

ALTERATION, EROSION, TRANSPORT, SEDIMENTATION

DANS UN BASSIN CONTINENTAL ENDOGENIQUE : LA CUVETTE TCHADIENNE

RAPPORT PRELIMINAIRE.

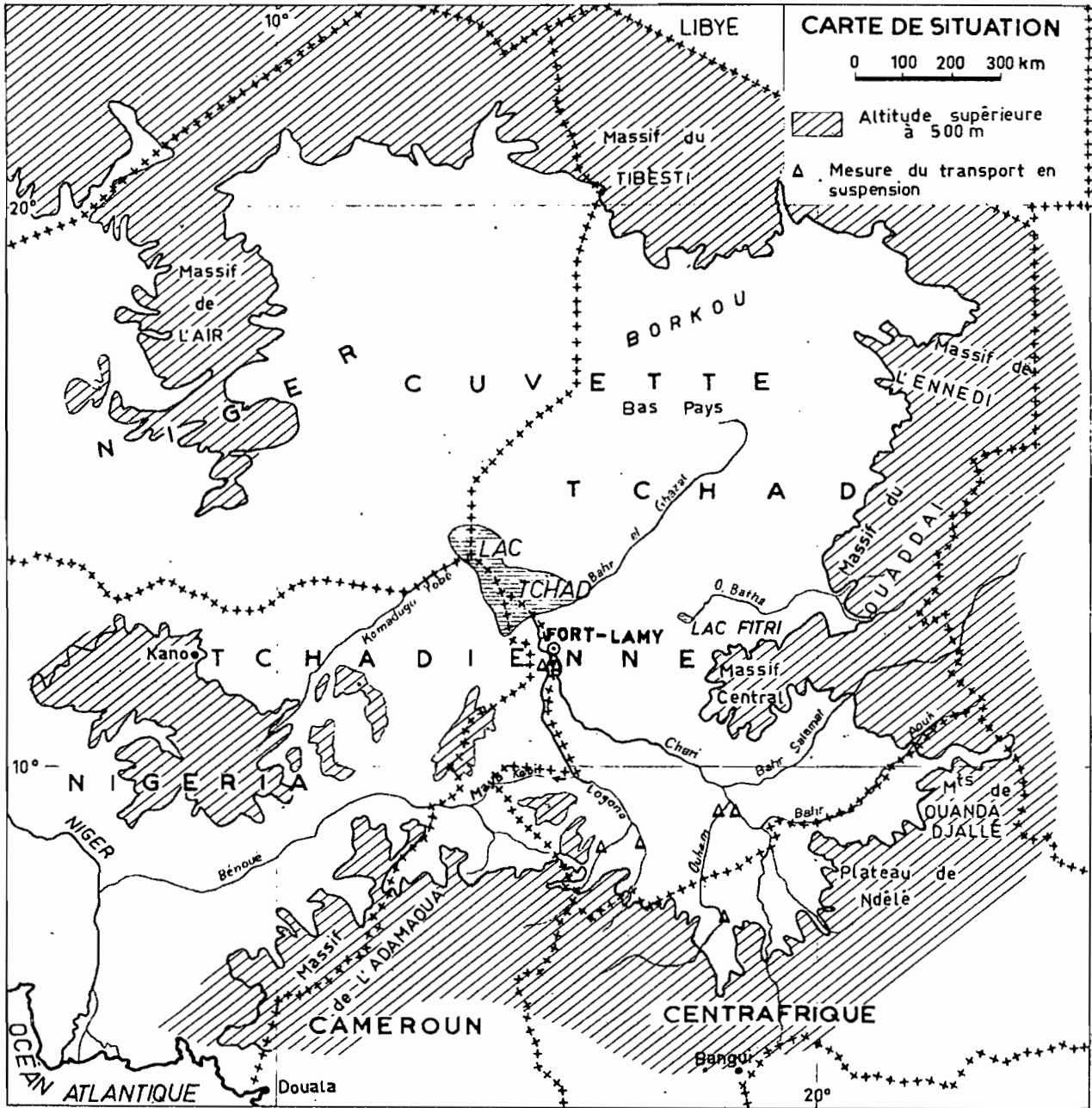
CAROUZE, JP. - CARRE, P. - CHEVERRY, C. - DUPONT, B. - GAC, J.Y. -
LEMOALLE, J. - MAGLIONE G. - ROCHE M.A. - SERVANT, S. -
SERVANT, M. - Centres ORSTOM de FORT-LAMY et de BANGUI.

