés sur la durée du projet) lui permettront d'orienter les activités du Service Hydrologique et de participer à la formation continue du personnel local.

Le (ou les) expert(s) hydrométristes (trois missions de un mois) devront être expérimentés en instrumentation moderne (limnigraphie sur mémoire de masse et télétransmission des données), en traitement des données (numérisation automatique des diagrammes, utilisation des logiciels) et en installation de petits bassins représentatifs. Ils assureront dans ces domaines la formation des agents du S.H.

## **Annexe B**

### **FORMATION**

Il est prévu deux stages en Europe d'une durée de deux mois, pour trois ingénieurs du S.H.

- Un stage consacré à la mesure des débits solides et au traitement des données.
- Deux stages consacrés à la gestion d'un petit bassin versant représentatif.

## Annexe C

Le matériel nécessaire est estimé comme suit :

|                                                                 | US \$  |
|-----------------------------------------------------------------|--------|
| - <u>Equipement des stations</u>                                |        |
| . Cinq centrales d'acquisition limnigraphiques CHLOE D          | 37 500 |
| . Deux plate-forme hydrologiques type PHII/CHLOE E              | 18 500 |
| - <u>Equipement du bassin représentatif</u>                     |        |
| . Une centrale d'acquisition limnographique CHLOE D             | 7 500  |
| . Quatre pluviographes type OEDIPE                              | 48 000 |
| - <u>Matériel de prélèvement et d'analyse</u>                   |        |
| . Un four électrique                                            | 400    |
| . Une balance de précision                                      | 2 900  |
| . Deux écho sondeurs                                            | 1 800  |
| - <u>Matériel de bureau</u> (traitement et analyse des données) |        |
| . Un micro-ordinateur type AT 386 + environnement               | 10 000 |
| . Une table à digitaliser                                       | 1 200  |
| - <u>Véhicules</u>                                              |        |
| . Deux véhicules "tout terrain"                                 | 45 000 |
| . Quatre canots pneumatiques et deux moteurs HB                 | 17 000 |
| - <u>Matériel complémentaire</u> (seconde priorité)             |        |
| . Un télémètre laser                                            | 28 400 |
| . Quatre postes émetteurs - récepteurs BLU                      | 15 000 |
| - <u>Matériel divers et outillage</u>                           | 20 000 |

(Talkie-walkies, cartouches EPROM, terminaux  
de poche, cartes IGN, fonds documentaire, etc...)



**DOCUMENT DE PROJET**

PAYS :

Tchad

DATE :

Août 1991

PROJET :

CHD / 91 / ...

TITRE PROPOSEE :

Réactualisation des données hydrologiques et synthèse des régimes des cours d'eau Tchadiens.

STRUCTURE GOUVERNEMENTALE IMPLIQUEE :

Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau.  
Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie (DREM)

DUREE ESTIMEE :

2 ans

CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE :

137 500 US \$

COUT DE LA CONTREPARTIE LOCALE :

A calculer

SOURCE DE FINANCEMENT :

A décider

## **1. BUT DE L'AMENAGEMENT ET PROGRAMME POUR LE PAYS**

### **1.1 Programme pour le pays**

La connaissance des régimes hydrologiques des cours d'eau et des lacs, de leurs caractéristiques moyennes et de leur variabilité, est indispensable à la planification et à la gestion des ressources en eaux superficielles.

Le planificateur, pour évaluer l'équilibre de la mobilisation des ressources en prenant en compte l'ensemble des demandes et des contraintes, le projeteur, pour déterminer le coût et la rentabilité d'un aménagement hydraulique, doivent pouvoir disposer, avec la précision la meilleure possible, d'éléments caractéristiques divers: apports annuels et distribution mensuelle des ces apports, distribution statistique des débits de pointe et des volumes des crues, distribution statistique des débits de basses eaux, modèles de propagation des crues, répartition des zones inondables, etc ...

De longues séries de hauteurs d'eau et de débits ont pu être observées et mesurées au Tchad mais l'analyse critique de ces données et les synthèses hydrologiques élaborées datent déjà de plus de vingt ans et correspondent à une phase d'hydraulicité excédentaire par rapport à la phase actuelle (depuis le début des années 70) caractérisée par la persistance d'années sèches et très sèches (l'hydraulicité moyenne de la période est d'environ 60 % de celle de la période antérieure).

Afin de vérifier la validité des modèles hydrologiques antérieurement proposés et de réviser des normes hydrologiques maintenant obsolètes, il est nécessaire d'étudier et réactualiser l'ensemble des chroniques disponibles.

### **1.2 Objectifs du projet**

Il s'agit de prendre en compte les chroniques de données postérieures à 1970 et d'effectuer, dans un premier temps, l'analyse critique de ces données et de leur validité (vérification des observation, révision des courbes d'étalonnage, réactualisation des corrélations inter-stations et hydro-pluviométriques, etc ...) puis, dans un second temps, l'analyse statistique des échantillons étendus à la totalité des périodes observées et l'élaboration des caractéristiques actualisés.

Dans le cadre de cette analyse, la reconstitution des données non-observées au cours de la période troublée 1979 - 82 devra être tentée en prenant en compte la totalité des observations partielles (à inventorier) tant au Tchad que dans les pays limitrophes (hauts bassins du CHARI et du LOGONE).

## **2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS**

A l'issue du projet, le TCHAD disposera d'une banque de données hydrométriques observées la plus fiable possible et couvrant, un large spectre de situations hydrauliques (période excédentaire antérieure à 1970 - période déficitaire postérieure à 1970).

De plus l'analyse des données permettra de vérifier et actualiser les différents modèles hydrologiques applicables au lac TCHAD et à ses tributaires tchadiens ainsi que d'établir les caractéristiques hydrologiques (moyennes et variances) susceptibles d'être utilisées dans les différents projets d'aménagement.

## **3. STRATEGIE DU PROJET**

### **3.1 Quelles sont les institutions qui bénéficieront en premier lieu des résultats et des activités du projet**

En premier lieu le principal bénéficiaire du projet sera le Service Hydrologique de la DREM qui pourra dans le même temps améliorer ses connaissances méthodologiques, la pertinence de sa stratégie d'acquisition des données et procéder à une rationalisation de son réseau hydrométrique.

Les résultats du projet permettront au S.H de répondre dans les meilleures conditions aux nombreuses demandes de données synthétiques concernant les régimes des cours d'eau (prédictions et prévisions).

### **3.2 Bénéficiaires désignés**

Le projet bénéficiera ensuite aux planificateurs (utilisation globale des ressources en eaux superficielles, aux aménageurs et chercheurs qui sont les principaux utilisateurs de données hydrologiques fiables.

De façon générale c'est la population tchadienne qui bénéficiera de l'amélioration de la gestion de la ressource due à une meilleure connaissance des régimes et de leurs caractéristiques.

### **3.3 Accord pour la mise en oeuvre du projet**

Le projet sera réalisé par un hydrologue tchadien ayant acquis les connaissances nécessaires (hydrologie générale, statistiques appliquées à l'analyse des séries, utilisation des modèles, etc ...).

Cet hydrologue fera appel à la collaboration du personnel du Service Hydrologique et bénéficiera de l'appui d'un expert consultant international.

### **3.4 Stratégies alternatives de mise en oeuvre du projet**

Le projet pourra, à défaut de trouver au Tchad un hydrologue de formation universitaire suffisante, être effectué par un bureau d'étude extérieur.

Ce bureau devra avoir accès libre à la banque de données ainsi qu'aux archives.

## **4. ENGAGEMENT DU PAYS BENEFICIAIRE**

### **4.1 Soutien homologue**

Les ingénieurs disponibles au S.H sont de niveau classe II de l'OMM (ingénieurs des travaux) et, à priori, entièrement mobilisés par les travaux actuels du S.H, ainsi que probablement, par les extensions prévues dans le premier projet présenté.

La solution consiste :

- Soit à recruter un ingénieur classe I (formation universitaire spécialisée)
- Soit à rechercher, parmi les ingénieurs classe II du S.H, un ingénieur dont les connaissances de base (mathématiques en particulier) soient suffisantes pour permettre l'accès au troisième cycle des universités.

### **4.2 Accords légaux et déploiement futur du personnel**

Le personnel qui serait éventuellement concerné n'est pas encore affecté au S.H. Il est difficile, par conséquent, d'émettre un avis, en signalant cependant que le secteur privé dans ce domaine est inexistant au TCHAD.

## **5. RISQUES**

Ce projet fait partie d'un groupe de projets nationaux et régionaux proposés à la suite de l'évaluation hydrologique de l'Afrique sub-saharienne.

Tout à fait prioritaire pour la satisfaction des différents organismes nationaux et internationaux consultés au Tchad, ce projet est lié en grande partie à la réalisation de l'autre projet intitulé "Modernisation et extension du domaine d'intervention du Service Hydrologique".

## **6. INTERVENTIONS**

### **6.1 Sommaire des interventions**

Le projet se déroulera sur deux ans.

Au cours des six premiers mois, l'ingénieur hydrologue tchadien effectuera un stage en Europe (d'une durée de 3 mois) consacré à l'acquisition de la méthodologie et des techniques d'analyse des données hydro-climatologiques.

Dans le même temps, le S.H procèdera à la mise à jour de la banque des données.

Puis pendant une durée de un an, l'hydrologue tchadien procèdera, avec l'appui et les conseils d'un consultant international, à l'analyse critique et statistique des données, aux complètements des lacunes à partir de corrélations inter-stations et hydro-pluviométriques et aux synthèses régionales.

La dernière période du projet sera consacrée à la rédaction de l'ouvrage de synthèse (présentation des résultats, commentaires sur la fiabilité des ces résultats, propositions sur l'orientation souhaitable des études hydrologiques ultérieures).

### **6.2 Budget schématique**

|                | National                                                                                                      | International                                                                                          | US \$                     |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Personnel      | -1 ingénieur                                                                                                  |                                                                                                        | pour<br>mémoire           |
|                |                                                                                                               | -1 ingénieur consultant (4 mois)<br>-Allocation de subsistance<br>-4 voyages aller-retour Europe/Tchad | 80 000<br>9 000<br>10 400 |
| Equipement     | -Matériel informatique<br>-Logiciels                                                                          |                                                                                                        | 15 000<br>2 000           |
| Fonctionnement | -Divers consommables<br>-Edition rapport (dessins, saisie)                                                    |                                                                                                        | 4 000<br>4 000            |
| Formation      | -1 stagiaire ingénieur en Europe (3 mois)<br>-Allocation subsistance<br>- Un voyage aller-retour Tchad/Europe |                                                                                                        | 7 500<br>3 000<br>2 600   |
| Total          |                                                                                                               |                                                                                                        | 137 500                   |

## **Annexe A**

### **PERSONNEL INTERNATIONAL**

Le consultant international intervenant dans ce projet sera un ingénieur ou chercheur hydrologue ayant l'expérience des techniques d'analyse hydrologique (critique des données primaires, analyse des séries et statistiques), une bonne connaissance des langages scientifiques de programmation et des logiciels utilisés dans l'analyse des données ainsi qu'une maîtrise suffisante de la méthodologique d'analyse et synthèse relative à l'hydrologie générale (étude des régimes).

## **Annexe B**

### **FORMATION**

L'ingénieur national (à recruter ou bien à former initialement) effectuera, dans le cadre du projet, un stage complémentaire de trois mois dans un laboratoire extérieur.

Ce stage sera consacré à l'approfondissement de ses connaissances dans les domaine de l'analyse des données.

## **Annexe C**

### **EQUIPEMENT**

Le matériel à acquérir pour mener ce projet est un matériel performant de micro-informatique :

- Un micro ordinateur AT 386 / 20 Mhz de 4 Mo (RAM) doté d'un disque dur de 80 Mo et d'un coprocesseur mathématique ;
- Une imprimante laser ;
- Une table traçante

*Coût total estimé : 15 000 US \$*

**DOCUMENT DE PROJET**

PAYS :

Tchad

DATE :

Août 1992

PROJET N° :

CHD-06

TITRE PROPOSE :

Mise à jour de la Banque  
de données au Bureau de l'Eau (DHA)

STRUCTURE GOUVERNEMENTALE IMPLIQUEE :

Ministère des Mines de l'Energie  
et des Ressources en Eau

DUREE ESTIMEE :

16 mois

CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE :

504 580 US\$

COUT DE LA CONTREPARTIE LOCALE :

A calculer

SOURCE DE FINANCEMENT :

A décider

## **1. BUT DE L'AMENAGEMENT ET PROGRAMME POUR LE PAYS**

### **1.1 Programme pour le pays**

Pour mener à bien le Plan Directeur National d'Aménagement des Ressources en Eau, la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement doit collecter toutes les informations et toutes les données relatives aux ressources en eau.

La DHA doit détenir la banque de données sur l'eau au Tchad pour cela, elle doit institutionnaliser avec des accords, la transmission obligatoire de toutes les données à son Centre de Documentation et à sa banque de données.

Il est indispensable que la DHA soit en contact avec tous les organismes publics et privés intervenant dans le domaine de l'eau et de l'hydraulique afin de recueillir toutes les informations pour compléter la banque de données informatisées.

### **1.2 Objectif du projet**

Une banque de données régulièrement mise à jour et une documentation complète sur toutes les études de ressources en eau faites au Tchad doivent devenir très rapidement des éléments indispensables pour la conception et l'orientation des futurs projets.

La recherche de toutes les données concernant les eaux souterraines constitue une opération longue et complexe exigeant la consultation de nombreuses archives détenues par plusieurs services qui ne sont pas toujours décidés à mettre ces documents à la disposition du visiteur.

Actuellement, la banque de données de la DHA est quasiment opérationnelle mais elle n'est pas exploitable par manque de données.

Le présent projet vise à compléter la collecte et le rassemblement de toutes les données existantes et à mettre à jour la banque de données afin de la rendre exploitable.

## **2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS**

Le programme de mise à jour de la banque de données concerne des données déjà collectées mais en attente d'être saisies (piézométrie, analyse des eaux), des données collectées mais non analysées, non classées, non saisies et des données qu'il faut collecter dans les archives ou sur le terrain.

Le projet comporte :

- la mise en oeuvre de la mise à jour des données existantes,
- la collecte et l'analyse des données existantes,
- la collecte sur le terrain de nouvelles données
- le renforcement en personnel et en matériel du centre de données.

### **3. STRATEGIE DU PROJET**

#### **3.1 Quelles sont les institutions qui bénéficieront en premier lieu des résultats et des activités du projet ?**

Le principal bénéficiaire sera la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement dont les services seront les premiers utilisateurs de la base de données.

#### **3.2 Bénéficiaires désignés**

Le projet bénéficiera à tous les intervenants dans le domaine de la mobilisation des ressources en eau : services techniques des Ministères, STEE, ONHPV, DGSA, ONG, Bureaux d'Etudes, Organismes internationaux.

#### **3.3 Accord pour la mise en oeuvre du projet**

Le projet sera réalisé en collaboration avec la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement. Il bénéficiera de l'appui technique d'un Consultant pendant deux mois pour l'adaptation des logiciels et d'un Consultant hydrogéologue pour l'enquête villageoise (2 mois).

#### **3.4 Stratégies alternatives de mise en oeuvre**

Les activités proposées par le projet seront à réaliser en priorité et chronologiquement avant les autres projets proposés par ailleurs.

### **4. ENGAGEMENT DU PAYS BENEFICIAIRE**

#### **4.1 Soutien homologue**

La qualité du personnel disponible actuellement au Bureau de l'Eau est bonne, mais le personnel est insuffisant surtout dans le cadre de la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement.

Le personnel actuel forme une base satisfaisante pour un bon accomplissement des tâches envisagées ici.

#### **4.2 Accords légaux et déploiement futur du personnel**

Il n'y aucun indice laissant craindre que le personnel du Bureau de l'Eau formé par le projet cherche un emploi par ailleurs.

### **5. RISQUES**

Ce projet fait partie d'un groupe de projets nationaux, internationaux et régionaux proposés à la suite de l'évaluation hydrologique de l'Afrique subsaharienne.

La planification de tous les projets devra être soigneusement coordonnée pour assurer que les retards dans le démarrage ou la remise tardive des résultats de ce projet n'entraînent pas de retard dans le démarrage ou l'exécution des autres projets complémentaires.

### **6. INTERVENTIONS**

#### **6.1 Sommaire des interventions**

Les interventions consistent :

- A collecter, analyser, valider et saisir les données existant dans les archives des projets concernant les documents de terrain (fiches d'enquête village, fiches de reconnaissance hydrogéologique et géophysique, fiches d'implantation des captages, fiches de chantier de forage, fiches d'essais par pompage, fiches de mise en place des pompes).
- A analyser les fiches du recensement des populations (villages, taille des villages, population, évolution de la population, renseignements divers sur les points d'eau, dispensaires, écoles, etc.).
- A envisager une enquête sur le terrain pour environ 10 000 à 13 000 villages, afin de définir les besoins et les disponibilités actuelles en points d'eau.
- A saisir les données en attente au Bureau de l'Eau : données sur la piézométrie et sur les analyses chimiques.
- A renforcer le Centre de données en personnel et en matériel afin de venir à bout du retard de saisie des données.

- A adapter les logiciels et former le personnel avec le concours d'un Consultant (deux mois en deux missions).
- A des stages de formation spécialisée.
- A l'appui d'un Consultant spécialiste dans les enquêtes du type hydraulique villageoise (2 missions d'un mois).
- A mettre en place les moyens nécessaires à l'enquête sur le terrain d'une durée de 16 mois.

## 6.2 Budget schématique

|                                        | National                                                                        | International                                                                                                                                                                                                                                      | US\$                                                           |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Personnel :<br>Indemnité<br>de terrain | 10 Techniciens pendant 12 mois<br>2 Ingénieurs enquête 12 mois à<br>550 \$/mois | 1 Consultant enquête hydraulique<br>villageoise (2 missions d'un mois<br>chacune)<br>- Frais locaux<br>2 Billets d'avion x 2600 \$<br>1 Consultant informatique (2 missions<br>d'un mois chacune)<br>- Frais locaux<br>2 Billets d'avion x 2600 \$ | 79 200<br>40 000<br>9 000<br>5 200<br>40 000<br>9 000<br>5 200 |

|                | National                                                                                                                                                                                                                                                                                                | International | US\$                                                                                                                                                  |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Equipement     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matériel informatique</li> <li>- Matériel de bureau</li> <li>2 véhicules tout terrain (22 000 x 2)</li> <li>10 Motocyclettes (4400 x 10)</li> <li>10 Matériels de camping léger</li> <li>10 Sondes électriques</li> <li>10 Positionneurs satellites</li> </ul> |               | <ul style="list-style-type: none"> <li>11 000</li> <li>5 000</li> <li>44 000</li> <li>44 000</li> <li>5 000</li> <li>5 400</li> <li>15 000</li> </ul> |
| Fonctionnement | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fournitures diverses papeterie (16 mois x 730 \$)</li> <li>- Fonctionnement 2 véhicules (12 mois)</li> <li>- Fonctionnement des 10 motocyclettes (12 mois x 440 \$ x 10)</li> <li>- Entretien matériel</li> </ul>                                              |               | <ul style="list-style-type: none"> <li>11 680</li> <li>52 800</li> <li>52 800</li> <li>12 900</li> </ul>                                              |
| Formation      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours pour 3 assistants en informatique</li> <li>- Stage de 3 mois pour 2 ingénieurs (6 mois au total)</li> <li>- Stage de 6 mois pour 1 technicien en maintenance informatique</li> </ul>                                                                     |               | <ul style="list-style-type: none"> <li>3 600</li> <li>33 800</li> <li>20 000</li> </ul>                                                               |
| Total          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |               | 504 580                                                                                                                                               |

## **Annexe A**

### **PERSONNEL INTERNATIONAL**

Le Bureau d'Etudes aura une très bonne expérience en hydrogéologie et en particulier dans le domaine des enquêtes du type hydraulique villageoise et dans celui de la mise en oeuvre des banques de données hydrogéologiques informatisées.

Le Consultant chargé de la supervision de l'enquête organisera les opérations, avec l'aide des deux ingénieurs et de 10 techniciens nationaux. Le Consultant effectuera deux missions de un mois chacune.

Le Consultant informaticien participera à la formation du personnel et à l'utilisation des équipements et des logiciels.

Il interviendra au cours de deux missions d'un mois chacune.

## **Annexe B**

### **FORMATION**

La formation concerne : :

- a. 2 ingénieurs hydrogéologues et 3 assistants et se fera en deux temps :
  - . Stage de trois mois pour les deux ingénieurs au siège du Bureau d'Etudes pour se familiariser avec le matériel et le logiciel,
  - . Formation pratique au Tchad pendant la présence du Consultant.
- b. Un technicien, pour la maintenance du matériel informatique ; pendant 6 mois auprès d'une société de maintenance.

## **Annexe C**

### **EQUIPEMENT**

a. Renforcement du matériel de la base de données :

- Achat de deux ordinateurs 486 compatibles PC avec leurs périphériques dont lecteurs de disquettes 3"1/2.
- Achat de matériel de bureau pour rangement et pour installer le nouveau matériel.
- Kit de nettoyage pour micro-ordinateur.

b. Matériel nécessaire pour l'enquête village sur le terrain :

- 2 véhicules tout terrain,
- 10 motocyclettes/cross de 125 cm<sup>3</sup>,
- 10 matériels de campement léger,
- 10 sondes électriques,
- 10 positionneurs satellites (simples).

c. Consommables :

- Fournitures diverses, papeterie pour base de donnée.



**DOCUMENT DE PROJET**

PAYS :

Tchad

DATE :

Août 1992

PROJET N° :

CHD-07

TITRE PROPOSE :

Renforcement du laboratoire  
hydrochimie de la Direction  
de l'Hydraulique et de  
l'Assainissement.

STRUCTURE GOUVERNEMENTALE IMPLIQUEE :

Ministère des Mines, de l'Energie  
et des Ressources en Eau.

DUREE ESTIMEE :

13 mois (plus délais de  
construction du bâtiment)

CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE :

487 800 US\$

COUT DE LA CONTREPARTIE LOCALE :

A calculer

SOURCE DE FINANCEMENT :

A décider

## **1. BUT DE L'AMENAGEMENT ET PROGRAMME POUR LE PAYS**

### **1.1 Programme pour le pays**

La mobilisation des ressources en eau va s'accroître dans les années à venir, ce qui nécessite dès maintenant de surveiller la vulnérabilité des ressources en eau et la potabilité de l'eau fournie pour l'alimentation des populations.

Il devient essentiel pour le Tchad d'avoir des données fiables sur la qualité de l'eau. Ces données sont nécessaires pour dresser la carte hydrochimique et de potabilité qui entre dans l'évaluation des ressources en eau.

### **1.2 Objectif du projet**

La nouvelle Direction de l'Hydraulique doit se doter d'un Laboratoire National de l'Eau en renforçant le laboratoire existant au sein du Bureau de l'Eau.

Ce laboratoire sera destiné à effectuer des analyses physico-chimiques sur des échantillons d'eau.

Les locaux du laboratoire du Bureau de l'Eau sont exigus.

Le responsable des analyses est divisé entre des tâches multiples.

Tous les éléments ne sont pas analysés (sodium, potassium, etc).

Le laboratoire trouvera une activité accrue par l'obligation de prélèvements d'échantillons d'eau pour chaque point d'eau créé ou rénové et par le nombre important d'analyses à faire dans le cadre de la campagne sur la qualité des eaux (projet présenté par ailleurs dans cette étude).

## **2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS**

Le renforcement du laboratoire des eaux de la Direction de l'Hydraulique permettra de :

- compléter le matériel existant,
- mettre en application un programme de formation complémentaire du personnel à affecter,
- envisager la construction ou la rénovation d'un local plus vaste.

### **3. STRATEGIE DU PROJET**

#### **3.1 Quelles sont les institutions qui bénéficieront en premier lieu des résultats et des activités du projet ?**

En premier lieu, le principal bénéficiaire sera la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement, et plus précisément de Laboratoire National de l'Eau, qui disposera ainsi d'un outil lui permettant :

- d'aborder des études d'hydrochimie,
- de contrôler et de surveiller la qualité des eaux.

#### **3.2 Bénéficiaires désignés**

Le projet bénéficiera à tous les intervenants dans le domaine de la mobilisation des ressources en eau qui sont demandeurs d'informations sur la qualité de l'eau utilisée :

- alimentation en eau des populations,
- alimentation en eau du bétail (hydraulique pastorale),
- eau pour l'agriculture,
- eaux industrielles,
- divers (environnement, pisciculture, etc.).

#### **3.3 Accord pour la mise en oeuvre du projet**

Le projet sera réalisé en collaboration avec la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement. Il emploiera un Consultant hydrochimiste qui organisera la fourniture et la mise en oeuvre des équipements, apportera un complément de formation pratique au personnel du laboratoire, apportera de nouvelles méthodes susceptibles d'améliorer le contrôle de la fiabilité des résultats, organisera le travail du laboratoire d'une façon rationnelle, formera un responsable à la gestion du laboratoire organisera la participation du laboratoire à la campagne de prélèvements et d'analyses pour la qualité des eaux.

La présence du Consultant sera de 13 mois.

#### **3.4 Stratégies alternatives de mise en oeuvre**

Les activités proposées par le projet permettront à la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement de disposer d'un laboratoire d'analyses d'eau pouvant fournir des résultats fiables et en mesure de prendre en charge l'exécution de la campagne de mesures sur la qualité des eaux.

Le présent projet doit impérativement démarrer 4 mois avant l'exécution de la campagne de mesures sur la qualité des eaux du Tchad, ceci pour laisser un délai nécessaire pour la réorganisation du laboratoire et la formation du personnel.

#### **4. ENGAGEMENT DU PAYS BENEFICIAIRE**

##### **4.1 Soutien homologue**

Le responsable actuel du laboratoire est d'un bon niveau mais il n'est pas disponible en raison de ses charges multiples.

La Faculté des Sciences Exactes de l'Université de N'Djaména est capable de former des chimistes de bon niveau qui pourront devenir d'excellents hydrochimistes avec la formation pratique dispensée par le Consultant.

##### **4.2 Accords légaux et déploiement futur du personnel**

Il n'y a aucun indice laissant craindre que le personnel formé par le projet cherche un emploi ailleurs.

#### **5. RISQUES**

Ce projet fait partie d'un groupe de projets nationaux et internationaux proposés à la suite de l'évaluation hydrologique de l'Afrique subsaharienne. La planification de tous les projets devra être soigneusement coordonnée pour assurer que les retards dans le démarrage ou la remise tardive des résultats d'un projet n'entraîne pas le retard dans le démarrage ou l'exécution des autres projets complémentaires.

#### **6. INTERVENTIONS**

##### **6.1 Sommaire de interventions**

Il faut mettre en oeuvre les moyens suivants :

- a. Mise à disposition d'un ingénieur hydrochimiste expatrié pendant 13 mois. Son rôle a été défini ci-dessous au paragraphe 3.3.
- b. Mise en place d'un ingénieur hydrochimiste et de deux laborantins hydrochimistes nationaux.

- c. Acquérir dans l'immédiat un distillateur d'eau, un photomètre de flamme pour le dosage du sodium et du potassium, des flacons de prélèvement, du matériel de sécurité. Acquisition d'un véhicule 4 x 4.
- d. Une somme prévisionnelle permettra au Consultant de commander les fournitures nécessaires à l'extension du laboratoire actuel (doublement des capacités du laboratoire actuel).
- e. Il est recommandé de rénover ou de bâtir un local de 60 m<sup>2</sup>.
- f. Constitution d'un stock de roulement de produits pour les différentes analyses à faire.
- g. Stage de formation de 3 mois en informatique et en chimie de l'eau pour le responsable du laboratoire.

## 6.2 Budget schématique

|                                   | National                                                                                                      | International                                                                                              | US\$                                       |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Personnel : Salaires              | 1 Ingénieur hydrochimiste<br>2 Laborantins                                                                    | 1 Consultant hydrochimiste<br>(13 mois x 22 000 \$)<br>- Frais de logement<br>2 Billets d'avions x 2600 \$ | p.m.<br>p.m.<br>286 000<br>13 000<br>5 200 |
| Equipement                        | 1 Véhicule 4 x 4<br>- Matériel de laboratoire<br>- Somme prévisionnelle pour achat de matériel de laboratoire |                                                                                                            | 22 000<br>4 000<br>40 000                  |
| Création ou rénovation d'un local | 1 Local de 60 m <sup>2</sup> avec branchements et aménagements divers                                         |                                                                                                            | 60 000                                     |

|                | National                                                                                        | International | US\$                     |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------|
| Fonctionnement | 1 Véhicule (13 mois x 2200 \$)<br>- Fourniture laboratoire (13 mois)<br>- Entretien du matériel |               | 28 600<br>6 000<br>6 000 |
| Formation      | - Stage de 3 mois                                                                               |               | 17 000                   |
| <b>Total</b>   |                                                                                                 |               | <b>487 800</b>           |

## **Annexe A**

### **PERSONNEL INTERNATIONAL**

Le Consultant devra posséder un diplôme d'Ingénieur Chimiste provenant d'une école reconnue.

Il devra avoir au minimum 10 ans d'expérience dans le domaine de l'hydrochimie. Il aura pour tâche :

- de développer le Laboratoire National de l'Eau,
- de définir et de contrôler les travaux,
- de commander l'équipement complémentaire,
- d'assurer la formation du personnel affecté au laboratoire,
- d'organiser le laboratoire d'analyses pendant 13 mois.

## **Annexe B**

### **FORMATION**

La formation concernera :

- 1 ingénieur hydrochimiste responsable du Laboratoire dont la formation pratique durera 13 mois en qualité d'homologue du Consultant ; stage de trois mois de formation théorique et d'informatique dans une école de chimie à l'étranger.
- 2 laborantins chimistes dont la formation pratique sera assurée par le Consultant et son homologue.

## **Annexe C**

### **CONSTRUCTION OU RENOVATION D'UN BATIMENT**

Construction ou aménagement d'un local de 60 m<sup>2</sup> pour abriter le Laboratoire National de l'Eau :

- Maçonnerie, fondation, toiture.
- Peinture.
- Menuiserie.
- Plomberie, sanitaire, électricité, climatisation.
- Aménagements intérieurs (cloisons, paillasses).

## **Annexe D**

### **EQUIPEMENT**

L'équipement destiné à compléter l'équipement actuel consiste :

A l'achat immédiat de matériel manquant au Bureau de l'Eau :

- 1 photomètre de flamme,
- 1 distillateur d'eau,
- 2 extincteurs,
- 2 couvertures ignifuges.

A engager une somme prévisionnelle pour transformer l'actuel laboratoire en Laboratoire National de l'Eau. Cette somme servira à l'achat des équipements préconisés par le Consultant et son homologue.

A acquérir un véhicule tout terrain.

**DOCUMENT DE PROJET**

PAYS :

Tchad

DATE :

Août 1992

PROJET N° :

CHD-08

TITRE PROPOSE :

Renforcement du laboratoire  
d'analyses bactériologiques de  
la Direction du Génie Sanitaire  
et de l'Assainissement

STRUCTURE GOUVERNEMENTALE IMPLIQUEE :

Ministère de la Santé  
et des Affaires Sociales

DUREE ESTIMEE :

13 mois

CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE :

558 900 US\$

COUT DE LA CONTREPARTIE LOCALE :

A calculer

SOURCE DE FINANCEMENT :

A décider

## **1. BUT DE L'AMENAGEMENT ET PROGRAMME POUR LE PAYS**

### **1.1 Programme pour le pays**

Le but du Programme National de l'Eau est de fournir de l'eau potable pour tout le monde. Les besoins en eau potable vont s'accroître dans les années à venir, ce qui nécessite dès maintenant de surveiller la vulnérabilité des ressources en eau et la potabilité de l'eau fournie pour l'alimentation des populations.

### **1.2 Objectif du projet**

Le but du projet est de doter la République du Tchad d'un laboratoire d'analyse destiné :

- A contrôler la qualité de l'eau mise à la disposition de la population.
- A préconiser un traitement des eaux douteuses.
- A contrôler l'efficacité du traitement préconisé.

L'objectif du projet est de doter la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement, qui dispose depuis 1984 d'un mini-labo de génie sanitaire, d'un outil de travail opérationnel pour l'analyse bactériologique des eaux de consommation et des eaux usées afin de lutter contre les causes des maladies d'origine hydrique par des mesures d'hygiène et d'assainissement.

Le mini-labo actuel est à reconstruire dans sa totalité au regard de l'ampleur de la tâche qui lui incombe.

Dans son action de contrôle, le laboratoire doit conserver son indépendance. Par contre, il sera chargé d'effectuer les analyses bactériologiques à l'échelle nationale.

## **2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS**

Le renforcement du laboratoire des eaux de la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement doit comporter :

- la construction ou la rénovation d'un local de 60 m<sup>2</sup>,
- l'équipement complet du laboratoire,
- les moyens logistiques,
- l'assistance technique,
- un programme de formation complémentaire du personnel.

### **3. STRATEGIE DU PROJET**

#### **3.1 Quelles sont les institutions qui bénéficieront en premier lieu des résultats et des activités du projet ?**

En premier lieu, le principal bénéficiaire sera la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement, qui disposera ainsi d'un outil lui permettant de contrôler et de surveiller la qualité de l'eau distribuée.

#### **3.2 Bénéficiaires désignés**

Le projet bénéficiera à tous les intervenants dans le domaine de la mobilisation des ressources en eau qui sont demandeurs d'informations sur la qualité bactériologique de l'eau utilisée, et des effluents rejetés.

#### **3.3 Accord pour la mise en oeuvre du projet**

Le projet sera réalisé en collaboration avec la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement. Il emploiera un Consultant qui organisera la fourniture des équipements, mettra en oeuvre les différents postes d'analyse, apportera de nouvelles méthodes susceptibles d'améliorer le contrôle de la qualité des résultats, apportera un complément de formation pratique du personnel du laboratoire, organisera le travail du laboratoire d'une façon rationnelle, formera un responsable à la gestion du laboratoire, organisera la participation du laboratoire à la campagne de prélèvements et d'analyses bactériologiques pour la qualité des eaux (projet-fiche proposé par ailleurs dans cette étude).

La présence du Consultant sera de 13 mois.

#### **3.4 Stratégies alternatives de mise en oeuvre**

Les activités proposées par le projet permettront à la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement de disposer d'un laboratoire d'analyses pouvant fournir des résultats fiables et en mesure de prendre en charge l'exécution de mesures et d'analyses bactériologiques pour la campagne sur la qualité des eaux.

Le présent projet doit impérativement démarrer 4 mois avant l'exécution de la campagne de mesures sur la qualité des eaux du Tchad, ceci pour laisser un délai nécessaire pour organiser le laboratoire et la formation du personnel.

## **4. ENGAGEMENT DU PAYS BENEFICIAIRE**

### **4.1 Soutien homologue**

La qualité du personnel disponible au laboratoire de la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement (3 techniciens formés à la SODECI à Abidjan) est relativement bonne.

Après formation complémentaire et motivation, le personnel pourra assurer un niveau raisonnable à l'exécution des tâches envisagées ici.

### **4.2 Accords légaux et déploiement futur du personnel**

Il n'y a aucun indice laissant craindre que le personnel formé par le projet cherche un emploi ailleurs.

## **5. RISQUES**

Ce projet fait partie d'un groupe de projets nationaux et internationaux proposés à la suite de l'évaluation hydrologique de l'Afrique subsaharienne.

La planification de tous les projets devra être soigneusement coordonnée pour assurer que les retards dans le démarrage ou la remise tardive des résultats d'un projet n'entraîne pas le retard dans le démarrage ou l'exécution des autres projets complémentaires.

## **6. INTERVENTIONS**

### **6.1 Sommaire des interventions**

Il faut mettre en œuvre les moyens suivants :

- a. Mise à disposition d'un expert en laboratoire d'analyses bactériologiques de l'eau pour une durée de 13 mois. Son rôle a été défini au paragraphe 3.3.
- b. Formation complémentaire des trois techniciens en place et stage de spécialisation pour le responsable du laboratoire.
- c. Achat en mise en œuvre de l'équipement du laboratoire.
- d. Construction ou rénovation d'un bâtiment de 60 m<sup>2</sup>.
- e. Constitution d'un stock de roulement de produits pour les différentes analyses à faire.
- f. Achat et mise en œuvre d'une cellule informatisée.

g. Achat de deux véhicules tout terrain double cabine.

