

Instituto de Geodinámica y Limnología

INFORME DE ACTIVIDADES
RAPPORT D' ACTIVITES 1977



CONVENIO
CONVENTION



UMSA – ORSTOM

Marzo 1978

LA PAZ — BOLIVIA

I N D I C E

P L A N

		Pág.
	PRESENTACION	1
	AVANT-PROPOS	
I	INTRODUCCION.	2
	INTRODUCTION.	
II	ORGANISACION.	2
	ORGANISATION.	
III	PROGRAMA DE INVESTIGACION	4
	PROGRAMME DE RECHERCHES	
IV	ACTIVIDADES ACADÉMICAS.	5
	ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT.	
V	OTRAS ACTIVIDADES	6
	AUTRES ACTIVITES.	
VI	PLAN DE TRABAJO PARA 1978	6
	PLAN DE TRAVAIL POUR 1978	
	ANEXO I. RESUMENES DE LOS TRABAJOS QUE SE ENCUENTRAN EN PRENSA.	8
	ANNEXE I. RESUMES DES TRAVAUX EN COURS D'IMPRESSION.	

P R E S E N T A C I O N

El Instituto de Geodinámica y Limnología, de acuerdo a lo establecido en el Convenio firmado entre la UMSA y ORSTOM en 1974, tiene por objeto:

- a) Realizar investigaciones multidisciplinarias en los dominios de la geodinámica y limnología.
- b) Formar especialistas bolivianos en estas disciplinas.
- c) Ejecutar trabajos de investigación a corto y mediano plazo.
- d) Participar en la docencia universitaria dictando conferencias o cursos compactos.

Estos objetivos fueron satisfactoriamente cumplidos en 1977, año que por otra parte fué dedicado fundamentalmente a la presentación de publicaciones e informes científicos, que son el resultado de las investigaciones realizadas. Es así que estos trabajos, once, se encuentran en prensa en un número especial del Cahier ORSTOM, dedicado a Bolivia (ver anexo I).

La labor multidisciplinaria, no siempre fácil de realizar, fué efectuada por un equipo franco-boliviano, tomando en cuenta tanto aspectos científicos como sus posibilidades de aplicación y contando con la cooperación brindada por las autoridades de la UMSA, de ORSTOM y otros organismos que se mencionan en el me. A todas estas instituciones, deseamos manifestarles agradecimiento.

Dr. Michel Servant

Dr. Luis A. Rodrigo

AVANT - P R O P O S

L'Institut de Géodynamique et Limnologie, conformément aux dispositions de la Convention signée en 1974 entre l'UMSA et l'ORSTOM, se propose les objectifs suivants :

- a) Réaliser des recherches pluridisciplinaires dans les domaines de la géodynamique et de la limnologie.
- b) Former des spécialistes boliviens dans ces domaines.
- c) Exécuter des travaux de recherches à court et moyen terme.
- d) Participer aux activités d'enseignement en donnant des conférences ou des cours compacts.

Ces objectifs ont été atteints de manière satisfaisante en 1977. Cette année a été principalement axée sur la réalisation de publications et de rapports scientifiques qui exposent le résultat des recherches effectuées. Ces recherches sont en partie exposées par 11 publications actuellement sous presse dans un numéro des Cahiers ORSTOM spécialement consacré à la Bolivie.

Les travaux multidisciplinaires, d'une exécution qui n'est pas toujours très facile, ont été effectués par une équipe franco-bolivienne qui se place à la fois dans une perspective scientifique générale et dans une perspective appliquée. Cette équipe a compté sur l'appui des autorités de l'UMSA et de l'ORSTOM et de divers autres organismes qui seront nommés dans ce rapport.

A toutes les institutions intéressées nous exprimons nos remerciements.

M. Servant

L.A. Rodrigo

I.- INTRODUCCION.

Con el presente informe se desea dar a conocer en forma resumida, la actividad desarrollada por el Instituto de Geodinámica y Limnología durante 1977, dentro del Convenio existente entre la Universidad Mayor de San Andrés y el Office de la Recherche Scientifique Outre Mer (ORSTOM) de Francia.

Las investigaciones multidisciplinarias realizadas están definidas tanto en el convenio UMSA-ORSTOM como en el plan de trabajos de 1977, y se refieren a los siguientes temas:

- Geología del Cuaternario en el Altiplano y valle de La Paz.
- Limnología de los lagos Titicaca y Poornó (aspectos hidroquímicos y sedimentológicos en esta etana).
- Geología de evaporitas estudios geoquímicos de los salares de Sur Lipez.

Además de los aspectos de investigación, el Instituto participó en la Formación de estudiantes de cursos avanzados, integrándolos en la ejecución de sus programas para que realicen sus Tesis de Grado.

II.- ORGANIZACION.

1) Personal.

El personal de ORSTOM que trabajó en 1977, fué el siguiente:

Michel Servant	Co-Director
Bruno Boulangé	Sedimentólogo (Co-director a.i. del 1/2/77 al 1/10/77)
Simone Servant	Micropaleontología
Francois Risacher	Geología de Evaporitas
Alán Lavenu	Neotectónica
Jean Pierre Carmouze	Hidroquímica
Jean Pierre Thibert	Palinología
Elisabeth Van Pée	Secretaria
Octavio Mendoza	Chofer

El personal del Instituto de Geodinámica y Limnología en 1977, fué el siguiente:

Luis A. Podrigo	Director
Oscar Ballivián	Geología del Cuaternario
Fernando Zuna	Biología
Fernando Ortuño	Geofísica
Carlos Vargas	Sedimentología
Francisco Osorio	Biología
Jaime Sarmiento	Biología
Liliam Villalba	Biología
Betty Pios	Secretaria
Ramón Catari	Piloto lancha

I.- INTRODUCTION

Le présent rapport a pour but de donner un compte rendu des activités de l'Institut de Géodynamique et Limnologie réalisées en 1977 dans le cadre de la Convention entre l'Université Majeure de San Andrés (UMSA) et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM, France).

Les recherches multidisciplinaires prévues par la Convention UMSA et ORSTOM et le plan de travail de 1977 concernent les thèmes suivants :

- Géologie du Quaternaire de l'Altiplano et de la région de La Paz.
- Limnologie des Lacs Titicaca et Poopó dans ses aspects hydrochimiques et sédimentologiques au cours d'une première étape.
- Géologie des évaporites avec études géochimiques des salars du Sud Lipéz.

En plus de ses activités de recherches, l'Institut a participé à la formation d'étudiants en fin d'études en les associant, pour la réalisation de mémoires de thèses, à l'exécution des programmes.

II.- ORGANISATION

1) Personnel ORSTOM de l'I.G.L.

Michel Servant	Co-Directeur
Bruno Boulangé	Régisseur (Co-Directeur par intérim du 1-2 au 1-10-1977)
Simone Servant	Micropaléontologie
François Risacher	Géologie des Evaporites
Alain Lavenu	Néotectonique
Jean-Pierre Carmouze	Hydrochimie
Jean-Pierre Ybert	Palynologie
Elisabeth Van Pée	Secrétaire
Octavio Mendoza	Chauffeur

Personnel UMSA de l'I.G.L.

Luis Alberto Rodrigo	Directeur
Oscar Ballivian	Géologie du Quaternaire et évaporites
Fernando Zuna	Biologie
Fernando Ortuño	Géophysique
Carlos Vargas	Sédimentologie
Francisco Osorio	Biologie
Jaime Sarmiento	Biologie
Lilian Villalba	Biologie
Betty Rios	Secrétaire
Ramon Catari	Pilote du bateau

Además participó el siguiente personal del Instituto de Investigaciones Químicas:

Carlos Arze	Director
Jorge Quintanilla	Química
Jorge Miranda	Química
Yola Miranda	Química.

2) Infraestructura.

UMSA.

Locales: 55 m² de oficinas en el Departamento de Geociencias.
80 m² de oficinas y laboratorios en el Departamento de Biología.

Laboratorio: Se trabajó además en los laboratorios de Geociencias, Biología, Química y en el del propio Instituto.

ORSTOM.

Locales: garages, depósitos y habitación del chofer.

Material de aforo:

Lancha Yatiña
3 jeeps
Bote Zodiac
Ecosonda
Conductivímetro
Diversos.

3) Trabajo de campo.

Geología del Cuaternario	101 h/día.
Geología de Evaporitas	22 h/día
Limnología	70 h/día
Biología	12 h/día

4) Relaciones con otras instituciones.

En Bolivia con:

COFADENA, se realizó un estudio conjunto de yacimientos de carbonatos de sodio.

GEOROL, análisis químicos y por difracción de Rayos X.

Programa FRTS-BOLIVIA, intercambio de datos e imágenes.

Proyecto Precámbrico (Mis. inolea-GEOROL), estudio geomorfológico de la región de San Ignacio (Santa Cruz).

Personnel de l'Institut de Recherches Chimiques associé au programme
UMSA-ORSTOM

Carlos Arze	Directeur
Jorge Quintanilla	Chimie
Jorge Miranda	Chimie
Yola Miranda	Chimie

2) Infrastructure

UMSA

Locaux : 55 m² de bureaux et laboratoires au Département de Géosciences.
80 m² de bureaux et laboratoires au Département de Biologie.
Laboratoires de l'Institut de Recherches Chimiques, du Département de Biologie et de Géosciences.

ORSTOM

Locaux : Garages, réserves et logement du chauffeur ORSTOM.

Equipements (détail tableau I)

Bateau Yatiña
3 jeeps
Bateau Zodiac
Echo-sonde
Conductivimètre
Divers

3) Travaux de terrain

Géologie du Quaternaire	101 h/jours
Géologie des Evaporites	92 h/jours
Limnologie	70 h/jours
Biologie	12 h/jours

4) Relations Extérieures

Sur le plan bolivien

COFADENA : étude conjointe des gisements de carbonate de sodium.

GEOBOL : analyses chimiques et analyses aux rayons X.

ERTS-Bolivie : télédétection (prêt de photographies aériennes et d'images par satellites).

Mission Anglaise de Santa Cruz - Projet Précambien : étude géomorphologique de la région de San Ignacio (Santa Cruz).

En Francia con:

Laboratorios centrales de la ORSTOM, análisis de Rayos X, Análisis de agua.
Laboratorio de Geología dinámica, Isótopos de oxígeno, datación C^{14} .
Instituto de Geología (Estrasburgo), dataciones K/Ar.
Laboratorio de suelos (Versalles), geoquímica.
Instituto de estudio de inclusiones (París), estudio de inclusiones en granos de cuarzo.
Museo de Historia Natural (París), reconocimiento del plancton.

Con otras Instituciones:

John Hopkins University (USA)
National Geological Survey (USA)
Laboratorio de Palinología de Amsterdam (Holanda)
San Diego State University (USA)

Contactos previstos para 1978:

CORDEPAZ, (Corporación de Desarrollo de La Paz), firma de convenio de cooperación para el estudio del lago Titicaca.
SELA (Sistema Económico Latinoamericano), participación como contraparte nacional del "Comité de Acción de Productos del mar y de agua dulce".
CODETAP (Corporación de Desarrollo de Tarija), participación en los estudios del Cuaternario de Tarija y Peces del río Pilcomayo.

III.- PROGRAMA DE INVESTIGACION.