I. INTRODUCTION

Cette étude, en cours depuis quatre ans, est effectuée par une équipe multidisciplinaire de 10 chercheurs de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. Cette équipe, basée à FORT-LAMY et à BANGUI comprend cinq géologues, deux hydrologues, deux chimistes des eaux et un pédologue.

La Cuvette Tchadienne est un vrai bassin continental, sans exutoire externe sous réserve toutefois d'écoulements temporaires, saisonniers, vers le bassin de la Djouba. L'objectif de l'équipe est un problème de géodynamique externe : étudier, sur un axe partant d'une zone choisie sur la bordure amont du bassin (massifs précambriens du Nord de la République Centrafricaine) vers l'aval (le Lac Tchad et ses bordures) la migration des particules solides et des substances dissoutes. Les vecteurs essentiels du transport actuel sont les deux fleuves Chari et Logone.

L'axe géographique choisi correspond donc à la fois à un gradient topographique : migrations de l'amont vers l'aval et en ce sens c'est une étude de la succession altération-érosion-sédimentation, mais aussi à un gradient climatique : migrations des zones humides, des milieux "lessivants" vers les zones d'aboutissement sous climat subaride, milieux fortement évaporatoires, d'où une accentuation du contraste entre le milieu d'érosion et celui de sédimentation.



Dans ce rapport préliminaire seront présentés quelques résultats relatifs aux quatre "volets" de l'étude : - les zones amont; - les zones de transit; - le milieu modérément confiné du Lac Tchad; - les milieux très confinés des bordures du Lac; la nécessité de conduire simultanément l'examen des processus passés, qui font l'objet des programmes de SERVANT, M. - SERVANT, S. ~~et al.~~, sera soulignée en conclusion.

II. LES ZONES AMONT

La quasi-totalité des apports fluviaux au Lac Tchad proviennent du Chari (65%) et du Logone (30%). Les zones d'apport sont pratiquement localisées au Sud du Bassin, entre les latitudes 6° et 9° Nord, zones soumises à l'alternance d'une saison sèche (Novembre à Mars) et d'une saison des pluies d'Août à Septembre, avec des précipitations de 1200 à 1600 mm. Vigoureux au Sud-Ouest du bassin, le relief s'adoucit peu à peu en s'éloignant vers l'Est, les bassins versants étant dans l'ordre ceux du Logone, de la Pendé, de l'Ouham, du Chari. Il s'agit de gneiss, d'autres roches métamorphiques, et de granites (socle).

de juin à octobre

Sur ces hauts bassins, d'une superficie d'environ 300.000 km², un spécialiste des altérations (M. GAC) étudie les différents aspects de l'évolution géochimique qui affecte aujourd'hui le paysage, ceci par le choix de 12 sources évacuant les eaux des altérations développées sur différents types de roche-mère. Mais il recherche également, par l'implantation de 21 stations de prélèvements d'eaux sur les grandes rivières, la nature des apports en suspension ou en solution qui gagnent la bordure de la Cuvette Tchadienne et sur ce point il rejoint les préoccupations des hydrologues. Voici quelques uns de ses résultats, obtenus sur le bassin versant de l'Ouham, avec une station contrôlant 45.000 km².

à déterminer la quantité et la nature ...

- les apports se révèlent de nature essentiellement kaolinique, quelle que soit la période de l'année considérée.