## 6.2 Budget schématique

|                | National                                                                                                                           | International                                                                                                                      | US\$                                       |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Personnel      | 1 Chef de laboratoire<br>3 Techniciens                                                                                             | 1 Consultant expert en laboratoire d'analyse (13 mois x 22 000 \$)<br>- Frais de logement (13 mois)<br>2 Billets d'avion x 2600 \$ | p.m.<br>p.m.<br>286 000<br>13 000<br>5 200 |
| Equipement     | - Construction d'un bâtiment<br>2 Véhicules 4 x 4<br>- Matériel de laboratoire, verrerie et accessoires<br>- Matériel informatique |                                                                                                                                    | 60 000<br>44 000<br>50 000<br>5 500        |
| Fonctionnement | - Véhicules (13 mois x 2200 \$)<br>- Consommables laboratoire (13 mois)<br>- Entretien du matériel                                 |                                                                                                                                    | 57 200<br>6 000<br>15 000                  |
| Formation      | - Stage de 3 mois                                                                                                                  |                                                                                                                                    | 17 000                                     |
| Total          |                                                                                                                                    |                                                                                                                                    | 558 900                                    |

## **Annexe A**

### **PERSONNEL INTERNATIONAL**

Le Consultant devra posséder un diplôme de biochimie provenant d'une école reconnue.

Il devra avoir au minimum 10 ans d'expérience dans le domaine de l'hydrochimie et de la bactériologie.  
Il aura pour tâche, en relation avec son homologue chef du laboratoire :

- de développer le laboratoire d'analyses de la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement,
- de commander et de mettre en oeuvre les équipements complémentaires,
- d'assurer la formation du personnel,
- d'organiser la campagne de Qualité de l'Eau (en concertation avec son équivalent à la Direction de l'Hydraulique).

Son intervention est de 13 mois : 4 mois avant la campagne, 7 mois durant la campagne et deux mois après la fin de la campagne sur la Qualité de l'Eau. Les 4 premiers mois serviront à monter le laboratoire et à former le personnel.

## **Annexe B**

### **FORMATION DU PERSONNEL**

La formation concerne :

- Le responsable du laboratoire, dont la formation pratique durera 13 mois en qualité d'homologue du Consultant. Un stage de formation théorique et d'informatique lui sera accordé dans un centre spécialisé à l'étranger, pendant trois mois.
- La formation pratique des trois techniciens présents au laboratoire pendant les 13 mois de présence du Consultant. Formation de base en informatique.

## **Annexe C**

### **EQUIPEMENT**

Construction ou rénovation d'un bâtiment de 60 m<sup>2</sup> abritant le laboratoire, un bureau, un local de stockage.

Aménagement, équipement du laboratoire.

Achat du matériel de laboratoire dont la liste sera définie par le Consultant et son homologue.

Acquisition d'un ordinateur 486 compatible PC et des périphériques dont le lecteur de disquette 3"1/2.

Achat de kit de nettoyage pour micro-ordinateur.

Acquisition de deux véhicules tout terrain, double cabine.

**DOCUMENT DE PROJET**

PAYS :

Tchad

DATE :

Août 1992

PROJET N° :

CHD-09

TITRE PROPOSE :

Campagne de mesures sur la  
qualité des eaux souterraines captées

STRUCTURE GOUVERNEMENTALE IMPLIQUEE :

Ministère des Mines, de l'Energie  
et des Ressources en Eau  
Ministère de la Santé  
et des Affaires Sociales.

DUREE ESTIMEE :

12 mois

CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE :

403 050 US\$

COUT DE LA CONTREPARTIE LOCALE :

A calculer

SOURCE DE FINANCEMENT :

A décider

## **1. BUT DE L'AMENAGEMENT ET SES LIENS AVEC LE PROGRAMME NATIONAL**

### **1.1 Programme pour le pays**

Compte tenu du développement prévisible de la mobilisation des ressources en eau, le Tchad a exécuté plusieurs études lui permettant d'avancer vers une évaluation précise des ressources en eau du pays. D'autres études sont en cours.

L'objectif du Tchad est, aux termes de toutes ces études, l'élaboration d'un Plan Directeur National d'Aménagement des Ressources en Eau. Pour cela, il est nécessaire d'évaluer les ressources en eau sur le plan quantitatif mais aussi sur le plan qualitatif.

### **1.2 Objectif du projet**

Peu d'observations sont actuellement disponibles concernant la qualité des eaux souterraines issues de 6866 points d'eau inventoriés au Tchad. L'eau desservie dans les villes n'est pas contrôlée d'une façon satisfaisante. Les projets d'hydraulique villageoise négligent trop souvent l'aspect qualitatif des eaux.

Il n'est guère possible actuellement d'avoir un aperçu général à l'échelle du pays de la cartographie sur la composition physico-chimique et la qualité de l'eau.

Les objectifs du projet sont :

- établissement de la carte hydrochimique du Tchad,
- établissement de la carte de qualité de l'eau du Tchad,
- potabilité de chaque point d'eau,
- déceler les zones à risque ou présentant un problème de qualité qu'il convient de surveiller,
- définition d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux,
- définition de traitements appropriés pour les eaux douteuses.

## **2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS**

La campagne de mesures sur la qualité des eaux souterraines captées sera réalisée conjointement par :

- la Division de l'Hydraulique et de l'Assainissement qui se chargera des prélèvements et des analyses physico-chimiques ainsi que de l'élaboration de la carte hydrochimique,
- la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement qui se chargera des prélèvements et des analyses bactériologiques.

Le présent projet doit démarrer 2 mois après la mise en oeuvre de deux autres projets proposés par la présente étude : le renforcement des laboratoires d'analyses de la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement et de la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement, ceci pour permettre à ces laboratoires d'être parfaitement fonctionnels lors du démarrage des prélèvements (2 mois après le début du présent projet).

Ce projet permet de dynamiser les deux laboratoires. Il bénéficiera en retour de la présence des deux Consultants en hydrochimie et en bactériologie.

Le présent projet ne peut se faire qu'au terme du projet de mise à jour de la banque de données de la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement (présenté dans cette étude).

### **3. STRATEGIE DU PROJET**

#### **3.1 Quelles sont les institutions qui bénéficieront en premier lieu des résultats et des activités du projet**

Les principaux bénéficiaires seront :

- la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement responsable de l'élaboration du Plan Directeur National d'aménagement des ressources en eau,
- la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement chargée d'assurer le contrôle de la Qualité de l'Eau.

#### **3.2 Bénéficiaires désignés**

Le projet bénéficiera à tous les utilisateurs d'eau, que ce soit pour l'AEP ou pour d'autres usages mais aussi à tous ceux qui réalisent des études ou des plans directeurs et qui sont demandeurs d'informations sur la qualité de l'eau.

#### **3.3 Accord pour la mise en oeuvre du projet**

Le projet sera réalisé en collaboration avec :

- la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement,
- la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement.

Il bénéficiera de l'appui des deux Consultants des laboratoires des deux directions concernées (prévus dans les deux projets de renforcement des laboratoires, proposés dans cette étude).

Le présent projet se déroulera en 12 mois.

### **3.4 Stratégies alternatives de mise en oeuvre**

Les activités proposées par le projet devront impérativement démarrer 2 mois après la mise en oeuvre du renforcement des laboratoires des eaux de la Division de l'Hydraulique et de l'Assainissement et de la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement afin de permettre aux Consultants chimistes et biochimistes d'organiser les laboratoires concernés.

## **4. ENGAGEMENT DU PAYS BENEFICIAIRE**

### **4.1 Soutien homologue**

La qualité du personnel disponible à la Direction de l'Hydraulique et à la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement est relativement bonne. Après renforcement du personnel et la formation assurée par les deux Consultants, il sera possible d'assurer un niveau raisonnable à l'exécution des tâches envisagées ici.

### **4.2 Accords légaux et déploiement futur du personnel**

Il n'y a aucun indice laissant craindre que le personnel formé par le projet cherche un emploi ailleurs.

## **5. RISQUES**

Ce projet fait partie d'un groupe de projets nationaux et internationaux proposés à la suite de l'évaluation hydrologique de l'Afrique subsaharienne.

La planification de tous les projets devra être soigneusement coordonnée pour assurer que les retards dans le démarrage ou la remise tardive des résultats d'un projet n'entraîne pas le retard dans le démarrage ou l'exécution des autres projets complémentaires.

## **6. INTERVENTIONS**

### **6.1 Sommaire des interventions**

#### **6.1.1 Conception de la campagne sur la qualité des eaux**

- Dans un premier temps, une esquisse de la carte hydrochimique sera dressée à partir des données des analyses existant dans les archives.

L'enquête sur les villages et les points d'eau, effectuée dans le cadre de la mise à jour de la banque de données (projet présenté par ailleurs dans la même étude) permettra d'évaluer le nombre de points d'eau en état de fonctionnement et leur répartition géographique. En se basant sur les ensembles hydrogéologiques, il sera possible de sélectionner un réseau de points d'eau où s'effectueront les prélèvements aux fins d'analyses.

La durée de la 1ère phase sera de deux mois.

- Dans un deuxième temps, une 1ère campagne de prélèvements se fera sur le réseau en période de basses eaux (mai-juin-juillet) avec transmission aux laboratoires pour analyses.

Pendant la saison des pluies, poursuite des analyses et de la saisie des données. Réalisation d'une deuxième esquisse de la carte hydrochimique et de la première esquisse de la carte de qualité des eaux.

- Après la saison des pluies, exécution de la 2e campagne de prélèvements d'échantillons d'eau pour la saison des hautes eaux (octobre-novembre-décembre) avec reprise des analyses et saisie des données.

Chaque campagne durera 2,25 mois environ.

- Au terme des prélèvements sur le terrain, les analyses se poursuivront ainsi que la saisie des données.

Les cartes hydrochimiques et de qualité des eaux seront définitivement dessinées et un rapport de fin de projet sera rédigé (durée : 3 mois).

#### **6.1.2 Nombre de prélèvements et d'analyses prévus**

Sur les 6688 points d'eau enregistrés, on peut prévoir que 5000 sont fonctionnels. Parmi eux, on préleva 3000 échantillons pour les analyses physico-chimiques et 3000 pour les analyses

bactériologiques, soit 6000 prélèvements pour chaque campagne. Le projet porte au total sur 12 000 analyses.

#### **6.1.3 Moyens à mettre en oeuvre**

- Pour les prélèvements : il faut 4 équipes intervenant 2,25 mois à chaque campagne pour prélever les 6000 échantillons, soit 18 équipes/mois pour les deux campagnes.

Chaque équipe comprendra :

- 1 véhicule 4 x 4 double cabine,
- 1 chauffeur,
- 1 représentant de la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement,
- 1 représentant de la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement,
- 1 lot de matériel de campement,
- 1 sonde électrique pour mesurer les niveaux d'eau,
- du petit matériel pour la physique de l'eau,
- du matériel de prélèvement et conservation.

- Pour le transfert des échantillons sur N'Djaména, prévoir un véhicule 4 x 4 frigorifique.

- Pour les activités à N'Djaména :

- 1 hydrogéologue pour dresser la carte hydrochimique,
- 1 ingénieur en génie sanitaire pour dresser la carte de qualité de l'eau,
- 1 poste de saisie informatique (ordinateur et un manipulateur au clavier),
- des réactifs et produits de laboratoire pour reconstituer le fond de roulement.

## 6.2 Budget schématique

|                | National                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | International | US\$                                                                                                                                                                                |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Personnel      | <p><b>a. Personnel de DHA</b></p> <p>1 ingénieur hydrogéologue<br/>- salaire (12 mois)<br/>- per diem (2 mois)</p> <p>4 techniciens<br/>- salaire (4,5 mois)<br/>- per diem (4,5 mois)</p> <p>1 chauffeur<br/>- salaire (12 mois)<br/>- per diem (4,5 mois)</p> <p><b>b. Personnel de la DGSA</b></p> <p>1 ingénieur sanitaire<br/>- salaire (12 mois)<br/>- per diem (2 mois)</p> <p>4 techniciens<br/>- salaire (4,5 mois)<br/>- per diem (4,5 mois)</p> |               | p.m.<br>1 200<br><br>p.m.<br>9 000<br><br>p.m.<br>1 350<br><br>p.m.<br>1 200<br><br>p.m.<br>9 000<br><br>1 Consultant hydrochimiste<br>p.m.<br><br>1 Consultant biochimiste<br>p.m. |
| Equipement     | <p>1 Véhicule 4 x 4 frigorifique</p> <p>4 Véhicules 4 x 4 (x 22 000\$)</p> <p>4 Lots de camping</p> <p>4 Sondes électriques</p> <p>4 Lots de petits matériels physiques de l'eau</p> <p>- Matériel de prélèvement, conservation</p>                                                                                                                                                                                                                        |               | 26 000<br><br>88 000<br><br>3 000<br><br>p.m.<br><br>4 000<br><br>5 500                                                                                                             |
| Fonctionnement | <p>- Véhicules<br/>5 x 4,5 mois x 2200 \$<br/>2 x 12 mois</p> <p>- Laboratoire pour 12 000 analyses</p> <p>- Entretien du matériel</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |               | 49 500<br>52 800<br><br>140 000<br><br>12 500                                                                                                                                       |
| Formation      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |               | p.m.                                                                                                                                                                                |
| Total          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |               | 403 050                                                                                                                                                                             |

## **Annexe A**

### **PERSONNEL EXPATRIE**

Dans le cadre du présent projet, il n'est pas prévu de Consultant spécifique. L'appui technique nécessaire sera assuré par la présence du Consultant hydrochimiste au laboratoire de la DHA et du Consultant biochimiste au laboratoire de la DGSA.

## **Annexe C**

### **EQUIPEMENT**

- a. Equipement d'un véhicule 4 x 4 avec un aménagement frigorifique (chambre froide) et groupe frigorifique autonome, pour assurer dans de bonnes conditions de conservation le transfert des échantillons depuis la province jusqu'aux laboratoires de N'Djaména.  
Ce véhicule sera affecté à la DGSA à la fin du projet.
- b. Les 4 véhicules 4 x 4 affectés sur le terrain seront équipés de caissons isothermes pour le transport des échantillons prélevés dans la journée.
- c. Les sondes électriques sont déjà prévues dans le projet "Mise à jour de la banque de données" proposé dans cette étude.
- d. Le petit matériel pour les analyses physiques de l'eau consiste en pHmètres, conductimètres, thermomètres de terrain.
- e. Le matériel de prélèvement consiste en lots de flacons spéciaux (échantillons bactériologiques) et de casiers antichocs qui seront remplis dans les caissons isothermes. Il est souhaitable de créer des sous-bases près de structures possédant de l'énergie et épuiplées de réfrigérateurs (hôpitaux, centres sanitaires ou vétérinaires, etc.).



**DOCUMENT DE PROJET**

**PAYS :**

Tchad

**DATE :**

Août 1992

**PROJET :**

CHD-10

**TITRE PROPOSE :**

Cartes hydrogéologiques du Tchad

**STRUCTURE GOUVERNEMENTALE IMPLIQUEE :**

Ministère des Mines, de l'Energie  
et des Ressources en Eau  
(Direction de l'Hydraulique  
et de l'Assainissement).

**DUREE ESTIMEE :**

11 mois

**CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE :**

382 900 US\$

**COUT DE LA CONTREPARTIE LOCALE :**

A calculer

**SOURCE DE FINANCEMENT :**

A décider

## **1. BUT DE L'AMENAGEMENT ET PROGRAMME POUR LE PAYS**

### **1.1 Programme pour le pays**

L'objectif du Tchad est à court terme d'élaborer le Plan National d'Aménagement des ressources en eau. Il manque actuellement un document de synthèse permettant de valoriser toutes les données acquises au cours de nombreux projets d'hydraulique.

La carte hydrogéologique répond à cette absence. C'est le document le plus demandé par les utilisateurs des données sur l'eau et l'hydraulique.

### **1.2 Objectif du projet**

La carte hydrogéologique du Tchad est à reconSIDérer en fonction des nombreuses données acquises depuis 1969 et dans l'optique d'élaborer un document actualisable apte à renseigner d'une façon pratique les utilisateurs du Secteur de l'eau souterraine. Il n'existe pas au Tchad de carte hydrochimique.

Le procédé actuel de DAO (digitalisation assistée par ordinateur) permet la conception de cartes pour chaque état de la connaissance des données. Il est possible d'envisager la création de documents servant à la fois de synthèse et de guide d'orientation pour la recherche, l'exploitation et la protection des eaux souterraines.

## **2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS**

L'élaboration de cartes hydrogéologiques pour le Tchad nécessite que les recommandations suivantes soient respectées :

- mise à jour de la banque de données,
- campagne de prélèvements pour la qualité des eaux,
- réalisation de l'étude CBLT-BRGM sur les ressources en eau du Bassin du Lac Tchad,
- formation du personnel tchadien à l'élaboration de cartes et à l'utilisation de logiciels de DAO.

### **3. STRATEGIE DU PROJET**

#### **3.1 Quelles sont les institutions qui bénéficieront en premier lieu des résultats et des activités du projet ?**

En premier lieu, le principal bénéficiaire sera la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement qui aura la possibilité de disposer de documents cartographiques actualisables.

Le projet intéressera tous les intervenants dans le domaine des ressources en eau souterraine : les utilisateurs et les planificateurs.

#### **3.2 Bénéficiaires désignés**

Le projet bénéficiera à tous ceux pour qui l'utilisation de l'eau constitue une composante obligatoire de leurs projets : alimentation en eau potable des populations, abreuvement du bétail, hydraulique agricole, eaux industrielles, mise en valeur des ressources naturelles, environnement.

#### **3.3 Accord pour la mise en oeuvre du projet**

Le projet sera réalisé en collaboration avec la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement. Il emploiera un Bureau d'Etudes spécialisé en hydrogéologie qui rendra opérationnel l'équipement DAO détenu actuellement par le Bureau de l'Eau et qui définira le programme de formation.

Il travaillera en étroite collaboration avec ses homologues pour traiter et exploiter toutes les données disponibles et pour concevoir la carte hydrogéologique.

#### **3.4 Stratégies alternatives de mise en oeuvre**

Les activités proposées par le projet sont telles qu'elles ne peuvent être réalisées qu'après exécution des recommandations faites au paragraphe 2 ci-dessus.

### **4. ENGAGEMENT DU PAYS BENEFICIAIRE**

#### **4.1 Soutien homologue**

La qualité du personnel disponible à la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement est relativement bonne. Elle permettra d'assurer un niveau raisonnable à l'exécution des tâches envisagées ici.

#### **4.2 Accords légaux et déploiement futur du personnel**

Il n'y a aucun indice laissant craindre que le personnel formé par le projet cherche un emploi ailleurs.

### **5. RISQUES**

Ce projet fait partie d'un groupe de projets nationaux et internationaux proposés à la suite de l'évaluation hydrologique de l'Afrique subsaharienne et par la CBLT.

La planification de tous les projets devra être soigneusement coordonnée pour assurer que les retards dans le démarrage ou la remise tardive des résultats d'un projet n'entraîne pas le retard dans le démarrage ou l'exécution des autres projets complémentaires.

### **6. INTERVENTIONS**

#### **6.1 Sommaire des interventions**

##### **6.1.1 Les cartes proposées sont :**

- carte hydrogéologique au 1/1 000 000 du Tchad,
- carte hydrogéologique au 1/500 000 du Ouaddaï,
- carte hydrogéologique au 1/500 000 du Guéra,
- carte hydrogéologique au 1/200 000 de la Préfecture du Lac,
- cartes hydrochimiques et de potabilité au 1/1 000 000.

##### **6.1.2 Conception proposée**

La cartographie digitalisée assistée par ordinateur permet de traiter un grand nombre de niveaux d'informations et d'élaborer un grand nombre de cartes thématiques.

Il est alors possible d'envisager la création d'un Atlas des eaux souterraines du Tchad.

La carte hydrogéologique qui sera conçue dans le cadre du projet CBLT-BRGM ne couvrira que la partie du Bassin conventionnel et sera une carte fixe, classique. Ce document sera repris et intégré dans la carte proposée dans le présent projet.

### **6.1.3 Moyens à mettre en oeuvre**

- a. Assistance d'un Bureau d'Etudes.
- b. Formation de deux ingénieurs hydrogéologues de la DHA à la cartographie assistée par ordinateur.
- c. Mise en oeuvre et adaptation de la station de travail informatisée existante.
- d. Avec la coopération des hydrogéologues de la DHA, la durée prévue pour concevoir les cartes est de :
  - 4 mois pour la carte hydrogéologique au 1/1 000 000 et les cartes thématiques,
  - 2 mois pour finaliser les cartes hydrochimiques et de potabilité élaborées au cours du projet "campagne de mesures pour la qualité de l'eau" présenté séparément,
  - 3 mois pour la carte hydrogéologique du Ouaddaï et du Guéra au 1/500 000,
  - 2 mois pour la carte du Lac au 1/200 000.

La durée totale du projet est de 11 mois.

## 6.2 Budget schématique

|                | National                                                                                                                       | International                                                                                                 | US\$                                    |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Personnel      | 2 Ingénieurs hydrogéologues<br>1 Technicien hydrogéologue<br>salaires x 11 mois                                                | 1 Ingénieur hydrogéologue<br>11 mois x 20 000<br>- Frais de séjour : 11 x 4500<br>2 Billets d'avion x 2600 \$ | p.m.<br>220 000<br>49 500<br>5 200      |
| Equipement     | - Achat de fonds topographiques<br>1 Station de travail informatisée<br>1 Ordinateur<br>1 Logiciel<br>- Consommables et divers |                                                                                                               | 2 000<br>p.m.<br>p.m.<br>p.m.<br>25 000 |
| Fonctionnement | - Digitalisation des fonds de cartes<br>- Sortie papier format A0 en 50 ex. pour chaque carte<br>- Entretien du matériel       |                                                                                                               | 54 000<br>18 000<br>3 000               |
| Formation      | 2 Ingénieurs pendant 10 jours à l'étranger<br>2 Billets d'avions                                                               |                                                                                                               | 1 000<br>5 200                          |
| <b>Total</b>   |                                                                                                                                |                                                                                                               | <b>382 900</b>                          |

## **Annexe A**

### **PERSONNEL INTERNATIONAL**

Le Bureau d'Etudes aura une très bonne expérience en hydrogéologie et dans le domaine particulier de la cartographie évolutive assitée par ordinateur.

Le Consultant définira le programme de formation du personnel tchadien affecté au projet.

Il rendra opérationnel l'équipement informatisé DAO-CAO détenu par l'actuel Bureau de l'Eau.

Il concevra en collaboration avec les hydrogéologues tchadiens les cartes hydrogéologiques.

Il rédigera les notices explicatives des cartes.

## **Annexe B**

### **FORMATION**

**La formation concernera deux hydrogéologues de la DHA et se fera en deux temps :**

- stage de 10 jours au siège du Bureau d'Etudes pour se familiariser avec le matériel et le logiciel,
- formation pratique au Tchad pendant la présence de l'hydrogéologie du Bureau d'Etudes.

## **Annexe C**

### **EQUIPEMENT**

Il existe au Bureau de l'Eau le matériel nécessaire pour la sortie de cartes DAO au format A0 en 8 couleurs.

L'achat de matériel concerne :

- les fonds cartographiques-topographiques,
- kits de nettoyage pour le matériel informatique.

**B10-10**

**DOCUMENT DE PROJET**

PAYS :

Tchad

DATE :

Août 1992

PROJET N° :

CHD-11

TITRE PROPOSE :

Modèle de gestion et de protection  
des aquifères de N'Djaména

STRUCTURE GOUVERNEMENTALES IMPLIQUEES :

Ministère des Mines, de l'Energie  
et des Ressources en Eau  
(Direction de l'Hydraulique  
et de l'Assainissement)  
Société Tchadienne de l'Eau  
et de l'Electricité  
Ministère de la Santé Publique  
et des Affaires Sociales  
(Direction du Génie Sanitaire  
et de l'Assainissement).

DUREE ESTIMEE :

11 mois

CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE :

600 000 US\$

COUT DE LA CONTREPARTIE LOCALE :

A calculer

SOURCE DE FINANCEMENT :

A décider

## **1. BUT DE L'AMENAGEMENT ET PROGRAMME POUR LE PAYS**

### **1.1 Programme pour le pays**

Le Tchad a pour objectif l'élaboration du Plan Directeur National d'Aménagement des ressources en eau qui comporte :

- Le Programme National d'Hydraulique Villageoise
- Le Programme National d'Hydraulique Pastorale
- Le Programme National d'Hydraulique Agricole
- Le Programme National d'Hydraulique Urbaine et Industrielle
- Le Programme National de Protection de l'Eau

Le présent projet s'inscrit dans le Programme National d'Hydraulique Urbaine et Industrielle.

### **1.2 Objectif du projet**

La ville de N'Djaména souffre d'un grave déficit en eau potable desservie et de la quasi-absence d'assainissement. Cet état de fait va s'aggraver avec le doublement de la population dans la décennie 1990-2000.

Il est absolument nécessaire de mettre en place immédiatement un schéma directeur de l'eau et de l'assainissement.

Le présent projet propose, dans le cadre de ce schéma directeur :

- d'évaluer la ressource en eau souterraine,
- d'évaluer la qualité de la ressource,
- d'évaluer le renouvellement de la ressource,
- de définir les besoins en eau du centre urbain et péri-urbain,
- de définir l'incidence des prélèvements sur les aquifères,
- de définir un modèle de gestion et de protection de la ressource.

## **2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS**

L'intérêt de mettre en place un modèle mathématique des aquifères de la région de N'Djaména est :

- d'évaluer la ressource exploitable, son taux de renouvellement et la qualité de la ressource afin d'assurer à moyen terme (1990-2010) la pérennité de l'alimentation en eau potable de la population de la ville de N'Djaména,

- de créer un modèle de gestion des eaux afin d'établir des programmes d'aménagements agricoles (périmètres maraîchers et fruitiers) et industriels dont les besoins concurrencent ceux de l'AEP,
- d'établir un programme de protection de la réserve en eau souterraine,
- de désigner les aires de captage à privilégier et à sauvegarder pour l'AEP.

### **3. STRATEGIE DU PROJET**

#### **3.1 Quelles sont les institutions qui bénéficieront en premier lieu des résultats et des activités du projet ?**

Les bénéficiaires principaux sont conjointement :

- le Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau, avec la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement,
- la Société Tchadienne de l'Eau et de l'Electricité,

qui auront à leur disposition un outil leur permettant de mettre en application une politique d'utilisation et de protection de la ressource en eau souterraine.

#### **3.2 Bénéficiaires désignés**

Le projet permettra à la STEE (Société Tchadienne de l'Eau et de l'Electricité) de mieux planifier l'extension des prélèvements dans les aquifères. La Mairie de N'Djaména, les différentes industries implantées à N'Djaména, l'ONADEH (Office National de Développement de l'Horticulture) ainsi que tout utilisateur d'eau sont concernés par ce projet.

Parallèlement, le Ministère de la Santé Publique et des Affaires Sociales possédera des éléments nécessaires pour engager un programme d'assainissement et de lutte contre les maladies d'origine hydrique.

#### **3.3 Accord pour la mise en oeuvre du projet**

Le projet sera réalisé en collaboration avec la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement, la Direction du Génie Sanitaire et de l'Assainissement, la Société Tchadienne de l'Eau et de l'Electricité.

Il bénéficiera de l'appui technique d'un Bureau d'Etudes spécialisé en modélisation mathématique.

### **3.4 Stratégies alternatives de mise en oeuvre**

Le présent projet devra tenir compte des délais de renforcement des laboratoires d'analyse de la DHA et de la DGSA. Mais la modélisation devra être précédée par le recueil des données et par des observations sur le réseau piézométrique à mettre en place à N'Djaména.

## **4. ENGAGEMENT DU PAYS BENEFICIAIRE**

### **4.1 Soutien homologue**

La qualité du personnel disponible au Bureau de l'Eau à la DGSA et la STEE est satisfaisante. Elle permettra d'assurer un niveau raisonnable à l'exécution des tâches envisagées ici.

### **4.2 Accords légaux et déploiement futur du personnel**

Il n'y a aucun indice laissant craindre que le personnel des trois services concernés, formé par le projet, cherche un emploi ailleurs.

## **5. RISQUES**

Ce projet fait partie d'un groupe de projets nationaux et internationaux proposés à la suite de l'évaluation hydrologique de l'Afrique subsaharienne.

La planification de tous les projets devra être soigneusement coordonnée pour assurer que les retards dans le démarrage ou la remise tardive des résultats d'un projet n'entraîne pas le retard dans le démarrage ou l'exécution des autres projets complémentaires.

## **6. INTERVENTIONS**

### **6.1 Sommaire des interventions**

#### **6.1.1 Collecte des données - Etude hydrogéologique**

Pour permettre la construction du modèle en tant qu'outil de surveillance et d'aide à la décision, une étape préliminaire s'impose. Les données disponibles étant insuffisantes, il convient d'effectuer une étude hydrogéologique avec :

Mise en place d'un réseau de piézomètres comprenant la réhabilitation de points d'eau existants (STEE), la sélection de puits au cours d'une enquête par la DGSA, et la création de 10 piézomètres de 50 m.

- Réalisation de pompages d'essais sur les ouvrages existants par la STEE, avec mesures sur les piézomètres.
- Campagne de mesure des niveaux sur le réseau piézométrique durant une année hydrologique. Cinq limnigraphes seront acquis et confiés à la STEE qui les placera sur des piézomètres protégés.
- Réalisation de sondages électriques (1 mois).
- Prélèvement et réalisation de 50 analyses physico-chimiques.
- Interprétation des archives de la STEE et des forages industriels et privés existants.
- Synthèse hydrogéologique.

#### **6.1.2 Evaluation des besoins**

- Analyse et projections démographiques.
- Evaluation des consommations par habitant.
- Evaluation des besoins actuels et futurs.
- Enquête sur les modes actuels d'alimentation en eau (desserte STEE, puits, bornes-fontaines, revente, divers, etc.).
- Programme d'extension du réseau STEE.
- Inventaire des points d'eau et des débits prélevés.

#### **6.1.3 Etude sur la qualité, la pollution (son origine, son extension, remèdes) et la protection de la ressource avec :**

- Une enquête sur les latrines, les puits perdus, les rejets collectifs, les rejets industriels, les dépôts d'ordures.
- Une campagne d'analyses des eaux des captages profonds et superficiels, des eaux usées, des rejets industriels, des eaux du fleuve Chari : les analyses bactériologiques serviront pour l'établissement d'une carte de qualité et de potabilité des eaux.

**6.1.4      Elaboration d'un modèle mathématique** d'exploitation, de gestion et de protection de la ressource en eau, prenant en compte les besoins actuels et futurs.

**6.1.5      Rédaction d'un Code de l'Eau** adapté à la ville de N'Djaména.

**6.1.6      Organismes intervenant**

La DHA sera responsable de l'étude hydrogéologique, du modèle, de la cartographie, des analyses physico-chimiques et de l'évaluation de l'avoir et des besoins en eau.

La DGSA effectuera les enquêtes, les inventaires des points d'eau, des latrines et des effluents et les prélèvements et les analyses bactériologiques.

La STEE réhabilitera et équipera des forages en piézomètres, installera et surveillera les 5 limnigraphes, réalisera des pompages d'essais avec la participation de la DHA, participera à l'évaluation des besoins.

La DHA sera coordinateur du projet.

Le Code de l'Eau sera rédigé en commun.

Le projet sera assisté par un Consultant hydrogéologue.

La durée du projet est évaluée à 11 mois.

## 6.2 Budget schématique

|            | National                                                                                                                                             | International                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | US\$                                                                                                                                            |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Personnel  | <p><b>a. DHA</b><br/>2 Ingénieurs hydrogéologiques</p> <p>2 Techniciens<br/>- salaire (11 mois)<br/>- prime de panier (11 mois x 250 \$)</p>         | <p><b>Synthèse hydrogéologique</b><br/>1 Hydrogéologue (4 mois x 20 000 \$)</p> <p>- Frais locaux</p> <p>2 Billets d'avion (x 2600 \$)</p> <p><b>Construction du modèle au siège du Bureau d'Etudes - Scénario de gestion et d'exploitation</b></p> <p>- Réglage du modèle au siège du Bureau d'Etudes</p> <p>- Installation des logiciels à N'Djaména</p> <p>1 Billet d'avion</p> <p>- Frais locaux</p> <p>- Calculs de 5 scénarios d'exploitation</p> | <p>p.m.<br/>5 500</p> <p>80 000</p> <p>18 000</p> <p>5 200</p> <p>80 000</p> <p>40 000</p> <p>16 500</p> <p>2 600</p> <p>5 300</p> <p>6 400</p> |
|            | <p><b>b. DGSA</b><br/>1 Ingénieur civil Sanitaire 11 mois</p> <p>2 Techniciens (11 mois)<br/>- Prime de paniers (11 mois x 250 \$)</p>               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>p.m.</p> <p>p.m.</p> <p>5 500</p>                                                                                                            |
|            | <p><b>c. STEE</b><br/>1 Ingénieur hydraulique</p> <p>1 Equipe de travaux hydrauliques (3 mois)</p>                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>p.m.</p>                                                                                                                                     |
| Equipement | <p>- Création de 10 piézomètres de 50 m, soit 500 m x 250 \$</p> <p>- Fourniture et installation de 5 limnigraphes</p> <p>- Géophysique (1 mois)</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>125 000</p> <p>20 000</p> <p>20 000</p>                                                                                                      |

|                | National                                                                                                                                                                                                                                                                     | International | US\$                                                                           |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Fonctionnement | 2 Véhicules DHA : 11 mois x 2 x 2200 \$<br>2 Véhicules DGSA : 11 mois x 2 x 2200 \$<br>2 Véhicules STEE : 3 mois x 2 x 2200 \$<br><br>- Réactifs pour analyses<br><br>10 Pompages STEE<br><br>10 Pompages superficiels :<br>8 h x 100 \$ x 10<br><br>- Entretien du matériel |               | 48 400<br>48 400<br>13 200<br><br>2 000<br><br>p.m.<br><br>8 000<br><br>15 000 |
| Formation      | - 3 mois de stage pour 2 Ingénieurs au siège du Bureau d'Etudes                                                                                                                                                                                                              |               | 35 000                                                                         |
| Total          |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               | 600 000                                                                        |

## **Annexe A**

### **PERSONNEL INTERNATIONAL**

L'exécution du projet sera assistée par un Bureau d'Etudes ayant une très grande expérience de la modélisation mathématique appliquée à l'hydrogéologie.

L'intervention du Bureau d'Etudes comportera :

- 1 hydrogéologue pendant 4 mois au Tchad, pour la collecte des données, la définition du réseau piézométrique, la coordination et la supervision des travaux de forage des piézomètres, pompages d'essais, géophysique, analyse démographique, définition des besoins, et rédaction de la synthèse hydrogéologique.
- La construction du modèle et les réglages au siège du Bureau d'Etudes.
- L'installation du modèle à la DHA à N'Djaména.
- La formation de deux ingénieurs hydrogéologues de la DHA.

## **Annexe B**

### **FORMATION**

La formation concernera deux ingénieurs hydrogéologues de la DHA et comporte :

- 1 stage de trois mois au siège du Bureau d'Etudes pour la construction et le réglage du modèle,
- 1 formation pratique lors de l'installation des logiciels à N'Djaméma.

## **Annexe D**

### **FONCTIONNEMENT**

Les véhicules utilisés seront ceux affectés la DHA et la DGSA au cours des projets antérieurs proposés dans cette étude. Seuls les frais de fonctionnement sont pris en compte.