Los trabajos de investigación realizados en 1977 en cada uno de los programas, son los siguientes:

- 1) Geología del Cuaternario. - Los trabajos se refieren principalmente al dominio de la Estratigrafía, Neotectónica y Geofísica. Los resultados obtenidos principalmente en el Altiplano y valle de La Paz fueron presentados en informes y publicados en revistas nacionales y extranjeras (Anexo I).

Definición del Programa.

Los estudios geológicos sobre el Cuaternario incluyen dos aspectos:

- Investigaciones sobre los cambios paleogeográficos (principalmente las glaciaciones y los lagos antiguos) y sobre los paleomedios lacustres o terrestres (estudio de diatomeas, palinología).
- Investigaciones sobre las deformaciones tectónicas recientes. Si se considera la gran extensión que tienen en Bolivia los depósitos y formas cuaternarias, las posibilidades de aplicación práctica de estos estudios es muy grande. Estas conciernen por ejemplo a la cartografía de suelos, a los planes de desarrollo en ciudades como La Paz, a las prospecciones mineras en morrenas y aluviones cuaternarios, etc.

Sur le plan français

Services Centraux de l'ORSTOM : analyses RX, analyses des eaux.
Laboratoire de Géologie Dynamique : isotopes de l'oxygène, datations ^{14}C .
Institut de Géologie (Strasbourg) : datations K/Ar.
Laboratoire des sols (INRA, Versailles) : géochimie.
Institut d'étude des inclusions (Paris) : étude des inclusions des quartz.
Museum d'Histoire Naturelle (Paris) : reconnaissance du plancton.

Sur le plan international

John Hopkin University (USA).
Nacional Geological Survey (USA).
Laboratoire de Palynologie d'Amsterdam.
San Diego State University.

III.- PROGRAMME DE RECHERCHES

- 1) Géologie du Quaternaire. - Les travaux concernent principalement le domaine de la Stratigraphie, la Néotectonique et la Géophysique. Les résultats obtenus, principalement dans l'Altiplano et la Vallée de La Paz, ont été présentés dans des rapports et publiés dans des revues nationales et étrangères (Annexe 1).

Définition du Programme

Les études géologiques sur le Quaternaire comprennent deux aspects :

- Des recherches sur les changements paléogéographiques (notamment sur les glaciations en amont et sur les extensions des nappes d'eaux libres en aval) et sur les paléomilieux lacustres ou terrestres (études des diatomées, palynologie).
- Des recherches sur les déformations tectoniques récentes.

Les possibilités d'applications pratiques sont très vastes étant donné la grande extension en Bolivie des dépôts et des formes quaternaires : elles concernent, par exemple, la cartographie des sols, l'aménagement de certains sites urbains comme celui de La Paz, les prospections minières dans les moraines et les alluvions quaternaires, etc...

- 2) Limnología de los lagos Poopó y Titicaca.- Este programa multidisciplinario contó con la participación del Instituto de Química y con el Departamento de Biología y del grupo geológico del Instituto de Geodinámica y Limnología. Los resultados fueron presentados en informes y publicaciones (Anexo I).

Definición del programa.

Los estudios sobre los lagos Titicaca y Poopó están orientados en dos direcciones:

- Investigaciones sobre los sedimentos superficiales e interpretación sedimentológica en relación con la química de las aguas y la historia cuaternaria reciente de los lagos.
- Investigaciones hidroquímicas cuyos objetivos son definir tanto los balances hidrológicos e hidroquímicos como los movimientos verticales u horizontales de las aguas en los lagos Titicaca y Poopó.

- 3) Geología de evaporitas.- Los trabajos continuaron con mayor detalle en los salares de Sur Lipez, los resultados fueron presentados en informes y publicaciones (Anexo I). Uno de los cuales fué realizado a pedido de QUIMBOL (COFADENA), a fin de precisar las características de los depósitos de carbonato de sodio.

Definición del Programa.

Los trabajos sobre evaporitas se refieren a los Salares del Altiplano boliviano, presentan dos aspectos:

- Investigaciones que conciernen tanto a la evolución de las aguas actuales por evaporación y su relación con el depósito de las sales, como a las secuencias evaporíticas holocenas y su relación con la historia cuaternaria reciente del Sud del Altiplano.
- Investigaciones sobre elementos de interés económico (litio, potasio, carbonato de sodio, etc).

IV.- ACTIVIDADES ACADÉMICAS.

La actividad académica se tradujo en:

- a) Realización de trabajos de Tesis con egresados de Geociencias y Química.
- b) Cursos regulares de los investigadores bolivianos en sus respectivas especialidades, contando con la cooperación de los investigadores de ORSTOM.
- c) Se otorgó una beca a Francia a un investigador geólogo que realizó trabajos de investigación en los laboratorios de ORSTOM en París, Universidad París VI y Laboratorio de la Compañía Francesa de Petróleos.

- 2) Limnologie des Lacs Titicaca et Poopó..- Ce programme multidisciplinaire se fait avec la participation de l'Institut de Chimie, le Département de Biologie et le groupe géologique de l'Institut de Géodynamique et Limnologie. Les résultats ont été présentés dans des rapports et publications (Annexe 1).

Définition du programme

Les études sur les Lacs Titicaca et Poopó sont orientées dans deux directions :

- Recherches sur les sédiments superficiels et interprétation sédimentologique en relation avec la chimie des eaux et l'histoire quaternaire récente des lacs.
- Recherches hydrochimiques ayant notamment pour but de définir les bilans hydrologiques et hydrochimiques et les circulations d'eaux verticales ou horizontales au sein des Lacs Titicaca et Poopó.

- 3) Géologie des Evaporites..- Les travaux se sont poursuivis par des études détaillées sur les salars du Sud Lipéz, les résultats ont été présentés dans des rapports et publications (Annexe 1). Un de ces rapports a été fait sur demande de QUIMBABOL (COFADENA), afin de préciser les caractéristiques des dépôts de carbonate de sodium.

Définition du Programme

Les études sur les évaporites concernent les salars de l'Altiplano bolivien. Elles présentent deux aspects :

- Recherches sur l'évolution chimique des eaux actuelles par évaporation et relation avec la mise en place des évaporites; recherches sur les séquences évaporitiques holocènes et relations avec l'histoire quaternaire récente du Sud de l'Altiplano.
- Recherches des éléments d'intérêt économique (lithium, potassium, carbonate de sodium, etc...).

IV.- ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT

L'activité académique se traduit par :

- a) Réalisation et préparation de thèses en Géosciences et en Chimie.
- b) Cours régulier du personnel bolivien dans les spécialités respectives, avec la collaboration des chercheurs de l'ORSTOM.
- c) Stage d'un géologue bolivien en France pour la réalisation de divers travaux de recherches dans les laboratoires de l'ORSTOM, de l'Université de Paris VI, et au Laboratoire de la Compagnie Pétrolière Total.

V.- OTRAS ACTIVIDADES.

El Director, Dr. Podrigo y el Co-Director, Dr. Servant de ORSTOM, participaron en el X Congreso Internacional del INQUA en Birmidhan (Indlaterra), en el cual el Dr. Servant presentó el estudio "Le cadre stratigraphique du Plio-Quaternaire de l'Altiplano des Andes Tropicales en Bolivie" (Bull. AFED. Nº 50, supp. INQUA, 1977).

El Dr. Rodrigo dictó dos conferencias en la Universidad Libre de Berlín a invitación de esta:

- 1) Conferencia sobre el Paleozoico Inferior de Bolivia. Inst. de Geología. Universidad Libre de Berlín. Rep. Fed. de Alemania (Octubre 18, 1977).
- 2) Conferencia sobre "Desarrollo del Cuaternario y sus Salares en el Altiplano Boliviano". Coloquio de la Universidad Libre de Berlín. Berlín. Rep. Fed. de Alemania (Octubre 20, 1977).

El Ing. O. Ballivián, participó en el Primer Simposio Internacional del Estaño, La Paz. 1977.

El Dr. B. Boulange, participó con geólogos de la Misión Inglesa de Geología en trabajos referentes a formaciones superficiales de la zona de San Ignacio (Dpto. de Santa Cruz), habiéndose presentado el informe "Existence de deux surface d'aplanissement dans la région de San Ignacio-Santa Cruz, Bolivie".

En la revista de Ciencias Vol. I. Nº1, se publicó el trabajo: Rodrigo, Castaños, Carrasco (1977). La formación Cancañiri, Sedimentología y Paleogeografía.

VI.- PLAN DE TRABAJO PARA 1978.

A fin de iniciar los trabajos en hidrobiología, se prevee la llegada a principios de 1978, de dos investigadores de ORSTOM, L. Lauzanne (Ictiología) y J.M. Chantraine (Producción Primaria). Por otra parte se proseguirán con los siguientes estudios:

a) Geología del Cuaternario.

- Estudio morfológico de depósitos glaciares recientes.
- Geoquímica isotópica de depósitos cuaternarios.
- Estudio sedimentológico de formaciones lacustres del Altiplano.
- Reconocimiento del Cuaternario del SE de Bolivia.
- Palinología del Plio-cuaternario del Altiplano.
- Diatomeas del Cuaternario lacustre en el Altiplano.

V.- AUTRES ACTIVITES

- 1) Participation de L.A. Rodrigo et M. Servant au Xème Congrès de l'INQUA à Birmingham (Angleterre), avec présentation d'une communication de M. Servant : "Le cadre stratigraphique du Plio-Quaternaire de l'Altiplano des Andes tropicales en Bolivie.
- 2) Conférences du Dr. L.A. Rodrigo auprès de l'Université Libre de Berlin, sur invitation de celle-ci :
 - Conférence sur le Paléozoïque inférieur de Bolivie (18 octobre 1977).
 - Conférence sur le Quaternaire et les salars de l'Altiplano bolivien (20 octobre 1977).

Participation de O. Ballivián au 1er Symposium International de l'Etain à La Paz.

Etude de B. Boulangé en collaboration avec la Mission Anglaise de Géologie sur les formations superficielles de la zone de San Ignacio (Département de Santa Cruz) avec présentation d'un rapport intitulé : "Existence de deux surfaces d'aplanissement dans la région de San Ignacio, Santa Cruz, Bolivie".

Publication, dans la revue de Géosciences, vol. 1, n° 1, du travail suivant : Rodrigo, Castaños, Carrasco (1977). La formation Cancañiri, sédimentologie et paléogéographie. Rev. de Géosc., vol. 1, n° 1.

VI.- PLAN DE TRAVAIL POUR 1978

Dans le but de démarrer un programme d'hydrobiologie, il est prévu l'affectation, au début de 1978, de deux chercheurs de l'ORSTOM : L. Lauzanne (Ichtyologie) et J.M. Chantraine (Production primaire). Par ailleurs les activités se poursuivront dans les autres domaines.

a) Géologie du Quaternaire

- Etude des dépôts glaciaires récents.
- Etude géochimique isotopique des dépôts quaternaires.
- Etude sédimentologique des formations lacustres de l'Altiplano.
- Reconnaissance du Quaternaire du Sud-Est bolivien.
- Palynologie du Plio-Quaternaire de l'Altiplano et d'une région à déterminer sur le versant amazonien.
- Etude des diatomées de la formation Charaña et de ses équivalents latéraux, et des formations du Sud nées.

b) Geología de Evaporitas.