- pour l'année hydrologique 1969-1970, un tonnage annuel d'exportation de matériaux solides de 420.000 tonnes, soit 9,3 tonnes/km² et par an a été mesuré. La charge solide s'avère maximum au début des premières crues de Juillet; le débit solide est minimum à l'étiage et maximum au moment de la montée des eaux. (60mg/l)

et dont 65% entre juillet et septembre

Ces exportations en provenance de l'amont sont contrôlées de façon plus globale, au niveau du 9ème parallèle, par les hydrologues (M. CARRE - Aide technique : MM. BERNARD et MARIEUX), à partir de quatre stations :

- sur le Logone (Bassin versant de 34.000km ² - Module 390 m ³ /s)
- sur la Fongé (" " " 14.000 " - " 140 ")
- sur l'Ouham (" " " 80.000 " - " 580 ")
- sur le Chari (" " " 193.000 " - " 310 ")

La décroissance d'Ouest en Est de l'intensité de l'érosion apparaît nettement : l'érosion spécifique passe successivement de 80 à 25, puis 10 et enfin 2 tonnes/km² et par an. A l'ouest, les concentrations en matières solides sur le haut bassin du Logone sont voisines de 20 g/m³ en fin de saison sèche, et atteignent 300 g/m³ en Juillet-Août. Il a même été observé exceptionnellement des charges de 800g/m³. A l'Est par contre les valeurs correspondantes sont plus faibles : 10 à 100 g/m³ sur le Chari, le maximum du transport s'effectuant plutôt en Août et Septembre.

III. LES ZONES DE TRANSIT

En aval, au Nord du 9ème parallèle, dans la Cuvette Tchadienne proprement dite, les pentes deviennent rapidement très faibles et le système hydrologique est dégradé. Les fleuves coulent en effet sur les alluvions d'anciens lacs ou deltas. Les écoulements vers les fleuves sont pratiquement inexistantes et les eaux de crue du Chari et du Logone submergent les bourrelets de berge, donnent naissance à de nombreux défluent et alimentent des zones d'inondation de grande extension (yaérés du Logone) où les pertes sont considérables.

Deux stations, implantées près de FORT-LAMY, permettent d'esquisser le bilan annuel des matières déposées dans la zone de transit et d'évaluer les apports solides au Lac Tchad :

- sur le Logone (Bassin versant de 100.000 km² - Module 330m³/s)
- sur le Chari (Bassin versant de 500.000 km² - Module 950m³/s)

Les tonnages obtenus confirment l'importance des pertes du Logon dans les plaines d'inondation (40% du transport à l'amont). Les tonnages transportés par le Chari et le Logone apparaissent assez voisins, à l'inverse des apports liquides. La résultante est un apport annuel au Lac Tchad, en suspension, d'environ 3 millions de tonnes par an, soit 5 t/km²/an, dont près de 60% entre Juillet et Septembre.

Ces tributaires sont également étudiés du point de vue de la physico-chimie de leurs eaux par un autre hydrologue (ROCHE, M.A.). Il a été possible de retracer, parallèlement aux hydrogrammes, les grandes lignes de l'histoire des eaux depuis leur chute sous forme de pluies. D'autre part, une valeur moyenne interannuelle d'apports en ions dissous au Lac a été estimée à 1,05 milliéquivalents par litre. Ceci représente un apport annuel de 2 millions de tonnes de sels ionisés auquel s'ajoute environ 1 million de tonnes de silicates dissous.

Geochemie des paysages amont, hydrologie et physico-chimie des tributaires dans les zones de transit constituaient les premiers volets de cette étude multidisciplinaire dont le troisième est évidemment le Lac Tchad lui-même, milieu de sédimentation, de concentration encore que celle-ci soit, du point de vue salin, très régularisée.

IV. LE LAC TCHAD

Un géologue (DUPONT, B.) étudie les sédiments actuels et récents de ce Lac qui couvre 24.000 km² et dont la profondeur moyenne n'est que de 3,8 m. Le lac envoie un ancien modelé dunaire dont les creux ont été plus ou moins comblés par les apports sédimentaires. La succession stratigraphique des dépôts révèle l'existence de plusieurs périodes lacustres séparées par des périodes arides. Les premières sont essentiellement représentées par des argiles de type montmorillonite et des limons argileux parfois extrêmement riches en diatomées. Les périodes arides correspondent le plus souvent à des niveaux de sables éoliens. La sédimentation actuelle est constituée par des vases parfois très riches, jusqu'à 30%, en matière organique. Les argiles de ces vases sont riches en montmorillonite, sans que l'on sache encore quelle est la part de néogènes de ce minéral argileux au niveau du Lac lui-même.