Les pompages d'essais destinés à définir les caractéristiques hydrodynamiques des aquifères concerteront :

- 10 essais sur des ouvrages existants et influant sur l'aquifère inférieur (forages STEE),
- 10 essais à réaliser sur des puits ou des forages pénétrant seulement l'aquifère supérieur.



**DOCUMENT DE PROJET**

PAYS : Tchad

DATE : Août 1992

PROJET N° : CHD-12

TITRE PROPOSE : Extension du réseau piézométrique national

STRUCTURE GOUVERNEMENTALE IMPLIQUEE : Ministère des Mines, de L'Energie et des Ressources en Eau  
(Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement)

DUREE ESTIMEE : 24 mois

CONTRIBUTION INTERNATIONALE DEMANDEE : 610 850 US\$

COUT DE LA CONTREPARTIE LOCALE : A calculer

SOURCE DE FINANCEMENT : A décider

## **1. BUT DE L'AMENAGEMENT ET PROGRAMME POUR LE PAYS**

### **1.1 Programme pour le pays**

L'objectif du Tchad est l'élaboration d'un Plan Directeur National d'aménagement des ressources en eau destiné en particulier à évaluer les ressources en eau souterraine.

Le Tchad a par ailleurs adopté le Programme de Lutte contre la Désertification et enfin le Tchad est membre de la CBLT (Commision du Bassin du Lac Tchad) qui entreprend des études sur la ressource du Bassin conventionnel.

### **1.2 Objectif du projet**

L'évaluation des ressources en eau souterraine et la surveillance de l'évolution de la ressource impliquent des observations sur un réseau piézométrique.

Le réseau actuel de piézomètres ne comporte que 66 points d'observation qui ne couvrent pas tout le territoire du Tchad.

L'objectif du projet est de doubler dans un premier temps le nombre de piézomètres, sans trop alourdir ni perturber le rythme ni l'organisation matérielle des mesures en cours.

## **2. ELEMENTS LES PLUS IMPORTANTS**

La CBLT a programmé une étude sur les eaux souterraines qui doit débuter en automne 1991 et durer 12 mois.

La première phase de cette étude concerne l'exécution de mesures destinées à établir l'état actuel des aquifères et en particulier à sélectionner des ouvrages représentatifs pouvant constituer un réseau piézométrique de suivi des nappes à l'échelle du bassin.

Mais il est prévisible que pour le Tchad, le réseau reprendra le réseau existant et que le projet CBLT ne chevauchera que très peu le projet présenté dans cette étude-ci.

Les critères pour le choix des nouvelles implantations de piézomètres sont les suivants :

- ouvrages sélectionnés après la réalisation de l'enquête de terrain effectuée dans le cadre du projet présenté par ailleurs dans cette étude "mise à jour de la banque de données du Bureau de l'Eau",
- surveillance de la dynamique de la désertification hydrogéologique,

- modalités de l'alimentation des aquifères à partir des ouadis (piémonts, massifs cristallins, zone sahélienne),
- délimitation des biseaux stériles,
- évaluation de la ressource pour les différents systèmes hydrogéologiques.
- Facilité d'accès.

### **3. STRATEGIE DU PROJET**

#### **3.1 Quelles sont les institutions qui bénéficieront en premier lieu des résultats et des activités du projet ?**

Le principal bénéficiaire sera la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement qui doublera son réseau de surveillance des aquifères, lui permettant de prendre des dispositions pour assurer une meilleure gestion des ressources en eaux souterraines.

#### **3.2 Bénéficiaires désignés**

La mise en place du complément du réseau piézométrique permettra à tous les utilisateurs d'eau souterraine de mieux planifier l'exécution des ouvrages de captage et de prévoir la sécurité d'utilisation de la ressource dans le temps.

#### **3.3 Accord pour la mise en oeuvre du projet**

Le projet sera réalisé en collaboration avec la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement.

#### **3.4 Stratégies alternatives de mise en oeuvre**

Le travail pour l'exécution des piézomètres peut être confié à l'ONHPV ou, en cas d'indisponibilité, à une entreprise privée.

Le suivi technique des travaux sera assuré par la DHA.

#### **4. ENGAGEMENT DU PAYS BENEFICIAIRE**

##### **4.1 Soutien homologue**

La qualité du personnel actuellement présent au Bureau de l'Eau permettra d'assurer un niveau raisonnable à l'exécution des tâches envisagées ici.

##### **4.2 Accords légaux et déploiement futur du personnel**

Il n'y a aucun indice laissant craindre que le personnel de la DHA utilisé par le projet cherche un emploi ailleurs.

#### **5. RISQUES**

Ce projet fait partie d'un groupe de projets nationaux et internationaux proposés à la suite de l'évaluation hydrologique de l'Afrique subsaharienne et par la CBLT.

La coordination de tous les projets devra être planifiée pour assurer que les retards dans le démarrage ou la remise tardive des résultats d'un projet n'entraîne pas le retard dans le démarrage ou l'exécution des autres projets complémentaires.

#### **6. INTERVENTIONS**

##### **6.1 Sommaire des interventions**

L'extension du réseau piézométrique du Tchad portera sur 66 nouveaux points d'observation :

- . 36 seront sélectionnés parmi les ouvrages existants inventoriés au cours de l'enquête dans les villages (projets : mise à jour de la banque de données de la DHA),
- . 30 seront créés, représentant 1800 m de forage.

Les 36 nouveaux points d'eau seront en majorité des puits cimentés qui influent sur la nappe phréatique. Les 30 piézomètres forés s'orienteront plus spécifiquement vers la reconnaissance des aquifères plus profonds ou des nappes du socle.

- a. Plutôt que d'éparpiller les piézomètres sur toute la surface du pays, on s'attachera à créer des batteries de 4 à 6 piézomètres en lignes perpendiculaires à l'allongement des phénomènes à observer (ouadi, biseau sec, front de désertification, limite des nappes en creux).

Il est important d'avoir des observations selon des profils morphologiques (bas-fond, versant, plateau, etc.), selon la nature des sols (sable des plateaux, argiles sableuses, arènes argileuses) et selon la profondeur de la nappe (60 à 80 m au centre des nappes en creux).

Tous les points d'observation seront localisés et nivelés avec un positionneur satellitaire (existe au Bureau de l'Eau).

- b. En terrain sédimentaire, les piézomètres seront forés au rotary à la boue en diamètre 8"1/2 et équipés d'un tube PVC 50/63 comportant des éléments crépinés au droit de l'aquifère, des centreurs, un bouchon de pied, un capot vissant de sécurité et un socle de ciment.

En zone de socle, les altérites seront forées en diamètre 9"7/8 ou 10" avec mise en place d'un tubage provisoire de 8" et forage du socle au marteau fond de trou 6"1/2. L'équipement est assuré par un tubage PVC 50/63 comportant des éléments crépinés au droit des venues d'eau et un bouchon de pied. Prévoir des capots vissés de protection.

- c. Le Bureau de l'Eau surveille, depuis 1986, 66 piézomètres à raison de deux mesures par an (hautes et basses eaux). Les mesures sont assurées par un cadre supérieur, un chauffeur et un véhicule 4 x 4. Chaque tournée dure 30 jours.

La présente extension du réseau nécessiterait des tournées de 2 mois. Mais il est préférable de mettre en oeuvre deux équipes pendant 1 mois afin d'encadrer au mieux hautes et basses eaux.

- d. Il est nécessaire d'obliger la STEE, grande consommatrice d'eau souterraine, d'équiper ses champs captant de piézomètres. Des limnigraphes peuvent équiper les piézomètres protégés.

Des piézomètres et 5 limnigraphes sont prévus par ailleurs, dans le cadre du modèle de gestion et de protection des aquifères de N'Djaména.

- e. Il faut prévoir la mise à disposition du projet d'un Consultant hydrogéologue pour l'implantation des piézomètres, pendant 1,5 mois.

- f. Le projet assurera les frais de fonctionnement pour la surveillance du réseau (2 véhicules pendant 2 mois par an) sur deux ans et achètera 1 véhicule destiné à renforcer le parc automobile de la DHA.

- g. La durée du projet est de 24 mois.

## 6.2 Budget schématique

|                | National                                                                                                                                                                                                                                            | International                                                                                                 | US\$                                                                                            |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Personnel      | <p>2 Ingénieurs DHA :<br/>1,5 mois avec le Consultant<br/>4 mois de mesures sur 2 ans</p> <p>- Surveillance des forages 2 mois per diem 7,5 mois x 550 \$ x 2</p> <p>2 Chauffeurs :<br/>- salaire 7,5 mois<br/>- per diem 7,5 mois x 550 \$ x 2</p> | <p>1 Hydrogéologue Consultant :<br/>1,5 mois x 20 000 \$</p> <p>1 Billet d'avion</p> <p>- Frais de séjour</p> | <p>p.m.<br/>8 250</p> <p>p.m.<br/>8 250</p> <p>30 000</p> <p>2 600</p> <p>6 750</p> <p>p.m.</p> |
| Equipement     | <p>- Création de 1800 m de piézomètres<br/>1800 m x 250 \$ tout compris</p> <p>- Fourniture et mise en place de limnigraphes :<br/>5 à N'Djaména (STEE)<br/>5 en province (STEE)</p> <p>1 Véhicule tout terrain</p>                                 |                                                                                                               | <p>450 000</p> <p>p.m.<br/>20 000</p> <p>22 000</p>                                             |
| Fonctionnement | <p>2 Véhicules x 4 mois de mesures sur 2 ans, plus 1,5 mois du Consultant et son homologue, plus la surveillance des chantiers de forage 2 mois :<br/>7,5 x 2 x 2200 \$</p> <p>- Entretien du matériel</p>                                          |                                                                                                               | <p>33 000</p> <p>30 000</p>                                                                     |
| Total          |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                               | 610 850                                                                                         |

**Annexe C**

**BIBLIOGRAPHIE**

La liste des principaux documents bibliographiques relatifs aux ressources en eau du Tchad est donnée ci-après.

La description de chaque document comporte les éléments suivants :

1. Pays
2. Auteurs
3. Client
4. Date de publication
5. Disponibilité où les codes de disponibilité sont les suivants :

M Document détenu par Mott Mac Donald  
B Document détenu par BCEOM  
S Document détenu par SOGREAH  
O Document détenu par ORSTOM  
N Document non collecté mais noté

7. Archivage : lieu dans le pays où le document peut être consulté (ministère, service, etc.)
8. Objet du document (thème) :

|        |                                              |
|--------|----------------------------------------------|
| CLIMAT | Climatologie, pluviométrie                   |
| HYDROL | Hydrologie, rivière                          |
| GEOLOG | Géologie                                     |
| AQUIFR | Hydrogéologie, ressources en eau souterraine |
| QUALIT | Qualité des eaux, traitement                 |
| FORAGE | Résultats de travaux de forage               |
| DIVERS |                                              |

9. Type de document :
  1. Etude générale, faisabilité, plan directeur
  2. Carte
  3. Annuaire, recueil de données brutes, coupes de forage, mesures de géophysique, relevés divers

4. Rapport de Consultant, rapport de fin de projet, rapport de synthèse
5. Autre

La liste des documents intéressant le Tchad est donnée ci-après par année de publication.

*NB : Tous les ouvrages cités dans la Bibliographie sont conservés et peuvent être consultés au Centre de Documentation du Bureau de l'Eau à N'Djaména.*

## **ABREVIATIONS UTILISEES DANS LA BIBLIOGRAPHIE**

|            |                                                                                                                                                    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BCEOM      | Bureau Central des Etudes Outre-Mer                                                                                                                |
| BE         | Bureau de l'Eau                                                                                                                                    |
| BID        | Banque Islamique de Développement                                                                                                                  |
| BRGM       | Bureau de Recherches Géologiques et Minières                                                                                                       |
| BURGEAP    | Bureau de Géologie Appliquée                                                                                                                       |
| CBLT       | Commission du Bassin du Lac Tchad                                                                                                                  |
| CGC        | Compagnie Générale de Géophysique                                                                                                                  |
| CIEH       | Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques                                                                                                        |
| CPGF       | Compagnie de Prospection Géophysique de France                                                                                                     |
| CSLT       | Commission Scientifique du Logone et du Tchad                                                                                                      |
| DGTP       | Direction Générale des Travaux Publics                                                                                                             |
| DMG        | Direction des Mines et de la Géologie (supprimée en 1959)                                                                                          |
| DREM       | Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie                                                                                              |
| EDF        | Electricité de France                                                                                                                              |
| FAC        | Fonds d'Aide à la Coopération                                                                                                                      |
| FAO        | Organisation des Nations Unies pour le Développement                                                                                               |
| FED        | Fonds Européen pour le Développement                                                                                                               |
| GR         | Génie Rural                                                                                                                                        |
| IERGM      | Institut Equatorial de Recherches et d'Etudes Géologiques et Minières (1959-fin 1961)                                                              |
| MINAGRI    | (ex) Ministère de l'Agriculture                                                                                                                    |
| ONHPV      | Office National de l'Hydraulique Pastoral et Villageoise                                                                                           |
| ORSTOM     | (ex) Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération) |
| PNUD, UNDP | Projet des Nations Unies pour le Développement                                                                                                     |
| SEH        | (ex) Service des Etudes et de l'Hydraulique (Direction des Travaux Publics)                                                                        |
| SEL        | (ex) Service de l'Elevage                                                                                                                          |
| SODELAC    | Société de Développement du Tchad                                                                                                                  |
| STEE       | Société Tchadienne de l'Eau et de l'Energie                                                                                                        |
| TP         | Travaux Publics                                                                                                                                    |

| PAYS  | AUTEURS                              | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                           | DISP | ARCHIVAGE OBJET | TYPE REFERENCE |
|-------|--------------------------------------|---------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------|----------------|
| TCHAD | HEBERT                               |         | 1905  | CONTRIBUTION A L'ETUDE CHIMIQUE DES SELS, DES EAUX N<br>ET DES PRODUITS MINERAUX DE LA REGION DU CHARI ET DU<br>LAC TCHAD. C.R. AC. SC., PARIS, 140.            |      | QUALIT          | 4              |
| TCHAD | FREYDENBERG H.                       |         | 1908  | LE LAC TCHAD ET LE BASSIN DU CHARI. THESE F. SCHMIT, N<br>PARIS.                                                                                                |      | DIVERS          | 4              |
| TCHAD | POCHARD P.                           |         | 1943  | CONTRIBUTION A L'ETUDE DES EAUX SOUTERRAINES, DES N<br>SEL ET DES NATRONS DE LA REGION DU TCHAD. REV. SC.<br>MED. PHARM. ET VETER. DE L'AFRI. FR. L. MARS 1943. |      | GEOLOG          | 4              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A.                       |         | 1949  | ETUDE DU DEVERSEMENT DU LOGONE DANS LE MAYO KEBI. O                                                                                                             |      | HYDROL          | 4              |
| TCHAD | RODIER J.                            |         | 1950  | NOTE SOMMAIRE SUR L'AMELIORATION DE LA NAVIGABILITE O<br>DE LA HAUTE-BENOUE.                                                                                    |      | HYDROL          | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE/CSLT |         | 1950  | RAPPORT D'ACTIVITE POUR LA CAMPAGNE 1950. 1 - ETUDE O<br>DE LA CAPTURE DU LOGONE, 2 - AMELIORATION DE LA<br>NAVIGABILITE DE LA BENOUÉ.                          |      | HYDROL          | 3              |
| TCHAD | MAIRE R., MONOD T.                   |         | 1950  | ETUDE SUR LA FLORE ET LA VEGETATION DU TIBESTI.                                                                                                                 | CRA  | DIVERS          | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE/CSLT |         | 1951  | RAPPORT ANNUEL 1950.                                                                                                                                            | O    | HYDROL          | 3              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A.                       |         | 1951  | RECONNAISSANCE DE LA WINA DU NORD.                                                                                                                              | O    | HYDROL          | 1              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE/CSLT |         | 1951  | REGULARISATION DU LOGONE. PROSPECTION DES<br>BRANCHES-MERES DU LOGONE.                                                                                          | O    | HYDROL          | 1              |

C-4

| PAYS  | AUTEURS                           | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                        | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|-----------------------------------|---------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE/CSLT |         | 1951  | ETUDE DU REGIME DU LOGONE : 1 - LES PERTES DU LOGONE, 2 - DONNEES NUMERIQUES SUR LE REGIME HYDROLOGIQUE DU LOGONE SUPERIEUR, 3 - POSSIBILITES DE REGULARISATION DU LOGONE. 3 TOMES.          | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE      |         | 1951  | RAPPORT ANNUEL 1951.                                                                                                                                                                         | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | RODIER J., BOUCHARDEAU A.         |         | 1952  | MISSION LOGONE-TCHAD : RESULTATS DES ETUDES AU 1ER MARS 1952.                                                                                                                                | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE/CSLT |         | 1952  | DONNEES POUR UN AMENAGEMENT DU LOGONE INFÉRIEUR : I 0 - ETUDE DU LOGONE, II - DEVERSEMENT DU LOGONE ET CONDITIONS D'AMENAGEMENT, III - POSSIBILITES DE REGULARISATION DU LOGONE, IV - PLANS. | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | BERTHELOT R.                      |         | 1952  | RAPPORT ANNUEL, SECTION HYDROLOGIE - CAMPAGNE 1952.                                                                                                                                          | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | BARBEAU J. ABADIE J.              | DMG     | 1952  | TECTONIQUE ET HYDROGEOLOGIE D'UNE PARTIE DU BASSIN DU TCHAD - FORT LAMY.                                                                                                                     | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | LES TRAVAUX SOUTERRAINS           | SEL     | 1952  | HYDRAULIQUE PASTORALE. RAPPORT N° 13. PUITS DE HIDJELIDJ - EL-BIAR.                                                                                                                          | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A.                    |         | 1953  | RECONNAISSANCE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE TRIBUTAIRE DU LAC TCHAD.                                                                                                                             | 0    |           | HYDROL | 1              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE/CSLT |         | 1953  | RECONNAISSANCE DU BAHR-ERGUIG. CAMPAGNE 1953.                                                                                                                                                | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE/CSLT |         | 1953  | MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU LOGONE SUPERIEUR.                                                                                                                                                | 0    |           | HYDROL | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                              | CLIENTS  | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                  | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|--------------------------------------|----------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE/CSLT |          | 1953  | NOTE SUR LE LOGONE ENTRE BONGOR ET GAMSEI.                                                                                                             | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ERHART H.                            |          | 1953  | SUR LA NATURE MINERALOGIQUE ET LA GENÈSE DES<br>SEDIMENTS DE LA CUVETTE TCHADIENNE. C.R. AC. SC.,<br>PARIS, 237.                                       | N    |           | GEOLOG | 4              |
| TCHAD | LES TRAVAUX SOUTERRAINS              | DMG      | 1953  | HYDRAULIQUE PASTORALE. SONDAGES DE RECONNAISSANCE ET N<br>D'EXPLOITATION. RAPPORT GENERAL N° 1 - EL-BIAR.                                              | BE   |           | FORAGE | 3              |
| TCHAD | ABADIE J.                            | DMG      | 1953  | CONTRIBUTION A L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU TCHAD.<br>ESSAI DE SYNTHESE (3 CARTES).                                                                      | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | BARBEAU J.                           | DMG      | 1953  | RAPPORT DE FIN DE MISSION, NOV. 1952 A MAI 1953.<br>(CARTES H.T.) .                                                                                    | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE/CSLT |          | 1954  | MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU LOGONE INFÉRIEUR.                                                                                                          | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE/CSLT |          | 1954  | NOTE SOMMAIRE SUR LES CONDITIONS DE DEMARRAGE DE LA O<br>MISSION LOGONE-TCHAD ET LES PREMIERS RESULTATS<br>OBTENUS.                                    |      |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE/CSLT |          | 1954  | NOTICE SUR LES TRAVAUX DE RECHERCHES EXECUTÉS PAR LA O<br>COMMISSION SCIENTIFIQUE DU LOGONE ET DU TCHAD DEPUIS<br>SA CRÉATION LE 17 MAI 1947.          |      |           | DIVERS | 5              |
| TCHAD | POUIT G.                             | DMG      | 1954  | ETUDE DE LA NAPPE PHRÉATIQUE DU PLATEAU DE BENOYE.<br>(1 CARTE H.T.) - .                                                                               | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | GODIVIER R.                          | MIN.AGRI | 1954  | SONDAGES ELECTRIQUES ET MESURES GRAVIMÉTRIQUES<br>EXECUTÉS DANS LA RÉGION AGRICOLE DU PLATEAU DE<br>GUIDARI - FORT LAMY, ORSTOM/SERV. AGRIC. DU TCHAD. | N    | BE        | AQUIFR | 3              |

| PAYS  | AUTEURS                              | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                            | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|--------------------------------------|---------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | ABADIE J.                            | DMG     | 1954  | HYDROGEOLOGIE DE LA CUVETTE DU MORTCHA ET DE LA BORDURE OCCIDENTALE DU OUADDAI AU SUD DU 16 <sup>E</sup> PARALLELE.              | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE         |         | 1955  | RAPPORT D'ACTIVITES. CAMPAGNE 1953-54.                                                                                           | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE/CSLT    |         | 1955  | RESULTATS BRUTS DES ETUDES D'EVAPORATION SUR NAPPE D'EAU LIBRE DANS LES BASSINS DU CHARI ET DU LOGONE. CAMPAGNE 1955.            | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE/CSLT    |         | 1955  | PREMIERES MESURES DE DEBITS SOLIDES SUR LE CHARI ET LE LOGONE. CAMPAGNE 1954.                                                    | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | LEFEVRE R.                           |         | 1955  | COMPTE RENDU DE LA TOURNEE EFFECTUEE SUR LE LAC TCHAD EN JUILLET 1955.                                                           | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE/CSLT    |         | 1955  | RAPPORT D'ACTIVITE. CAMPAGNE 1953-54.                                                                                            | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE/CSLT    |         | 1955  | ETUDE DU LOGONE INFÉRIEUR. CAMPAGNE 1953-54.                                                                                     | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | BARBEAU J.                           | DMG     | 1955  | HYDROGEOLOGIE DE LA ZONE SUD DU CHARI - BAGUIRMI, DU NORD BATHA - FORT LAMY.                                                     | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | COMMIS.SCIENT. DU LOGONE ET DU TCHAD |         | 1955  | SUPPLEMENT A LA MONOGRAPHIE DU LOGONE INTERIEUR : PROSPECTION DES PLAINES DU LOGONE. PROSPECTION DE LA TANDJILE. (1 CARTE H.T.). | N    | BE        | GEOLOG | 2              |
| TCHAD | ABADIE J.                            | DMG     | 1955  | COUPE DES PUITS DE RECONNAISSANCE DE ZOUMA (PUITS 59 N ET 60) - ABECHE.                                                          | N    | BE        | AQUIFR | 4              |

15/07/92

| PAYS  | AUTEURS                              | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                                                                   | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|--------------------------------------|---------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | ABADIE J.                            | DMG     | 1955  | COUPE DES FORAGES IMPLANTES A ARADA .                                                                                                                                                                                                   | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE/CSLT |         | 1956  | ETUDE DU LOGONE INFERIEUR. CAMPAGNE 1955.                                                                                                                                                                                               | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE/CSLT |         | 1956  | LE BAHR EL GHAZAL.                                                                                                                                                                                                                      | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | TOUCHEBEUF DE LUSSIGNY P.            |         | 1956  | RAPPORT PRELIMINAIRE SUR LA NAVIGABILITE DU CHARI : I - RAPPORT, NOTE SOMMAIRE SUR LE REGIME HYDROLOGIQUE DU MOYEN-CHARI, III - CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES GENERALES DU CHARI, IV - CARACTERISTIQUES DE LA NAVIGATION SUR LE CHARI. |      |           | HYDROL | 4              |
| 80    | BOUCHARDEAU A.                       |         | 1956  | AU TCHAD, LE BAHR EL GHAZAL S'EST REMIS A COULER.                                                                                                                                                                                       | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE      |         | 1956  | ETAT D'AVANCEMENT DES RECHERCHES SUR LE LAC TCHAD.                                                                                                                                                                                      | O    |           | DIVERS | 4              |
| TCHAD | LEFEVRE R.                           |         | 1956  | ACCIDENTS SURVENUS SUR LE LAC TCHAD.                                                                                                                                                                                                    | O    |           | DIVERS | 5              |
| TCHAD | RODIER J.                            |         | 1956  | DETERMINATION DES DONNEES HYDROLOGIQUES EN VUE DE L'ETUDE DU PROJET DE PONT A CHAGOJA SUR LE CHARI.<br>COMM. SC. DU LOGONE ET DU TCHAD. SEC., HYDROL.<br>ORSTOM.                                                                        | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | BARBEAU J.                           | DMG     | 1956  | IMPLANTATION DE PUITS DANS LE DISTRICT DE FORT LAMY RURAL - FORT LAMY.                                                                                                                                                                  | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | DIRECTION DES TRAV.<br>PUBLICS       | T.P.    | 1956  | ADDUCTION D'EAU DE FORT ARCHAMBAULT.<br>CARACTERISTIQUES DES FORAGES D'EXPLOITATION.                                                                                                                                                    | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | ABADIE J.                            | DMG     | 1956  | RAPPORT ANNUEL D'HYDROGEOLOGIE 1955-1956.(11 CARTES H.T.).                                                                                                                                                                              | N    | BE        | AQUIFR | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                           | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                               | DISP | ARCHIVAGE OBJET | TYPE REFERENCE |
|-------|-----------------------------------|---------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------|----------------|
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE/CSLT |         | 1957  | RAPPORT D'ACTIVITE. SECTION HYDROLOGIE. CAMPAGNE 1956.                                                              | O    | HYDROL          | 3              |
| TCHAD | BERTHELOT R.                      |         | 1957  | CRUES EXCEPTIONNELLES DU BAHR-SARA ET DU CHARI SUPERIEUR.                                                           | O    | HYDROL          | 4              |
| TCHAD | TIXIER J.                         |         | 1957  | ETUDE DE LA MARE D'ADRE.                                                                                            | O    | HYDROL          | 4              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A., LEFEVRE R.        |         | 1957  | MONOGRAPHIE DU LAC TCHAD + 1 CARTE AU 1/500 000E.                                                                   | O    | HYDROL          | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE/CSLT |         | 1957  | NOTE SUR LA MISE AU POINT DE LA CARTE PROVISIONNAIRE DU LAC TCHAD AU 1/500 000.                                     |      | HYDROL          | 3              |
| 6     | BOUCHARDEAU A.                    |         | 1957  | SALINITE DU LAC TCHAD. INTERPRETATION DES RESULTATS.                                                                | O    | HYDROL          | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE      |         | 1957  | LES DEBORDEMENTS DU LAC TCHAD.                                                                                      | O    | HYDROL          | 4              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A.                    |         | 1957  | BAHR EL GHAZAL. CRUES DE 1956-1957.                                                                                 | O    | HYDROL          | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE/CSLT |         | 1957  | ETUDE DE LA NAVIGABILITE DU CHARI. COMPTE RENDU DE LA TOURNEE PREPARATOIRE DU 4 AU 25 AOUT 1957.                    | O    | HYDROL          | 4              |
| TCHAD | BRAQUAVAL R.                      |         | 1957  | ETUDES D'ECOULEMENT EN REGIME DESERTIQUE. MASSIF DE L'ENNEDI ET REGION NORD DU MORTCHA. CAMPAGNE 1957.              | O    | HYDROL          | 3              |
| TCHAD | GUICHARD E.                       |         | 1957  | EAUX DU LAC TCHAD ET MARES PERMANENTES AU NORD D'IRA. COMM. SC. DU LOGONE ET DU TCHAD. SEC. PEDO. ORSTOM, FORT-LAMY | O    | GEOLOG          | 4              |
| TCHAD | GUICHARD E.                       |         | 1957  | SEDIMENTATION DU LAC TCHAD. COMM. SC. DU LOGONE ET DU TCHAD. SEC. PEDOL. ORSTOM.                                    | O    | GEOLOG          | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                           | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                     | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|-----------------------------------|---------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | BARBEAU J.                        | DMG     | 1957  | ETUDE DE TRAVAUX D'HYDRAULIQUE AU TCHAD EN 1957.                                                                                                          | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | BARBEAU J.                        | DMG     | 1957  | ADDUCTION D'EAU DE PALA - FORAGE D'ETUDE - FORT LAMY.                                                                                                     | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | BONNET M.                         | GR      | 1957  | NOTE SUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DANS LE TERRITOIRE DU TCHAD - FORT LAMY, SERVICE DU GENIE RURAL ET DE L'HYDRAULIQUE AGRICOLE.                      | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | BARBEAU J.                        | DMG     | 1957  | ETUDES DE PUITS, REGIONS DU MOYEN-CHARI ET DU SALAMAT - FORT LAMY.                                                                                        | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | GERARD G.                         | DMG     | 1957  | NOTE RELATIVE AU PROBLEME D'ALIMENTATION EN EAU D'ABECHE .                                                                                                | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | BARBEAU J.                        | DMG     | 1957  | ETUDES DE PUITS DANS LES REGIONS DU MAYO-KEBBI ET DU N LOGONE. IMPLANTATIONS DE SONDAGES DANS LE KANEM. RAPPORT TECHNIQUE (5 CARTES) .                    | BE   |           | AQUIFR | 2              |
| TCHAD | TIXIER J.                         |         | 1958  | ETUDE DU RUISSELLEMENT EN REGIME SAHELien. BASSIN EXPERIMENTAL D'ABOU-GOULEM-OUDAI.                                                                       | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE/CRT  |         | 1958  | NOTES A1 - A2 TER ET QUATER. ETUDES DES CRUES DU LOGONE (SUPPLEMENTS 1956 ET 1957 A LA MONOGRAPHIE DU LOGONE INFERIEUR).                                  | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE/CSLT |         | 1958  | NOTES A1 QUATER ET A2 QUATER. CRUE DU LOGONE ENTRE LAI ET GAMSEI. ETUDE DES DEBITS ET DEVERSEMENT (SUPPLEMENT 1957 A LA MONOGRAPHIE DU LOGONE INFERIEUR). | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | BESLON M.                         |         | 1958  | LES DEBITS SOLIDES DU LOGONE A LAI.                                                                                                                       | O    |           | HYDROL | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                    | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                 | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|----------------------------|---------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | NOWACKI M., RIMBERT R.     |         | 1958  | PROSPECTION DES BRAS POLDERISABLES ENTRE BOL ET N'GUELEA.                                                             | 0    |           | HYDROL | 1              |
| TCHAD | BERTHELOT R.               |         | 1958  | ETUDE HYDROLOGIQUE DU BAHR-AZOUN.                                                                                     | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | TIXIER J.                  |         | 1958  | ETUDE DU RUISELLEMENT EN REGIME SAHELien, BASSIN EXPERIMENTAL D'ABOU GOUTERN-OUDAI.                                   | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | TIXIER J.                  |         | 1958  | ETUDES D'ECOULEMENT EN REGIME SAHELien - MASSIF DE L'OUDAI, BASSIN EXPERIMENTAL DE L'QUADI KAOUN, CAMPAGNE 1956-1957. | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | TOUCHEBEUF P., ROCHETTE C. |         | 1958  | ETUDE DE LA NAVIGABILITE DU CHARI. RAPPORT INTERIMAIRE.                                                               | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ROCHE M.                   |         | 1958  | CAMPAGNES D'ETUDES HYDROLOGIQUES DANS L'ENNEDI.                                                                       | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | RIMBERT R.                 |         | 1958  | NOTES CONCERNANT LES EXPERIENCES DE BALISAGE EFFECTUEES SUR LE CHARI DU 15 JUILLET AU 18 SEPTEMBRE 1958.              | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | RIMBERT R.                 |         | 1958  | NOTE SUR LA COTE OUEST DU LAC TCHAD. RELEVES DU 6 AU 15 MARS 1958.                                                    | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A., TIXIER J.  |         | 1958  | ETUDE D'ECOULEMENT EN REGIME SAHELien. LE BASSIN DU BATHA 1956, 1957, 1958.                                           | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A., TIXIER J.  |         | 1958  | ETUDE D'ECOULEMENT EN REGIME SAHELien. LE BASSIN DU BATHA, CAMPAGNE 1957.                                             | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | TIXIER J.                  |         | 1958  | LES QUADIS DU NORD (JOINT AU RAPPORT DE BATHA).                                                                       | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A., TIXIER J.  |         | 1958  | LA MARE DE MATADJENE. CAMPAGNE 1958.                                                                                  | 0    |           | HYDROL | 3              |

| PAYS  | AUTEURS                    | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                            | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|----------------------------|---------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | BOUCHARDEAU A.             |         | 1958  | LE LAC TCHAD . ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA FRANCE D'OUTRE MER, ANNEE 1956.                                                                                                       | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ROCHE M.                   |         | 1958  | ETUDES D'ECOULEMENT EN REGIME DESERTIQUE. MASSIF DE L'ENNEDI, CAMPAGNE 1958.                                                                                                     | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ORSTOM/CSLT                |         | 1958  | NOTICE SUR LES ACTIVITES DE LA COMMISSION SCIENTIFIQUE DU LOGONE ET DU TCHAD PRESENTEE A L'OCCASION DE LA CLOTURE DEFINITIVE DE SES TRAVAUX.                                     | O    |           | DIVERS | 5              |
| TCHAD | BARBEAU J.                 | DMG     | 1958  | ETUDES HYDROGEOLOGIQUES AU B.E.T.                                                                                                                                                | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | MENON R.                   | DMG     | 1958  | FORAGE DES ABATTOIRS DE FARCHA. CARACTERISTIQUES - FORT LAMY.                                                                                                                    | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | CIE. DE PROSP. NORD AFRIC. | SEL     | 1958  | RAPPORT SUR L'ETUDE GEOPHYSIQUE PAR PROCEDE DE SISMIQUE REFRACTION EXECUTEE DANS LA REGION DU QUADDAI POUR LE COMPTE DU SERVICE DE L'ELEVAGE DU TCHAD.                           | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | ORSTOM/CRT                 |         | 1959  | POLDERS DE BOL. DEBITS D'INFILTRATION. ETUDE DES VENTS.                                                                                                                          | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM/CRT                 |         | 1959  | EVALUATION DU DEBIT D'INFILTRATION DANS LE POLDER DE BOL.                                                                                                                        | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A.             |         | 1959  | POSSIBILITES D'AMENAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT.                                                                                                                                  | O    |           | HYDROL | 1              |
| TCHAD | ORSTOM/CSLT                |         | 1959  | ETUDE DE LA NAVIGABILITE DU CHARI ENTRE BOUSSO ET FORT-LAMY. RAPPORT DEFINITIF DES CAMPAGNES 1955-1956-1958.                                                                     | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A.             |         | 1959  | METHODE D'EXTRAPOLATION DU COEFFICIENT DE RUISSELEMENT SUR LES BASSINS EXPERIMENTAUX DE LA ZONE SAHELIERNE DU TCHAD. ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER, ANNEE 1957. | O    |           | HYDROL | 3              |

| PAYS  | AUTEURS             | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                         | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|---------------------|---------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | BESLON M., BOUTEYRE |         | 1959  | BASSIN EXPERIMENTAL DE BARLO. ETUDE DE RUISELLEMENT O EN REGIME SOUDANO-SAHELIEN. ETUDE PEDOLOGIQUE, CAMPAGNE 1958.                           |      |           | DIVERS | 3              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A.      |         | 1959  | MESURES DE DEBITS SOLIDES SUR LOGONE, CONGRES CCTA, N YAOUNDE 17-21/11/59.                                                                    |      |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | MUNIER P.           |         | 1959  | PROSPECTION PHENICOLE DES TERRITOIRES AU NORD DE LA REPUBLIQUE TCHADIENNE.                                                                    |      | CRA       | DIVERS | 1              |
| TCHAD | MERMILLOD J.        | IERGM   | 1959  | IMPLANTATION DE PUITS DANS LE MAYO-KEBBI - BRAZZAVILLE, IERGM.                                                                                | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | BARBEAU J.          | IERGM   | 1959  | QUATERNNAIRE DES ABORDS ORIENTAUX DU LAC TCHAD, (1 CARTE H.T.) - IERGM.                                                                       | N    | BE        | GEOLOG | 2              |
| TCHAD | MERMILLOD J.        | IERGM   | 1959  | IMPLANTATION DE PUITS DANS LE CANTON DE MILTOU (DISTRICT DE BOUSSO) - BRAZZAVILLE - IERGM.                                                    | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | MERMILLOD J.        | IERGM   | 1959  | IMPLANTATION DE PUITS DANS LA REGION DU LOGONE (2 CARTES H.T.). BRAZZAVILLE, IERGM                                                            | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | MERMILLOD J.        | IERGM   | 1959  | IMPLANTATION DE PUITS DANS LE DISTRICT DE MASSENYA - N BRAZZAVILLE.                                                                           |      | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | MERMILLOD J.        | IERGM   | 1959  | LE PROBLEME DE L'EAU A BALE ET GUINGUINI (KORO DE KIABE - REGION DU MOYEN-CHARI) - BRAZZAVILLE.                                               | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | MERMILLOD J.        | IERGM   | 1959  | COUPES GEOLOGIQUES DES PUITS DE DODJIGUI, BALKABRA, N DELI ET BESSEYE-GENLARDJE DANS LE DISTRICT DE MOUNDOU (REGION DU LOGONE) - BRAZZAVILLE. | N    | BE        | GEOLOG | 3              |
| TCHAD | MERMILLOD J.        | IERGM   | 1959  | NOTE SUR L'ALIMENTATION EN EAU DE FIANGA (MAYO-KEBBI) - BRAZZAVILLE.                                                                          | N    | BE        | AQUIFR | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                              | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                  | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|--------------------------------------|---------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | MERMILLOD J.                         | IERGM   | 1959  | NOTE PRELIMINAIRE SUR L'ALIMENTATION EN EAU DE LA VILLE DE KOUMRA (1 CARTE H.T.) BRAZZAVILLE.                                          | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | MERMILLOD J.                         | IERGM   | 1959  | NOTE PRELIMINAIRE SUR LA NAPPE PHREATIQUE DU KORO DE N KOUMRA (2 CARTES H.T.)                                                          |      | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | MERMILLOD J.                         | IERGM   | 1959  | COUPE GEOLOGIQUE DU FORAGE COTONFRAN DE PALA (REGION N DU MAYO-KEBBI) - BRAZZAVILLE.                                                   |      | BE        | GEOLOG | 3              |
| TCHAD | BARBEAU J.                           | IERGM   | 1959  | NOTE SUR LES SONDAGES PROFONDS DE LA ZONE SUD. RECHERCHES HYDROGEOLOGIQUES ET PETROLIERES - FORT LAMY.                                 | N    | BE        | GEOLOG | 4              |
| TCHAD | BARBEAU J.                           | IERGM   | 1959  | IMPLANTATION DE PUITS D'HYDRAULIQUE PASTORALE AU KANEM (DISTRICT NORD KANEM) - FORT LAMY.                                              | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | CIE DE PROSP. GEOPHYS.<br>NORD AFRIC |         | 1959  | RAPPORT SUR L'ETUDE GEOPHYSIQUE REALISEE PAR PROCEDES DE SISMIQUE REFRACTION ET GRAVIMETRIE DANS L'OUADDAI DU 14 AVRIL AU 6 JUIN 1959. | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | MERMILLOD J.                         | IERGM   | 1959  | IMPLANTATION DE PUITS DANS LA REGION DU GUERA (1 CARTE H.T.) - BRAZZAVILLE.                                                            | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | ABADIE J.                            | IERGM   | 1959  | RAPPORT DE FIN DE SEJOUR. MISE AU POINT DES CONNAISSANCES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES SUR LA COUPURE AU 1/1 000 000 D'ABECHE .     | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | ROCHE M.                             |         | 1960  | ETUDES D'ECOULEMENT EN REGIME DESERTIQUE. PLAINE DU MORTCHA ET MASSIF DE L'ENNEDI. CAMPAGNE 1959.                                      | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A., ROCHETTE C.          |         | 1960  | ETUDE DU LOGONE ET DES DEFLENTS CAMEROUNAIS ENTRE BONGOR ET TEKELE. PUBLICATION CRT N° 6007.                                           | O    |           | HYDROL | 4              |