- Estudio detallado de algunos salares, de Sud Lipez.
- Estudio detallado de la zona de Río Grande-Uyuni.
- Eventualmente estudios conjuntos en el Salar de Uyuni con Geobol y el Servicio Geológico de Estados Unidos.

c) Limnología.

- Sedimentología de depósitos de fondo del lago Titicaca.
- Relación de la química de las aguas y los organismos en los lagos Poopó y Titicaca.
- Encuesta de pesca en el lago Titicaca.
- Estudios de producción primaria en los lagos Titicaca y Poopó.

d) Docencia.

Los investigadores de ORSTOM dictaron cursos teóricos prácticos que están relacionados con sus actividades científicas, de acuerdo con los requerimientos que realicen los Deptos. de Geociencias, Química y Biología.

Los investigadores bolivianos continuaron con el dictado de sus cátedras regulares.

Por otra parte, se ha previsto el viaje del Ing. O. Ballivián a Francia para realizar estudios de investigaciones en el campo de Geología de Evaporitas.

/br.

b) Géologie des Evaporites

- Etude détaillée de quelques salars représentatifs du Sud Lipez (région de Mina Corina, Laguna Colorada).
- Etude détaillée de la région de Rio Grande.
- Eventuellement et en collaboration avec Géobol et l'U.G.S., étude du salar de Uyuni.

c) Limnologie

- Poursuite des travaux sédimentologiques sur le Lac Titicaca.
- Etude de la relation entre la chimie des eaux et les organismes des lacs Titicaca et Poopó.
- Etude de la systématique des poissons du Lac Titicaca et démarrage des pêches expérimentales en fonction des possibilités.
- Démarrage du programme production primaire des Lacs Titicaca et Poopó.

d) Enseignement

Les chercheurs de l'ORSTOM donneront des cours théoriques et pratiques en relation avec leurs activités scientifiques à la demande des Départements de Géosciences, Chimie et Biologie.

Les chercheurs boliviens poursuivront leurs enseignements réguliers.

Par ailleurs, il est prévu que O. Ballivián effectuera un stage en France dans le domaine de la Géologie des évaporites.

RESUMENES DE LOS TRABAJOS QUE SE ENCUENTRAN EN PRENSA

- J.P. Carmouze., C. Arze., J. Quintanilla., Y. Miranoa (1978). Circulación de materia (agua-sales disueltas) a través del sistema fluvio-lacustre del Altiplano: la regulación hídrica e hidroquímica de los lagos Titicaca y Poopó. Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUMEN:

La circulación media anual de la materia (agua, sales disueltas) a través del sistema fluvio-lacustre del Altiplano, que comprende los lagos Titicaca y Poopó ha sido determinada, permitiéndonos precisar las regulaciones hídricas (aportes y pérdidas fluviales en agua, evaporación, lluvias, infiltración) e hidroquímicas (aportes y pérdidas fluviales en sales disueltas) de los dos lagos y de comprender la evolución de la composición química de las aguas a través de este sistema.

- M. Servant., J.-Ch. Fontes. (1978). Les lacs quaternaires des hauts plateaux des andes Boliviennes. Premières interprétations paleoclimatiques. Cahier de Géologie. ORSTOM.

RESUMEN:

Tres extensiones lacustres se reconocen en las cuencas cerradas del Altiplano boliviano desde el Cuaternario medio. La más reciente ocurrió después del máximo de la última glaciación de los Andes Tropicales. Los lagos llegaron a su mayor extensión (50.000 km²) entre 12.500 y 11.000 años B.P. y se redujeron a sus actuales superficies (8.000 km²) más o menos hacia los 10.000 años B.P. Las variaciones de los espejos de agua fueron bastante débiles durante el Holoceno.

Las modificaciones de la extensión de los lagos cuaternarios no significan necesariamente cambios importantes de la precipitación promedio anual. Sin embargo, pueden estar relacionadas con los cambios de volumen de las aguas de deshielo de los glaciares que se encuentran en las partes altas de las cuencas de drenaje.

Como una primera interpretación se puede señalar que las variaciones de los lagos río abajo y de los glaciares río arriba podrían relacionarse con cambios de temperatura y modificaciones en la repartición de las precipitaciones, sin que estas últimas tengan variaciones amplias en el promedio anual.

- S. Servant. V. Las diatomeas de los depósitos lacustres cuaternarios del Altiplano boliviano. (1978). Cahier de Géologie. ORSTOM.

Fueron estudiadas las asociaciones de Diatomeas contenidas en los sedimentos cuaternarios en diferentes cortes correspondiendo a las formaciones lacustres que se sucedieron a partir del Cuaternario antiguo hasta los períodos holócenos.

RESUMES DES TRAVAUX EN COURS D'IMPRESSION

- J.P. Carmouze, C. Arze et J. Quintanilla (1978). Circulation de matière (eau-sels dissous) à travers le système fluvio-lacustre de l'Altiplano : la régulation hydrique et hydrochimique des lacs Titicaca et Poopó. Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUME

L'écoulement moyen annuel de la matière (eau-sels dissous) à travers le système fluvio-lacustre de l'Altiplano, qui comprend les Lacs Titicaca et Poopó, a été déterminé, ce qui a permis de préciser les régulations hydriques (apports et pertes fluviales en eau, évaporation, pluies, infiltration) et hydrochimiques (apports et pertes fluviales en sels dissous, infiltration et sédimentations chimiques) des deux lacs et comprendre l'évolution de la composition chimique des eaux à travers ce système.

- M. Servant et J.-Ch. Fontes (1978). Les lacs quaternaires des hauts plateaux des Andes boliviennes. Premières interprétations paléoclimatiques. Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUME

Trois transgressions lacustres sont reconnues dans les bassins endoréiques de l'Altiplano bolivien depuis le Pléistocène moyen. La plus récente a eu lieu après le maximum de la dernière glaciation des Andes tropicales. Les nappes d'eau ont atteint leur plus grande extension (50.000 km²) entre 12.500 et 11.000 ans B.P. Elles se sont réduites à leurs dimensions actuelles (8.000 km²) vers 10.000 ans B.P. Les oscillations des lacs ont été de faible amplitude pendant l'Holocène.

Les variations d'extension des nappes d'eau ne démontrent pas l'existence de changements très importants dans les valeurs moyennes annuelles des précipitations. Elles peuvent être en relation avec les modifications intervenues dans le volume des rapports liquides issus de la fonte des glaciers qui se situent dans les parties hautes des bassins de drainage.

En première hypothèse, les oscillations des lacs vers l'aval et les oscillations des glaciers vers l'amont pourraient être expliquées par des changements de température et par des modifications dans la répartition annuelle des précipitations sans grande variation au niveau des valeurs moyennes annuelles.

- S. Servant-Vildary (1978). Les Diatomées des dépôts lacustres quaternaires de l'Altiplano bolivien. Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUME

Les associations de Diatomées contenues dans les sédiments quaternaires, ont été étudiées dans différentes coupes correspondant à des formations lacustres qui se sont succédées à partir du Quaternaire ancien, jusqu'aux périodes holocènes.

Formación Charaña (Cuaternario Antiguo) Formación Vito, Ballivian (Cuaternario medio), Formación Minchin y Tauca (Cuaternario reciente).

- Cada una de estas formaciones está caracterizada por la presencia de Diatomeas particulares, las asociaciones indican un aumento progresivo de la salinidad a medida que uno se aproxima a las épocas recientes: El lacustre Tauca representa el medio más concentrado en sales disueltas, la salinidad podía alcanzar el valor de 40 g/l.

En cuanto a la naturaleza de las sales disueltas, se ha puesto en evidencia una variación según las formaciones. El lacustre Minchin (medio mesohalobiano 16 g/l) contiene cloruros de sodio; el lacustre Tauca contiene según los lugares cloruros o carbonatos.

Durante el Holoceno, los depósitos fluvio-lacustres contienen una flora de agua dulce, o un poco carbonatada. Se desarrollan unas especies de aguas frías.

- F. Risacher. (1978). Le cadre géochimique des bassins à évaporites des Andes boliviennes. Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUMEN:

El cuadro general de las cuencas evaporíticas del Altiplano boliviano está descrito primero de acuerdo con su historia Cuaternaria reciente, después en relación con el quimismo de los manantiales y ríos que se concentran en esas cuencas.

Las aguas dulces del Norte del Altiplano, en zonas sedimentarias, se concentran normalmente de acuerdo con sus propias composiciones químicas. Esas aguas producen salmueras cloro-sulfatadas sódicas. Las aguas dulces del Sur del Altiplano, en zonas volcánicas ácidas, deberían dar, concentrándose a partir de sus composiciones iniciales, salmueras carbonatadas sódicas, lo que se produce excepcionalmente. Generalmente, se obtienen salmueras cloro-sulfatadas sódicas. Se puede considerar la hipótesis de una interacción: agua-sedimentos. Las neoformaciones arcillosas, a partir de material amorfo, abundante en esas zonas volcánicas, puede modificar la evolución normal de esas aguas, así como la redisolución del yeso, frecuente en esos salares. Tomando en cuenta que al principio de su historia lacustre esas cuencas contenían sólo pocos sedimentos, es posible que el quimismo de los salares del Sur haya cambiado en el curso del Cuaternario.

- B. Boulangé., L.A. Rodrigo., C. Vargas. (1978). Morphologie, formation et aspects sédimentologiques du lac Poopó. Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUMEN:

El lago Poopó constituye una parte de la cuenca endoréica del Altiplano boliviano. Son definidos la morfometría del lago y de su cuenca de drenaje y se dan además algunos aspectos de sedimentología actual, principalmente la distribución de cuatro tipos de sedimentos. Se adjunta un mapa de batimetría del período de aguas altas 1977, y mapas de distribución de carbonato de calcio y materia orgánica.

Formation Charaña (Quaternaire ancien), Formation Vito, Ballivián (Quaternaire moyen), Formation Minchin et Tauca (Quaternaire récent).

Chacune de ces formations est caractérisée par la présence de Diatomées particulières, les associations indiquent une augmentation progressive de la salinité au fur et à mesure que l'on s'approche des époques récentes : le lacustre Tauca représente le milieu le plus concentré en sels dissous, la salinité peut atteindre une valeur de 40 g/l.

Quant à la nature des sels dissous, on a mis en évidence une différence selon les formations. Le lacustre Minchin (milieu mesohalobe 16 g/l) contient des chlorures de sodium, le lacustre Tauca contient, selon les endroits, des chlorures ou des carbonates.

Pendant l'Holocène, les dépôts fluvio-lacustres contiennent une flore d'eau douce ou légèrement carbonatée. Des espèces d'eaux froides s'y développent.

- F. Risacher (1978). Le cadre géodynamique des bassins à évaporites des Andes boliviennes. Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUME

Le cadre général des bassins évaporitiques de l'Altiplano bolivien (salars) est décrit, tout d'abord, en relation avec leur histoire Quaternaire récente, ensuite en fonction du chimisme des eaux des sources et des rivières qui se concentrent dans ces bassins.