Toute une zone du lac, au large du delta du Chari, est tapissée par une couche d'oolithes et pseudo-oolithes ferrugineuses dont l'origine paraît liée à la précipitation de fer apporté par le Chari, certains grains présentant toutefois les caractères d'un apport détritique. Ces oolithes représentent plusieurs millions de tonnes de fer et font l'objet des travaux de MM. DUPONT, B. et LEMOALLE J. (chimie des eaux), de même que les néoformations de type réolithique qui viennent d'être observées dans certains types de vases.

Dans le lac, les problèmes de la dynamique des eaux et des sels sont abordés par une caractérisation détaillée de la physico-chimie de ces eaux : conductivité, salures ioniques, silice, phosphates, isotopes de l'oxygène et de l'hydrogène (CARMOUZE, J.P. - ROCHE, M.A.).

Les salures ioniques globales permettent de déterminer les grands déplacements d'eaux dans le lac : le déversement de la crue du Chari donne naissance à deux grands courants d'alimentation de la partie nord du lac. Le premier s'établit fin Juin dans la zone est de la Grande Barrière. Le deuxième se développe à partir de Novembre, au détriment du premier, le long de la côte nigérienne et dévie en Décembre vers l'est à la latitude de la Komadougou. (fig 2)

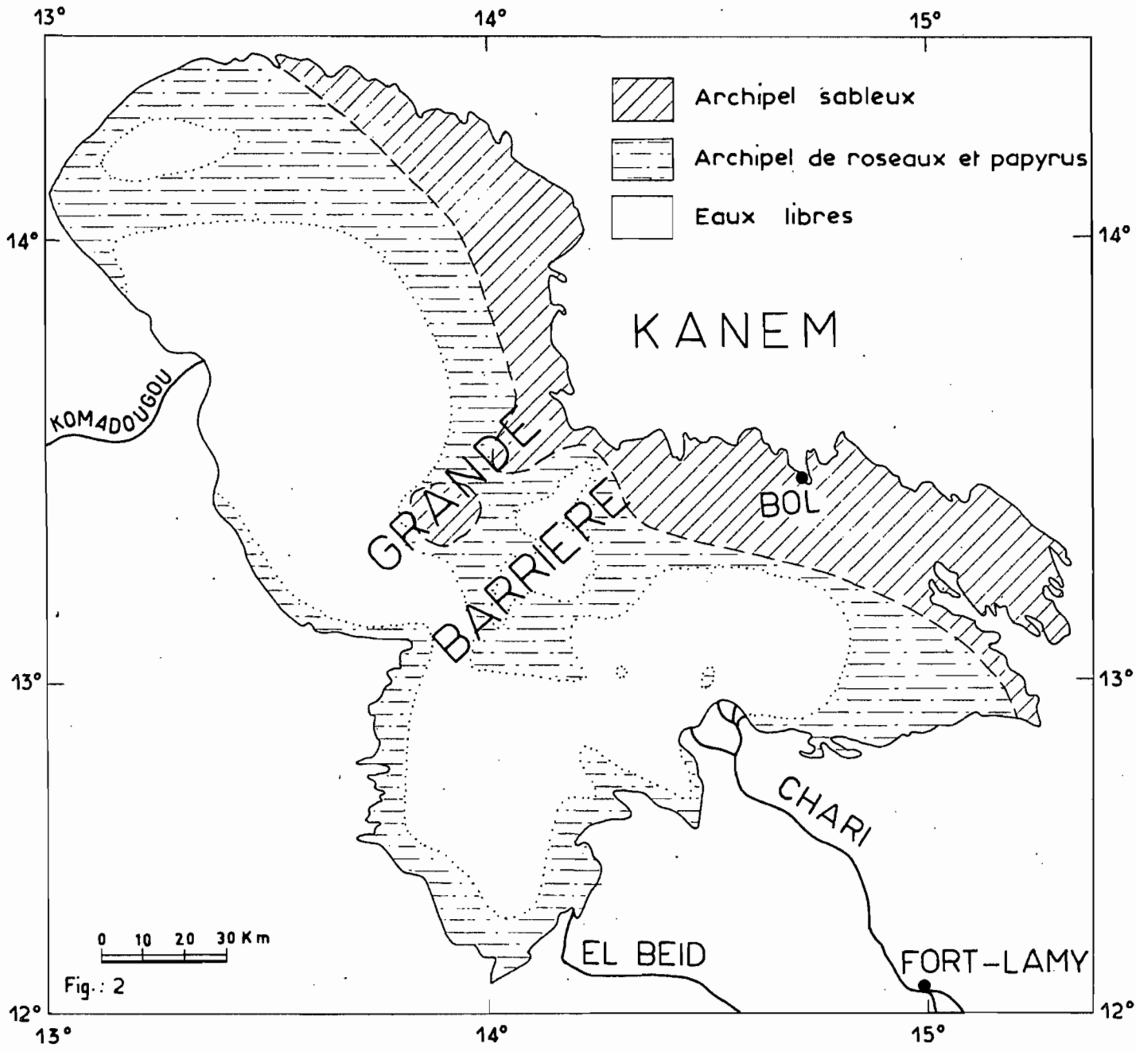


Fig.: 2

Les eaux plus anciennes sont refoulées de part et d'autre du premier courant puis elles reviennent vers le nord de la Grande Barrière sous la poussée du second. Les mélanges d'eaux sont importants. Les mouvements sont moins marqués de Février à Juin.

L'étude des infiltrations du lac dans les nappes côtières nord-est est menée parallèlement. Les gradients hydrauliques sont favorables aux infiltrations mais les compositions isotopiques de l'oxygène mettent en évidence la complexité de ce problème. Des masses hydriques d'origine lacustre et météorique se mélangent en proportions variables suivant les zones et la profondeur. Les pertes du lac se produisent principalement dans le sens axial des bras exondés.

Un des caractères originaux de ce lac est la régulation saline de ses eaux.