C-14

| PAYS     | AUTEURS                   | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                                            | DISP | ARCHIVAGE OBJET | TYPE REFERENCE |   |
|----------|---------------------------|---------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------|----------------|---|
| TCHAD    | ROCHE M.                  |         | 1960  | APERÇU SUR LE CLIMAT ET L'HYDROLOGIE DU MASSIF DE L'ENNEDI ET DE LA PLAINE DU MORTCHA. BULLETIN DE LIAISON SAHARIENNE N°37.                                                                                      | O    | CLIMAT          | 4              |   |
| TCHAD    | BOUCHARDEAU A., BESLON M. |         | 1960  | ETUDE HYDROLOGIQUE DE LA CUVETTE DE DOBA. CAMPAGNE 1959. PUBLICATION CRT N°6013.                                                                                                                                 | O    | HYDROL          | 3              |   |
| TCHAD    | BESLON M.                 |         | 1960  | BASSIN EXPERIMENTAL DE BARLO. ETUDE DU RUISELLEMENT EN REGIME SUDANO-SAHELIEN, CAMPAGNE 1959.                                                                                                                    | O    | HYDROL          | 3              |   |
| TCHAD    | BILLON B.                 |         | 1960  | SUPPLEMENT 1958 A LA MONOGRAPHIE DU LOGONE INFÉRIEUR (NOTES A1, A2, 5 ET 6 - DEVERSEMENTS ENTRE LAI ET KATOA LORS DES CRUES DU LOGONE). PUBLICATION CRT N° 6014.                                                 | O    | HYDROL          | 4              |   |
| C<br>SIS | BESLON M., BILLON B.      |         | 1960  | AMENAGEMENT SATEGUI-DERESSIA. ETUDE DES DÉFLUENCES DU LOGONE ENTRE LAI ET BOUMO, CAMPAGNE 1959. PUBLICATION CRT N°6022.                                                                                          | O    | HYDROL          | 3              |   |
|          | TIXIER J., BESLON M.      |         | 1960  | RECHERCHES HYDROLOGIQUES DANS LES RÉGIONS D'ELEVAGE : BATHA-GUERA-QUADDAI. DONNÉES DE BASE POUR L'AMENAGEMENT DE POINTS D'EAU EN SURFACE OU À FAIBLE PROFONDEUR. CAMPAGNE 1959 - 1ERE PARTIE RAPPORT PROVISOIRE. | O    | HYDROL          | 3              |   |
| TCHAD    | BOUCHARDEAU A.            |         | 1960  | ETAT D'AVANCEMENT DES ÉTUDES HYDROLOGIQUES DANS LA REPUBLIQUE DU TCHAD.                                                                                                                                          | O    | HYDROL          | 4              |   |
| TCHAD    | ABADIE J.                 | IERGM   | 1960  | PROGRAMME D'AMÉNAGEMENTS DANS LA SOUS-PREFECTURE DE GOZ-BEIDA - FORT LAMY.                                                                                                                                       | N    | BE              | AQUIFR         | 1 |
| TCHAD    | ABADIE J.                 | IERGM   | 1960  | AMÉNAGEMENTS RURAUX DANS LE DISTRICT D'OUM-HAJDER - FORT LAMY.                                                                                                                                                   | N    | BE              | AQUIFR         | 4 |

| PAYS    | AUTEURS              | CLIENTS   | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|---------|----------------------|-----------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD   | MERMILLOD J.         | IERGM     | 1960  | NOTE COMPLEMENTAIRE SUR L'ALIMENTATION EN EAU DE FIANGA ET PROPOSITION DE SONDAGE (SUITE A LA PROSPECTION ELECTRIQUE D'AVRIL 1960).                  | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD   | MERMILLOD J.         | IERGM     | 1960  | IMPLANTATION DE PUITS DANS LA REGION DU LOGONE, TCHAD. RAPPORT DE MISSION : 3EME TRIMESTRE 1959 - 1ER TRIMESTRE 1960 - (1 CARTE H.T.) - BRAZZAVILLE. | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD   | MERMILLOD J.         | IERGM     | 1960  | IMPLANTATION DE PUITS DANS LA REGION DU MOYEN-CHARI. N MISSION 1959-1960 - BRAZZAVILLE, IERGM.                                                       | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD   | MERMILLOD J.         | IERGM     | 1960  | IMPLANTATION DE PUITS DANS LA REGION DU GUERA. MISSION 1ER SEMESTRE 1960 - BRAZZAVILLE.                                                              | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| Q<br>16 | TCHAD                | ABADIE J. | IERGM | PROSPECTION ELECTRIQUE ET IMPLANTATION DE PUITS DANS N LE NORD BATHA - FORT LAMY.                                                                    | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD   | ABADIE J.            | IERGM     | 1960  | ETUDES PARTICULIERES DANS LA PREFECTURE DU GUERA (3 CARTES) - FORT LAMY.                                                                             | N    | BE        | AQUIFR | 2              |
| TCHAD   | LOUIS P.             | ORSTOM    | 1960  | ETUDE GEOPHYSIQUE EN VUE DE L'ADDUCTION D'EAU DE FIANGA, TCHAD - ORSTOM CENTRE DE BANGUI.                                                            | N    | BE        | GEOLOG | 3              |
| TCHAD   | MERMILLOD J.         | IERGM     | 1960  | ETUDES HYDROGEOLOGIQUES FAITES DANS LA ZONE SUD DU TCHAD AU COURS DE L'ANNEE 1959-1960 - BRAZZAVILLE, BRGM.                                          | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD   | TIXIER J., BESLON M. |           | 1961  | BASSIN EXPERIMENTAL D'ABOU-GOULEM. CAMPAGNE 1958-1959. PUBLICATION CRT N°6142.                                                                       | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD   | ORSTOM/CRT           |           | 1961  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DU TCHAD, ANNEE 1960. PUBLICATION CRT N°6132.                                                                                  | O    |           | HYDROL | 3              |

| PAYS  | AUTEURS                      | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                 | DISP | ARCHIVAGE OBJET | TYPE REFERENCE |
|-------|------------------------------|---------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------|----------------|
| TCHAD | ROCHETTE C.                  |         | 1961  | ETUDE DE LA RIVE GAUCHE DU LOGONE - CASIER RIZICOLE DE KARTOA - CASIER RIZICOLE DE DJAFGA-GUERLEOU INFERIEUR. PUBLICATION CRT N°6133. | 0    | DIVERS          | 4              |
| TCHAD | BOREL Y.                     |         | 1961  | AMENAGEMENT DE LA ZONE ERE-LOKA-TANDJILE. CAMPAGNE 1960. PUBLICATION CRT N°6134.                                                      | 0    | HYDROL          | 3              |
| TCHAD | ROCHETTE C.                  |         | 1961  | AMENAGEMENT SATEGUI-DERESSIA. CAMPAGNE 1960. PUBLICATION CRT N° 6138.                                                                 |      | HYDROL          | 3              |
| TCHAD | ROCHETTE C.                  |         | 1961  | AMENAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT. CAMPAGNE 1960. PUBLICATION CRT N°6136.                                                               | 0    | HYDROL          | 3              |
| C17   | BILLON B.                    |         | 1961  | NOTE A1 A2 7. CRUE DU LOGONE EN 1960 SUPPLEMENT A LA MONOGRAPHIE DU LOGONE INFERIEUR. PUBLICATION CRT N° 61-39.                       |      | HYDROL          | 4              |
|       | BILLON B., RIMBERT           |         | 1961  | DONNEES DE BASE POUR DES PROJETS DE PONTS. CAMPAGNE 1960. PUBLICATION CRT N°6137.                                                     | 0    | HYDROL          | 3              |
|       | BILLON B., RANC N.           |         | 1961  | ETUDE HYDROLOGIQUE DE LA CUVETTE DE DOBA. CAMPAGNE 1960. PUBLICATION CRT N°6135.                                                      | 0    | HYDROL          | 3              |
|       | ORSTOM/EDF-IGECO             |         | 1961  | NOTE HYDROLOGIQUE PRELIMINAIRE POUR L'AMENAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT.                                                                | 0    | HYDROL          | 3              |
|       | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE |         | 1961  | RECONNAISSANCE HYDROLOGIQUE DANS LE MASSIF DU TIBESTI.                                                                                | 0    | HYDROL          | 1              |
|       | BILLON B.                    |         | 1961  | EVALUATION DE LA CRUE CENTENAIRE DU BAHR-SARA A MANDA (REESTIMATION A LA SUITE DE LA FORTE CRUE DE 1961). PUBLICATION CRT N°6146.     | 0    | HYDROL          | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                             | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                           | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|-------------------------------------|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | BOUCHARDEAU A.                      |         | 1961  | BACS D'EVAPORATION. MESURES COMPARATIVES,<br>ENREGISTREMENT CONTINU. PUBLICATION CRT N°6152.                                                    | O    |           | CLIMAT | 3              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A., BILLON B.           |         | 1961  | DEVERSEMENTS DU CHARI ENTRE KOUNDOL ET LE PONT DE<br>LA LOUMIA LORS DU MAXIMUM DE LA CRUE 1961.<br>PUBLICATION CRT N°6151.                      | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | PHILIPPART A.                       |         | 1961  | RAPPORT DE FIN DE MISSION SUR LA PROSPECTION<br>HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN DU SALAMAT.                                                           | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | CIE DE PROSP. GEOPHYS.<br>FRANCAISE |         | 1961  | BASSIN DE DOBA. ETUDE PAR SISMIQUE REFRACTION (23<br>MAI-26 JUIN 1961) - FORT LAMY.                                                             | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | MERMILLOD J.                        | IERGM   | 1961  | NOTE PRELIMINAIRE SUR L'HYDROGEOLOGIE DU BASSIN<br>SEDIMENTAIRE DU LOGONE EN AMONT DE LAI AU TCHAD (1<br>CARTE H.T.) - BRAZZAVILLE              | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | MERMILLOD J.                        | IERGM   | 1961  | IMPLANTATION DE PUITS DANS LA SOUS-PREFECTURE DE<br>KYABE (MOYEN-CHARI) - (1 CARTE H.T.) - BRAZZAVILLE.                                         | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | ABADIE J.                           | IERGM   | 1961  | RESULTATS DU FORAGE DE RECONNAISSANCE DE<br>FAYA-LARGEAU - INSTITUT EQUATORIAL DE RECHERCHES ET<br>D'ETUDES GEOLOGIQUES ET MINIERES.            | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | BILLON B., BOULIN E.                |         | 1962  | OUADI ENNE. CAMPAGNE 1961. PUBLICATION CRT N°6211.<br>III TOMES.                                                                                | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | BILLON B., BOULIN E.                |         | 1962  | NAVIGATION ENTRE FORT-LAMY ET LES CUVETTES<br>LACUSTRES. CAMPAGNE 1962. PUBLICATION CRT N°6210.                                                 | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | BILLON B.                           |         | 1962  | INVENTAIRE DES ETUDES REALISEES OU EN COURS DE<br>REALISATION DANS LES ZONES SAHéliENNES ET<br>DESERTIQUES DU TCHAD. REUNION CCTA DE FORT-LAMY. | O    |           | HYDROL | 3              |

| PAYS     | AUTEURS                    | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                   | DISP | ARCHIVAGE | OBJET | TYPE REFERENCE |
|----------|----------------------------|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-------|----------------|
| TCHAD    | BOUCHARDEAU A., LEFEVRE R. |         | 1962  | RESUME DE LA MONOGRAPHIE DU LAC TCHAD. REUNION CCTA DE FORT-LAMY.                                                                                                       | O    |           |       | HYDROL 4       |
| TCHAD    | BOUCHARDEAU A.             |         | 1962  | LES POLDERS DU LAC TCHAD. CONDITIONS PHYSIQUES DES AMENAGEMENTS. REUNION DU CCTA DE FORT-LAMY.                                                                          | O    |           |       | HYDROL 5       |
| TCHAD    | RODIER J.                  |         | 1962  | RESULTATS DES ETUDES ENTREPRISES SUR LES PHENOMENES D'ECOULEMENT DANS LA DEPRESSION DU BAHR EL GHAZAL. REUNION CCTA DE FORT-LAMY.                                       | O    |           |       | HYDROL 4       |
| TCHAD    | ABADIE J.                  | BRGM    | 1962  | ETUDES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES DANS LA REGION DE FAYA-LARGEAU - FORT LAMY, ABECHE, BRGM.                                                                        | N    | BE        |       | AQUIFR 4       |
| C<br>610 | SCHNEIDER J.L.             | BRGM    | 1962  | NOTE RELATIVE AUX RESSOURCES HYDRAULIQUES DE LA VILLE DE BILTINE ET A LA POSSIBILITE D'UNE ADDUCTION D'EAU POUR CETTE VILLE - BRGM, FORT LAMY.                          | N    | BE        |       | AQUIFR 4       |
|          | BARBEAU J.                 | BRGM    | 1962  | IMPLANTATION DE PUITS DANS LA REGION DE KORO-TORO - ZOUAR, BRGM.                                                                                                        | N    | BE        |       | AQUIFR 4       |
| TCHAD    | BARBEAU J.                 | BRGM    | 1962  | SOURCES THERMALES DE SOBOROM (NOTE PRELIMINAIRE) - FORT LAMY, BRGM.                                                                                                     | N    | BE        |       | AQUIFR 4       |
| TCHAD    | SCHNEIDER J.L.             | BRGM    | 1962  | ETUDES HYDROGEOLOGIQUES DANS LA PREFECTURE DE KAPKA , TCHAD. CAMPAGNE 1962. SISMIQUE REFRACTION ET SONDAGES DE RECONNAISSANCE. RAPPORT DE FIN DE TRAVAUX - BRGM, TCHAD. | N    | BE        |       | AQUIFR 3       |
| TCHAD    | BOURGNE L.                 | BRGM    | 1962  | NIVELLEMENT DES POINTS D'EAU DANS LE SALAMAT. RAPPORT DE FIN DE MISSION - BRAZZAVILLE, BRGM. (3 CARTES H.T.).                                                           | N    | BE        |       | AQUIFR 3       |
| TCHAD    | BRGM                       | BRGM    | 1962  | IMPLANTATION DES PUITS DE LA ROUTE DU BETAIL DU 13E PARALLELE - FORT LAMY, BRGM                                                                                         | N    | BE        |       | AQUIFR 4       |

| PAYS  | AUTEURS                       | CLIENTS                   | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                              | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|-------------------------------|---------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | MERMILLOD J.                  | BRGM                      | 1962  | NOTE PRELIMINAIRE SUR LES IMPLANTATIONS DE PUITS DANS LA SOUS-PREFECTURE DE GOZ-BEIDA, ZONE SUD . MISSION HYDROGEOLOGIQUE, BRGM.                                                   | N    | BE        | AQUIFR | 1              |
| TCHAD | SCHNEIDER J.L.                | BRGM                      | 1962  | IMPLANTATION DE 36 PUITS DANS LE LEOA (KANEM), 2E TRANCHE FED. MISSION HYDROGEOLOGIQUE - FORT LAMY, BRGM.                                                                          | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | LES TRAVAUX SOUTERRAINS       |                           | 1962  | RAPPORT SUR L'EXECUTION D'UN FORAGE DESTINE A L'ALIMENTATION EN EAU DE LA VILLE DE FAYA-LARGEAU - FORT LAMY.                                                                       | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | BARBEAU J.                    | BRGM                      | 1962  | IMPLANTATION DE PUITS DANS LA PARTIE SUD ET SUD-OUEST DES SOULIA KECHERDA (2E TRANCHE FED). MISSION HYDROGEOLOGIQUE - FORT LAMY, BRGM.                                             | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| C-20  | TCHAD                         | C.P.G.F., LES TRAV. SOUT. | 1962  | PROSPECTION PAR SISMIQUE REFRACTION DANS LES PREFECTURES DE FAYA-LARGEAU, BILTINE ET ABECHE - FORT LAMY.                                                                           | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE  |                           | 1963  | CHUTES GAUTHIOT. CAMPAGNE HYDROLOGIQUE 1961.                                                                                                                                       | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE  |                           | 1963  | ETUDE HYDROLOGIQUE DE LA VALLEE DU ZOUNRI. MISSION 1962.                                                                                                                           | O    |           | HYDROL | 1              |
| TCHAD | BILLON B., BOULIN E., RANC N. |                           | 1963  | DONNEES DE BASE HYDROLOGIQUES POUR DES PROJETS DE PONTS. CAMPAGNE 1962. PUBLICATION CRT N°631.                                                                                     | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | BILLON B., RANDON R.          |                           | 1963  | ETUDE DES ZONES DE RIZICULTURE. CAMPAGNE 1962 (1ERE PARTIE : ERE-LOKA-TCHAOUEN, MOUNDOU, 2EME : SATEGUI-DERESSIA ET 3EME PARTIE : DOBA-MANDOUL). PUBLICATIONS CRT N°634, 635, 636. | O    |           | HYDROL | 3              |

| PAYS  | AUTEURS                               | CLIENTS        | ANNEE                                                                                                               | TITRE                                                                                                                                                                    | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|---------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | BILLON B., CALLEDE J.,<br>SABATIER J. |                | 1963                                                                                                                | ETUDE HYDROCLIMATOLOGIQUE DES POLDERS DE LA REGION<br>DE BOL. PUBLICATION CRT.                                                                                           | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE       |                | 1963                                                                                                                | LE BASSIN DU ZOUNRI AU TIBESTI. ANNUAIRE<br>HYDROLOGIQUE DE L'OFFICE DE LA RECHERCHE<br>SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER, ANNEE 1959.                                 | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | BILLON B.                             |                | 1963                                                                                                                | NAVIGABILITE DU CHARI ET DU LAC TCHAD. SERV. HYDROL. O<br>ORSTOM.                                                                                                        |      |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | DIELEMAN P.J., DE RIDDER<br>N.A.      |                | 1963                                                                                                                | EXPERTISE SUR LES MOUVEMENTS DES EAUX ET DU SEL DANS N<br>LE POLDER DE BOL-GUINI. INST. INTERNAT. POUR<br>L'AMELIORATION ET LA MISE EN VALEUR DES TERRES,<br>WAGENINGEN. |      |           | QUALIT | 4              |
| C-21  | TCHAD                                 | SCHNEIDER J.L. | BRGM                                                                                                                | 1963 ENQUETE HYDROGEOLOGIQUE DANS LE CHITATI<br>SEPTENTRIONAL (KANEM) - FORT LAMY, BRGM, ( 1 CARTE<br>H.T.).                                                             | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | MERMILLOD J.                          | BRGM           | 1963 NOTE D'INFORMATION HYDROGEOLOGIQUE SUR LES ROUTES DU N<br>BETAIL - BRGM, (1 CARTE H.T.).                       |                                                                                                                                                                          | BE   |           | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | MERMILLOD J.                          | BRGM           | 1963 NOTE PROVISOIRE SUR LES OBSERVATIONS<br>HYDROGEOLOGIQUES FAITES SUR LE FORAGE D'AM TIMAN -<br>FORT LAMY, BRGM. | N                                                                                                                                                                        | BE   |           | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | TORRENT H.                            | BRGM           | 1963 AMENAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT (MAYO-KEBBI) . ETUDE N<br>GEOLOGIQUE - GENEVE, BRGM, ( 6 CARTES H.T.).         |                                                                                                                                                                          | BE   |           | GEOLOG | 2              |
| TCHAD | ORSTOM                                | ORSTOM         | 1963 ETAT DES TRAVAUX GRAVIMETRIQUES DANS LE BASSIN DU<br>TCHAD. ANNEE 1963 - PARIS, ORSTOM. (5 CARTES H.T.).       | N                                                                                                                                                                        | BE   |           | GEOLOG | 3              |
| TCHAD | BRGM                                  | BRGM           | 1963 ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DANS LE OUADDAI. FICHE DE<br>TRAVAUX, (2 CARTES) - BRGM.                                 | N                                                                                                                                                                        | BE   |           | AQUIFR | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                                | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                   | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|----------------------------------------|---------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | BRGM                                   | BRGM    | 1963  | RAPPORT SUR LES FLUCTUATIONS DES NAPPES : KANEM,<br>CHARI-BAGUIRMI,BATHA - FORT LAMY, BRGM.                                                                                             | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | MERMILLOD J.                           | BRGM    | 1963  | NOTE PRELIMINAIRE SUR LA NAPPE PHREATIQUE DE LA<br>PARTIE NORD DU BASSIN DE L'AOUK - SALAMAT. (5 CARTES<br>H.T.) - BRGM.                                                                | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | ABADIE J.                              | BRGM    | 1963  | COMMENTAIRE DES RESULTATS DES RECHERCHES PAR<br>GEOPHYSIQUE ET FORAGES, ENTREPRISES PAR LA C.G.G.<br>DANS LE OUADDAI DE MAI A JUILLET 1963 - BRGM.                                      | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | MERMILLOD J.                           | BRGM    | 1963  | SUPPLEMENT A LA NOTE PRELIMINAIRE SUR LA NAPPE<br>PHREATIQUE DE LA PARTIE NORD DU BASSIN DE<br>L'AOUK-SALAMAT ZONE MONTAGNEUSE ET DE PIEMONTE DU<br>BAHR-AZOUR - BRGM, ( 1 CARTE H.T.). | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| C-22  | TCHAD                                  | BCEOM   | 1963  | CONSTRUCTION DE 393 PUITS DANS LES ZONES OUEST,<br>CENTRALE ET EST DU TCHAD.                                                                                                            | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE/CSLT   |         | 1964  | AMELIORATION DE LA NAVIGABILITE DE LA HAUTE BENOUÉ.<br>RAPPORT DE MISSION 1950-1951-1952.                                                                                               | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | CALLEDE J.                             |         | 1964  | NOTE SUR LA DETERMINATION DES DEBITS DE CRUE DU<br>LOGONE A MOUNDOU.                                                                                                                    | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | CALLEDE J.                             |         | 1964  | DETERMINATION DES DONNEES HYDROLOGIQUES EN VUE DE<br>L'ETUDE DU PROJET DU PONT DE KALE SUR LE LOGONE.<br>PUBLICATION CRT N°641.                                                         | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | RIOU CH., CALLED J.,<br>BOUCHARDEAU A. |         | 1964  | RESULTATS RECENTS DES MESURES D'EVAPORATION AU<br>TCHAD.                                                                                                                                | O    |           | CLIMAT | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE        |         | 1964  | DONNEES HYDROLOGIQUES POUR L'ETUDE DE LA PROTECTION<br>DE LA BERGE RIVE DROITE DU CHARI A FORT-LAMY.                                                                                    | O    |           | HYDROL | 4 1            |

| PAYS  | AUTEURS                            | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                                                                                           | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|------------------------------------|---------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | BILLON B.                          |         | 1964  | NOTE SUR L'ALIMENTATION DU BAHR ERGUIG. PUBLICATION O CRT N° 642.                                                                                                                                                                                               |      |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | BILLON B.                          |         | 1964  | ETUDE HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU BAM BAM DANS LE MASSIF DU GUERA(TCHAD). CAMPAGNE 1963.                                                                                                                                                                  |      |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | RIOU CH.                           |         | 1964  | SIGNIFICATION DES MESURES D'EVAPORATION EN BAC SUR LE BORD DU LAC TCHAD.                                                                                                                                                                                        | O    |           | CLIMAT | 4              |
| TCHAD | BILLON B., CALLED J., MICHENAUD P. |         | 1964  | ETUDES HYDROLOGIQUES POUR LE CHEMIN DE FER TRANSCAMROUNAIS, BASSIN EXPERIMENTAL DE BADE. RAPPORT PRELIMINAIRE (CAMPAGNE 1963). PUBLICATION CRT N°646.                                                                                                           | O    |           | HYDROL | 3              |
| C-23  | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE       |         | 1964  | BASSIN EXPERIMENTAL DE MATAON - 1964.                                                                                                                                                                                                                           | O    |           | HYDROL | 3              |
|       | RIOU CH.                           |         | 1964  | QUELQUES MESURES D'EROSION SUR LE BASSIN DU BAM BAM (GUERA)                                                                                                                                                                                                     | O    |           | HYDROL | 3              |
|       | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE       |         | 1964  | ETUDE D'UN BASSIN TYPE DE 1000 KM2 DANS LA REGION DU GUERA. RAPPORTS D'ACTIVITES POUR LA CAMPAGNE 1964.                                                                                                                                                         |      |           | HYDROL | 3              |
|       | MERMILLOD J.                       | BRGM    | 1964  | ADDUCTION DE PALA. NOTE SUR LES TRAVAUX DE PROSPECTION ELECTRIQUE EFFECTUES A PALA PAR L'ORSTOM EN 1962 - FORT LAMY. BRGM.                                                                                                                                      | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
|       | BRGM                               | BRGM    | 1964  | ENQUETE HYDROGEOLOGIQUE ET PREPARATION DE L'IMPLANTATION DES SONDAGES DE RECONNAISSANCE DANS LE SUD DE L'ENNEDI, BATHA, LE KAPKA, L'OUADDIAI (1E SEM. 1963) - ETAT D'AVANCEMENT DES TRAVAUX DE FORAGES DE PUITS DANS L'ENNEDI AU 31 MARS 1964 - FORT LAMY, BRGM | N    | BE        | AQUIFR | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                      | CLIENTS                      | ANNEE | TITRE                                                                                                                                               | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|------------------------------|------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | GAGNIERE G.                  | BRGM                         | 1964  | RAPPORT DE FIN DE MISSION. CAMPAGNE DES 116 FORAGES F.E.D.O.M.(CARTES, COUPES GEOLOGIQUES) - BRGM.                                                  | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | BRGM                         | BRGM                         | 1964  | ENQUETE HYDROGEOLOGIQUE DANS LA REGION NORD-EST (BATHA, GUERA ET OUADDAI).                                                                          | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE |                              | 1965  | ETUDE DES VARIATIONS DES TAUX DE MATIERE ORGANIQUE, D'AZOTE ET DE SALINITE DANS LES POLDERS DU LAC TCHAD, CAMPAGNE 1963.                            | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE |                              | 1965  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD, ANNEE 1961 ET 1962.                                                                                | O    |           | HYDROL | 3              |
| C-24  | TCHAD                        | RIOU CH.                     | 1965  | ETUDE DU RUISSELLEMENT SUR PETITES PARCELLES.                                                                                                       | O    |           | HYDROL | 4              |
|       | TCHAD                        | BILLON B.                    | 1965  | LA PREVISION DES CRUES DU LAC TCHAD.                                                                                                                | O    |           | HYDROL | 4              |
|       | TCHAD                        | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE | 1965  | DONNEES CLIMATOLOGIQUES CONCERNANT LA REGION DE BOL DURANT LES ANNEES 1963 ET 1964.                                                                 | O    |           | CLIMAT | 3              |
|       | TCHAD                        | BILLON B. RANDON R.          | 1965  | ETUDE HYDROLOGIQUE DES SEUILS DE TIKEM ET DE MOLFODEYE. CAMPAGNE 1964.                                                                              | O    |           | HYDROL | 3              |
|       | TCHAD                        | ROCHE M.A.                   | 1965  | TRAITEMENT DES RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUES DES SELS D'UN SYSTEME HYDROLOGIQUE EN CALCUL AUTOMATIQUE. APPLICATION AU SYSTEME DU LAC TCHAD. | O    |           | QUALIT | 4              |
|       | TCHAD                        | BILLON B., CALLEDE J.        | 1965  | ETUDES HYDROLOGIQUES INTERESSANT LES PROJETS DE ROUTES : BOKORO - MANGALME - MONGO ET ATI.                                                          | O    |           | HYDROL | 4              |
|       | TCHAD                        | CALLEDE J., DUBOIS J.        | 1965  | ETUDES HYDROLOGIQUES POUR LE CHEMIN DE FER TRANSCAMEROUNAIS. CAMPAGNE 1964. RAPPORT DEFINITIF.                                                      | O    |           | HYDROL | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                      | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                       | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|------------------------------|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | BILLON B., RANDON R.         |         | 1965  | ETUDE HYDROLOGIQUE DES CHUTES GAUTHIOT. CAMPAGNE 1964.                                                                                                      | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | CABOT J.                     |         | 1965  | LE BASSIN DU MOYEN LOGONE.                                                                                                                                  |      | CRA       | HYDROL | 4              |
| TCHAD | BERREBI D.                   |         | 1965  | FORAGE DE KOUNDOU: EXECUTION, ESSAIS, ETUDES DE LA NAPPE - FORT LAMY.                                                                                       |      | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | CIEH                         | CIEH    | 1965  | MONOGRAPHIE DU LAC TCHAD. REEDITION.                                                                                                                        | N    | BE        | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE |         | 1966  | ETUDE DES CRUES MAXIMALES ANNUELLES DU LOGONE A MOUNDOU.                                                                                                    | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | BRUNET-MORET Y.              |         | 1966  | COMPLEMENT A L'ETUDE GENERALE DES AVERSES EXCEPTIONNELLES EN AFRIQUE OCCIDENTALE - REPUBLIQUE DU TCHAD.                                                     | O    |           | CLIMAT | 1              |
| TCHAD | RIOU CH., DUBOIS G.          |         | 1966  | L'UTILISATION DES BACS D'EVAPORATION SOUS CLIMAT SAHELien.                                                                                                  | O    |           | CLIMAT | 4              |
| TCHAD | CALLEDE J.                   |         | 1966  | NOTE SUR UN JAUGEAGE CHIMIQUE (MAYO LIGAM).                                                                                                                 | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | RIOU CH., DUBOIS J.          |         | 1966  | PREMIERES MESURES D'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE EN REPUBLIQUE DU TCHAD..                                                                                 | O    |           | CLIMAT | 3              |
| TCHAD | ROCHE M.A.                   |         | 1966  | LE MANDOUL A N'DILA. LE PETIT MANDOUL A HARABANGA. CAMPAGNE 1965.                                                                                           | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | RIOU CH.                     |         | 1966  | RELATIONS ENTRE L'EVAPOTRANSPIRATION EN BAC, L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE ET L'EVAPORATION SOUS ABRI DANS LA ZONE SAHELienne DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD. | O    |           | CLIMAT | 4              |