Les eaux douces du Nord de l'Altiplano, en terrains sédimentaires, se concentrent normalement en fonction de leurs compositions chimiques propres. Elles produisent des saumures chloro-sulfatées sodiques. Les eaux douces du Sud de l'Altiplano, en terrains volcaniques acides, devraient donner, en se concentrant à partir de leurs compositions initiales, des saumures carbonatées sodiques, ce qui n'est qu'exceptionnellement le cas. On obtient le plus souvent des saumures chloro-sulfatées sodiques. L'hypothèse de l'interaction eaux-sédiments est envisagée. Les néoformations argileuses à partir de matériel amorphe, abondant dans ces zones volcaniques, peut modifier l'évolution normale de ces eaux, de même que la redissolution du gypse, fréquent dans ces salars. Comme au début de leur histoire lacustre, ces bassins contenaient peu de sédiments, il est possible que le chimisme des salars du Sud de l'Altiplano ait changé au cours du Quaternaire.

- B. Boulangé, L.A. Rodrigo, C. Vargas (1978). Morphologie, formation et aspects sédimentologiques du Lac Poopó. Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUME

Le Lac Poopó fait partie du bassin endoréique de l'Altiplano Bolivien. Les caractéristiques morphométriques du lac et de son bassin versant, ainsi que quelques aspects de la sédimentologie actuelle sont définis, principalement la distribution à quatre types de sédiments. Une carte bathymétrique correspondant à la période des hautes eaux 1977, et des cartes de répartition du carbonate de calcium et de la matière organique, sont jointes.

- S. Servant-Vildary. (1978). Les diatomées des sédiments superficiels d'un lac sale, chlorure sulfate sodique de l'Altiplano bolivien el lac Poopó. Cahier de Géologie. ORSTOM.

RESUMEN:

La flora diatómica conservada en los sedimentos superficiales del lago Poopó presenta una gran variedad para un lago cuya salinidad alcanza valores fuertes como 20 hasta 40 g/l según los lugares. Esta fuerte salinidad está representada en la flora por la dominancia, y una gran distribución de los Nitzschia.

Este estudio pone en evidencia que los factores físicos juegan un papel importante sobre la repartición de las diatomas. En algunas circunstancias esos parámetros pueden esconder la influencia de la salinidad sobre la constitución de las asociaciones diatómicas al nivel de las especies sub-dominantes.

- A. Lavenu. (1978). Neotectonique des sédiments plioquaternaires du Nord de l'Altiplano bolivien (région de La Paz- Ayo-Ayo-Umala). Cahier de Géologie. ORSTOM.

RESUMEN:

El estudio neotectónico de las formaciones plio-cuaternarias de la cuenca de La Paz y Ayo-Ayo, realizado con ayuda del análisis microtectónico de las microfollas (fallas de rumbo, fallas inversas, fallas normales), nos permite, en principio, poner en evidencia diferentes fases de deformación:

Fases intra a fini-Plioceno: Una fase de compresión de dirección Z=N000 de poca importancia (fallas inversas).

Una fase de compresión de dirección Z= N070 a N090 (con pliegues y fallas de rumbo).

Fases cuaternarias: Una fase de distensión de dirección X= N000 (fallas normales).

Una fase de compresión de dirección Z= N130 (fallas de rumbo).

Una fase de distensión de dirección X = N000 (fallas normales).

- S. Servant-Vildary (1978). Les Diatomées des sédiments superficiels d'un lac salé, chloruré sulfaté sodique de l'Altiplano bolivien et le Lac Poopó. Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUME

L'examen de la flore diatomique conservée dans les sédiments superficiels du Lac Poopo met en évidence une assez grande variété de la flore pour un lac dont la salinité varie entre 20 et 40 g/l suivant les régions.

Cette forte salinité est représentée dans la flore par une dominance et une large répartition des Nitzshia. Nitzshia punctata peut-être considérée ici comme une espèce meso à hyperhalobe, préférentielle de milieux chlorurés sodiques.

Cette étude met en évidence le rôle non négligeable des paramètres physiques sur la répartition des Diatomées. En certaines circonstances, ces paramètres peuvent masquer le facteur salinité dans la constitution des associations de Diatomées.

- A. Lavenu (1978). Néotectonique des sédiments plioquaternaires du Nord de l'Altiplano Bolivien (région de La Paz - Ayo-Ayo - Umala). Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUME

L'étude néotectonique des formations plioquaternaires des bassins de La Paz et Ayo-Ayo, faite à l'aide de l'analyse microtectonique des microfailles (décrochements, failles inverses, failles normales) nous permet une première approche de mettre en évidence différentes phases de déformation :

- phases intra à fini-Pliocène
 - une phase de compression de direction Z = N000, de faible importance (failles inverses);
 - une phase de compression de direction Z = N070 à N090 (associant plis et décrochements).
- phases quaternaires
 - une phase de distension de direction X = N000 (failles normales);
 - une phase de compression de direction Z = N130 (décrochements);
 - une phase de distension de direction X = N000 (failles normales).

- R. Clocchiatti., L. Lericault., L.A. Rodrigo. (1978), Endoscopie et exoscopie de grains de quartz des formations du pliocène et du quaternaire de La Paz. (Bolivie). Cahier de Géologie. ORSTOM.

RESUMEN:

El presente trabajo tiene por objeto diferenciar las unidades litológicas de la región de La Paz-bolivia (formaciones La Paz, Chigini y Calvario), ubicar mejor la discordancia entre la Formación La Paz y la Formación Calvario y definir los paleoambientes de estas formaciones.

Para ello, hemos utilizado dos métodos complementarios: la endoscopia (estudio de las inclusiones fíctiles y sólidas de los granos) y la exoscopia (estudio de la superficie de los granos al microscopio electrónico de barrido) de los cuarzos.

En función de la naturaleza de las inclusiones, la endoscopia ha permitido distinguir en los sedimentos tres lotes de granos de orígenes granítico, filoniano y volcánico respectivamente. Los cuarzos volcánicos marcan el comienzo de la Formación Calvario y provienen en su mayor parte de la Cinerita Chigini.

La exoscopia ha permitido diferenciar la historia sedimentaria de los cuarzos filonianos y graníticos (alteración, transporte continental acuático y en ciertos casos retroabajo glacial) de aquellos cuarzos volcánicos más recientes y menos evolucionados. La historia geológica particular de los cuarzos muy redondeados, retroabajados del Paleozoico ha sido igualmente puesta en evidencia por este método de análisis.

- O. Ballivián., J.L. Oles., M. Servant. (1978). El Plio-Cuaternario de la región de La Paz (Andes Orientales, Bolivia). Cahier de Géologie. ORSTOM.

RESUMEN:

La región de La Paz ofrece un corte completo del Plio-Cuaternario en los piedemontes altiplánicos de los Andes Orientales. Este corte nos permite observar:

- Una serie continental de más de 500 m de espesor, pliocénica por lo menos en su parte inferior. Estos depósitos parecen asociados a un sollevamiento relativo de los relieves río arriba y a una subsidencia de la cuenca de sedimentación evaluada en 0,1 mm/año como promedio mínimo.
- Una fase de erosión (interrumpida por lo menos por una fase de alteración) que podría estar asociada con la apertura río abajo de la depresión del lago Titicaca.
- Depósitos glaciales típicos atribuidos a las glaciaciones antiguas cuya existencia indica que los Andes Bolivianos habían alcanzado más o menos a las alturas actuales.
- Un pedimento bien desarrollado donde se ven testigos de pedogénesis y alteración.
- Acumulaciones morénicas atribuidas a una glaciación recientemente identificada con glaciales de piedemonte.
- Amplias fases de disolución que desarrollaron los valles actuales. Estos últimos ofrecen río arriba testigos glaciales indicativos de dos oscilaciones glaciales positivas probables.

- R. Clocchiatti, L. Le Ribault, L.A. Rodrigo (1978). Endoscopie et exoscopie de grains de quartz des formations du Pliocène et du Quaternaire de La Paz (Bolivie). Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUME

Le travail exposé ici avait pour but de différencier des unités lithologiques dans la région de La Paz (formations La Paz, Chijini, Calvario) en Bolivie, de mieux situer la discordance entre la Formation La Paz et la Formation Calvario, et de définir les paléoenvironnements de ces formations.

Pour cela, nous avons utilisé deux méthodes complémentaires : l'endoscopie (étude des inclusions fluides et solides des grains) et l'exoscopie (étude de la surface des grains au microscope électronique à balayage) des quartz.

En fonction de la nature des inclusions, l'endoscopie a permis de distinguer dans les sédiments trois lots de grains respectivement d'origine granitiques filonienn et volcanique; les quartz volcaniques marquent le début de la Formation Calvario et proviennent en majeure partie de la Cinérite de Chijini.

L'exoscopie a permis de différencier l'histoire sédimentaire des quartz filoniens et granitiques (altération, transport continental aquatique, puis parfois reprise glaciaire de celle des quartz volcaniques plus récents et moins évolués. L'histoire géologique, particulières à des quartz très arrondis remaniés du Paléozoïque a également été mise en évidence par cette méthode d'analyse.

- O. Ballivian, J.L. Bles, M. Servant (1978). Le Plio-Quaternaire de la région de La Paz (Andes Orientales, Bolivie). Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUME

La région de La Paz offre une coupe complète du Plio-Quaternaire sur les piedmonts occidentaux de la Cordillère Orientale des Andes Boliviennes. Cette coupe permet d'observer :

- Une série continentale de plus de 500 m d'épaisseur, d'âge pliocène au moins dans sa partie inférieure. Son dépôt paraît associé à un soulèvement relatif de la Cordillère et à une subsidence du bassin de sédimentation évaluée à 0,1 mm/an au minimum.
- Des dépôts glaciaires attribués à deux glaciations anciennes dont l'existence indique que les Andes avaient atteint approximativement leurs altitudes actuelles.
- Un glaciaire d'ablation sur lequel subsistent des témoins d'altération et de pédogénèse.
- Des dépôts morainiques caractéristiques de glaciers de piedmont.
- Plusieurs phases successives de creusement ayant abouti à l'individualisation de vallées actuelles. Celles-ci conservent en amont quelques témoins morainiques probablement attribuables à deux pulsations glaciaires positives.

- b. boulangé., M. Litherland. (1978). Surfaces d'aplanissements en amazonienne de Bolivie (région de San Ignacio de Velasco-Santa Cruz). Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUMEN:

Los trabajos realizados en esta zona permitieron hacer algunas observaciones morfológicas como ser: la presencia de dos superficies de aplanamiento que se identifican por sus posiciones topográficas y sus formas superficiales: alteraciones y coraza ferruginosa. La superficie alta ha sido sometida a una deformación tectónica, la cual da dos puntos topográficos distintos. Este breve estudio, de ningún modo exhaustivo, tiene como solo objetivo proporcionar algunos datos de una zona difícil de acceso y mal conocida.

- D. Ballivián., F. Risacher., A. Echenique. (1978). Estudio Geológico Económico de la laguna Collpa y de la laguna Hedionda. Revista de Geociencias.

RESUMEN:

La empresa QUIMIBOL dentro de sus planes y proyectos, cuenta con un estudio que se interesa por la prospección y exploración de Carbonato de Sodio para satisfacer la demanda cada día más creciente de este mineral. Esta inquietud es que solicitaron colaboración al Instituto de Geomorfología y Limnología (Convenio UMSA-ORSTOM), que desde hace tiempo atrae e investiga científicamente las reservas mineralógicas de los salares y lagunas del Sur Lipez boliviano.