Sous l'effet d'une forte évaporation les eaux fluviales faiblement minéralisées (75 mg/l. - silice comprise) se concentrent progressivement pour atteindre dans les parties nord, est et sud, des valeurs limites respectivement de 15,6 et 3 fois supérieures. Néanmoins le fait que les eaux les plus salées gardent une concentration de 1 à 1,5 g/l, que la salure ionique moyenne représente seulement 13 années d'apport par le Chari, souligne l'existence de processus régulateurs de la salure des eaux. Ceux-ci semblent être de trois types : les phénomènes d'absorption physico-chimiques et biologiques et la précipitation de substances dissoutes qui amènent une perte de sels dans le lac, l'évacuation superficielle des eaux les plus minéralisées à l'extrémité des bras côtiers, l'infiltration de ces eaux dans les terrains de bordure Nord-Est, déjà citée.

La caractérisation de la salure spécifique de diverses zones du lac, met en évidence :

- une diminution relative des eaux en silicates dissous par rapport à la salure ionisée. Dans les eaux du nord il reste 30% de la quantité de silicates que l'on devrait rencontrer s'ils avaient le même mode de concentration que la salure ionisée.
- une modification de la composition ionique relative. Les eaux fluviales et deltaïques à dominante calcique deviennent à dominante sodique dans le bassin sud et nord, dans le bassin est en Juillet, tandis que les eaux de l'archipel est présentent un appauvrissement relatif marqué en magnésium.
- dans le Nord, il y a en outre précipitation partielle de carbonate de calcium.

L'étude de la dynamique de ces modifications spécifiques semble montrer qu'il s'agit de phénomènes d'absorption et d'échanges ioniques liés à la présence de matériaux en suspension.

Les différents sels semblent donc subir une régulation spécifique (encore à définir) dans le lac. Sur le front côtier, ceux qui restent en solution sont évacués sans ségrégation avec les eaux. Un bilan sommaire des salures ioniques globales permet une évaluation des pertes superficielles et souterraines entre 7,5 et 10% des apports liquides. L'erreur entraînée par les pertes de sels dans le lac amène une estimation par excès.