C-26

| PAYS  | AUTEURS                             | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                               | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|-------------------------------------|---------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | BILLON B., ROCHE M.A.               |         | 1966  | ETUDE HYDROLOGIQUE DES OUADIS KADJEMEUR, SOFOYA ET FERA. CAMPAGNE 1965.                                                                             | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | CALLEDE J.                          |         | 1966  | ETUDE HYDROLOGIQUE POUR L'AMENAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT. CAMPAGNE 1965.                                                                           | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE        |         | 1966  | RELEVES HYDROGRAPHIQUES DU LOGONE EN AMONT DU PONT DE MOUNDOU.                                                                                      | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | BOUCHARDEAU A., BILLON B.           |         | 1966  | LES DEVERSEMENTS DU LOGONE VERS LA BENOUÉ. TERRES ET EAUX, N°49.                                                                                    | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE        |         | 1966  | ESQUISSE HYDROLOGIQUE DU TCHAD.                                                                                                                     | 0    |           | HYDROL | 1              |
| TCHAD | TOUCHEBEUF DE LUSSIGNY P.           |         | 1966  | BILAN HYDROLOGIQUE DU LAC TCHAD. SYMPOSIUM DE GARDE, OCTOBRE 1966. PUB. AIHS, N°70.                                                                 | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | BILLON B., ROCHE M.A.               |         | 1966  | ETUDE HYDROLOGIQUE DU MANDOUL A DORO-NDILA ET NARABANGA. SECT. HYDROL. ORSTOM.                                                                      | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | SCHNEIDER J.L.                      |         | 1966  | CARTE HYDROGEOLOGIQUE DE RECONNAISSANCE AU 1/500 000, FEUILLE DE MAYO ET FORT-LAMY, RAPPORT DE SYNTHESE. BRGM, ORLEANS..                            | 0    |           | AQUIFR | 2              |
| TCHAD | COM.NAT.RECH.<br>SCIENT.TECH., BRGM | BRGM    | 1966  | RECONNAISSANCE DE LA NAPPE PHREATIQUE DANS LA REGION N DE BOKORO - LAC FITRI EN VUE DE SON AMENAGEMENT HYDRAULIQUE PAR PUITS. NOTE DE PRESENTATION. | BE   |           | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | ZOUBOVSKY P.J.                      |         | 1966  | FORAGE DU MARCHE : EXECUTION, ESSAIS, ETUDE DE LA NAPPE - FORT LAMY.                                                                                | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | LOHOU R.                            | BE      | 1966  | NOTE SUR LE FORAGE DU LABORATOIRE DE FARCHA - FORT LAMY.                                                                                            | N    | BE        | AQUIFR | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                             | CLIENTS | ANNEE   | TITRE                                                                                                                                                                                                                                                             | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|-------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | TORRENT H. PHILIPPART A. BE         |         | 1966    | IMPLANTATION DE 165 PUITS DANS LES PREFECTURES DU<br>CHARI-BAGUIRMI, DU BATHA, DE L'OUADDAI ET DE<br>BILTINE. VOL. 1 : ETUDES HYDROGEOLOGIQUES ET<br>SOCIO-ECONOMIQUES.                                                                                           | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | PLOTE.H.                            | BRGM    | 1966    | PROGRAMME QUADRIENNAL D'AMENAGEMENT HYDRAULIQUE DE<br>L'OUADDAI. ETUDE DU SECTEUR NORD-EST. CAMPAGNE<br>1964-1965 - 4 VOLUMES.                                                                                                                                    | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | PLOTE.H.                            | BRGM    | 1966    | PROGRAMME QUADRIENNAL D'AMENAGEMENT HYDRAULIQUE DE<br>L'OUADDAI<br>ETUDE DU SECTEUR NORD-OUEST. CAMPAGNE 1964-1965 - 2<br>VOLUMES.                                                                                                                                | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| C-27  | SCHEIDER J.L.                       | BRGM    | 1966    | CARTE HYDROGEOLOGIQUE AU 1/50 000 NOTICE FEUILLE<br>FORT LAMY 1 CARTE COULEUR H.T.                                                                                                                                                                                | N    | BE        | AQUIFR | 2              |
| TCHAD | ABADIE J. GAGNIERE G.               | BRGM    | 1966    | CARTE HYDROGEOLOGIQUE AU 1/50 000 NOTICE FEUILLE<br>BATHA 1 CARTE COULEUR                                                                                                                                                                                         | N    | BE        | AQUIFR | 2              |
| TCHAD | BILLON B., BOUCHARDEAU A.<br>ET AL. |         | 1966/67 | MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU LOGONE. 5 PARTIES :<br>FACTEURS CONDITIONNELS DU REGIME, EQUIPEMENT ET<br>MESURES HYDROMETRIQUES, DEBITS OBSERVES,<br>INTERPRETATION DES DONNEES DU LOGONE SUPERIEUR,<br>INTERPRETATION DES DONNEES DU LOGONE INFERIEUR (2<br>TOMES). | DREM | HYDROL    | 4      |                |
| TCHAD | BILLON B. ET AL.                    |         | 1966/67 | MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU LOGONE. 6EME PARTIE (2<br>TOMES), DEBITS JOURNALIERS AUX STATIONS DU HAUT<br>BASSIN, DEBITS JOURNALIERS ET HAUTEURS<br>LIMNOMETRIQUES AUX STATIONS DU LOGONE INFERIEUR<br>(aval de LAI).                                              | DREM | HYDROL    | 3      |                |

| PAYS  | AUTEURS               | CLIENTS  | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                            | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|-----------------------|----------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | BOUCHARDEAU A.        |          | 1967  | L'AMORTISSEMENT DES CRUES DU LOGONE EN AVAL DE LAI.                                                                                                                                              | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | BILLON B., CALLEDE J. |          | 1967  | ETUDE DU FRANCHISSEMENT DU LOGONE DANS LA REGION<br>D'ERE. CAMPAGNE 1966. SEC. HYDROL. ORSTOM.                                                                                                   | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ROCHE M.A.            |          | 1967  | PREMIERE ESTIMATION DES APPORTS EN SELS AU LAC TCHAD<br>PAR LE CHARI.                                                                                                                            | 0    |           | QUALIT | 3              |
| TCHAD | RIOU CH.              |          | 1967  | UNE INTERPRETATION DE L'EFFET D'OASIS ET SON<br>APPLICATION A FORT-LAMY.                                                                                                                         | 0    |           | CLIMAT | 4              |
| TCHAD | BILLON B.             |          | 1967  | RELATIONS ENTRE LES CRUES DU CHARI ET LES CRUES DU<br>LAC TCHAD. RECONSTITUTION DES NIVEAUX DU LAC TCHAD<br>DEPUIS 1971.                                                                         | 0    |           | HYDROL | 4              |
| C-28  | TCHAD                 | RIOU CH. | 1967  | DONNEES SUR L'EVAPORATION SUR BAC ET L'EVAPORATION<br>POTENTIELLE.                                                                                                                               | 0    |           | CLIMAT | 3              |
| TCHAD | SCHNEIDER J.L.        |          | 1967  | CARTE HYDROGEOLOGIQUE DE RECONNAISSANCE AU 1/500<br>000. IN RAPPORT DE SYNTHESE DE LA FEUILLE FORT-LAMY.<br>REPUBLIQUE DU TCHAD. BRGM. LAM. 67. A4.                                              | 0    |           | AQUIFR | 2              |
| TCHAD | SCHNEIDER J.L.        |          | 1967  | RELATION ENTRE LE LAC TCHAD ET LA NAPPE PHREATIQUE.<br>A.I.H.S. SYMPOSIUM DE GARDE.                                                                                                              | 0    |           | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | SERVANT M.            |          | 1967  | DONNEES STRATIGRAPHIQUES SUR LE QUATERNaire<br>SUPERIEUR ET RECENT AU NORD-EST DU LAC TCHAD. VIEME<br>CONG. PARAFR. DE PREHIST. ET QUATERN., DAKAR ET<br>CAHIERS ORSTOM, SER. GEOL., 1970, 2, 1. | 0    |           | GEOLOG | 4              |
| TCHAD | SERVANT S.            |          | 1967  | REPARTITION DES DIATOMees DANS LES SEQUENCES<br>LACUSTRES HOLOCENES DU NORD-EST DU LAC TCHAD.<br>PREMIERES OBSERVATIONS ET PERSPECTIVES DE<br>RECHERCHES. CAHIERS ORSTOM, SER. GEOL., 2, 1.      | 0    |           | GEOLOG | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                      | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                     | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|------------------------------|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | BUREAU DE L'EAU              | BE      | 1967  | RAPPORT DE MISSION DANS LE GUERA, MAI 1967.<br>INVENTAIRE DES RESSOURCES EN EAU PAR ZONE - FORT LAMY, BE.                                 | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | LOHOU R.                     | BE      | 1967  | FORAGE DU CAMP DUBUT (3) : EXECUTION, ESSAI, ETUDES DE LA NAPPE - FORT LAMY.                                                              | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | GHERI F.                     |         | 1967  | ETUDE DE L'ALIMENTATION EN EAU DE LA VILLE DE FORT LAMY. INTRODUCTION ET RAPPORT DE SYNTHESE. VOL.1, CTI-FIRENZE.                         | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | GHERI F., DORO A.            | STEE    | 1967  | ETUDE DE L'ALIMENTATION EN EAU DE LA VILLE DE FORT LAMY. OPERATION FED. PROJET 212.112.02 .RAPPORT DES FORAGES - COTEI, FIRENZE (ITALIE). | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| C-29  | PLOTE.H.                     | BRGM    | 1967  | PROGRAMME QUADRIENNAL D'AMENAGEMENT HYDRAULIQUE DE L'OUADDAI. ETUDE DES SECTEURS NORD-EST ET CENTRE OUEST. CAMPAGNE 1966.                 | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
|       | BILLON B.                    |         | 1968  | MISE AU POINT DES MESURES DES DEBITS SOLIDES EN SUSPENSION (REPUBLIQUE DU TCHAD). CAHIERS ORSTOM, SER. HYDROL., VOL.5, N°2.               | O    |           | HYDROL | 3              |
|       | ILTIS A., ROCHE M.A.         |         | 1968  | COMPTE RENDU DE MISSION SUR LE LAC TCHAD REALISEE DU 23 MARS AU 11 AVRIL.                                                                 |      |           | HYDROL | 1              |
|       | CARRE P.                     |         | 1968  | ETUDE HYDROLOGIQUE DU MANDOUL A LA DIGUE DE DORO NDILA ET DU PETIT MANDOUL A NARABANGA (1965-1966-1967).                                  | O    |           | HYDROL | 4              |
|       | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE |         | 1968  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD, ANNEE 1963 ET 1964.                                                                      | O    |           | HYDROL | 3              |

| PAYS  | AUTEURS                              | CLIENTS   | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                   | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|--------------------------------------|-----------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | ROCHE M.A.                           |           | 1968  | ECOULEMENT DE SUFACE. ALIMENTATION DES NAPPES ET TRANSPORT SOLIDE DES OUADIS FERA, KADJEMEUR ET SOFOYA (REP. DU TCHAD). RAPPORT DEFINITIF 1965, 1966.   | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE         |           | 1968  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD, ANNEE 1965, 1966.                                                                                      | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | GIRARD G., LE GUILLOU J.L.           |           | 1968  | ETUDE DES CRUES DU BASSIN VERSANT DU BAM-BAM A TIALOZOUDDOU (TCHAD). RAPPORT DEFINITIF (1963-1966). 2 TOMES 1 ET 2.                                     | O    |           | HYDROL | 4              |
| C30   | FONTES J.C., MAGLIONE G., ROCHE M.A. |           | 1968  | DONNEES ISOTOPIQUES PRELIMINAIRES SUR LES RAPPORTS DU LAC TCHAD AVEC LES NAPPES DE LA BORDURE NORD-OUEST.                                               | O    |           | QUALIT | 3              |
|       | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE         |           | 1968  | ETUDE HYDROLOGIQUE DU MAYO DORO A ZAMA GOIJN, TOROK ET BALANI. CAMPAGNE 1967.                                                                           | O    |           | HYDROL | 3              |
|       | CARMOUZE J.P.                        |           | 1968  | IONS MAJEURS, PHOSPHATES ET SILICATES DANS LE LAC-TCHAD EN AVRIL 1968.                                                                                  | CRA  |           | QUALIT | 4              |
|       | ROCHE M.A.                           |           | 1968  | PREMIERE ESTIMATION DES APPORTS EN SELS AU LAC TCHAD PAR LE CHARI. CAHIERS ORSTOM, SERIE HYDROLOGIE, VOL.5, N°1.                                        | CRA  |           | QUALIT | 4              |
|       | DAVID J.                             | BRGM      | 1968  | NOTE SUR L'HYDROGEOLOGIE DE LA REGION DE DJEDDA (NORD D'ATI). (1 CARTE) - BRGM.                                                                         | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
|       | PNUD, FAO                            | PNUD, FAO | 1968  | RAPPORT DES ACTIVITES DU 1/12/1967 AU 1/8/1968. PROJET UNDP-FAO. ETUDE DES RESSOURCES EN EAU DU BASSIN DU TCHAD EN VUE D'UN PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT. | N    | BE        | AQUIFR | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                            | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                                             | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|------------------------------------|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | PLOTE H.                           | BRGM    | 1968  | PROGRAMME QUADRIENNAL D'AMENAGEMENT HYDRAULIQUE DE L'OUDAI. ETUDE DU SECTEUR SUD. CAMPAGNE 1967-1968 - 2 VOLUMES.                                                                                                 | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | ROCHE M.A.                         |         | 1969  | EVOLUTION DANS L'ESPACE ET LE TEMPS DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE DES EAUX DU LAC TCHAD D'APRES LES RESULTATS DE 1908, 1957, 1962 A MARS 1968.                                                                    | O    |           | QUALIT | 4              |
| TCHAD | BILLON B. ET AL.                   |         | 1969  | MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU CHARI. 5 PARTIES : LES FACTEURS CONDITIONNELS DU REGIME, EQUIPEMENT ET MESURES HYDROMETRIQUES, DONNEES DE BASE, INTERPRETATION DES DONNEES, RECUEIL DES DONNEES NUMERIQUES (2 TOMES). | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE       |         | 1969  | RAPPORT PROVISOIRE SUR L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU POLDER DE TCHINGAM.                                                                                                                                             | O    |           | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | POUYAUD B.                         |         | 1969  | RAPPORT DE MISSION. STATIONS BIOCLIMATIQUES DU TCHAD. 18 JUIN - 12 JUILLET 1969.                                                                                                                                  | O    |           | CLIMAT | 4              |
| TCHAD | CARRE P.                           |         | 1969  | DONNEES HYDROLOGIQUES DE BASE SUR LA RIVE DROITE DU BAS-CHARI.                                                                                                                                                    | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | FONTES J.C., MAGLIONE G., ROCHE M. |         | 1969  | ELEMENTS D'HYDROLOGIE ISOTOPIQUE DANS LE BASSIN DU LAC TCHAD.                                                                                                                                                     | O    |           | QUALIT | 3              |
| TCHAD | TOUCHEBEUF DE LUSSIGNY P. ET AL.   |         | 1969  | MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU LAC TCHAD. 3 TOMES.                                                                                                                                                                   | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | CARMOUZE J.P.                      |         | 1969  | SALURE GLOBALE ET SPECIFIQUE DES EAUX DU LAC TCHAD EN 1968. SERIE HYDROLOGIE, NOVEMBRE 1969.                                                                                                                      | O    |           | QUALIT | 4              |

C-32

| PAYS  | AUTEURS                              | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                   | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|--------------------------------------|---------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL       |         | 1969  | PLUVIOMETRIE MOYENNE ANNUELLE : BASSIN DU LAC TCHAD : CARTE 6                                                                           | CRA  | CLIMAT    | 3      |                |
| TCHAD | MAGLIONE G.                          |         | 1969  | PREMIERES DONNEES SUR LE REGIME HYDROGEOCHIMIQUE DES LACS PERMANENTS DU KANEM (TCHAD). CAHIERS ORSTOM, SERIE HYDROBIOLOGIE, VOL.3, N°1. | CRA  | QUALIT    | 4      |                |
| TCHAD | ILTIS A.                             |         | 1969  | PHYTOPLANCTON DES EAUX NATRONEES DU KANEM (TCHAD) : 2 LES MARES TEMPORAIRES. CAHIERS ORSTOM, SERIE HYDROBIOLOGIE, VOL.3, N°3-4.         | CRA  | DIVERS    | 4      |                |
| TCHAD | GEAR D., SCHROETER P.                |         | 1969  | NOTES SUR LA RECHARGE DES EAUX DE LA ZONE MOYENNE DE N LA FORMATION DU TCHAD. PROJET FAO-PNUD. COMM. DU BASSIN TCHADIEN, FORT LAMY.     |      | GEOLOG    | 4      |                |
| TCHAD | LEMOALLE J.                          |         | 1969  | PREMIERES DONNEES SUR LA REPARTITION DU FER SOLUBLE O DANS LE LAC TCHAD. SEC. HYDROBIOL. ORSTOM, FORT-LAMY.                             |      | QUALIT    | 4      |                |
| TCHAD | SERVANT M., SERVANT S., DELIBRIAS G. |         | 1969  | CHRONOLOGIE DU QUATERNAIRE RECENT DES BASSES REGIONS O DU TCHAD. C.R. AC. SC., PARIS, 269.                                              |      | GEOLOG    | 4      |                |
| TCHAD | DTPSEH                               |         | 1969  | NOTE SUR L'HYDROGEOLOGIE DE LA REGION DE DJEDDA (NORD D'ATI), (4 CARTES).                                                               | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | CGG                                  |         | 1969  | ETUDES HYDROGEOLOGIQUES DANS L'OUADDAI PAR PROSPECTION GEOPHYSIQUE ET SONDAGE DE RECONNAISSANCE, 28 JANV.-15 MARS 1968.                 | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | ROCHE M.A., GIONFANTINI R. ET AL.    |         | 1970  | DEUTERIUM ET OXYGENE 18 DANS LES EAUX DU LAC TCHAD. O                                                                                   |      | QUALIT    | 3      |                |
| TCHAD | ROCHE M.A.                           |         | 1970  | EVALUATION DES PERTES DU LAC TCHAD PAR ABANDON SUPERFICIEL ET INFILTRATIONS MARGINALES.                                                 | O    |           | HYDROL | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                      | CLIENTS     | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                                  | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|------------------------------|-------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE |             | 1970  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD.                                                                                                                                                       | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | FAURE H., SERVANT M.         |             | 1970  | EVOLUTION RECENTE D'UN BASSIN CONTINENTAL : LE TCHAD : PROGRAMME D'ETUDE . CAHIERS ORSTOM, SERIE GEOLOGIE, VOL.2, N°1.                                                                                 | CRA  |           | GEOLOG | 4              |
| TCHAD | AKMANOGLU N.O.               |             | 1970  | DONNEES D'OBSERVATIONS MINIMALES POUR LA DETERMINATION DES MODULES INTERANNUELS, PLUVIOMETRIQUES ET HYDROMETRIQUES EN AFRIQUE OCCIDENTALE ET EQUATORIALE. CAHIERS ORSTOM, SER. HYDROL., VOL. VII, N°2. | DREM |           | HYDROL | 3              |
| C-33  | LATHAM E.W.                  | PNUD/UNESCO | 1970  | GUIDE DE L'HYDROLOGIE DES EAUX DE SURFACE DANS LE BASSIN CONVENTIONNEL DU LAC TCHAD.                                                                                                                   | DREM |           | HYDROL | 1              |
|       | DUPONT B.                    |             | 1970  | DISTRIBUTION ET NATURE DES FONDS DU LAC TCHAD (NOUVELLES DONNEES). CAHIERS ORSTOM, SER. GEOL., II, 1.                                                                                                  | 0    |           | GEOLOG | 4              |
|       | PIAS J.                      |             | 1970  | LES FORMATIONS SEDIMENTAIRES TERTIAIRES ET QUATERNAIRES DE LA CUVETTE TCHADIENNE ET LES SOLS QUI EN DERIVENT. MEMOIRES ORSTOM, 43.                                                                     | 0    |           | GEOLOG | 4              |
|       | SERVANT M., SERVANT S.       |             | 1970  | LES FORMATIONS LACUSTRES ET LES DIATOMEEES DU QUATERNAIER RECENT DU FOND DE LA CUVETTE TCHADIENNE. REV. GEOGR. PHYS. GEOL. DYN., 2EME SER., 12, 1.                                                     | 0    |           | GEOLOG | 4              |
|       | DAVID J.                     | BRGM        | 1970  | LE NOUVEAU FORAGE DE KOUMLA (F5) - FORT LAMY, BRGM. N                                                                                                                                                  | BE   |           | AQUIFR | 3              |
|       | DAVID J.                     | DTP         | 1970  | LE FORAGE F4 DU CENTRE EMISSION DE LA BASE 172 A AMAR EL GOZ (FORT LAMY) - FORT LAMY, TCHAD DIRECTION DES TRAV. PUBLICS.                                                                               | N    | BE        | AQUIFR | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                      | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                                          | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|------------------------------|---------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | GKW                          |         | 1970  | ALIMENTATION EN EAU DES VILLES DE MOUSSORO, KELO, BONGOR, FIANGA - FORT LAMY, (8 FASC., 8 ANNEXES, CARTES).                                                                                                    | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | DAVID J.                     | SEH     | 1970  | ALIMENTATION EN EAU DE FORT-ARCHAMBAULT. FORAGE F5 ET CARTE D'ETUDE DE LA NAPPE DE SARH.                                                                                                                       | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | PLOTE.H.                     | BRGM    | 1970  | PROGRAMME QUADRIENNAL D'AMENAGEMENT HYDRAULIQUE DE L'OUADDIAI. HYDROGEOLOGIE DE L'OUADDIAI. RAPPORT DE SYNTHESE - BRGM 70 YAO 004 LAM.                                                                         | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | PLOTE.H.                     | BRGM    | 1970  | PROGRAMME QUADRIENNAL D'AMENAGEMENT HYDRAULIQUE DE L'OUADDIAI. NOTICE EXPLICATIVE ET REGISTRE DES AMENAGEMENTS ET TRAVAUX DE PROSPECTION PROPOSES.(9 CARTES H.T. AU 1/200 000 DES POINTS D'EAU DE L'OUADDIAI). | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| C-34  | RODIER J.                    |         | 1971  | L'HYDROLOGIE SUPERFICIELLE DU TCHAD.                                                                                                                                                                           | O    |           | HYDROL | 4              |
|       | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE |         | 1971  | ALTERATION, EROSION, TRANSPORT, SEDIMENTATION DANS UN BASSIN CONTINENTAL ENDOREIQUE : LA CUVETTE TCHADIENNE. RAPPORT PRELIMINAIRE.                                                                             | O    |           | HYDROL | 3              |
|       | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE |         | 1971  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD, ANNEE 1969.                                                                                                                                                   | O    |           | HYDROL | 3              |
|       | ROCHE M.A.                   |         | 1971  | GEOGRAPHIE ET ELEMENTS NUMERIQUES SUR LA SUPERFICIE ET LA BATHYMETRIE DU LAC TCHAD.                                                                                                                            | O    |           | DIVERS | 4              |
|       | LEVEQUE C.                   |         | 1971  | PROSPECTION HYDROBIOLOGIQUE DU LAC DE LERE ET DES MARES AVOISINANTES. I : MILIEU PHYSIQUE . CAHIERS ORSTOM, SERIE HYDROBIOLOGIE, VOL.5, N°2.                                                                   | CRA  |           | DIVERS | 1              |

| PAYS  | AUTEURS                         | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                        | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|---------------------------------|---------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | CARMOUZE J.P.                   |         | 1971  | CIRCULATION GENERALE DES EAUX DANS LE LAC TCHAD.<br>CAHIERS ORSTOM, SER. HYDROL., VOL.5, 3-4.                                                                | 0    |           | QUALIT | 4              |
| TCHAD | DUPONT B., LEMOALLE J.          |         | 1971  | LES OOLITHES ET PSEUDO-OOLITHES FERRUGINEUSES DU LAC<br>TCHAD. C.R. SOMM. GEOL. FR, 4.                                                                       |      |           | GEOLOG | 4              |
| TCHAD | DAVID J.                        | BRGM    | 1971  | ALIMENTATION EN EAU DE FORT LAMY. REMARQUES SUR<br>L'EXPLOITATION PAR FORAGES PRECONISEE PAR CO.TE.I.<br>POUR 1980 - FORT LAMY, BRGM, (8 CARTES DE FORAGES). | N    | BE        | AQIUFR | 4              |
| TCHAD | ROCHE M.A.                      |         | 1972  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD.                                                                                                             | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | CHOURET A., DURAND J.R.         |         | 1972  | NOTE SUR LA CRUE EXCEPTIONNELLEMENT FAIBLE DU CHARI<br>A FORT-LAMY EN 1972 ET SES INCIDENCES SUR LE NIVEAU<br>DU LAC TCHAD.                                  | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE |         | 1972  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD.<br>ANNEE 1971.                                                                                              | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE |         | 1972  | RESULTATS DE L'EXPLOITATION D'UNE PARCELLE D'EROSION<br>DE TROIS HECTARES A BIDJIR (TCHAD).                                                                  |      |           | DIVERS | 4              |
| TCHAD | BOURGES J.                      |         | 1972  | RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1967 SUR LES BASSINS DE<br>SOFOYA (TCHAD).                                                                                          | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | I.N.T.S.H.                      |         | 1972  | ATLAS PRATIQUE DU TCHAD. I.G.N. PARIS.                                                                                                                       |      | DREM      | DIVERS | 3              |
| TCHAD | CARMOUZE J.P.                   |         | 1972  | ORIGINALITE DE LA REGULATION SALINE DU LAC TCHAD.<br>C.R. ACAD. SC., PARIS, 275.                                                                             | 0    |           | QUALIT | 4              |
| TCHAD | CARRE P.                        |         | 1972  | QUELQUES ASPECTS DU REGIME DES APPORTS FLUVIAILLES<br>DE MATERIAUX SOLIDES EN SUSPENSION VERS LE LAC<br>TCHAD. CAHIERS ORSTOM, SER. HYDROL., IX, 1.          | 0    |           | QUALIT | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                               | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                 | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|---------------------------------------|---------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | RIOU C.                               |         | 1972  | ETUDE DE L'EVAPORATION EN AFRIQUE CENTRALE (TCHAD, REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE, CONGO). THESE, ORSTOM, PARIS.                                                           | O    |           | CLIMAT | 4              |
| TCHAD | DAVID J.                              |         | 1972  | RECHERCHE D'EAU A GOUNOU-GAYA (MAYO-KEBBI)                                                                                                                            | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | GKW                                   |         | 1972  | ALIMENTATION EN EAU DE LA VILLE DE MAO - FORT LAMY.                                                                                                                   | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | CHOURET A.                            |         | 1973  | ETUDE DES TRANSPORTS SOLIDES EN SUSPENSION AU TCHAD. O CAMPAGNE 1971-1972.                                                                                            |      |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ROCHE M.A.                            |         | 1973  | TRAÇAGE HYDROCHIMIQUE NATUREL DU MOUVEMENT DES EAUX O DANS LE LAC TCHAD. COMMUNICATION AU SYMPOSIUM SUR L'HYDROLOGIE DES LACS , HELSINKI, 1973.                       |      |           | QUALIT | 4              |
| C-36  | CARMOUZE J.P., CHOURET A., DURAND J.R |         | 1973  | DONNEES RECENTES SUR L'EVOLUTION DU LAC TCHAD EN 1972-1973.                                                                                                           | O    |           | HYDROL | 4              |
|       | ROCHE M.A.                            |         | 1973  | TRAÇAGE NATUREL SALIN ET ISOTOPIQUE DES EAUX DU SYSTEME HYDROLOGIQUE DU LAC TCHAD. THESE D'ETAT, UNIVERSITE DE PARIS IV.                                              | O    |           | QUALIT | 4              |
| TCHAD | BRUNET-MORET Y.                       | CIEH    | 1973  | REPUBLIQUE DU TCHAD. PRECIPITATIONS JOURNALIERES DE L'ORIGINE DES STATIONS A 1965.                                                                                    | O    |           | CLIMAT | 1              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE          |         | 1973  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DU TCHAD, ANNEE 1972.                                                                                                                           | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | BRGM                                  |         | 1973  | MISSION AU TCHAD JANVIER 1973 POUR LA MISE AU POINT D'UN PROGRAMME EXCEPTIONNEL DU FAC POUR LE DEVELOPPEMENT DE L'ELEVAGE AU TCHAD.                                   | CRA  |           | DIVERS | 1              |
| TCHAD | MALEY J.                              |         | 1973  | LES VARIATIONS CLIMATIQUES DANS LE BASSIN DU TCHAD N DURANT LE DERNIER MILLENAIRE, ESSAI D'INTERPRETATION CLIMATIQUE DE L'HOLOCENE AFRICAIN. C.R. AC. SC. PARIS, 276. |      |           | GEOLOG | 4              |

| PAYS  | AUTEURS    | CLIENTS                               | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                                                                       | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|------------|---------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | SERVANT M. |                                       | 1973  | SEQUENCES CONTINENTALES ET VARIATIONS CLIMATIQUES : O<br>EVOLUTION DU BASSIN DU TCHAD AU CENOZOIQUE<br>SUPERIEUR. THESE, ORSTOM.                                                                                                            |      |           | GEOLOG | 4              |
| TCHAD | SERVANT S. |                                       | 1973  | STRATIGRAPHIE ET NEOTECTONIQUE DU PLIO-PLEISTOCENE O<br>ANCIEN DU TCHAD D'APRES L'ETUDE DES DIATOMEEES. C.R.<br>AC. SC. PARIS, 276.                                                                                                         |      |           | GEOLOG | 4              |
| TCHAD | SERVANT S. |                                       | 1973  | STRATIGRAPHIE ET NEOTECTONIQUE DU PLIO-PLEISTOCENE O<br>ANCIEN DU TCHAD D'APRES L'ETUDE DES DIATOMEEES. C.R.<br>AC. SC. PARIS, 276.                                                                                                         |      |           | GEOLOG | 4              |
| TCHAD | BRGM       | SEL                                   | 1973  | MISSION AU TCHAD, JANVIER 1973, POUR LA MISE AU N<br>POINT D'UN PROGRAMME EXCEPTIONNEL DU FAC POUR LE<br>DEVELOPPEMENT DE L'ELEVAGE DU TCHAD - PARIS, BRGM.                                                                                 | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| C-37  | TCHAD      | PNUD, FAO                             | CBLT  | ETUDE DES RESSOURCES EN EAU DU BASSIN DU LAC TCHAD N<br>EN VUE D'UN PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT - COMMISSOIN<br>DU LAC TCHAD - PNUD - FAO - ETUDES HYDROGEOLOGIQUES,<br>DOCUMENTATION RELATIVE AUX FORAGES, RESSOURCES EN<br>EAU DE SURFACE. |      | BE        | AQUIFR | 1              |
|       | TCHAD      | CHOURET A., RANC J.,<br>LEMOALLE J.   |       | EVOLUTION HYDROLOGIQUE DU LAC TCHAD. JUILLET A O<br>DECEMBRE 1973.                                                                                                                                                                          |      |           | HYDROL | 4              |
|       | TCHAD      | BILLON B., GUICAFRE J.,<br>HERBAUD J. |       | LE BASSIN DU FLEUVE CHARI. MONOGRAPHIES O<br>HYDROLOGIQUES ORSTOM, N°2.                                                                                                                                                                     |      | DREM      | HYDROL | 4              |
|       | TCHAD      | CHOURET A., LEMOALLE J.               |       | EVOLUTION HYDROLOGIQUE DU LAC TCHAD DURANT LA O<br>SECHERESSE 1972-1974.                                                                                                                                                                    |      |           | HYDROL | 4              |
|       | TCHAD      | ROCHE M.A.                            |       | GEOCHIMIE ET TRAÇAGE NATUREL IONIQUE ET ISOTOPIQUE, O<br>DEUX VOIES COMPLEMENTAIRES POUR L'ETUDE DE<br>REGULATION SALINE DU SYSTEME HYDROLOGIQUE DU LAC<br>TCHAD. VERSION ANGLAISE DANS JOURNAL OF HYDROLOGY,<br>26 (1975).                 |      |           | QUALIT | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                             | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                                                          | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|-------------------------------------|---------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE     |         | 1974  | CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DU BASSIN TCHADIEN.<br>DONNEES CLIMATOLOGIQUES MENSUELLES. STATIONS DE<br>BOL-DUNE, MATAFO, BA-ILLI, BEBEBJIA ET N'DJAMENA.                                                                     | O    |           | CLIMAT | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE     |         | 1974  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD,<br>ANNEE 1973 - 1974.                                                                                                                                                         | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE     |         | 1974  | LISTE CHRONOLOGIQUE DES ETUDES EFFECTUEES PAR<br>L'ORSTOM EN REPUBLIQUE DU TCHAD ET POUR PARTIE DANS<br>LE BASSIN DU LAC TCHAD.                                                                                                | CRA  |           | DIVERS | 3              |
| TCHAD | CHOURET A.                          |         | 1974  | LES EFFETS DE LA SECHERESSE ACTUELLE EN AFRIQUE SUR<br>LE NIVEAU DU LAC TCHAD. CAHIERS ORSTOM, SERIE<br>HYDROLOGIE, VOL.11, N°1.                                                                                               | CRA  |           | HYDROL | 4              |
| C-38  | LEMOALLE J.                         |         | 1974  | BILAN DES APPORTS EN FER AU LAC TCHAD (1970-1973).<br>CAHIERS ORSTOM, SER. HYDROBIOL. VIII, 1.                                                                                                                                 | O    |           | QUALIT | 4              |
|       | MAGLIONE G.                         |         | 1974  | GEOCHIMIE DES EVAPORITES ET SILICATES NEOFORMES EN<br>MILIEU CONTINENTAL CONFINE. LES DEPRESSIONS<br>INTERDUNAIRES DU TCHAD, AFRIQUE. THESE DOC.<br>ES-SCIENCES, UNIVERSITE PARIS VI, ORSTOM.                                  | O    |           | GEOLOG | 4              |
| TCHAD | TARDY Y., CHEVERRY, C.,<br>FRITZ B. |         | 1974  | NEOFORMATION D'UNE ARGILE MAGNESIENNE DANS LES<br>DEPRESSIONS INTERDUNAIRES DU LAC TCHAD. APPLICATION<br>AUX DOMAINES DE STABILITE DES PHYLLOSILICATES<br>ALUMINEUX, MAGNESIENS ET FERRIFERES. C.R. AC. SC.,<br>PARIS, T. 278. | N    |           | GEOLOG | 4              |
| TCHAD | HUILlard J.M.                       | BE      | 1974  | RECHERCHE D'EAU A BESSADA. FORAGE POUR L'ADDUCTION<br>D'EAU DU VILLAGE - N'DJAMENA, BUREAU DE L'EAU.                                                                                                                           | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | HUILlard J.M.                       | BE      | 1974  | RECHERCHE D'EAU A MOUNDOU. SONDAGE N°1 DE LA<br>COTON-TCHAD (MND 51 A) - N'DJAMENA, BUREAU DE L'EAU.                                                                                                                           | N    | BE        | AQUIFR | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                    | CLIENTS                      | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                  | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|----------------------------|------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | HUILLARD J.M.              | BE                           | 1974  | FORAGE DE BOKOYO (MOG. 22 B).                                                                                                                          | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | CARMOUZE J.P., CHEVERRY C. |                              | 1975  | ASPECTS SEDIMENTOLOGIQUES ACTUELS D'UN BASSIN CONTINENTAL ENDOREIQUE : LE BASSIN TCHADIEN. IX EME CONGRES INTERNATIONAL DE SEDIMENTOLOGIE, NICE, 1975. | O    |           | GEOLOG | 4              |
| TCHAD | CHOURET A., MATHIEU P.     |                              | 1975  | ETUDES DES NAPPES PHREATIQUES A LA PERIPHERIE DU LAC O TCHAD (REPUBLIQUE DU TCHAD).                                                                    |      |           | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | CHOURET A.                 |                              | 1975  | ETUDE DES TRANSPORTS SOLIDES EN SUSPENSION AU TCHAD. O CAMPAGNES 1972-1973, 1973-1974, 1974-1975. BILAN DE SEPT ANNEES D'OBSERVATIONS (1968-1974).     |      |           | HYDROL | 4              |
| C-39  | TCHAD                      | CHOURET A., LEMOALLE J.      | 1975  | EVOLUTION HYDROLOGIQUE DU LAC TCHAD (JUILLET 1974 - OCTOBRE 1975).                                                                                     |      |           | HYDROL | 4              |
|       | TCHAD                      | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE | 1975  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD, ANNEE 1974-1975.                                                                                      | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | BERRE J.C.                 | BE                           | 1975  | FORAGE SOUNOUT EL KANEM - N'DJAMENA, BUREAU DE L'EAU.                                                                                                  | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | DAVID J.                   | BE                           | 1975  | FORAGE DE BODO (MOG 23 B) - N'DJAMENA, BUREAU DE L'EAU.                                                                                                | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | LOHOU R.                   | STEE                         | 1975  | ALIMENTATION EN EAU DE LA VILLE DE N'DJAMENA. FORAGE N GD 21.(COUPES GEOLOGIQUES).                                                                     |      | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | CHOURET A.                 | ORSTOM                       | 1975  | ETUDE DES NAPPES PHREATIQUES A LA PERIPHERIE DU LAC TCHAD - ORSTOM.                                                                                    | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | BRUNET-MORET Y.            |                              | 1976  | ETUDE DES PRECIPITATIONS JOURNALIERES PONCTUELLES A SAHR ENTRE LES 15 SEPTEMBRE ET 10 NOVEMBRE.                                                        | O    |           | CLIMAT | 4              |