De esta manera se formó una comisión destinada al estudio integral de la laguna Collpa y adyacentes, situadas en el extremo Sud de la Provincia Sud Lipez del Departamento de Potosí.

Esta región geográfica se caracteriza por su aridez, aplanamiento del terreno y bajos con evaporitas.

Los factores primordiales que se tomaron en cuenta en el estudio fueron los siguientes:

- a) Reconocimiento geológico general.
- b) Naturaleza petrográfica de las rocas de influencia.
- c) Muestreo sistemático de la laguna Collpa.
- d) Estudio de los aportes de agua (caudales).
- e) Quimismo de las aguas de la laguna y de los aportes.
- f) Estimación de la cantidad y calidad de sales disueltas.
- g) Estudio de los posibles sistemas de explotación.

Con los resultados obtenidos se tuvo un claro concepto de la laguna Collpa, en lo referente a reservas de carbonatos y sistemas que se pueden emplear para la extracción de estos.

/br.

- B. Boulangé, M. Litherland (1978). Surfaces d'aplanissements en zone amazonienne de Bolivie (région de San Ignacio de Velasco-Santa Cruz). Cahier de Géologie ORSTOM.

RESUME

Les travaux effectués dans cette région ont permis le relevé de quelques observations morphologiques, à savoir la présence de deux surfaces d'aplanissements identifiables par leurs positions topographiques et leurs formations superficielles : altérations et cuirasse ferrugineuse. La surface haute a été soumise à une déformation tectonique lui conférant topographiquement deux plans distincts. Cette brève étude, nullement exhaustive, n'a comme unique but que de fournir quelques données sur une zone difficile d'accès et mal connue.

- O. Ballivian, F. Risacher, A. Echenique (1978). Etude géologico-économique de la Laguna Collpa et de la Laguna Hedionda. Revue de Géosciences.

RESUME

L'entreprise QUIMBABOL s'intéresse, entre autres projets, à la prospection et à l'exploitation des carbonates de sodium, dont la demande est en constante augmentation. Pour cela QUIMBABOL a demandé la collaboration de l'Institut de Géodynamique et de Limnologie (Convention UMSA-ORSTOM), qui étudie depuis quelques années déjà, dans un but scientifique, les réserves minéralogiques des salars et lacs du Lipez.

Pour cela une commission d'étude a été constituée dans le but d'étudier la Laguna Collpa ainsi que quelques autres salars situés à l'extrême sud de la Province Sud Lipez du Département de Potosi.

Cette zone géographique est caractérisée par son aridité, et son paysage de bassins fermés à évaporites.

Les facteurs principaux qui ont été pris en compte pour cette étude sont les suivants :

- a) Reconnaissance géologique générale.
- b) Nature pétrographique des roches du bassin versant.
- c) Echantillonnage systématique des eaux de la Laguna Collpa.
- d) Etude des apports en eaux douces (débits).
- e) Chimisme des eaux de la laguna et des apports.
- f) Estimation de la quantité et de la qualité des sels dissous.
- g) Etude des systèmes d'exploitation possible.

Les résultats obtenus ont donné une idée claire des réserves en carbonates de la Laguna Collpa, ainsi que des méthodes d'exploitation envisageables.

Cuadro I

Tableau I

Locales : 55 m2 de oficinas en el Dpto.
de Geociencias de la UMSA.

Biblioteca : 230 textos
5 suscripciones a revistas
270 microfilms
índices bibliográficos

Equipo de campo (UMSA)

Material de campo
1 lancha con motores

Equipo de campo (ORSTOM)

1 lancha inflable con motor
Material de campo
3 vehículos
Material para trabajos limnológicos
(guinches, botellas de recolección, termómetros, palas mecánicas, saca-testigos).
1 Eco-sonda (profundidad de investigación: 120 m)
2 pHmetros
2 conductivímetros
2 altímetros de precisión
Diversos

Equipo de laboratorio (UMSA)

- Absorción atómica
- Microscopio petrográfico
- Lupa binocular
- pHmetro
- Tamices
- Espectrofotómetro
- Titulador automático
- Mufla
- Hornilla agitador
- Centrifuga
- Campana de laboratorio
- Material diverso de la A.N.C.B.

Equipo de laboratorio (ORSTOM)

- 1 microscopio

Locaux : 55 m2 de bureaux au Département
de Géologie de l'UMSA.

Bibliothèque : 230 ouvrages de base
5 inscriptions à des revues
270 microfilms
indices bibliographiques

Equipement de terrain (UMSA)

- Matériel de campement
- 1 bateau à moteurs

Equipement de terrain (ORSTOM)

- 1 bateau gonflable à moteur
- Matériel de campement
- 3 véhicules
- Matériel pour prélèvements limnologiques
(treuils, bouteilles à renversement, thermomètres, bennes, carottier).
- 1 Echo-sondeur (profondeur d'investigation: 120 m)
- 2 pHmètres
- 2 conductivimètres
- 2 altimètres de précision
- Divers

Equipement de laboratoire (UMSA)

- Absorption atomique
- Microscope petrographique
- Loupe binoculaire
- pHmètre
- Tamis
- Spectrophotomètre
- Titulateur automatique
- Moufle
- Agitateur magnétique
- Centrifugeuse
- Hotte de laboratoire
- Matériel divers de la R.N.C.B.

Equipement de laboratoire (ORSTOM)

- 1 microscope

CONVENIO



UMSA



**INFORME DE ACTIVIDADES
PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE
GEODINAMICA Y LIMNOLOGIA
CONVENIO UMSA - ORSTOM**

La Paz, Diciembre de 1974

CONVENIO



UMSA



INFORME DE ACTIVIDADES

PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE GEODINAMICA Y LIMNOLOGIA
CONVENIO UMSA - ORSTOM

Pasa a conocimiento del:

Sr. Rector UMSA
Director del CEPIC
Div. de Inv. Cient. y
Tecnol. CNES
Decano de la F.C.P.N
Jefe del Depto. de Geo-
ciencias

La Paz Diciembre de 1974

I N D I C E

Informe actividades 1974	pg. 1
Plan de trabajo de 1975	pg. 5

Anexo I.- Informe Preliminar sobre la Estratigrafía del
Cuaternario del Altiplano Central.
M. Servant.

Anexo II.- Las Diatomeas de Algunos Sedimentos Lacustres
o Palustres Cuaternarios del Altiplano Boli-
viano.

S. Servant Vildary.

Anexo III.- Acta Sintética de la Reunión del día 15 de No-
viembre, 1974.

Anexo IV.- Presupuesto.

INFORME DE ACTIVIDADES

PROGRAMA MULTIDICIPLINARIO DE GEODINAMIA Y LIMNOLOGIA

CONVENIO UMSA - ORSTOM

Introducción:

El convenio entre la UMSA., a través de la Facultad de Ciencias puras y Naturales y la Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer (ORSTOM) de Francia, fué firmado el 3 de Abril de 1974.

Dentro de este convenio se prevee la formación de una unidad de investigación multidisciplinaria para el estudio de la Geología del Cuaternario en el Altiplano (incluye estratigrafía, micropaleontología en especial diatomeas, sedimentología, geocronología especialmente por C 14 y eventualmente palinología), reconocimiento y caracterización de los lagos actuales, especialmente el Lago Titicaca y de las cuencas evaporíticas (química de las aguas y de las sales, aporte de los tributarios, etc.) y en un futuro próximo se prevee la iniciación de los trabajos biológicos correspondientes a la evaluación de la biomasa lacustre y la caracterización de los ecosistemas correspondientes.

Intervienen en el programa de investigación los Departamentos de química, Geociencias, Biología y el Instituto de Hidráulica. Además participan instituciones extrauniversitarias como el Programa ERTS-Bolivia, el Servicio de Hidrografía Naval, el Servicio Geológico de Bolivia y el Centro de Investigaciones Arqueológicas. Se cuenta además con el respaldo de la Academia de Ciencias de Bolivia.

En los cuadros I,II,III, IV y V, se indican las relaciones entre las unidades participantes más importantes y detalla cada uno de los programas por separado.

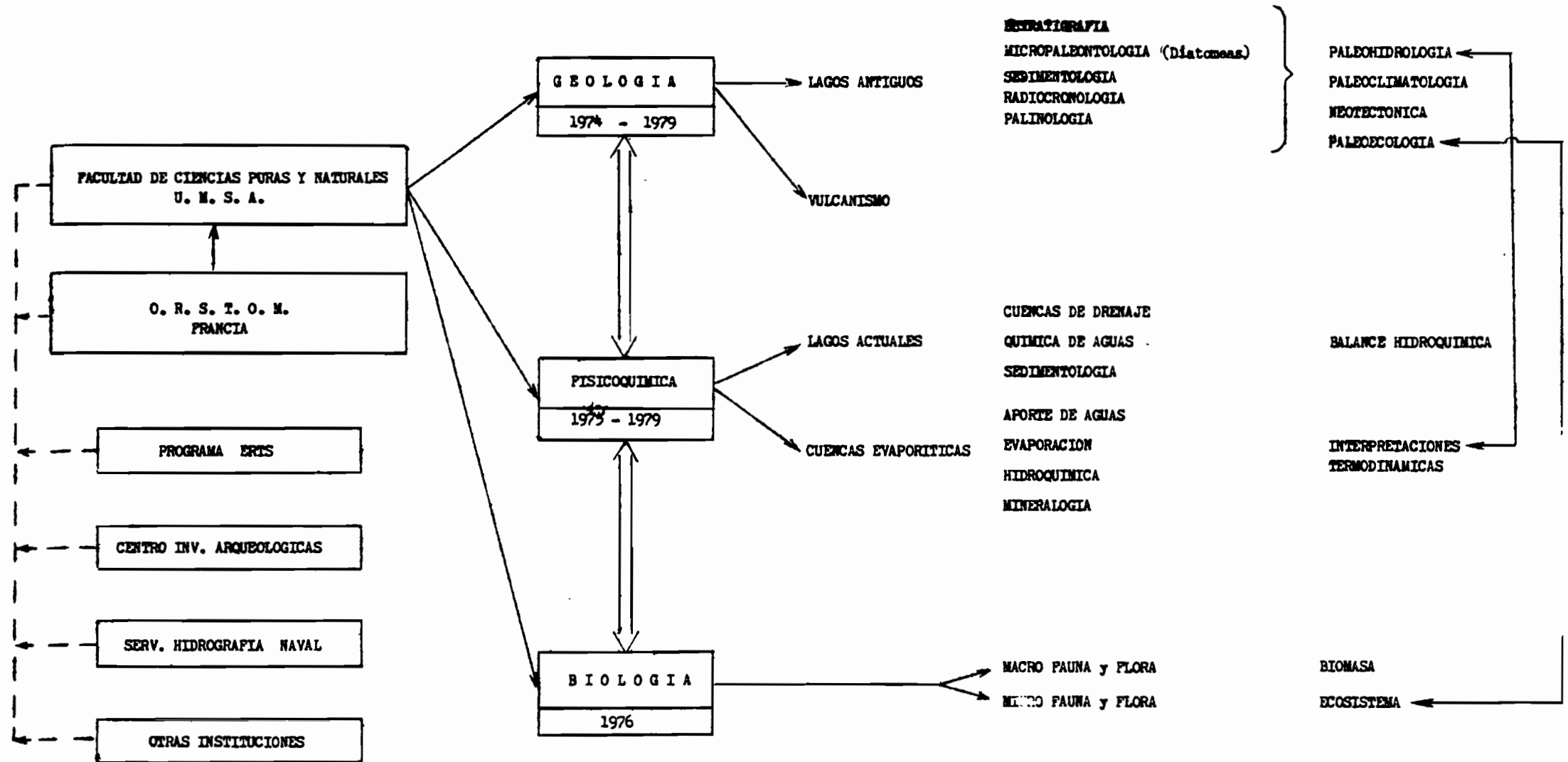
La Unidad de Investigación está a cargo del Dr. Luis Alberto Rodrigo, quién fué nombrado Director del Convenio UMSA-ORSTOM en Agosto de 1974, siendo el Co-Director el Dr. Michel Servant investigador de ORSTOM, que se encuentra en el país desde noviembre de 1973.