V. LES BORDURES DU LAC TCHAD

Si, à l'échelle du bassin, le Lac Tchad constitue un milieu confiné, les bordures Nord-Est de ce même lac, avec leur chapelet de petits bassins évaporatoires, constituent un milieu propice à des accumulations beaucoup plus intenses.

Dans une autre communication présentée à ce Congrès, MAGLIONE G. décrit les évaporites et silicates de néoformation observés sur ces bordures du Lac. Certains bras du Lac ont été isolés artificiellement par des barrages ce qui a permis la création de "polders". Comme dans les ouadis décrits par MAGLIONE, G. la présence à faible profondeur d'une nappe phréatique, alimentée plus ou moins directement par les eaux du Lac Tchad, la nature argileuse des dépôts sédimentaires, l'aridité du climat, favorisent les phénomènes de capillarité, l'accumulation des sels en surface des sols. Ces polders sont propices à l'étude des premières étapes du processus d'accumulation saline, dans des sédiments organiques venant d'être exondés. Deux "voies" de salure ont été mises en évidence, fonction des conditions de la pédogenèse (CHEVERRY, C. Aide technique : R. SAYOL).

- une voie "saline", où le sel qui s'accumule en surface du sol est un sel neutre, le sulfate de sodium.
- une voie alcaline où les conditions du milieu favorisent l'individualisation et l'accumulation de carbonates de sodium.

Les conséquences de cette salure sur l'utilisation agronomique de ces sols sont très importantes et une meilleure compréhension des mécanismes orientant la salure sur telle ou telle voie permet une utilisation plus rationnelle des sols très fertiles gagnés par l'homme sur le Lac.

VI. CONCLUSION

Les résultats actuellement disponibles font apparaître :

/,sud,/ - L'existence à l'échelle de toute la cuvette tchadienne d'une zone amont à kaolinite (climats humides) et d'une zone aval à montmorillonite dominante (climat subaride à longue saison sèche sans que l'on puisse pour le moment préciser si les néoformations de Montmorillonite certaines dans les sols des plaines tchadiennes s'effectuent aussi dans les milieux lacustres.

- Les apports détritiques et les apports dissous au bassin de sédimentation semblent du même ordre de grandeur (3 millions de tonnes/an).

- Le devenir complexe, dans le lac et sur ses bordures, des apports ionisés, suivant une chromatographie où la matière organique, les êtres vivants, jouent un rôle modificateur quant à la nature et à la mise en place des divers éléments.

Les données précédentes fournissent une image instantanée des phénomènes; elles s'inscrivent en fait dans une évolution qui fait intervenir, outre le déplacement des bassins sédimentaires, les importantes fluctuations climatiques qui affectent le Centre Africain aux différentes échelles de temps. C'est ainsi que le bilan hydrologique a connu, dans le passé, des variations dont on sait maintenant qu'elles ont été très rapides et qu'elles résultent, non seulement des changements intervenus dans le régime, la répartition - et peut-être l'origine - des pluies, mais aussi des changements de température dont l'amplitude est mise en évidence par les études paléocologiques. Ces variations sont matérialisées en particulier par une succession de transgressions et de régressions lacustres qui intéressent une étendue de plusieurs centaines de milliers de km²; les plus récentes sont datées par le radiocarbone (H. FAURE 1969, M. et S. SERVANT 1970).

Le rôle des changements du bilan hydrologique et d'une manière plus générale des fluctuations climatiques sur les altérations, l'érosion et la sédimentation est en cours d'étude en R.C.A. et dans les zones sahéliennes et sahariennes du Tchad. L'analyse stratigraphique, sédimentologique et paléocologique des séries continentales permet de replacer dans le contexte de l'évolution paléogéographique les faciès et les milieux lacustres étudiés dans l'Actuel; elle indique en outre l'originalité de certains dépôts quaternaires dont il n'existe plus d'équivalents. Un exposé complet des résultats acquis par l'étude des formations fossiles dépasserait le cadre de cette communication consacré plus particulièrement aux phénomènes actuels. Il a paru toutefois utile d'indiquer pour conclure l'orientation générale des recherches entreprises par l'ORSTOM, recherches qui soulignent la nécessité de conduire simultanément l'examen des processus actuels et passés.