| PAYS   | AUTEURS                             | CLIENTS    | ANNEE | TITRE                                                                                                                                            | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|--------|-------------------------------------|------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD  | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE        |            | 1976  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD, ANNEE 1975 - 1976.                                                                              | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD  | MINISTERE DE LA COOPERATION         |            | 1976  | CARTOGRAPHIE DES PAYS DU SAHEL                                                                                                                   |      | CRA       | DIVERS | 3              |
| TCHAD  | CARMOUZE J.P.                       |            | 1976  | LES GRANDS TRAITS DE L'HYDROLOGIE ET DE L'HYDROCHIMIE DU LAC TCHAD. CAHIERS ORSTOM, SERIE HYDROBIOLOGIE, VOL.10, N°1.                            |      | CRA       | HYDROL | 4              |
| TCHAD  | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE        |            | 1976  | LES ACTIVITES DE L'ORSTOM EN REPUBLIQUE DU TCHAD. CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DU MILIEU PHYSIQUE NATUREL. NOTES TECHNIQUES N°14.              |      | DREM      | DIVERS | 4              |
| C<br>O | TCHAD                               | CHOURET A. | 1977  | REGIME DES APPORTS FLUVIAILLES DES MATERIAUX SOLIDES O EN SUSPENSION VERS LE LAC TCHAD. SYNTHESE DES ETUDES DE L'ORSTOM EN REPUBLIQUE DU TCHAD.  |      |           | HYDROL | 4              |
|        | TCHAD                               | CHOURET A. | 1977  | LA MESURE DU DEBIT SOLIDE DES COURS D'EAU. ETUDE DES O TRANSPORTS SOLIDES. MISE EN OEUVRE DES METHODES. SYNTHESE DES RESULTATS OBTENUS AU TCHAD. |      |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD  | CHOURET A., FONTES J.C., MATHIEU P. |            | 1977  | LA NAPPE PHREATIQUE A LA PERIPHERIE DU LAC TCHAD, ETUDE COMPLEMENTAIRE.                                                                          | 0    |           | AQUIFR | 4              |
| TCHAD  | CHOURET A.                          |            | 1977  | LA PERSISTANCE DES EFFETS DE LA SECERESSE SUR LE LAC TCHAD.                                                                                      | 0    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD  | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE        |            | 1977  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD, ANNEE 1976-1977.                                                                                | 0    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD  | CHOURET A.                          |            | 1977  | COMPLEMENT A L'ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD. STATIONS LIMNIMETRIQUES DU LAC TCHAD.                                            | 0    |           | HYDROL | 3              |

| PAYS  | AUTEURS                          | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                                        | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|----------------------------------|---------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | BENAMOUR A.                      | CIEH    | 1977  | PROGRAMMATION DES EQUIPEMENTS D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET PASTORALE. RAPPORTS PAR PAYS - TCHAD, CIEH, (4 CARTES)                                                                                            | N    | BE        | DIVERS | 1              |
| TCHAD | ORSTOM                           | ORSTOM  | 1977  | LA NAPPE PHREATIQUE A LA PERIPHERIE DU LAC TCHAD. ETUDE COMPLEMENTAIRE.                                                                                                                                      | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE     |         | 1978  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD. ANNEE 1977-1978.                                                                                                                                            | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | CHOURET A., MATHIEU P.           |         | 1978  | ETUDE DE LA NAPPE PHREATIQUE A LA PERIPHERIE DU LAC TCHAD EN TERRITOIRE TCHADIEN. RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1977.                                                                                             | O    |           | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE HYDROLOGIQUE     |         | 1978  | DONNEES CLIMATOLOGIQUES MENSUELLES STATION DE BOL MATAFO, ANNEE 1974 A 1977.                                                                                                                                 | O    |           | CLIMAT | 3              |
| TCHAD | CHOURET A.                       |         | 1978  | LES TRANSPORTS SOLIDES EN SUSPENSION AU TCHAD. APPORTS FLUVIAILS VERS LE LAC. CAMPAGNES 1975/76 - 1976/77 - 1977/78.                                                                                         | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | HALTEBAYE T.                     |         | 1978  | MEMOIRE DE 3EME CYCLE EN HYDROLOGIE OPERATIONNELLE ET APPLIQUEE : ELABORATION DE L'ANNUAIRE HYDROLOGIQUE ET ETUDE DE L'EVOLUTION DES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE DU BASSIN DU LOGONE. I ET II EMES PARTIES. | O    |           | HYDROL | 3              |
| TCHAD | CONTINENTAL OIL COMPANY OF TCHAD |         | 1978  | RAPPORT SUR LES RESULTATS DE FORAGE ET LES DONNEES DES EAUX SOUTERRAINES - N'DJAMENA, CONOCO. (2 COUPES GEOPHYSIQUES).                                                                                       | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | CHOURET A. MATHIEU P.            | ORSTOM  | 1978  | ETUDE DE LA NAPPE PHREATIQUE A LA PERIPHERIE DU LAC TCHAD EN TERRITOIRE TCHADIEN. RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1977 - N'DJAMENA, CENTRE ORSTOM DE N'DJAMENA. (4 CARTES H.T.).                                    | N    | BE        | AQUIFR | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                            | CLIENTS                                   | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                                                                                     | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|------------------------------------|-------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | COLOMBANI J.,<br>BRUNET-MORET J.Y. |                                           | 1979  | ETUDE DES POTENTIALITES DU BASSIN CONVENTIONNEL DU LAC TCHAD, RAPPORT DEFINITIF, EDITION PROVISOIRE. 4 PARTIES : NOTE CLIMATIQUE ET HYDROLOGIQUE, CARTES, DEBITS MOYENS JOURNALIERS ET MENSUELS-STATIONS PRINCIPALES ET SECONDAIRES, ANALYSE STATISTIQUE. | O    | HYDROL    |        | 4              |
| TCHAD | ORSTOM, SERVICE<br>HYDROLOGIQUE    |                                           | 1979  | ETUDE DES POTENTIALITES DU BASSIN CONVENTIONNEL DU LAC TCHAD. RAPPORT DEFINITIF.                                                                                                                                                                          | DREM | HYDROL    |        | 4              |
| TCHAD | ROCHE M.A.                         |                                           | 1980  | TRAÇAGE NATUREL SALIN ET ISOTOPIQUE DES EAUX DU SYSTEME HYDROLOGIQUE DU LAC TCHAD. TRAV. ET DOC. ORSTOM, N°117.                                                                                                                                           | CRA  | QUALIT    |        | 4              |
| C-42  | MALEY J.                           |                                           | 1981  | ETUDES PALYNOLOGIQUES DANS LE BASSIN DU TCHAD ET PALEOCCLIMATOLOGIE DE L'AFRIQUE NORD-TROPICALE DE 30 000 ANS A L'EPOQUE ACTUELLE. TRAVAUX ET DOCUMENTS ORSTOM.                                                                                           | CRA  | CLIMAT    |        | 4              |
|       | BURGEAP                            | ONHPV                                     | 1982  | REPRISE DES TRAVAUX D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET PASTORALE DANS LA REGION DE N'DJAMENA. FAC-FED, MISSION DU 22 FEVR. AU 16 MARS 1982.                                                                                                                     | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | COTEI-CRG-ASS                      | MINISTERE DU PLAN ET DE LA RECONSTRUCTION | 1983  | PROJET DE LA ROUTE MASSAGUET-N'GALAFO : PROGRAMME TECHNIQUE.                                                                                                                                                                                              | CRA  | DIVERS    |        | 1              |
| TCHAD | VIZIER J.F.                        |                                           | 1983  | ETUDE DES PHENOMENES D'HYDROMORPHIE DANS LES SOLS DES REGIONS TROPICALES A SAISONS CONTRASTEES : DYNAMIQUE DU FER ET DIFFERENTIATION DES PROFILS. TRAVAUX ET DOCUMENTS ORSTOM, N°165.                                                                     | CRA  | GEOLOG    |        |                |
| TCHAD | MEA/DREM                           |                                           | 1984  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD. ANNEE 1979-1982.                                                                                                                                                                                         | CRA  | HYDROL    |        | 3              |

| PAYS  | AUTEURS                       | CLIENTS                                                 | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                                                                         | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | AUTHOSSERE L.                 | ONHPV                                                   | 1984  | INVENTAIRE SUR L'ETAT DES PUITS MODERNES AU KANEM,<br>BATHA ET SUR LA PISTE DU BETAIL DU 13E PARALLELE.<br>PROJET ET TRAVAUX DE 27 PUITS NEUFS ET 207<br>REPARATIONS - BURGEAP.                                                               | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | PUECH C., CHABI GONNI D.      |                                                         | 1984  | COURBES HAUTEUR DE PLUIE - DUREE - FREQUENCE.<br>AFRIQUE DE L'OUEST ET CENTRALE POUR DES PLUIES DE<br>DUREE 5 MINUTES A 24 HEURES.                                                                                                            | CIEH | CLIMAT    | 3      |                |
| TCHAD | MEADR, DREM                   |                                                         | 1985  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD,<br>ANNEE 1982 - 1983.                                                                                                                                                                        | O    | CRA       | HYDROL | 3              |
| TCHAD | BUREAU HYDROPLAN              | MINISTERE DU PLAN ET DE LA<br>RECONSTRUCTION            | 1985  | ETUDE : PETITS PERIMETRES IRRIGUES PROCHES DE<br>N'DJAMENA. TOME A : DESCRIPTION DES ZONES DE PROJET<br>ET EVALUATION DES INTERVENTIONS EN COURS.                                                                                             | CRA  | HYDROL    | 4      |                |
| TCHAD | OCDE, CILSS, CLUB DU<br>SAHEL |                                                         | 1985  | BILAN-DIAGNOSTIC DE L'HYDRAULIQUE RURALE AU TCHAD - N<br>N'DJAMENA.                                                                                                                                                                           | N    | BE        | AQUIFR | 1              |
| TCHAD | CHABI GONNI D.                |                                                         | 1985  | ETUDE DES PLUIES JOURNALIERES DE FREQUENCE RARE AU<br>TCHAD ET REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE.                                                                                                                                                     | CIEH | CLIMAT    | 4      |                |
| TCHAD | MEADR, DREM                   |                                                         | 1986  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD,<br>ANNEE 1984-1985.                                                                                                                                                                          | O    | CRA       | HYDROL | 3              |
| TCHAD | MEADR, DREM                   | MINISTERE DE<br>L'AGRICULTURE,DRE                       | 1986  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD,<br>ANNEE 1985-1986.                                                                                                                                                                          | O    | CRA       | HYDROL | 3              |
| TCHAD | AUTHOSSERE L.                 | MINISTERE DE L'ELEVAGE ET DE<br>L'HYDRAULIQUE PASTORALE | 1986  | PROGRAMME D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET PASTORALE AU<br>TCHAD : EVALUATION DES MOYENS DE L'ONHPV EN<br>PERSONNEL ET MATERIEL (MISSION JANVIER-MARS 1986).                                                                                      | CRA  | HYDROL    | 4      |                |
| TCHAD | POUYAUD B.                    |                                                         | 1986  | CONTRIBUTION A L'EVALUATION DE L'EVAPORATION DE<br>NAPPES D'EAU LIBRE EN CLIMAT TROPICAL SEC : EXEMPLE<br>DU LAC DE BAM ET DE LA MARE D'OURS (BURKINA FASO),<br>DU LAC TCHAD ET D'AÇUDES DU NORDESTE BRESILIEN.<br>ETUDES ET THESESES ORSTOM. | CRA  | CLIMAT    | 4      |                |

| PAYS  | AUTEURS        | CLIENTS                                                 | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                           | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|----------------|---------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | C.I.L.S.S.     |                                                         | 1986  | SYNTHESE DES BILANS PROGRAMMES SECTORIELS DU TCHAD.                                                                                                                                             |      | DREM      | DIVERS | 4              |
| TCHAD | MEADR, DREM    |                                                         | 1986  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD.<br>ANNEE 1983-1984.                                                                                                                            | O    | DREM      | HYDROL | 3              |
| TCHAD | AUTHOSSERRE L. | ONHPV                                                   | 1986  | PROGRAMME D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET PASTORALE AU N<br>TCHAD. EVALUATION DES MOYENS DE L'ONHPV EN PERSONNEL<br>ET MATERIEL (MISSION JANV.-MARS 1986) - BRGM,<br>BURGEAP.                      |      | BE        | AQUIFR | 1              |
| TCHAD | BURGEAP        | ONHPV                                                   | 1986  | PROGRAMME DE REHABILITATION ET DE RELANCE<br>SURVEILLANCE DES TRAVAUX DE 130 FORAGES<br>(CHARI-BAGUIRMI - TANDJILE). RAPPORT INTERMEDIAIRE.                                                     | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | FAI            | SODELAC                                                 | 1986  | PROJET DE REHABILITATION ET DEVELOPPEMENT DES<br>REGIONS LAC ET KANEM. SECTEUR HYDRAULIQUE RURALE.<br>CONTRAT C 86062. RAPPORT DE PERFORATION.                                                  | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | MILCENT A.     |                                                         | 1986  | PROGRAMME D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET PASTORALE AU N<br>TCHAD. ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES VILLAGES ET<br>QUARTIERS PERIPHERIQUES DE N'DJAMENA. ETUDE DE<br>FAISABILITE - BRGM.            | N    | BE        | AQUIFR | 1              |
| TCHAD | POUYAUD B.     |                                                         | 1987  | LE LAC TCHAD EST-IL CONDAMNE A DISPARAIRE?                                                                                                                                                      | O    |           | HYDROL | 4              |
| TCHAD | BURGEAP        | MINISTERE DE LA COOPERATION                             | 1987  | ALIMENTATION EN EAU DES CHANTIERS DE LA ROUTE<br>NGOURA-MONGO (TCHAD) : ETUDE HYDROGEOLOGIQUE,<br>PROSPECTION GEOPHYSIQUE ET CONTROLE DES TRAVAUX DE<br>FORAGE DANS LES TERRAINS SEDIMENTAIRES. |      | CRA       | FORAGE | 3              |
| TCHAD | BRGM           | MINISTERE DE L'ELEVAGE ET DE<br>L'HYDRAULIQUE PASTORALE | 1987  | ACTUALISATION DES CONNAISSANCES SUR LES RESSOURCES<br>EN EAU SOUTERRAINE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD :<br>SYNTHESE DES DONNEES HYDROGEOLOGIQUES ET CARTE A 1/1<br>500 000.                        |      | CRA       | AQUIFR | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                                                                        | CLIENTS                                              | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                    | DISP | ARCHIVAGE | OBJET | TYPE REFERENCE |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-------|----------------|
| TCHAD | SOLAGES S.                                                                     | CBLT                                                 | 1987  | INVENTAIRE DES POTENTIALITES NATURELLES DU LAC TCHAD : VOLET HYDROGEOLOGIE, ANALYSE DES CONNAISSANCES, RAPPORT DE SYNTHESE ET ANNEXE BIBLIOGRAPHIQUE.    | CRA  | AQUIFR    | 3     |                |
| TCHAD | ICKOWICZ A., MONNIER J.P. MINISTERE DE L'ELEVAGE ET DE L'HYDRAULIQUE PASTORALE |                                                      | 1987  | MISSION D'ETUDES HYDROGEOLOGIQUE ET AGROSTOLOGIQUE DES AXES ACTUELS DE TRANSHUMANCE DE L'EST DU TCHAD.                                                   | CRA  | DIVERS    | 1     |                |
| TCHAD | BRGM                                                                           | MINISTERE DE L'ELEVAGE ET DE L'HYDRAULIQUE PASTORALE |       | PROGRAMME D'HYDRAULIQUE RURALE DANS LA PARTIE NORD DE LA REGION DE CONCENTRATION DU 6°FED : EVALUATION TECHNIQUE.                                        | CRA  | AQUIFR    | 1     |                |
| TCHAD | AUTHOSSERE L.                                                                  | MINISTERE DE LELEVAGE ET DE L'HYDRAULIQUE PASTORALE  | 1987  | MISSION EFFECTUEE DU 21 AU 24 MAI 1987 A FAYA, ZOUAR ET FADA.                                                                                            | CRA  | DIVERS    | 1     |                |
| C-45  | MEAD/DREM                                                                      |                                                      | 1987  | DONNEES CLIMATOLOGIQUES DE TRENTÉ ANNEES AU TCHAD : GUERA.                                                                                               | CRA  | CLIMAT    | 4     |                |
|       | BRGM                                                                           | MINISTERE DE L'ELEVAGE ET DE L'HYDRAULIQUE PASTORALE |       | ACTUALISATION DES CONNAISSANCES SUR LES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD : PRESENTATION GENERALE ET BIBLIOGRAPHIE.                |      | AQUIFR    | 4     |                |
|       | SEDICK A.                                                                      |                                                      | 1987  | CONTRIBUTION A LA RECONSTITUTION DU RESEAU HYDROMETRIQUE TCHADIEN DU BASSIN DU CHARI. MEMOIRE, CENTRE AGRHYMET, NIAMEY..                                 | DREM | HYDROL    | 3     |                |
|       | ALAINAYE JOGROMEL                                                              |                                                      | 1987  | ANALYSE DES TRAVAUX DE RECONSTITUTION DU RESEAU HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU LOGONE. MEMOIRE FIN ETUDES ING. TRAV. HYDROL., CENTRE AGHRYMET NIAMEY. | DREM | HYDROL    | 4     |                |
|       | UNTDC/ONHPV                                                                    |                                                      | 1987  | EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES DANS LES ZONES RURALES.                                                                                               | DREM | AQUIFR    | 3     |                |

| PAYS  | AUTEURS               | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                                                               | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|-----------------------|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | MEAD/DREM             |         | 1987  | DONNEES CLIMATOLOGIQUES DE 30 ANNEES AU TCHAD :<br>TANDJILE.                                                                                                                                                                        |      | DREM      | CLIMAT | 3              |
| TCHAD | GUIRBAYE N.G.         |         | 1987  | EFFETS DE LA SECHERESSE SUR LE LAC TCHAD. EVOLUTION<br>DU LAC DEPUIS 1972-73 A NOS JOURS.                                                                                                                                           |      | DREM      | HYDROL | 4              |
| TCHAD | AUTHOSSERE L.         | ONHPV   | 1987  | TCHAD. AIDE D'URGENCE DE LA BID. HYDRAULIQUE<br>VILLAGEOISE ET PASTORALE. ONHPV - RAPPORT FINAL DES<br>TRAVAUX - EQUIPEMENT DE 3 FORAGES PASTORAUX -<br>CONSTRUCTION DE 41 PUITS ET REPARATION DE 40 PUITS -<br>N'DJAMENA, BURGEAP. | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | GKW                   |         | 1987  | AMELIORATION DE L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE ET<br>ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'ABECHE. ETUDE DE<br>FACTIBILITE. VERSION DEFINITIVE (FEVR.1987).                                                                                   | N    | BE        | AQUIFR | 1              |
| TCHAD | BRGM                  | ONHPV   | 1987  | PROGRAMME D'HYDRAULIQUE RURALE DANS LA PARTIE NORD<br>DE LA REGION DE CONCENTRATION DU 6E FED. EVALUATION<br>TECHNIQUE.                                                                                                             | N    | BE        | AQUIFR | 1              |
| TCHAD | LOTTI C. ET ASSOCIATI | SODELAC | 1987  | PROGRAMME ITALIE - TCHAD. PROJET DE REHABILITATION<br>ET DE DEVELOPPEMENT DES REGIONS LAC ET KANEM. FICHES<br>TECHNIQUES DES FORAGES.                                                                                               | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | BCEOM                 | ONHPV   | 1987  | IMPLANTATIONS DE 110 FORAGES D'EAU DANS LES<br>PREFECTURES DU LOGONE OCCIDENTAL, DU LOGONE ORIENTAL<br>ET DE LA TANDJILE.                                                                                                           | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | AUTHOSSERRE L.        | ONHPV   | 1987  | AIDE D'URGENCE DE LA BID. HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET<br>PASTORALE. 81 FICHES DE PUITS ET D'ESSAIS DE DEBITS<br>- BURGEAP.                                                                                                           | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | BRGM                  | BE      | 1987  | ETUDE DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE AU TCHAD .<br>RAPPORT FINAL.(CARTES, ANNEXES).                                                                                                                                                   | N    | BE        | AQUIFR | 4              |

C46

| PAYS  | AUTEURS | CLIENTS                  | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                                                               | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|---------|--------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | BRGM    | ONHPV                    | 1987  | ACTUALISATION DES CONNAISSANCES SUR LES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DU TCHAD - 1ERE PARTIE : PRESENTATION GENERALE ET BIBLIOGRAPHIE - 2EME PARTIE: SYNTHESE DES DONNEES HYDROGEOLOGIQUES ET CARTE AU 1/1 500 000. | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | BURGEAP | ONHPV                    | 1987  | PROGRAMME DE REHABILITATION ET DE RELANCE. SURVEILLANCE DE 130 FORAGES (CHARI-BAGUIRMI ET TANDJILE). RAPPORT FINAL.                                                                                                 | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | BRGM    | ONHPV                    | 1987  | ACTUALISATION DES CONNAISSANCES SUR LES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DU TCHAD. 3E PARTIE. SYNTHESE DES DONNEES GEOLOGIQUES ET CARTE AU 1/500 000.                                                                  | N    | BE        | AQUIFR | 2              |
| C47   | TCHAD   | RODIER J.                | 1988  | CARACTERISTIQUE DE L'ECOULEMENT DE L'OUADI KAOUN.                                                                                                                                                                   | O    |           | HYDROL | 3              |
|       | TCHAD   | BROUWERS M.              | 1988  | CONNAISSANCE DE LA RESERVE HYDRIQUE DES SOLS DU TCHAD : RAPPORT DE MISSION REALISEE DU 9 AU 12 FEVRIER 1988 DANS LE CADRE DES PROGRAMMES FEDERATEURS 1 ET 2 PARCELLE DE R3S.                                        | CRA  |           | AQUIFR | 4              |
|       | TCHAD   | PROST J.                 | 1988  | INVENTAIRE DES POTENTIALITES NATURELLES DU BASSIN DU LAC TCHAD : VOLET HYDROLOGIQUE : ANALYSE DES CONNAISSANCES : RAPPORT DE SYNTHESE.                                                                              | CRA  |           | HYDROL | 4              |
|       | TCHAD   | NELNGAR Y.               | 1989  | MISE A JOUR DES ETALONNAGES DES PRINCIPALES STATIONS O HYDROMETRIQUES DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD. D.U. HYDROLOGIE APPLIQUEE AU DEVELOPPEMENT.                                                                        |      |           | HYDROL | 3              |
|       | TCHAD   | POUYAUD B., COLOMBANI J. | 1989  | LES VARIATIONS EXTREMES DU LAC TCHAD : L'ASSECHEMENT EST-IL POSSIBLE? ANNALES DE GEOGRAPHIE, N°545, JANVIER-FEVRIER 1989.                                                                                           |      |           | HYDROL | 4              |

| PAYS     | AUTEURS                              | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                                 | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|----------|--------------------------------------|---------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD    | LEMOALLE J.                          | CBLT    | 1989  | LE FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DU LAC TCHAD AU COURS D'UNE PERIODE DE SECHERESSE (1973-1989).                                                                         | CRA  | HYDROL    | 4      |                |
| TCHAD    | IRCT                                 |         | 1989  | ANALYSE TENDANCE PLUVIOMETRIE SUD TCHAD.                                                                                                                              | CRA  | CLIMAT    | 4      |                |
| TCHAD    | BIEP                                 |         | 1989  | STATISTIQUES AGRO-SYLVO-PASTORALES.                                                                                                                                   | CRA  | DIVERS    | 5      |                |
| TCHAD    | BENECH V., QUENSIERE J.              |         | 1989  | DYNAMIQUES DES PEUPLEMENTS ICHTYOLOGIQUES DE LA REGION DU LAC TCHAD : 1966-78 : INFLUENCE DE LA SECHERESSE SAHELIERNE. TOME 1 : TEXTE, TOME 2 : TABLEAUX ET FIGURES.  | CRA  | DIVERS    | 4      |                |
| C<br>648 | MINISTÈRE DES TRANSPORTS<br>TCHADIEN |         | 1989  | BANQUES DE DONNEES SUR LES TRANSPORTS TCHADIENS.                                                                                                                      | DREM | DIVERS    | 5      |                |
|          | MINISTÈRE DU PLAN                    |         | 1989  | PLAN D'ORIENTATION. OPTIONS DE DEVELOPPEMENT. TCHAD.                                                                                                                  | DREM | DIVERS    | 1      |                |
|          | MEADR, DREM                          |         | 1989  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DU TCHAD. ANNEE 1986-1987.                                                                                                                      | 0    | HYDROL    | 3      |                |
|          | MEADR, DREM                          |         | 1989  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DU TCHAD. ANNEE 1987-1988.                                                                                                                      | 0    | DREM      | HYDROL | 3              |
|          | GARIN H.                             | ONHPV   | 1989  | PROGRAMME D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE DANS LES PREFECTURES DE LA TANDJILE, DU LOGONE OCCIDENTAL ET LOGONE ORIENTAL. SUIVI TECHNIQUE ET CONTROLE DES TRAVAUX DE FORAGES. | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
|          | GURLIAT G. VAILLEUX Y.               | ONHPV   | 1989  | ASSISTANCE A LA PROGRAMMATION : MISE EN PLACE D'UNE CELLULE DE TRAITEMENT INFORMATIQUE D'UN FICHIER DE POINTS D'EAU. RAPPORT FINAL.                                   | N    | BE        | DIVERS | 5              |
|          | ENGALENC M.                          | ONHPV   | 1989  | RECHERCHE ET EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES DANS LES ZONES RURALES DE L'OUADDAI GEOGRAPHIQUE . RAPPORT DE FIN DE CAMPAGNE.                                        | N    | BE        | AQUIFR | 4              |

| PAYS  | AUTEURS                                              | CLIENTS             | ANNEE                                                                         | TITRE                                                                                                                                                             | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | GADELLE F.                                           | ONHPV               | 1989                                                                          | HYDRAULIQUE PASTORALE ET RURALE. LE SURCREUSEMENT DES MARES.                                                                                                      | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | BIROUK W.K. DIONDOUBA L.<br>RAHAL M.H.               | ONHPV               | 1989                                                                          | INVESTIGATIONS GEOPHYSIQUES DESTINEES A L'IMPLANTATION DE 350 SONDAGES DANS LES PREFECTURES DU OUADDAI ET DE BILTINE. RAPPORT FINAL. PROJET PNUD-FENU CHD/85/004. | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | GTZ                                                  | ONHPV               | 1989                                                                          | REPUBLIQUE DU TCHAD PHASE II N° 36.20.10.1-11.017 . RAPPORT FINAL GWE.                                                                                            | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
| TCHAD | SOLAGES S.                                           | ONHPV               | 1989                                                                          | PROGRAMME D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET PASTORALE DANS LE SUD ET LE SUD-EST DU TCHAD. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE ET FINANCIERE.                                | N    | BE        | AQUIFR | 1              |
| TCHAD | SOGREAH/SCET TUNISIE/BIEP MINISTERE DE L'AGRICULTURE | 1989                | SYNTHESE DE L'ETUDE DE DEVELOPPEMENT INTEGRE DE LA REGION DU SALAMAT - TCHAD. | S                                                                                                                                                                 |      |           | AQUIFR | 4              |
| TCHAD | MTE/DIRECTION DES EAUX ET PECHES                     | 1990                | SEMINAIRE DE LA CBLT.                                                         |                                                                                                                                                                   | CRA  | HYDROL    | 5      |                |
| TCHAD | FORTIER R.                                           | 1990                | CONTRIBUTION AU ZONAGE DU SUD TCHAD EN REGIONS HOMOGENES.                     |                                                                                                                                                                   | CRA  | CLIMAT    | 4      |                |
| TCHAD | AGROTECHNIK                                          | REPUBLIQUE DU TCHAD | 1990                                                                          | INVENTAIRE DES RESSOURCES AGRO-SYLVO-PASTORALES DU BORKOU-ENNEDI-TIBESTI (BET) : RAPPORT FINAL : CARTES.                                                          | CRA  | DIVERS    | 3      |                |
| TCHAD | AGROTECHNIK                                          | REPUBLIQUE DU TCHAD | 1990                                                                          | INVENTAIRE DES RESSOURCES AGRO-SYLVO-PASTORALES DU BORKOU-ENNEDI-TIBESTI (BET) : RAPPORT FINAL : SYNTHESE.                                                        | CRA  | DIVERS    | 3      |                |
| TCHAD | KUMAR V.J.                                           |                     | 1990                                                                          | LAC TCHAD : LES EAUX REMONTENT. COURRIER ACP-CEE (BE), BULL1 M, N°124.                                                                                            | CRA  | HYDROL    | 4      |                |

| PAYS  | AUTEURS                             | CLIENTS                      | ANNEE | TITRE                                                                                                                                                | DISP | ARCHIVAGE | OBJET  | TYPE REFERENCE |
|-------|-------------------------------------|------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| TCHAD | MAIGA H.A.                          |                              | 1990  | HYDROLOGIE DES GRANDS COURS D'EAU D'AFRIQUE DE L'OUEST ET DU CENTRE, N°220. CENTRE AGRHYMET, NIAMEY.                                                 | DREM | HYDROL    | 4      |                |
| TCHAD | RIOU C., BILLON B., BEKAYO N.D.     |                              | 1990  | CONTRIBUTION DES INFORMATIONS ET DES CONSEILS AGRO-METEOROLOGIQUES AU DEVELOPPEMENT RURAL.                                                           | DREM | HYDROL    | 1      |                |
| TCHAD | BURGEAP                             | ONHPV                        | 1990  | ALIMENTATION EN EAU DES CHANTIERS DES ROUTES DU GUERA. ETUDE HYDROGEOLOGIQUE, PROSPECTION GEOPHYSIQUE ET IMPLANTATION DES FORAGES DE RECONNAISSANCE. | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
| C-50  | BIROUE W.K. DIONDOUBA L. RAHAL M.H. | ONHPV                        | 1990  | INVESTIGATIONS GEOPHYSIQUES DESTINEES A L'IMPLANTATION DE 150 SONDAGES DANS LA PREFECTURE DU GUERA. RAPPORT FINAL. PROJET PNUD-FENU CHD/85/004.      | N    | BE        | AQUIFR | 3              |
|       | SALEH M.M.                          |                              | 1991  | ESSAI DE REVISION DU RESEAU HYDROMETRIQUE DU TCHAD. MEMOIRE DE FIN D'ETUDES ING. APPLIC. HYDROLOGIE.                                                 | DREM | HYDROL    | 4      |                |
|       | WALBADET A.                         |                              | 1991  | ETUDE HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU MAYO-KEBI AU TCHAD.                                                                                          | DREM | HYDROL    | 4      |                |
|       | BURGEAP                             | ONHPV                        | 1991  | RAPPORT ANNUEL 1989-1990 DU PROGRAMME 6E FED D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE.                                                                              | N    | BE        | AQUIFR | 4              |
|       | MATHEY M.                           |                              | INC.  | GRAPHIQUES SUR LES DONNEES AGRO-CLIMATOLOGIQUES DU TCHAD.                                                                                            | CRA  | CLIMAT    | 4      |                |
|       | BARBEAU J.                          | GOVERNEMENT GENERAL DE L'AEF | INC.  | ETUDES HYDROGEOLOGIQUES AU B.E.T.                                                                                                                    | CRA  | AQUIFR    | 4      |                |
|       | ONHPV                               |                              | INC.  | LE OUADDAI (2EME PARTIE).                                                                                                                            | CRA  | DIVERS    | 4      |                |

| PAYS  | AUTEURS                      | CLIENTS | ANNEE | TITRE                                                                                       | DISP | ARCHIVAGE OBJET | TYPE REFERENCE |
|-------|------------------------------|---------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------|----------------|
| TCHAD | ONHPV                        |         | INC.  | LE OUADDAI (2EME PARTIE).                                                                   | CRA  | DIVERS          | 4              |
| TCHAD | LOTTI C. ET ASSOCIATI        |         | INC.  | ETUDE DE FACTIBILITE POUR LE PROJET D'IRRIGATION DE SATEGUI-DERESSIA. ANNEXE IV HYDROLOGIE. | DREM | HYDROL          | 1              |
| TCHAD | NELNGAR Y.                   |         | INC.  | SITUATION HYDROLOGIQUE 1985-1986.                                                           | DREM | HYDROL          | 4              |
| TCHAD | DIRECTION DE LA METEOROLOGIE |         | INC.  | NOTE SUR LA SITUATION HYDROLOGIQUE. SAISON DE PLUIE 1978.                                   | DREM | HYDROL          | 4              |
| TCHAD | MEADR/DREM                   |         | INC.  | ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU TCHAD 1982-1988.                                  | DREM | HYDROL          | 3              |



## **Annexe D**

### **DISPONIBILITE DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES ET DES DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES**

1. Planches de situation (D1 à D7) :
  - des cartes topographiques IGN au 1/50 000
  - des cartes topographiques IGN au 1/200 000 et 1/500 000
  - des cartes version terrestre Afrique 1/1 000 000 IGN
  - des cartes version aéronautique Afrique 1/1 000 000 IGN
  - de la couverture photographique au 1/50 000 à 1/90 000
  - de la couverture LANDSAT du Tchad
  - de la couverture SPOT sur la région du Lac
2. Liste des cartes des points d'eau BRGM - 1987 (D8)

Planche D1

Situation au  
31 Décembre 1979

TCHAD

## PUBLICATION

CARTE AU 1 : 50 000

| Feuille<br>publiée                                                                |  | en cours<br>ou prévue                                                             |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

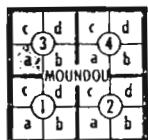
Edition définitive en couleurs

Edition provisoire

Feuilles levées, non éditées (des reproductions des stéréo-minutes peuvent être fournies sur demande)

Désignation des feuilles au 1:50 000  
à l'intérieur d'une feuille au 1:200 000

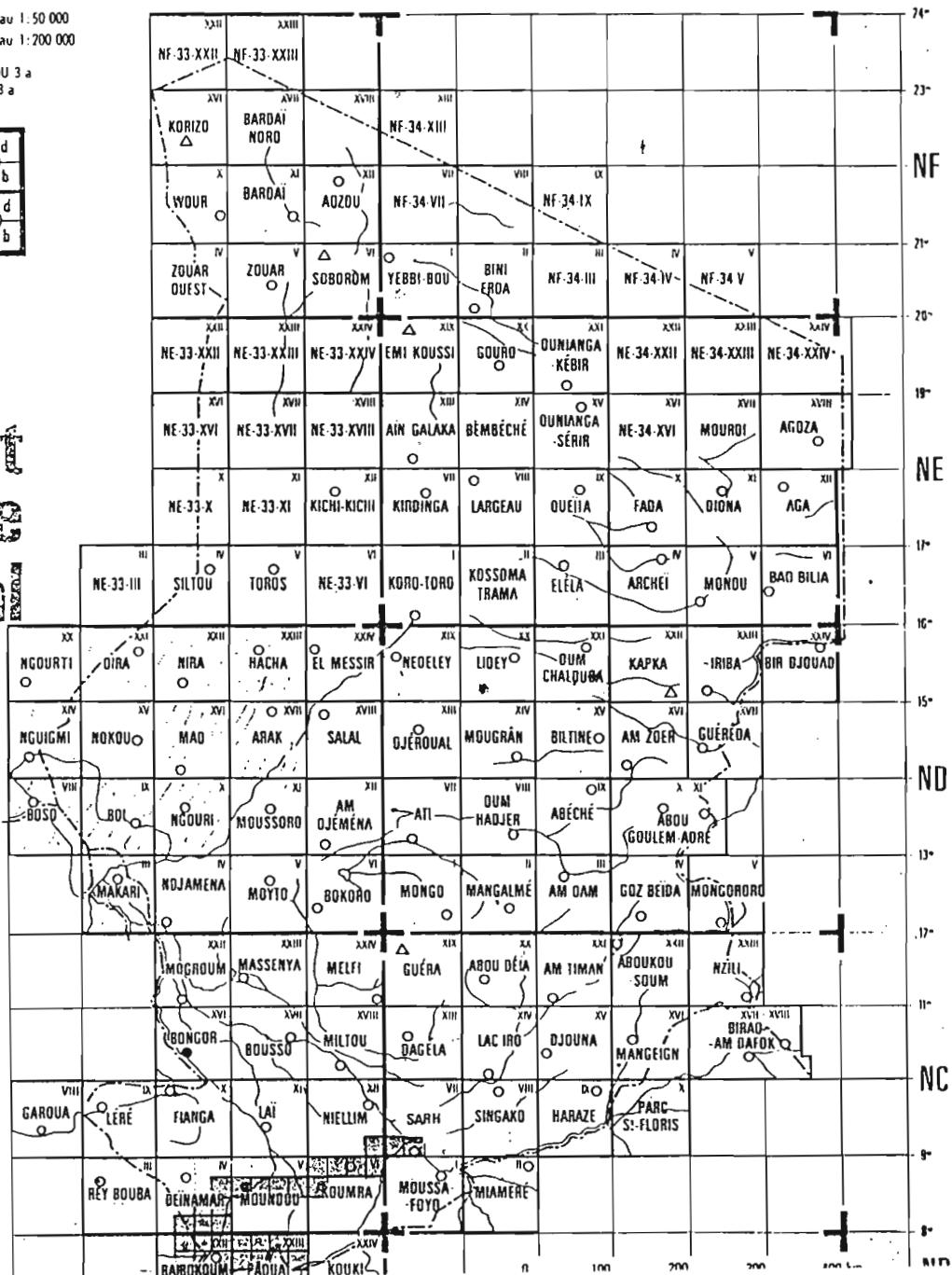
Exemple : MOUNDOU 3 a  
NC-33-V-3 a



**institut  
éographique  
national**



Bureau de vente des  
cartes par correspondance  
107, rue La Boétie  
75008 Paris  
Tél : 723-86-57  
Tél : 723-88-53



Situation au  
31 Décembre 1979

# PUBLICATION CARTE AU 1 : 200 000

(Exemple de désignation d'une feuille : FORT-LAMY ND-33-IV)

Feuille publiée

en cours ou prévue



## Carte régulière

Le chiffre du bas indique l'année du complètement sur le terrain,  
de la révision ou de la dernière mise à jour.  
Le chiffre du haut indique l'année d'édition.