El cuadro VI, señala al personal del Convenio, indicando además, la fecha de su incorporación al mismo.

///

CUADRO-I

PROYECTO MULTIDISCIPLINARIO DE GEODINAMICA Y LIMNOLOGIA



CUADRO - II

INFRAESTRUCTURA

	<u>MATERIAL</u>		<u>PERSONAL</u> (No limitado)
DE CAMPO	Equipo de campo		ERTS: M. Suarez.
	Jeep		UMSA: L.A. Rodrigo, A. Saavedra, W. Mansilla, Condoretti.
	Jeep x x	<u>GEOLOGIA</u> 1974	ORSTOM: Dra. y Dr. Servant.
	Perforadora		
	Barco x		UMSA: R. Mariaca, L. Balderama, C. Arce.
	Sonar x x		ORSTOM: Geoquímico x Químico (Temporario)
	Muestreador de Sedimentos	<u>FISICOQUIMICA</u> Fin 1974-primo 1975	
	Muestreador de Aguas		ORSTOM: Hidroquímico
	Termómetros		ORSTOM: Especialista en C ¹⁴ x x
	Conductivímetro	Fin 1975	
	Sismógrafo	Mediad. 1975	
DE LABORATORIO	Fotografías aéreas x		
	Imágenes de Satélite x		
		<u>BIOLOGIA</u>	
	Equipos Depto. Química (Espectrofotómetro, Absorción Atómica, etc.).	Fin 1974:	UMSA: E. Romero.
	Microscópios.	2do. Sem. 1975:	ORSTOM: Hidrobiólogo (Temporario).
	Laboratorio de Petrografía y Sedimentología.	Primo. 1976:	UMSA: Regreso de Becario en Francia y Africa. ORSTOM: Hidrobiólogo (Plancton, peces).

x Equipo Existente en Instituciones Participantes.

x x Equipo solicitado.

x Decisión definitiva en Noviembre 1974

x x Personal solicitado.

CUADRO - V

MEDIOS EVAPORITICOS

OBJETIVOS	EQUIPO		GASTOS DE FUNCIONAMIENTO		PERSONAL	
	BOLIVIA	ORSTOM (1)	BOLIVIA	ORSTOM (1)	BOLIVIA	ORSTOM (1)
<u>PROYECTO MINIMO:</u>		<u>CAMPO:</u>				
Estudio comparado de algunos salares poco extensos de materiales diferentes, depositados en cuencas de drenaje poco extensas (medios de Cl Na, sulfatos, trona etc.).	Perforadora del Depto. de Hidrología.	1 Vehículo (Además del que existe actualmente)(1).		Comisión de investigadores de ORSTOM.	1 Químico (Tesis ta).	1 Químico, ya previsto en el proyecto del lago.
Estudio de la parte superficial (0 - 20 m) de los depósitos, determinación de las sales y de los minerales asociados.	<u>LABORATORIO:</u> Equipo del Depto. de Química.	1 conductímetro de campo (El mismo que para el proyecto del lago).		Mano de obra en el campo.		1 Geoquímico (Un tesis ta que trabaja con MAGLIONE).
Estudio de la capa freática.		<u>LABORATORIO:</u> Análisis en Francia (Cristalizaciones).				
Si es necesario estudio de los afluentes.						
Si es posible algunas líneas sísmicas.	Sismógrafo Depto. Geociencias.				Geofísico de Geociencias (Tellería).	
<u>PROYECTO MAXIMO:</u>						
Estudio de un gran salar con sísmica y perforaciones profundas, unido al programa del cuaternario.						
	A encaminar con G E O B O L si el proyecto es financiado por organismos internacionales.					

(1) Equipo, gastos y personal solicitado a ORSTOM, aún no confirmado.

LAR/lrf.

CUADRO - III

MEDIOS LACUSTRES ANTIGUOS - OTROS PROBLEMAS DEL CUATERNARIO

OBJETIVOS	EQUIPO		FUNCIONAMIENTO		PERSONAL		COOPERACION INST. DE EST. ANDINOS.
	BOLIVIA	ORSTOM	BOLIVIA	ORSTOM	BOLIVIA	ORSTOM	
<u>PRIMERA ETAPA (1974-1975):</u>							
a) Estratigrafía de las formaciones sedimentarias del Altiplano*.	Perforadora del Depto. Geociencias (Misión Alemana).	1 Vehículo (Actualmente en trabajo).	Comisiones de los investigadores bolivianos.	Mano de Obra en el campo.	1 Geomorfólogo dado por Geobol (Suarez).	1 Geólogo (Servant).	
b) Cronología radiométrica. C ¹⁴ (Cuaternario reciente) Pontes Francia. K/Ar (Cuaternario Antiguo Plioceno), BRGM, BERKELEY - Francia.	Fotos aéreas (Geobol). Imágenes de satélite (ERTS). Lab. de láminas delgadas (Depto. Geociencias).	1 Microscopio biológico.		Comisión de los investigadores de ORSTOM.	1 Estudiante tesis del Depto. de Geociencias (Mancilla).	1 Micropaleontólogo (S. Servant).	
c) Diatomeas.							
d) Estudios Mineralógicos de arcillas.	1 Vehículo dado por Geobol para su Geomorfólogo (Durante un mes al año).			Todos los gastos de funcionamiento y en particular de taciones K/Ar.	Biólogo del Depto. de Biología, en entrenamiento (). Mineralogía de arcillas (A. Saavedra).		
e) Interpretación paleohidrológicas paleoclimáticas, neotectónica.	1 Microscopio biológico (Depto. de Biología).						
f) Palinología.	Material de sedimentología (Tamiz, separador eléctrico magnético).						
<u>SEGUNDA ETAPA (1975-1976):</u>							
Estratigrafía de las cuencas de Cochabamba y Tarija.							
Intervención de estudios palinológicos si fuera necesario (Fines 1975).							
<u>PROBLEMA PARTICULAR DEL C¹⁴</u>							
Puesta en funcionamiento de un laboratorio de C ¹⁴ .	Aparato del Depto. de Química.			Gastos de funcionamiento a cargo de ORSTOM hasta la rentabilidad del aparato.		1 Palinólogo en Francia (ORSTOM CNRS, o Universidad). Técnico Francés indispensable (Solicitud a Emb. de Francia en trámite).	

* Las formaciones volcánicas son estudiadas por el convenio Univ. Tubingen - Geobol.

LAR/lst.

Nota: Fin, del programa de Geología General 1/7/76; salvo los estudios especializados (Palinología, paleontología, etc.).

Solicitud de un Geomorfólogo a la Embajada de Francia.

CUADRO - IV

MEDIOS LACUSTRES ACTUALES

OBJETIVOS	EQUIPO		GASTOS DE FUNCIONAMIENTO		PERSONAL	
	BOLIVIA	ORSTOM (1)	BOLIVIA	ORSTOM (1)	BOLIVIA	ORSTOM (1)
<u>PRIMERA ETAPA (1975-1976)</u>					<u>PRIMERA ETAPA</u>	
<u>INVENTARIACION:</u>	<u>EQUIPO DEL DEPARTAMENTO DE QUIMICA:</u>		<u>CAMPO:</u>			
• Determinación de los valores de erosión: Química Mecánica en algunas cuencas representativas. • En 4 ó 5 lugares y 2 ó 3 veces al año: variaciones verticales de los parámetros: Temperatura, pH, conductividad, composición química del agua, composición isotópica, etc. (Lago Titicaca). • Evolución lateral de esos mismos parámetros del Río Desagüadero y en el Lago Poopó. • Recolección y estudio de reconocimiento de los sedimentos.	• Absorción Atómica. • Cromatógrafo de gases. • Infrarojo (Espectrofotómetro). • Ultravioleta (Espectrofotómetro). • Polarógrafo. • Equipo de laboratorio de hidrología de la UMSA.	- Sonar (hasta 280 mts.). - Muestrador de fondo (Tipo CREO). - Muestradores de agua a distintas profundidades. - Conductivímetro de campo, pH metro de campo.	- Comisión de investigadores de ORSTOM. - Salario de un Ayudante técnico. - Implementos de campo (Termómetro para diferentes profundidades, bolsas de muestras, etc.). <u>LABORATORIO:</u> Productos químicos. Mantenimiento del material. Determinaciones isotópicas en labor. (Partes).	1 Sedimentólogo (Rodrigo). - y 1 Químico. (). 1 Hidrólogo (Quizá del grupo del Convenio Alemán de Hidráulica).	1 Químico de laboratorio (por 1 ó 2 años). 1 Hidroquímico y 1 Sedimentólogo.	
<u>SEGUNDA ETAPA</u>						
• Redefinición del programa en el cuadro físico en función de los resultados obtenidos en el curso de la Primera Etapa. • Intervención eventual de Estudios hidrobiológicos.	- Barco del Servicio de Hidrografía Naval (con grúa). - Imágenes de Satélite (Geobol).				1 Biólogo Boliviano con "Stage" en Francia c en África. - Hidrobiólogo.	

(1) Equipo, gastos de funcionamiento y personal solicitado a ORSTOM, aún no confirmado.

CUADRO-VI

<i>NOMBRE</i>	<i>ESPECIALIDAD</i>	<i>FECHA DE INCORPORACION AL PROYECTO</i>
<i>Simone Servant</i>	<i>Micro-Paleontologia</i>	<i>3-abril-74</i>
<i>Antonio Saavedra</i>	<i>Mineralogia</i>	<i>15-octubre-74</i>
<i>Francois Risacher</i>	<i>Hidro-Geologia</i>	<i>1-Diciembre-74</i>
<i>Wilge Mansilla</i>	<i>Geologia-Cuaternario</i>	<i>6-Mayo-74</i>
<i>Edgar Romero</i>	<i>Biólogo</i>	<i>15-octubre-74</i>
<i>Luisa Balderrama</i>	<i>Egr. de Química</i>	<i>1-Noviembre-74</i>
<i>Carlos Arce</i>	<i>Lic. Química</i>	<i>1-Noviembre-74</i>

Importancia del Programa:

Durante el Cuaternario el clima no fué siempre el mismo de hoy, grandes extensiones del globo estaban cubiertas de glaciares (glaciaciones pleistocenas), consiguientemente los paisajes también eran diferentes. En el pasado geológico poco remoto, es decir en las últimas decenas de miles de años, ocurrieron profundos cambios en las condiciones climáticas, en la flora, fauna y en la topografía del terreno.