BIBLIOGRAPHIE

- CARROUZE, J.P., 1969 - La salure globale et les salures spécifiques des eaux du lac Tchad.
Cah. O.R.S.T.O.M., série Hydrobiologie, III, 2.
- CARROUZE, J.P., 1970 - Salures globales et spécifiques des eaux du lac Tchad.
Cah. O.R.S.T.O.M., série Géologie, II, 1, pp. 42-44, 3 fig.
- CHEVREY, C., 1968 - Rôle original de la pédogenèse sur la nature et le mode de l'accumulation saline dans certains milieux confinés en région subaride. (Polders des bordures du Lac Tchad).
Science du sol, n° 2, 1968, pp. 33-53.
- CHEVREY, C., 1969 - La genèse de sols salés à alcalis dans les polders des rives nord-est du Lac Tchad.
Agrokemia en Talajtan, tom 18, 1969, supplementum, pp. 238-242.
- DUFONT, B., 1970 - Distribution et nature des fonds du lac Tchad (nouvelles données).
Cahiers O.R.S.T.O.M., série Géologie, vol. II, n° 1, (à paraître).
- FAURE, H., 1966 - Reconnaissance géologique des formations sédimentaires post - paléozoïques du Niger Oriental.
Mémoire du BRGM, n° 47, 1966, 630 p., 1 carte hors texte.
- FAURE, H., 1969 - Lacs quaternaires du Sahara -
MITT - Internat. Verein. Limnol 17, pp. 131-146, Stuttgart 1969.

FONTES, J.Ch., CONFIAENTINI, R., ROCHE, M.A., 1970 - Deutérium et oxygène 18 dans les eaux du lac Tchad. "Isotope Hydrology 1970".
I.A.E.A., Vienne, 1970, pp. 387-404.

GAC, J.Y., CALLEDE, J., ROUQUEROL, Y., 1970 - Les transports de l'Ouham à Batangafé
O.R.S.T.O.M., Bangui, 18 p., 3 fig., 7 tabl.

LEMOALLE, J., 1969 - Premières données sur le répartition du fer soluble dans le lac Tchad.
O.R.S.T.O.M., Fort-Lamy, 10 p., 8 g., 2 tabl.

MAGLIONE, G., 1969 - Premières données sur le régime hydrogéochimique des mares permanentes du Kanem.
Cah. O.R.S.T.O.M., série Hydrob., vol. III, n° 1, 1969.

Monographie Hydrologie du Logone. O.R.S.T.O.M., Paris, 4 parties, 1967.

Monographie Hydrologique du Chari. O.R.S.T.O.M., Paris, 5 parties - 1969 -

Monographie Hydrologique du Lac Tchad. O.R.S.T.O.M., Paris, 169 p., 20 f., 1969.

PIAS, J., 1968 - Contribution à l'étude des formations sédimentaires tertiaires et quaternaires de la Cuvette Tchadienne et des sols qui en dérivent.
Cah. O.R.S.T.O.M., série Pédologie, vol. VI, n° 3-4, 1968, pp. 368-377

ROCHE, M.A., 1969 - Evolution dans l'espace et le temps de la conductivité électrique des eaux, du lac Tchad d'après les résultats de 1908, 1957, 1962 à mars 1968.
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrol., vol. VI, n° 1, 1969, pp. 35-78.

SERVANT, M., SERVANT, S., DELIBRIAS, G., 1969 - Chronologie du quaternaire récent des basses régions du Tchad.

C.R. Acad. Sci. Paris, série D, t. 269, n° 17, 29 oct. 1969, pp. 1603-1606.

SERVANT, M., SERVANT, S. - Les formations lacustres et les diatomées du quaternaire récent du fond de la cuvette Tchadienne, 1970, Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique, vol. XII, fasc. 1, pp. 63-76.