Document provisoire : fond topographique ou planimétrique, esquisse, croquis.

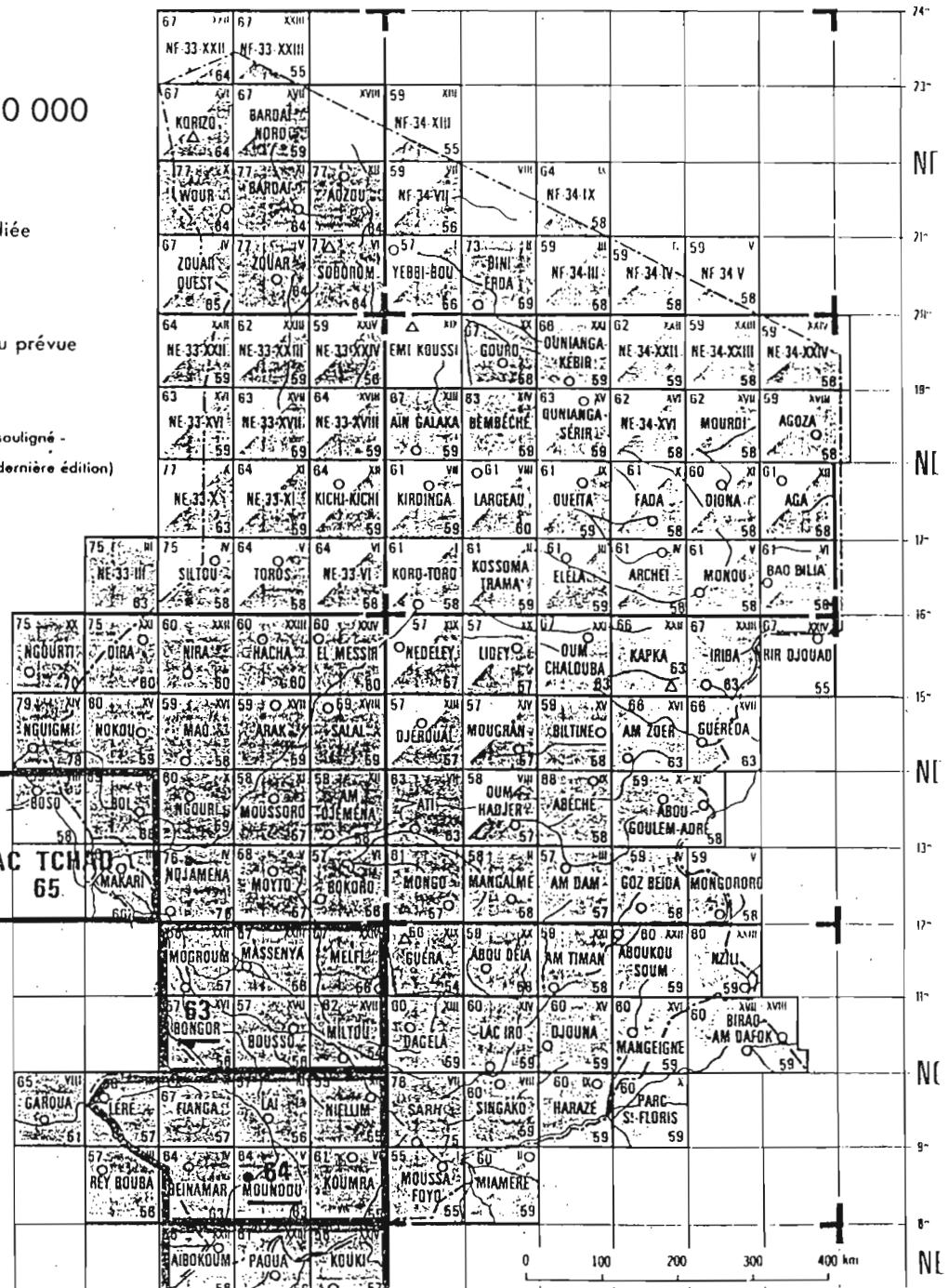
## CARTE AU 1 : 500 000

MOUDOU  
64

Feuille publiée

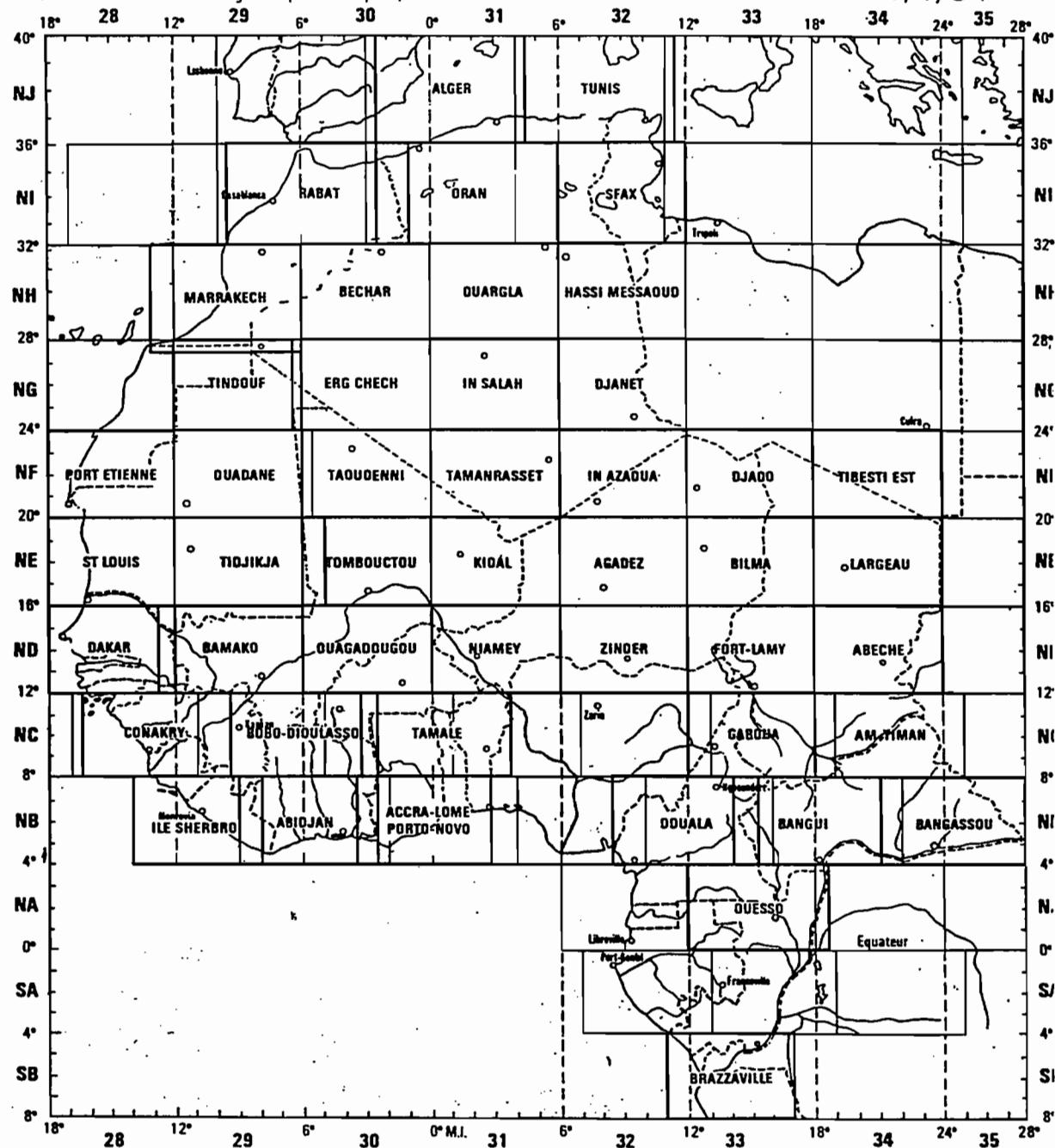
en cours ou prévue

(Le nom de la feuille est souligné -  
le chiffre indique l'année de la dernière édition)

LAC TCHAD  
65

**version terrestre**

Cartes vendues jusqu'à épuisement des stocks - Situation au 1/1/84



Egalement disponibles au 1/1/84 :

Echelle 1 : 1 000 000

NB 21/22 MARONI (GUYANE)

SE 05/06 TAHITI

SF 58 NOUVELLE CALEDONIE

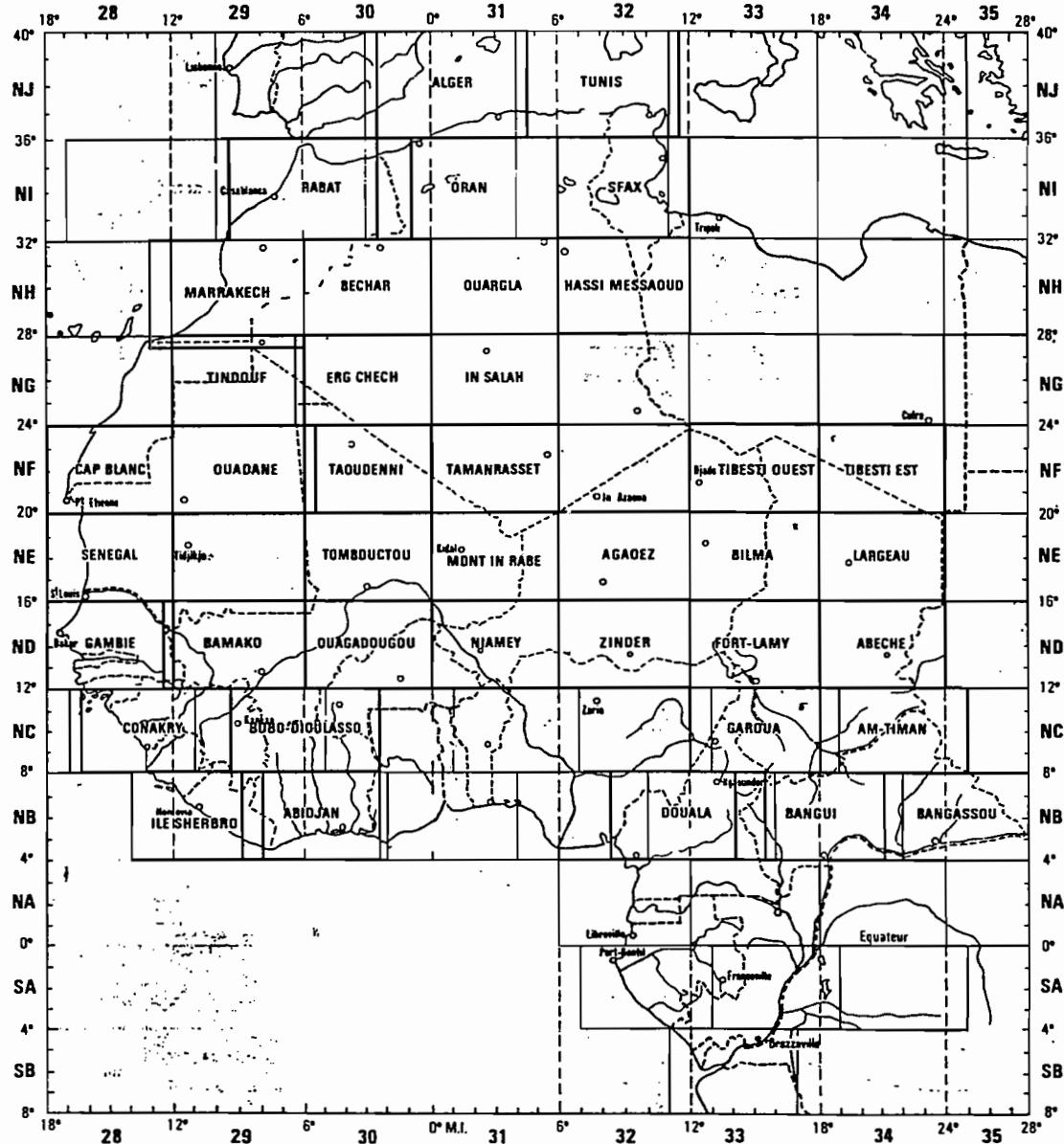
SF 40 LA REUNION/MAURITIUS

Echelle 1 : 2 000 000

NOUVELLE CALEDONIE/NOUVELLES HEPPISES

**version aéronautique**

Cartes vendues jusqu'à épuisement des stocks - Situation au 1/1/84



Egalement disponibles au 1/1/84 :

Echelle 1 : 1 000 000

NB 21/22 MARONI (GUYANE)

SF 58 NOUMEA

Echelle 1 : 2 000 000

NOUVELLE CALEDONIE/NOUVELLES HÉBRIDES

ILES DE LA SOCIETE/ILES TUBuai

ILES TUAMOTU/ILES MARQUISES

## Planche D5

## TCHAD

Situation au  
31 Décembre 1979

## COUVERTURE PHOTOGRAPHIQUE

Travaux réalisés

en cours ou prévus



Couverture panchromatique au 1 : 50 000

90 Couverture à d'autres échelles (90 lire 1 : 90 000)

Le chiffre noir indique l'année de la dernière prise de vues.

Certaines feuilles ont fait l'objet de couvertures partielles échelonnées entre les deux dates indiquées. Dans ce cas, pour des localisations plus précises, il est recommandé aux utilisateurs de s'adresser à l'Agence locale de l'I.G.N. ou 2 Avenue Pasteur - 94160 St-Mandé (Photothèque).

## NOTICE — La couverture photographique satisfait aux conditions générales ci-après :

- Chambres métriques de prise de vues.
- Axe de prise de vue sensiblement vertical.
- Couverture totale de chaque zone par des bandes de photographies rectilignes et parallèles.
- Recouvrement longitudinal de deux clichés successifs d'une bande : 60 %.
- Recouvrement latéral de deux bandes adjacentes : 15 %.
- Excellente netteté.

## Ces clichés permettent :

- L'étude détaillée du terrain par examen stéréoscopique des éprouves.
- L'obtention d'agrandissements, jusqu'à 4 et même 5 fois, des photographies originales.
- La restitution précise.

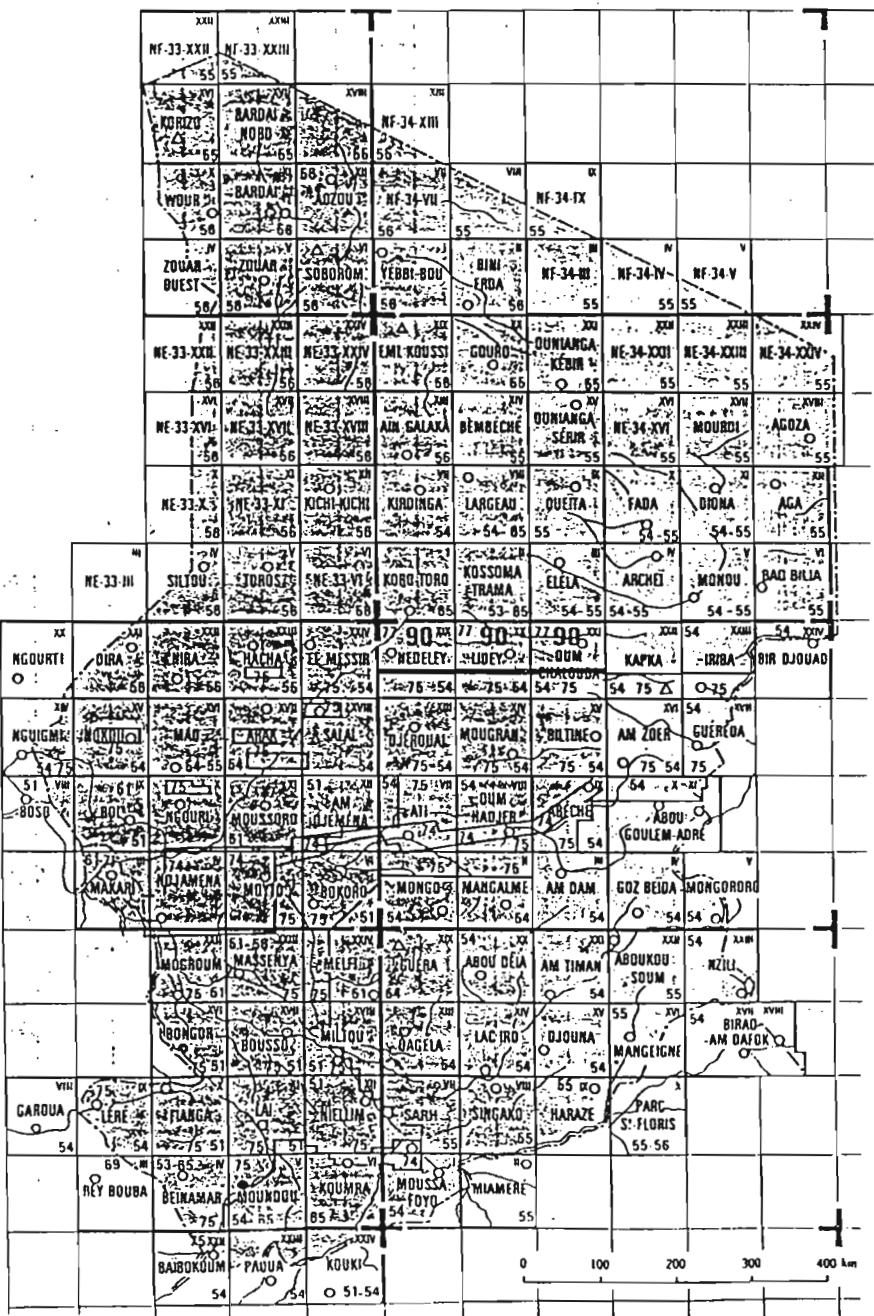
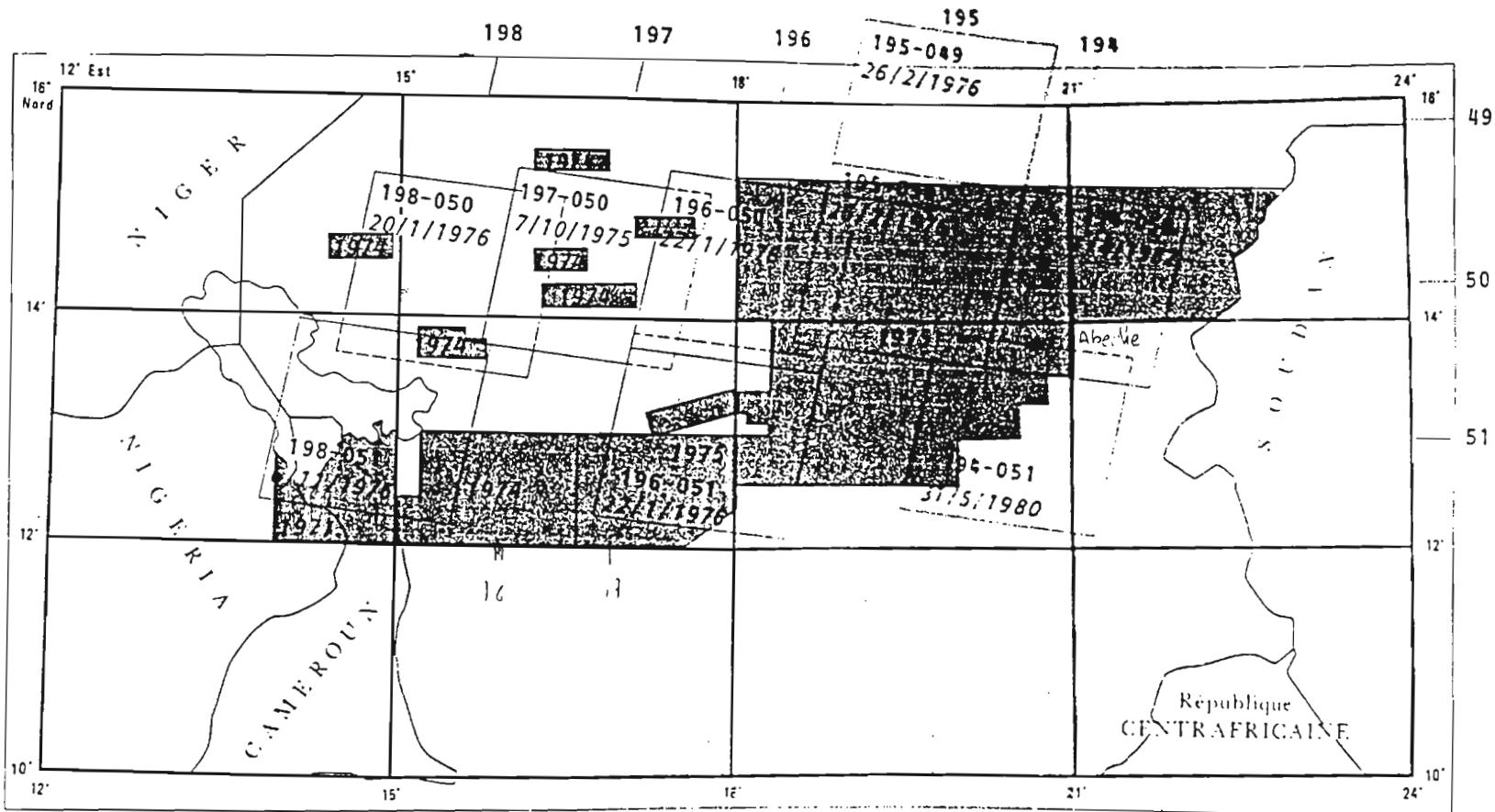


Tableau d'assemblage N°1

SYSTEME UNIVERSEL DE REFERENCE LANDSAT 1-2-3



Données satellitaires

Numéro de scène : 194-050

Date d'enregistrement : 20/1/1976

0 50 100 150 200 Km

Photographies aériennes année de prise de vue : 1974 - 1975

Cartographie de l'occupation du sol  
de la Région du Lac Tchad par imagerie satellitaire

Planche D7



SYSAME

TC 002 - AGUMJE  
AOUT 1990

**BRGM - 1987**

**PROGRAMME D'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET PASTORALE  
DANS LE SUD ET LE SUD-EST DU TCHAD**

**Carte de localisation des points d'eau au 1/200 000**

**Beïnamar  
Moundou-Koumra  
Fianga  
Abéché  
Mangalmé  
Goz Beïda  
Am Timan  
Aboukoussoum  
Kouki  
Abou Deïa  
Haraze  
Lai  
Niellim  
Baïbokoum  
Paoua**

**Carte en noir et blanc. Forages équipés avec mention du niveau statique et  
du débit spécifique. Axes de nomadisme.**

**Annexe E**

**LISTE DES ORGANISMES ET SERVICES  
VISITES LORS DE LA MISSION  
AU TCHAD**

- 1. Monsieur le Ministre des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau**
- 2. DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ASSAINISSEMENT**
- 3. BUREAU DE L'EAU**
- 4. OFFICE NATIONAL DE L'HYDRAULIQUE PASTORALE ET VILLAGEOISE (ONHPV)**
- 5. SOCIETE TCHADIENNE DE L'EAU ET DE L'ELECTRICITE (STEE)**

Direction Technique Hydraulique (DTH)  
Distribution, Comptage et Qualité de l'Eau
- 6. DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU ET DE LA METEOROLOGIE NATIONALE (DREM)**

(Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau)

Direction des Etudes et Projets  
Service Géologique
- 7. DIRECTION DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES (DRGM)**

(Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau)
- 8. DIRECTION DES ROUTES**

(Ministère des Travaux Publics)
- 9. DIRECTION DU GENIE SANITAIRE ET DE L'ASSAINISSEMENT (DGSA)**

(Ministère de la Santé et des Affaires Sociales)
- 10. DIRECTION DU GENIE RURAL**

(Ministère de l'Agriculture)
- 11. DIRECTION DU PLAN**

(Ministère du Plan et de la Coopération)

- 12. OFFICE NATIONAL DE DEVELOPPEMENT DE L'HORTICULTURE (ONADEH)**
- 13. OFFICE DE MISE EN VALEUR DES PLAINES DE SATEGUI-DERESSIA (OMVSD)**
  
- 14. OFFICE NATIONAL DE DEVELOPPEMENT RURAL (ONDR)**
  
- 15. FONDS D'INVESTISSEMENT RURAL (FIR)**
  
- 16. BUREAU INTERMINISTERIEL D'ETUDES ET DE PROGRAMMATION DU DEVELOPPEMENT RURAL (BIEP)**
  
- 17. SOCIETE DE DEVELOPPEMENT DU LAC (SODELAC)**
  
- 18. COMMISSION DU BASSIN DU LAC TCHAD (CBLT)**  
  
Service Hydrologie  
Centre Documentation
  
- 19. COMITE PERMANENT INTER-ETATS DE LUTTE CONTRE LA SECHERESSE DANS LE SAHEL (CILSS)**
  
- 20. CENTRE D'ETUDES ET DE FORMATION POUR LE DEVELOPPEMENT (CEFOD)**
  
- 21. CENTRE DE RECHERCHES APPLIQUEES (CRA)**
  
- 22. BUREAU CENTRAL DU RECENSEMENT (Direction de la Statistique)**
  
- 23. LABORATOIRE D'ANALYSES VETERINAIRES DE FARCHA**
  
- 24. FACULTE DES SCIENCES EXACTES (Université du Tchad)**

- 25. FONDS EUROPEEN DE DEVELOPPEMENT (FED)**
- 26. BANQUE MONDIALE**
- 27. PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT (PNUD)**
- 28. ORGANISATION DES NATIONS UNITES POUR L'EDUCATION ET L'ENFANCE (UNICEF)**
- 29. UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT (USAID)**
- 30. AGENCE ALLEMANDE POUR LA COOPERATION INTERNATIONALE (GTZ)**
- 31. CARE INTERNATIONAL**
- 32. ORT TCHAD (Organisme de réhabilitation par le travail)**
- 33. SECOURS CATHOLIQUE - DEVELOPPEMENT (SECADEV)**
- 34. ASSOCIATION NEERLANDAISE POUR LE DEVELOPPEMENT (SNV)**

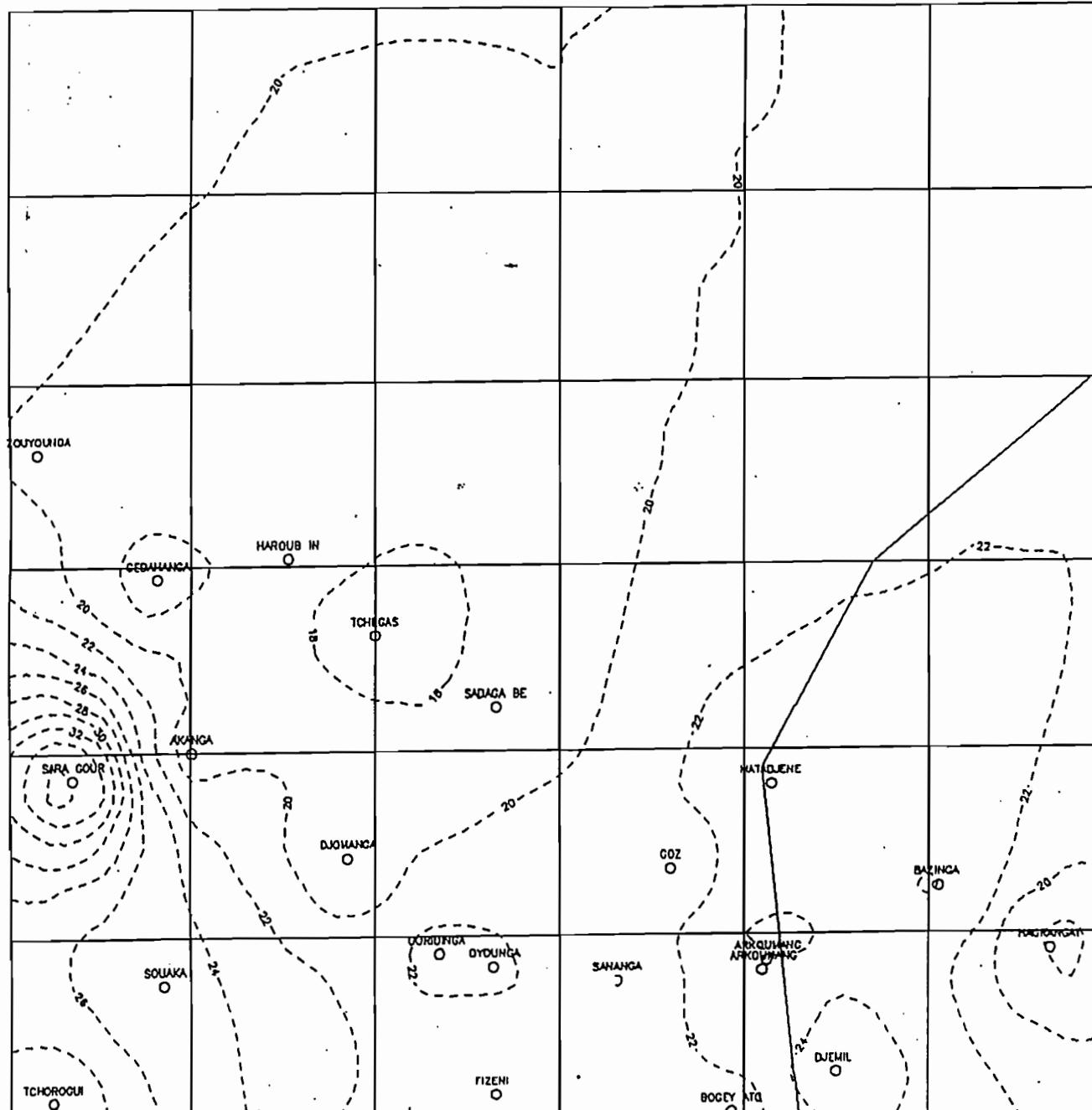


**Annexe F du paragraphe 5.3.2**

**DONNEES DE BASE HYDROGEOLOGIQUES**

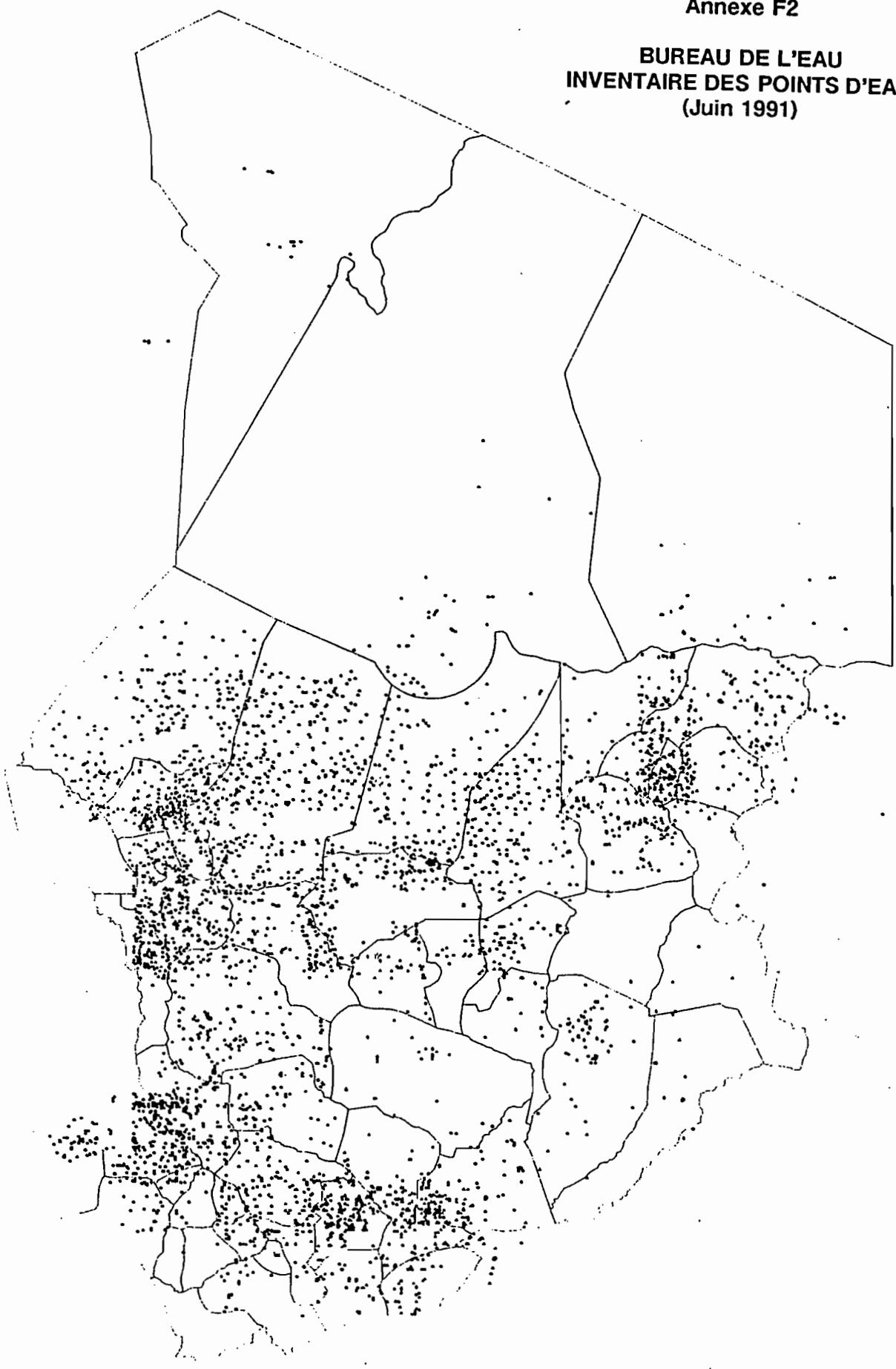
BUREAU DE L'EAU  
INVENTAIRE DES POINTS D'EAU

HACHA



Annexe F2

BUREAU DE L'EAU  
INVENTAIRE DES POINTS D'EAU  
(Juin 1991)



O.N.H.P.V.