Estos cambios climáticos del Cuaternario fueron cíclicos, existiendo fases climáticas más secas con fuertes lluvias estacionales que erodaron intensamente los suelos, alternaban con estas etapas otras muy húmedas que inundaron enormes territorios. Todas estas fases climáticas están registradas en los depósitos cuaternarios y la interpretación de los mismos constituye un alerta sobre los acontecimientos climáticos futuros.

Es por esta razón que, el estudio de la Geología del Cuaternario reviste una gran importancia, ya que da una información de base para la planificación económica del país.

No debe olvidarse además, que la Geología de Cuaternario estudia los eventos geológicos y el medio físico donde vivió el hombre; por ello, sus interpretaciones y sus datos serán de interés para sociólogos, historiadores y arqueólogos.

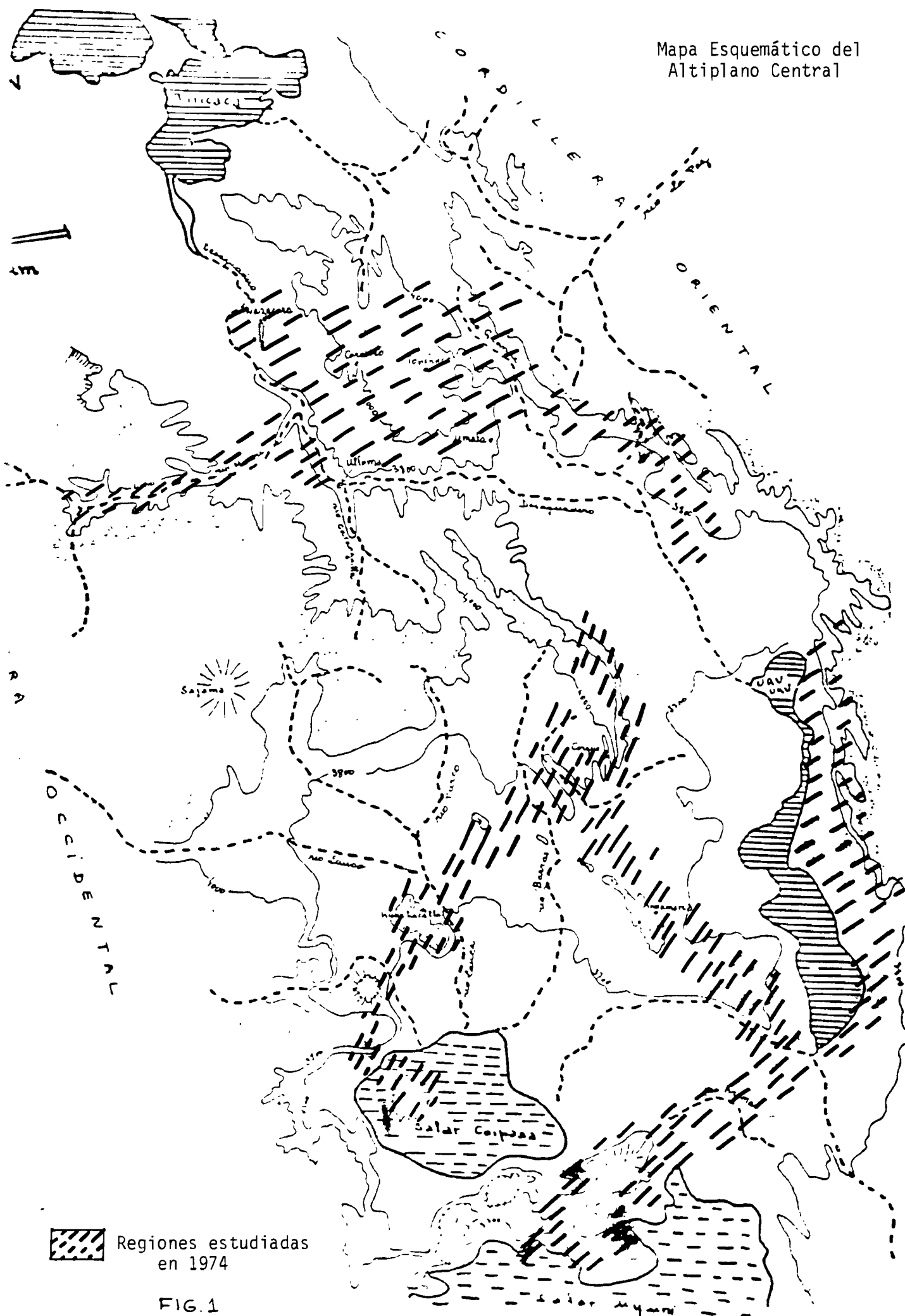
Por otra parte es en los sedimentos cuaternarios donde se desarrollan los depósitos de aguas subterráneas, única fuente importante de agua para el Altiplano. Su estudio conuinado con la Geología del cuaternario podrá ayudar a precisar si las aguas subterráneas del Altiplano son fósiles, es decir un recurso no renovable, o están alimentadas por las precipitaciones actuales es decir, renovables.

Los salares de Bolivia son muy poco conocidos, tanto en su génesis como en su composición, por ello los estudios que se realizan permitirán evaluar y precisar su composición y por consiguiente su aprovechamiento económico.

En lo que respecta a los trabajos del Lago Titicaca, su importancia es obvia, por ello solo diremos que con los estudios geológicos y químicos se demarcará el cuadro físico dentro del cual se desarrolla la actividad biológica. Una vez definido este marco físico, los especialistas biólogos podrán analizar, inventariar y evaluar la biomasa del lago.

///

Mapa Esquemático del Altiplano Central



Regiones estudiadas
en 1974

FIG.1

El conjunto de los estudios realizados permitirán tener un cri-
terio científico de lo que es el lago, de su potencial económi-
co y de los caminos que deberán seguirse en la planificación
económica del aprovechamiento de las riquezas del Lago Titicaca.

Actividades desarrolladas en 1974:

La labor en 1974 fué principalmente consagrada al estudio del Cuaternario del Altiplano y consistió principalmente en el tra-
bajo de campo. Se inició además el estudio del Salar de Jaku-
Kota, ubicado al Norte de Andamarca.

Trabajo de Campo:

Durante el presente año, se realizó fundamentalmente trabajo -
de campo en las siguientes zonas: Garci Mendoza, Coipasa, Cor-
que, Andamarca, Ayo Ayo, Corocoro, Calacoto y Charaña (ver fig.
1), con especial interés en la Geología del Cuaternario.

El cuadro VII muestra los días de campo/persona por mes y el -
cuadro VIII indica el número de muestras recolectadas para los
distintos análisis.

Trabajo de Laboratorio:

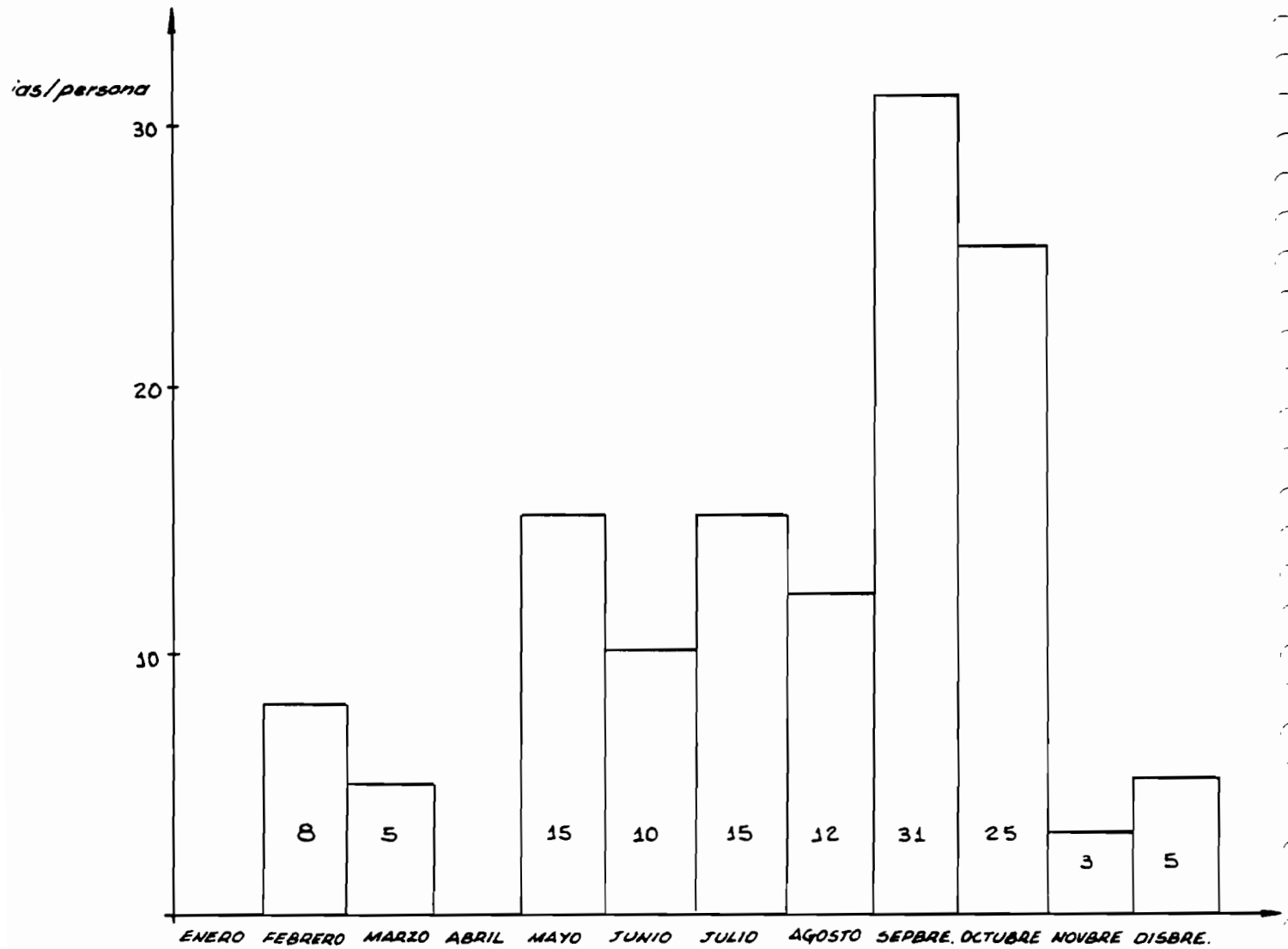
El cuadro IX muestra los análisis efectuados. Debe tenerse en
cuenta que los laboratorios se encuentran trabajando sólo en -
un 10% de su capacidad prevista.

Trabajo de Gabinete:

Se realizaron 17 secciones generales del Cuaternario del Alti-
plano, que representan el primer esquema estratigráfico reali-
zado sobre este sistema en el país. Por otra parte se redacta-
ron dos informes preliminares.