Annexe F3

FICHE 'BESOINS'  
HYDRAULIQUE VILLAGEOISE

-----  
SERVICE DE PROGRAMMATION  
-----

SYSTEME PROSPER

CODE VILLAGE :

VILLAGE :

CANTON

:

S/PREFECTURE:

PREFECTURE

:

NOM LOCAL :

LONGITUDE : ° ' '' W

LATITUDE : ° ' '' N

TYPE DE VILLAGE :

DEMANDE ADMINISTRATIVE (O/N) :

UNITE DE PROGRAMME :  /  /

DEMANDE VILLAGEOISE :

URGENCE DES BESOINS EN EAU :

HOPITAL/DISP. (O/N) :

COMMERCANT (O/N) :

ECOLE (O/N) :

MARCHE (L/R/N) :

APTITUDE A LA MAINT. (O/N) :

GROUPEMENT VILLAGEOIS (O/N) :

ARTISAN MAINTENANCE POMPE :

POPULATION VILLAGE RECENSEE :  ANNEE :

POPULATION VILLAGE ESTIMEE :  ANNEE :

POPULATION REGROUPEE ESTIMEE :

RAYON DE REGROUPEMENT :

OBSERVATIONS :

FICHE ETABLIE PAR :  LE / / 19

SAISIE PAR :  LE / / 19

VERIFIEE PAR :  LE / / 19

|                                                 |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------|------------------------------------|---------|----------|--|
| ONHPV                                           | ENQUETES<br>SOCIO-ECONOMIQUES<br>Besoins - Ressources | Enquêteur :<br>Date :                     | Projet : ONHPV                           |              |                                    |         |          |  |
| <b>IDENTIFICATION</b>                           |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Village.....                                    | X : _____ ° _____ ' _____ "                           |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Autres appellations.....                        | Y : _____ ° _____ ' _____ "                           |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Canton.....                                     | Z : _____ m (+ ..... m)                               |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Sous-préfecture.....                            | Carte                                                 | Nom                                       | N°                                       |              |                                    |         |          |  |
| Préfecture.....                                 | 1/ 000                                                |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Codification.....                               | Photo N°..... Mission.....                            |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| <b>POPULATION HABITAT</b>                       |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| <b>Population globale</b>                       |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Enquête admin. 1976 : _____ hab.                |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Enquête ONHPV 19..... : _____ hab.              |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| <b>Population regroupée dans le village</b>     |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| nombre concessions.... <input type="checkbox"/> | familles.... <input type="checkbox"/> :               | _____                                     |                                          |              |                                    |         |          |  |
| nombre quartiers.....                           | _____                                                 |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| ethnies.....                                    | _____                                                 |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| estimation.....                                 | 0                                                     | 100                                       | 300                                      | 500          | 1000                               | 2000    | hab.     |  |
| dimension.....                                  | 0                                                     | 500                                       | 1000                                     | 2000         | m                                  |         |          |  |
| Type d'habitat : en poto poto _____ %           | toit en tôle                                          | _____ %                                   | structuré                                | _____        | <input type="checkbox"/>           |         |          |  |
| <b>Population hors du village</b> :             | • regroupé <input type="checkbox"/>                   | hameaux : nombre <input type="checkbox"/> | estimation <input type="checkbox"/> hab. |              |                                    |         |          |  |
| permanents <input type="checkbox"/>             | temporaires <input type="checkbox"/>                  | cultivateurs <input type="checkbox"/>     | éleveurs <input type="checkbox"/>        |              |                                    |         |          |  |
| • négligeable <input type="checkbox"/>          | • dispersée <input type="checkbox"/>                  |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| <b>INFRASTRUCTURES</b>                          | Au village                                            | Aux villages voisins (km)                 |                                          | Observations |                                    |         |          |  |
| Dispensaire-centre santé                        |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Ecole                                           |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Marché local                                    |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| régional                                        |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Commerçants                                     |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Autres                                          |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Artisans: vélos, vélomoteurs                    |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| pompes manuelles                                |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| petits moteurs                                  |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| véhicules                                       |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| <b>MOYENS TRANSPORTS</b>                        |                                                       |                                           |                                          |              | <b>ACCESSIBLE</b>                  | Atelier | Véhicule |  |
| Passage véhicule :                              | en permanence                                         |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Nb vélomoteurs :                                | sauf quelques mois                                    |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Nb vélos :                                      | sauf quelques semaines                                |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Nb charettes :                                  | sauf quelques jours                                   |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| Nb animaux :                                    |                                                       |                                           |                                          |              |                                    |         |          |  |
| <b>OBSERVATIONS :</b>                           |                                                       |                                           |                                          |              | <b>ENVIRONNEMENT / MAINTENANCE</b> |         |          |  |
| φ                                               |                                                       |                                           |                                          |              | Favorable                          |         |          |  |
|                                                 |                                                       |                                           |                                          |              | Médiocre                           |         |          |  |
|                                                 |                                                       |                                           |                                          |              | Défavorable                        |         |          |  |

**Annexe F4 (suite)**

**ONHPV**

Village : ...  
Canton : ...  
S/préfecture : ...

Préfecture : ...

**POINTS D'EAU MODERNES**

| PUITS          | N°Inventaire        | Niveau eau        | Profondeur        | Etat                       | Utilisation        | Situation fin saison sèche        |
|----------------|---------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------------|
|                |                     |                   |                   |                            |                    |                                   |
|                |                     |                   |                   |                            |                    |                                   |
|                |                     |                   |                   |                            |                    |                                   |
|                |                     |                   |                   |                            |                    |                                   |
| <b>FORAGES</b> | <b>N°Inventaire</b> | <b>Type pompe</b> | <b>Etat pompe</b> | <b>Etat superstructure</b> | <b>Utilisation</b> | <b>Situation fin saison sèche</b> |
|                |                     |                   |                   |                            |                    |                                   |
|                |                     |                   |                   |                            |                    |                                   |

**RESSOURCES EN EAU TRADITIONNELLES**

|                           | Eau de surface | Puisards | Puits traditionnels | Puits trad. cimentés | Distance maximum | Observations |
|---------------------------|----------------|----------|---------------------|----------------------|------------------|--------------|
| <b>DEBUT SAISON SECHE</b> |                |          |                     |                      |                  |              |
| <b>FIN SAISON SECHE</b>   |                |          |                     |                      |                  |              |

Profondeur moyenne du niveau de l'eau (hors puisards) 0 10 20 30 40 50 m

(sans tenir compte des points d'eau modernes)

|                                  |          |                                                         |                                     |   |
|----------------------------------|----------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------|---|
| <b>URGENCE</b>                   | Grave    | pas de points d'eau pérennes suffisants à moins de 2 km | <input checked="" type="checkbox"/> | 1 |
| Situation en fin de saison sèche | Médiocre |                                                         | <input type="checkbox"/>            | 2 |
|                                  | Passable | ressources suffisantes à proximité du village           | <input type="checkbox"/>            | 3 |

**COUT DE L'EAU** a) Dépenses par famille pour exhaure traditionnelle par an :

.....cordes de .....m x .....F/cordé + .....puisettes x .....F = .....F/an

b) Vente: par porteur  au point d'eau  : ..... litres .....F = .....F/m3

c) Dépenses du village pour exhaure traditionnelle par an..... : .....F/an

**ACTIVITES**

Activités principales : cultivateurs  éleveurs  autres :.....

Culture de rente..... : coton  maraîchage  autres :.....

Nombre d'éleveurs... : sédentaires : .....transhumants : .....

**TRAVAUX OU EQUIPEMENTS DEMANDES**

| Type | Objectifs | Observations |
|------|-----------|--------------|
|      |           |              |
|      |           |              |

**ORGANISATION**

**Alphabétisation :**

| Groupements | Activités | Nombre membres | Caisse | Agents administratifs | ONG | APTITUDE A LA MAINTENANCE | Pompe manuelle | Pompe motorisée |
|-------------|-----------|----------------|--------|-----------------------|-----|---------------------------|----------------|-----------------|
|             |           |                |        |                       |     | Favorable                 |                |                 |
|             |           |                |        |                       |     | Médiocre                  |                |                 |
|             |           |                |        |                       |     | Défavorable               |                |                 |

Village : \_\_\_\_\_

N° IRH

N° YC

F

|                    |                         |             |
|--------------------|-------------------------|-------------|
| Entreprise : _____ | Préfecture : _____      | X : _____   |
| Atelier : _____    | Sous-préfecture : _____ | Y : _____   |
| preneur : _____    | Carte 1/200.000         | Z : _____ m |

|                             |                          |                       |                                 |
|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Profondeur forée : _____ m  | PVC : _____              | Développement : _____ | Date : _____ / _____ / 198_____ |
| Profondeur finale : _____ m | Ø : _____ mm             | Durée : _____ h       | Observations : _____            |
| Profondeur tête : _____ m   | L/tubes pleins : _____ m | Débit : _____ m³/h    |                                 |
| Profondeur socle : _____ m  | L/crépines : _____ m     | N.S. : _____ m        |                                 |
| Précavier nature : _____    | Volume : _____           | N.D. : _____ m        |                                 |

| Diamètre mm | Profon- deur m | Coupe technique | Débit m³/h | Vitesse m/h | Géologie |       |             |
|-------------|----------------|-----------------|------------|-------------|----------|-------|-------------|
|             |                |                 |            |             | Prof.    | Coupe | Description |
|             |                |                 |            |             | 10       |       |             |
|             |                |                 |            |             | 20       |       |             |
|             |                |                 |            |             | 30       |       |             |
|             |                |                 |            |             | 40       |       |             |
|             |                |                 |            |             | 50       |       |             |
|             |                |                 |            |             | 60       |       |             |

|                                      |                                      |                                 |                |              |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------|--------------|
| FORAGE R - rotary<br>e - eau         | M - marteau fond-de-trou<br>b - boue | fond-de-trou<br>m - mousse      | Observations : | établi par : |
| FORAGE Tp - provisoire<br>P - packer | T - tube plein                       | C - crépine<br>Cl - cimentation |                |              |

| ONHPV<br><b>PUITS NEUF</b>  | Débit<br>Journalier<br>exploitable (m <sup>3</sup> /j) |  |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------|--|
| N° Bureau de l'eau          | Hauteur des buses                                      |  |
| Nom du puits                | Type de buses                                          |  |
| Canton :                    | Nombre de buses                                        |  |
| Sous - Préfecture           | Trousse coupante                                       |  |
| Préfecture                  | Dalle de fond                                          |  |
|                             | Nombre d'abreuvoir                                     |  |
|                             | Dalle antibourbier                                     |  |
| Carte 1/200 000             | Croquis de situation                                   |  |
| Longitude                   |                                                        |  |
| Latitude                    |                                                        |  |
| Réceptionné le              |                                                        |  |
| Entreprise                  |                                                        |  |
| Financement                 |                                                        |  |
| Date des mesures:           |                                                        |  |
| Nomenclature<br>(en mètres) | Observations : (coupe géologique)                      |  |
| D _____                     |                                                        |  |
| d. _____                    |                                                        |  |
| m. _____                    |                                                        |  |
| H. _____                    |                                                        |  |
| h. _____                    |                                                        |  |
| C. _____                    |                                                        |  |
| B. _____                    |                                                        |  |
| P. _____                    |                                                        |  |
| P'. _____                   |                                                        |  |
| n. n'                       |                                                        |  |
|                             | Fiche réalisée par: _____                              |  |

ONHPV

**RÉPARATION DE PUITS**

|                                                                     |  | <b>TRAVAUX EFFECTUÉS</b>                                                                                  |  |
|---------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| N° Bureau de l'eau                                                  |  | Fonçage                                                                                                   |  |
| Nom du puits                                                        |  | Curage                                                                                                    |  |
| Canton                                                              |  | Buses neuves                                                                                              |  |
| Sous-Préfecture                                                     |  | Trousse coupante                                                                                          |  |
| Préfecture                                                          |  | Cuvelage                                                                                                  |  |
| Carte 1/200 000                                                     |  | Dalle de fond                                                                                             |  |
| Longitude                                                           |  | Margelle                                                                                                  |  |
| Latitude                                                            |  | Trottoir                                                                                                  |  |
| Dates des travaux                                                   |  | Abreuvoir                                                                                                 |  |
| Commencés                                                           |  | Débit                                                                                                     |  |
| terminés                                                            |  | Journalier<br>exploitable (M3/j)                                                                          |  |
| <b>ETAT DU PUITS (après les travaux)</b><br>Date des mesures: ..... |  | <b>OBSERVATIONS:</b><br><i>(description sommaire des travaux effectués et nature du terrain aquifère)</i> |  |
| Nomenclature<br>(en mètres)                                         |  |                                                                                                           |  |
| D.                                                                  |  |                                                                                                           |  |
| d.                                                                  |  |                                                                                                           |  |
| m.                                                                  |  |                                                                                                           |  |
| H.                                                                  |  |                                                                                                           |  |
| h.                                                                  |  |                                                                                                           |  |
| C.                                                                  |  |                                                                                                           |  |
| B.                                                                  |  |                                                                                                           |  |
| P.                                                                  |  |                                                                                                           |  |
| Superstructure (avec - sans)                                        |  |                                                                                                           |  |
| Nombre d'abreuvoirs : _____                                         |  | Fiche rédigée par : _____                                                                                 |  |
| Nombre de buses filtrantes : _____                                  |  | Date ..... : _____                                                                                        |  |

INR 46-7719

| <b>ONHPV</b><br><b>VISITE DE PUITS</b> |  | <b>Puisage en cours</b><br><b>Utilisateurs</b><br><b>Date de construction</b><br><b>Débit à l'origine (m<sup>3</sup>/j)</b><br><b>Débit actuel (m<sup>3</sup>/j)</b><br><b>Niveau de l'eau après la saison des pluies</b><br><b>Puits sec de (à)</b><br><b>Autres points d'eau dans le village</b> |
|----------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N° Bureau de l'eau                     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Nom du puits                           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Canton                                 |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Sous-Préfecture                        |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Préfecture                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Carte 1/200 000                        |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Longitude                              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Latitude                               |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Heure et date de la visite             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Nom de l'Observateur                   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

**Nomenclature**  
*(en mètres)*

D. \_\_\_\_\_

d. \_\_\_\_\_

m. \_\_\_\_\_

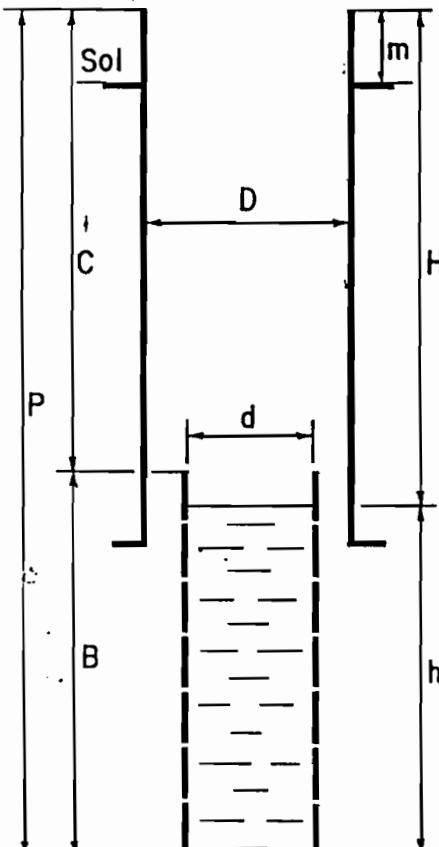
H. \_\_\_\_\_

h. \_\_\_\_\_

C. \_\_\_\_\_

B. \_\_\_\_\_

P. \_\_\_\_\_

Nature de l'aquifère:

**ETAT DU PUITS**  
**ET TRAVAUX A ENTREPRENDRE**

Cuvelage (nature)Captage (avec-sans)

Equipement de surface  
*(nombre d'abreuvoir)*

## Annexe F9

## BUREAU DE L'EAU

| CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES 6ème FED |                                  |      |              |       |      |        |                         |        |      |       |        |        |       |            |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------|--------------|-------|------|--------|-------------------------|--------|------|-------|--------|--------|-------|------------|
| Nom et Numéro du Forage                                          | Date de prélèvement et d'analyse | T° C | Conductivité | P. H. | Mg/L | Ca/Ce3 | Teneur moyennes en mg/l |        |      |       |        |        |       |            |
|                                                                  |                                  |      | µS/cm        |       | THT  | TAC    | Ca + +                  | Mg + + | NH + | Cl -  | SO4 2- | HCO3 - | NO3 - | Réduit Sec |
| AMBOGO F 69                                                      | 7/1/91                           | 30   | 340          | 7,1   | 140  | 201    | 52,40                   | 2,20   | 0,10 | 25,00 | 4      | 201    | 1,90  | 219        |
| LIGNIA DJARMA F70                                                | 10/1/91                          | 29   | 130          | 6,5   | 113  | 155    | 34,80                   | 6,30   | 0,00 | 22,00 | 1      | 155    | 2,00  | 84         |
| LIGNIA DOKOI F71                                                 | 15/1/91                          | 29   | 220          | 6,4   | 125  | 150    | 58,70                   | 8,30   | 0,02 | 25,00 | 2      | 150    | 1,50  | 142        |
| ABDEDI F72                                                       | 17/1/91                          | 30   | 150          | 6,4   | 91   | 110    | 21,60                   | 8,90   | 0,10 | 27,00 | 2      | 110    | 1,70  | 97         |
| NIERME F73                                                       | 17/1/91                          | 31   | 240          | 6,8   | 112  | 203    | 33,60                   | 6,90   | 0,07 | 28,00 | 0      | 203    | 2,10  | 155        |
| ATAWIL F74                                                       | 19/1/91                          | 31   | 160          | 7,8   | 70   | 108    | 20,40                   | 4,60   | 0,00 | 27,00 | 4      | 108    | 2,50  | 103        |
| ALOUBANA F75                                                     | 19/1/91                          | 31   | 360          | 7,3   | 126  | 235    | 36,40                   | 8,50   | 0,00 | 24,00 | 3      | 235    | 1,70  | 232        |
| HACHABA DABA F76                                                 | 23/1/91                          | 29   | 520          | 6,7   | 396  | 469    | 130,00                  | 18,00  | 0,00 | 37,00 | 20     | 469    | 3,50  | 336        |
| ALUGUIDE F77                                                     | 26/1/91                          | 32   | 340          | 7,2   | 144  | 222    | 40,40                   | 10,45  | 0,00 | 41,00 | 24     | 222    | 6,60  | 219        |
| SOUDJE F78                                                       | 27/1/91                          | 32   | 620          | 7,3   | 216  | 222    | 54,00                   | 19,68  | 0,00 | 66,00 | 180    | 222    | 4,40  | 400        |
| MATRIE F79                                                       | 28/1/91                          | 30   | 320          | 7,6   | 90   | 220    | 35,00                   | 0,61   | 0,00 | 44,00 | 22     | 220    | 0,90  | 206        |
| DJOKHANA F80                                                     | 30/1/91                          | 30   | 360          | 7,2   | 173  | 221    | 48,00                   | 12,88  | 0,00 | 41,00 | 17     | 221    | 2,20  | 232        |
| TIBNE F81                                                        | 1/2/91                           | 32   | 420          | 6,9   | 148  | 191    | 35,00                   | 14,70  | 0,00 | 38,00 | 90     | 191    | 0,40  | 271        |
| TORORA F82                                                       | 2/2/91                           | 32   | 500          | 7,8   | 133  | 241    | 34,00                   | 11,66  | 0,00 | 46,00 | 100    | 241    | 3,10  | 323        |
| ABALAGNE F83                                                     | 2/2/91                           | 32   | 520          | 7,2   | 145  | 243    | 43,00                   | 9,23   | 0,00 | 60,00 | 160    | 243    | 13,20 | 335        |
| TAMADAYE F84                                                     | 5/1/91                           | 32   | 600          | 6,9   | 174  | 276    | 54,00                   | 9,72   | 0,00 | 35,00 | 150    | 276    | 8,80  | 387        |
| ABOKI F85                                                        | 5/3/90                           | 31   | 3200         | 7,1   | 482  | 1249   | 176,00                  | 10,21  | 0,10 | 23,00 | 1250   | 432    | 70,40 | 2065       |
| LARDO ATERI F86                                                  | 5/3/90                           | 31   | 4600         | 6,9   | 1050 | 983    | 384,00                  | 21,87  | 0,06 | 31,00 | 5000   | 983    | 4,40  | 2968       |
| BOULA BOUSSOUF F87                                               | 10/3/91                          | 31   | 2400         | 6,9   | 372  | 771    | 91,60                   | 34,75  | 0,00 | 45,00 | 1500   | 771    | 13,60 | 1548       |
| ABAHARDAYE F88                                                   | 11/3/91                          | 32   | 760          | 6,7   | 272  | 639    | 80,80                   | 17,01  | 0,00 | 22,00 | 95     | 639    | 9,68  | 490        |
| BOURARO F89                                                      | 15/3/91                          | 32   | 2500         | 6,7   | 740  | 1280   | 168,00                  | 77,76  | 0,30 | 25,00 | 1875   | 1280   | 1,30  | 1613       |
| KILEKILE F90                                                     | 11/3/91                          | 31   | 540          | 6,9   | 202  | 389    | 51,60                   | 17,74  | 0,02 | 30,00 | 12     | 389    | 11,00 | 348        |
| CHABAKARY F91                                                    | 13/3/91                          | 30   | 800          | 7,1   | 197  | 399    | 50,40                   | 17,25  | 0,00 | 40,00 | 52     | 399    | 48,40 | 516        |
| AM CHOKA F92                                                     | 15/3/91                          | 32   | 3200         | 6,7   | 918  | 703    | 246,40                  | 73,39  | 0,00 | 35,00 | 4000   | 703    | 0,00  | 2065       |
| AM DOUGOULA F93                                                  | 13/3/91                          | 32   | 340          | 6,6   | 122  | 182    | 36,80                   | 7,29   | 0,03 | 33,00 | 25     | 182    | 3,08  | 219        |
| ZIREZIR F94                                                      | 11/3/91                          | 32   | 1300         | 6,9   | 459  | 326    | 127,20                  | 34,26  | 0,05 | 26,00 | 750    | 326    | 14,30 | 839        |
| AMDEKHENE F95                                                    | 11/3/91                          | 32   | 620          | 7,1   | 128  | 271    | 36,40                   | 8,99   | 0,00 | 41,00 | 85     | 271    | 4,60  | 400        |
| ALKOUK F96                                                       | 1/3/91                           | 31   | 2200         | 7,1   | 445  | 432    | 122,40                  | 33,78  | 0,00 | 32,00 | 1750   | 432    | 7,92  | 1419       |
| KARAL F97                                                        | 11/3/91                          | 30   | 1200         | 7,3   | 174  | 513    | 38,00                   | 19,20  | 0,00 | 28,00 | 263    | 513    | 66,00 | 774        |

Réf.:

## Annexe F10 - FICHE FORAGE, POMPAGE D'ESSAIS

N° vill. :  
N° ouvrage :

S/pref.:

Canton:

Village

X

Y

Atelier

GEOASTRA

coupe géologique

coupe technique

Essais de débit  
(mesures faites par rapport au repère)

| te méthode | fraction | cote | log | description lithologique |  | NS =                          |                  |
|------------|----------|------|-----|--------------------------|--|-------------------------------|------------------|
|            |          | 0    |     |                          |  | Measures de prof. ouvrage     |                  |
|            |          | 5    |     |                          |  | P. avant sufflage =           |                  |
|            |          | 10   |     |                          |  | P. avant érosion =            |                  |
|            |          | 15   |     |                          |  | P. après érosion =            |                  |
|            |          | 20   |     |                          |  | Developpement                 |                  |
|            |          | 25   |     |                          |  | t air lift =                  |                  |
|            |          | 30   |     |                          |  | Q air lift =                  |                  |
|            |          | 35   |     |                          |  | t pompage =                   |                  |
|            |          | 40   |     |                          |  | Q pompage =                   |                  |
|            |          | 45   |     |                          |  | Essais par puits encaissé     |                  |
|            |          |      |     |                          |  | Q <sub>1</sub> =              |                  |
|            |          |      |     |                          |  | N <sub>D</sub> <sub>1</sub> = | A <sub>1</sub> = |
|            |          |      |     |                          |  | Q <sub>2</sub> =              | A <sub>2</sub> = |
|            |          |      |     |                          |  | N <sub>D</sub> <sub>2</sub> = | A <sub>2</sub> = |
|            |          |      |     |                          |  | Q <sub>3</sub> =              | A <sub>3</sub> = |
|            |          |      |     |                          |  | N <sub>D</sub> <sub>3</sub> = | A <sub>3</sub> = |
|            |          |      |     |                          |  | Mesures physicochimiques      |                  |
|            |          |      |     |                          |  | t <sub>OC</sub> =             |                  |
|            |          |      |     |                          |  | pH =                          |                  |
|            |          |      |     |                          |  | C =                           |                  |

## ONHPV - SERVICE MAINTENANCE

## NOM ET SIGNIFICATION DES CHAMPS DE LA BASE DE DONNEES SUPER

| N ° | NOM DU CHAMPS | SIGNIFICATION                                               |
|-----|---------------|-------------------------------------------------------------|
| 1   | NUMOUV        | N° I R H de l'ouvrage                                       |
| 2   | DATFIN        | date de fin d'exécution du forage                           |
| 3   | COETOU        | état du forage: 1:exploité                                  |
| 4   | PREFECT       | nom de la préfecture                                        |
| 5   | SSPREF        | nom de la sous-préfecture                                   |
| 6   | CANTON        | nom du canton                                               |
| 7   | VILLAG        | nom du village                                              |
| 8   | LONGIT        | longitude                                                   |
| 9   | LATITU        | latitude                                                    |
| 10  | PROTOT        | profondeur finale du forage                                 |
| 11  | PROEQU        | profondeur top crépine                                      |
| 12  | NIVSTAT       | niveau statique de la nappe                                 |
| 13  | DEBPOMP       | débit horaire du forage                                     |
| 14  | CODVIL        | code du village                                             |
| 15  | PROJET        | nom du projet                                               |
| 16  | FINANC        | nom du financement                                          |
| 17  | ENTREP        | nom de l'entreprise d'exécution                             |
| 18  | EMBASE        | type d'embase de la pompe                                   |
| 19  | COTPOMP       | cote d'installation du corps de pompe                       |
| 20  | MALI          | pompe india mali                                            |
| 21  | I M II2       | pompe india mark II unicef cylindre2"                       |
| 22  | I M II 3      | pompe india mark II unicef cylindre 3"                      |
| 23  | I M VLOM      | pompe india mark III Unicef VLOM                            |
| 24  | PB FIOO 25    | pompe pumpenboese type F 100 RFA cylindre laiton 2,5"       |
| 25  | PB FIOO 3     | pompe pumpenboese type F 100 RFA cylindre laiton 3"         |
| 26  | PB 25         | pompe pumpenboese type PB 2,5 RFA cylindre inox 2,5"        |
| 27  | MONO          | pompe mono 32 DW 15                                         |
| 28  | THYSEN        | pompe thysen                                                |
| 29  | DUBA          | pompe duba                                                  |
| 30  | KARDIA        | pompe kardia                                                |
| 31  | TUYAU         | diamètre du tuyau de la colonne d'exhaure                   |
| 32  | TRINGLE       | nature de la protection des tringles galva / inox           |
| 33  | ARTISAN       | nom de l'artisan chargé de la maintenance                   |
| 34  | SECTEUR       | nom de la zone d'intervention de l'artisan                  |
| 35  | DEBUTACT      | Date de remise de la caisse à outils                        |
| 36  | CONTRAVIL     | Date de la signature du contrat entre l'ONHPV et le village |
| 37  | COTISA I      | montant du 1er versement de la participation villageoise    |
| 38  | DATERECU I    | Date du 1er versement                                       |
| 39  | NUMERO I      | numéro du 1er reçu                                          |
| 40  | COTISA II     | montant du 2em versement de la participation villageoise    |
| 41  | DATERECU II   | Date du 2 em versement                                      |
| 42  | NUMERO II     | numéro du 2 em reçu                                         |
| 43  | TOTALCOT      | total des participation versées                             |
| 44  | DATEREMISE    | Date de remise des bons d'achat                             |
| 45  | NUMERECEP     | numero du récépissé du carnet de bons                       |
| 46  | NUMPREBON     | numéro du 1er bon du carnet                                 |
| 47  | NUVIDERBON    | numéro du dernier bon du carnet                             |

**Annexe F12**

**ONHPV - SERVICE MAINTENANCE**

NOM ET SIGNIFICATION DES CHAMPS DE LA BASE DE DONNEES SOLAIRE

| N° | NOM DES CHAMPS | SIGNIFICATION                                            |
|----|----------------|----------------------------------------------------------|
| 1  | NUMVOUV        | N° IRH de l'ouvrage                                      |
| 2  | CODVIL         | code du village                                          |
| 3  | DATFORAG       | date d'exécution du forage                               |
| 4  | COETOU         | état du forage                                           |
| 5  | PREFECT        | nom de préfecture                                        |
| 6  | SSPREFECT      | nom de la sous – préfecture                              |
| 7  | CANTON         | nom du canton                                            |
| 8  | VILLAGE        | nom du village                                           |
| 9  | LONGIT         | longitude                                                |
| 10 | LATITUD        | latitude                                                 |
| 11 | POP            | nombre d'habitants concernés par la pompe                |
| 12 | PROTOT         | profondeur finale du forage                              |
| 13 | PROEQU         | profondeur top crépine                                   |
| 14 | NIVSTAT        | niveau statique de la nappe                              |
| 15 | NIVDYN         | niveau dynamique                                         |
| 16 | DEBIH          | débit horaire du forage                                  |
| 17 | PROJET         | nom du projet                                            |
| 18 | FINFORAG       | nom du projet du forage d'accueil                        |
| 19 | DATFINTX       | date de fin des travaux                                  |
| 20 | VOLRES         | volume du réservoir en m3                                |
| 21 | LGRESO         | longueur du réseau d'adduction                           |
| 22 | BORN           | nombre de bornes – fontaine                              |
| 23 | DATINSTPOM     | date de mise en service de la pompe                      |
| 24 | TYPE           | type de station                                          |
| 25 | QTJOUR         | quantité d'eau pompée par jour en m3                     |
| 26 | GENERATEUR     | nom du générateur                                        |
| 27 | NEIMOD         | nombre de modules du générateur                          |
| 28 | PUISSWC        | puissance du générateur                                  |
| 29 | HMT            | hauteur manométrique totale                              |
| 30 | TYPONDUL       | type d'onduleur                                          |
| 31 | PUISSENDUL     | puissance de l'onduleur                                  |
| 32 | MARKPOMP       | marque de la pompe immergée                              |
| 33 | COTPOMP        | cote d'installation de la pompe                          |
| 34 | MARKMOTEUR     | marque du moteur de la pompe                             |
| 35 | PUSSSMOT       | puissance du moteur de la pompe                          |
| 36 | DATCONTR       | date de signature du contrat entre l'ONHPV et le village |
| 37 | COTISAI        | montant du 1er versement de la participation villageoise |
| 38 | DATERECUI      | date du 1er versement                                    |
| 39 | NUMERO I       | numéro du 1er reçu                                       |
| 40 | COTISA II      | montant du 2em versement de la participation villageoise |
| 41 | DATERECU II    | date du 2em versement                                    |
| 42 | NUMERO II      | numéro du 2e n reçu                                      |
| 43 | TOTALCOT       | total des participations versées                         |
| 44 | COTENTRAN      | montant théorique des frais d'entretien annuel           |
| 45 | SYSTEPMQ       | système d'épargne du village ,n° compte en banque        |
| 46 | DATRECEPT      | date de réception de la station solaire                  |
| 47 | FINGARANT1     | date de fin de garantie du moteur et de l'onduleur       |
| 48 | FINGARANT2     | date de fin de garantie du générateur                    |
| 49 | DATEREMISE     | date de remise des bons d'achat                          |

REPUBLIQUE DU TCHAD  
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE  
SECRETAIRAT D'ETAT  
UNIVERSITE DU TCHAD  
FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET APPLIQUEES  
DEPARTEMENT DE CHIMIE

UNITE - TRAVAIL - PROGRES

|| 2000 F CFA  
par paramètre

FICHE D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU

|                                                                   |              |
|-------------------------------------------------------------------|--------------|
| - Village.....                                                    |              |
| - Canton.....                                                     |              |
| - Date de prélèvement.....                                        |              |
| - Conditions de prélèvement.....                                  |              |
| - Prélèvement effectué par.....                                   |              |
| - Date d'analyse.....                                             |              |
| - Analyse effectuée par.....                                      |              |
| - Analyse vérifiée par.....                                       |              |
| <hr/>                                                             |              |
| - Conductivité (micro-ohm/cm).....                                | <i>Aonde</i> |
| - Ph.....                                                         | <i>Aonde</i> |
| <i>méth. Volumétrique</i>                                         |              |
| Alcanité mg/l(CaCO <sub>3</sub> )..... Alcanité totale(mg/l)..... |              |
| mg/litre                                                          |              |
| { - Sodium Na <sup>+</sup> .....                                  |              |
| - Potassium K <sup>+</sup> .....                                  |              |
| - Magnésium Mg <sup>2+</sup> .....                                |              |
| - Calcium Ca <sup>2+</sup> .....                                  |              |
| - Chlorures Cl <sup>-</sup> .....                                 |              |
| - Sulfates SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> .....                    |              |
| - Nitrate NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....                      |              |
| - Residus solides.....                                            |              |
| <hr/>                                                             |              |
| - Observations.....                                               |              |
| .....                                                             |              |
| .....                                                             |              |

Signature :

**Annexe F14****CENTRE DE DOCUMENTATION DE LA CBLT****TEST D'IMPRESSION**

12 JUIN 1991

0001

CBLT 0052

CBLT

Programme d'action 1982-1986. Tome I. = Action programme 1982-1986.

Tome I. Rome, Fao, 1981. Pagination multiple.

Descriptifs du projet; programme de travail; agriculture.

Tchad; Niger; Nigria; Cameroun.

DONNEES SUPPL.: Document préparé en commun par la Cblt, Pnud, Fao (19 mai - 20 juillet 1981).

Le Centre poss  
de : 15 ex.

0002

CBLT 0053

CBLT

Programme d'action 1982-1984. Tome II A. = Action programme 1982-1984. Tome II A. Rome, Fao, 1981. Pagination multiple.

Descriptifs du projet; programme de travail; étude de faisabilité; agriculture.

Tchad; Cameroun; Niger; Nigria.

DONNEES SUPPL.: Prepared jointly by Lcbc, Undp, other donors and the assistance of Fao (19 may, 30 july 1981).

Le Centre poss  
de : 2 ex.

0003

CBLT 0054

CBLT; PNUD

Programme d'action 1982-86. Tome II B. = Action programme 1982-1986.

Tome II B. Rome, Fao, 1981. Pagination multiple.

Programme de travail; descriptifs du projet; agriculture.

Tchad; Cameroun; Niger; Nigria.

DONNEES SUPPL.: Prepared jointly by Lcbc, Undp, other donors and the assistance of Fao (19 may, 30 july 1981).

Le Centre poss  
de : 45 ex.

0004

CBLT 0055

CBLT; PNUD

Programme d'action 1982-1986. Tome II. = Action Programme 1982-1986.

Tome II. Rome, Fao, 1981. Pagination multiple.

Descriptifs du projet; programme de travail; agriculture.

Tchad; Niger; Nigria; Cameroun.

DONNEES SUPPL.: Prepared jointly by Lcbc, Undp, other donors and the assistance of Fao (19 may, 30 july 1981).

Le Centre poss  
de : 4 ex.

0005

CBLT 0056

CBLT; PNUD

Programme d'action 1986-1991. = Action programme 1986-1991. Rome, Fao, 1985. Pagination multiple.

Appui institutionnel; programme de travail; études de faisabilité; projets de développement; facteurs de production.

Cameroun; Niger; Nigria; Tchad.

DONNEES SUPPL.: Bilingue. Version révisée (juin - juillet 1985).

Préparé en commun par la Cblt, la Fab et le Pnud.

**Banque Mondiale  
Programme des Nations Unies  
pour le Développement  
Banque Africaine de Développement  
Ministère Français de la Coopération**