Conferencias Dictadas:

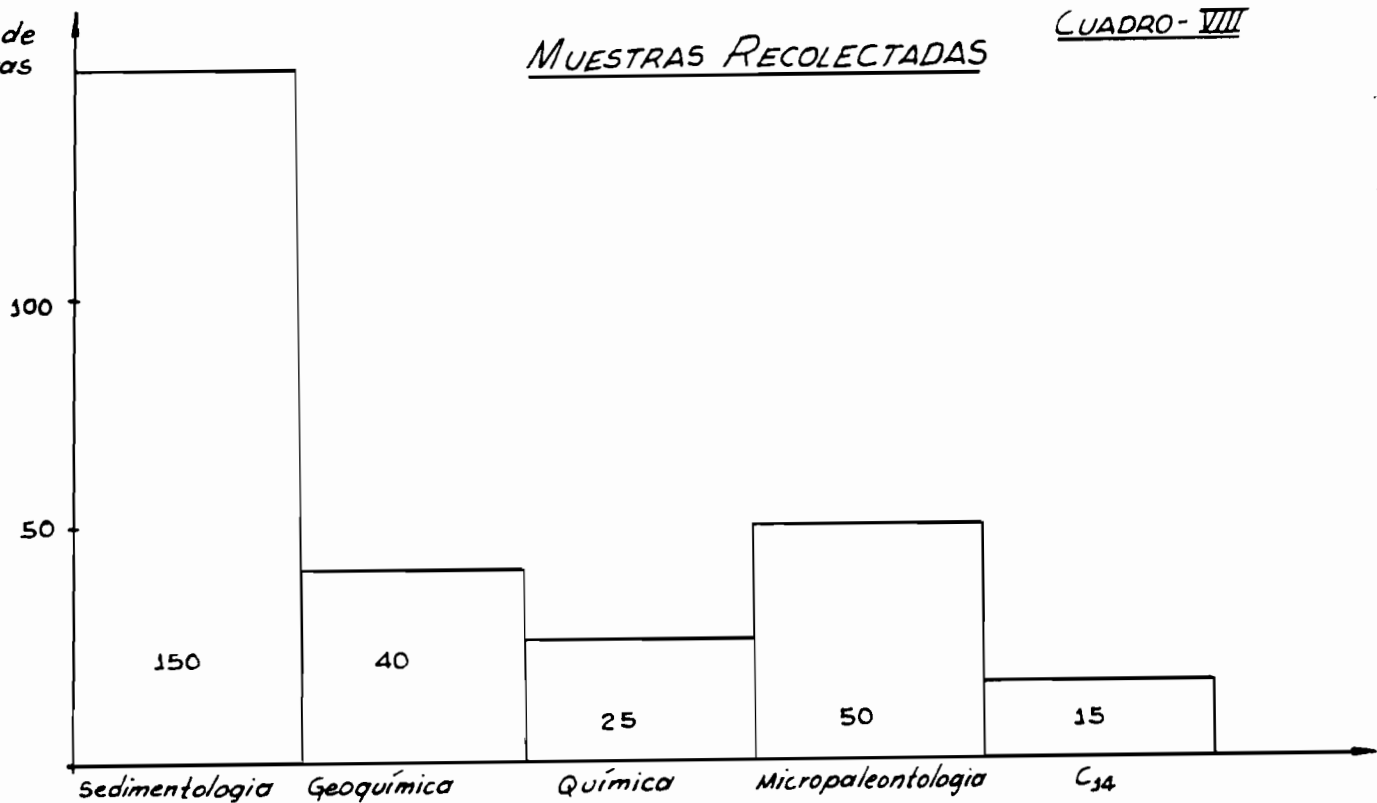
(Cuadro X), se dictaron conferencias en los Departamentos de
Geociencias, Biología, en la V Convención Nacional de Geología
en Santa Cruz y en la Universidad Nacional de Salta-República
Argentina. La siguiente es la cronología de dichas conferen-
cias:

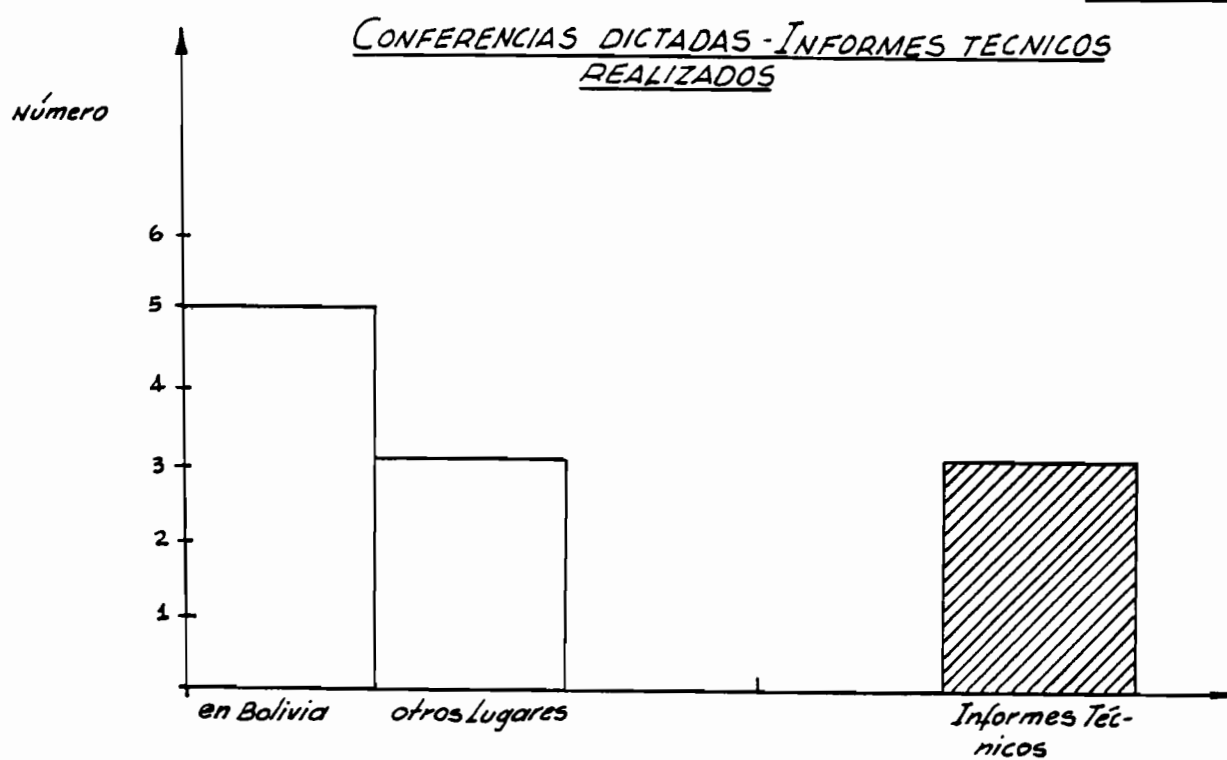
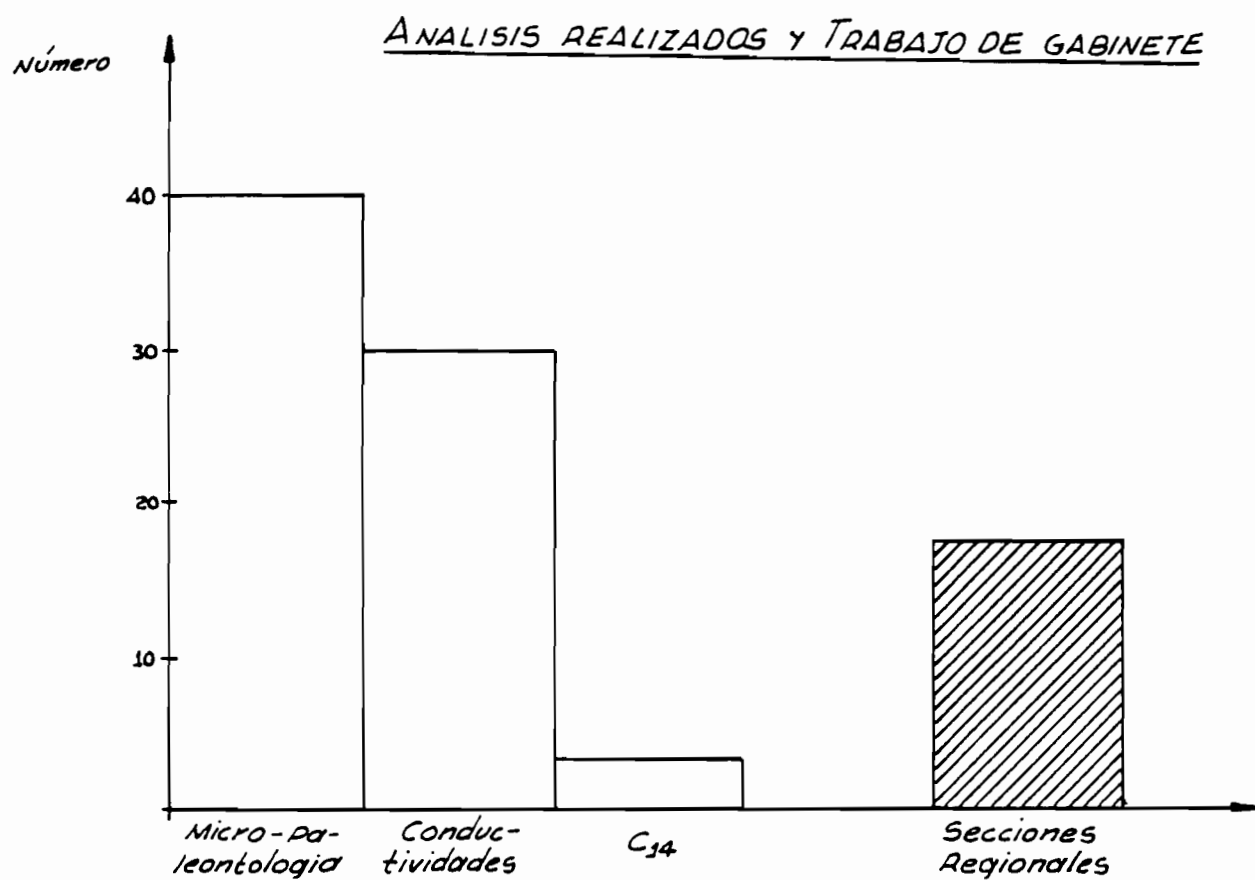
TRABAJO DE CAMPO

Número de muestras

MUESTRAS RECOLECTADAS

CUADRO-VIII





- 1.- Estratigrafía del pliocuaternario y diatomeas (La Paz, abril 1974, Depto. Geología).
- 2.- Método de aplicación de la ecología de las diatomeas a la reconstrucción de los paleoambientes (La Paz, abril 1974, Depto. de Biología).
- 3.- Paleoclimatología del cuaternario, interés geológico. Aspectos metodológicos. (Sta. Cruz, mayo 1974).
- 4.- Sedimentología y paleogeografía de la formación Cancañiri. (Sta. Cruz, mayo 1974).
- 5.- Paleoclimatología y circulaciones atmosféricas (La Paz Julio 1974).
- 6.- Un modelo de Sedimentación continental: la cuenca del Chad (Salta, Dic. 1974).
- 7.- Cuaternario reciente y paleoclimatología (Salta, Dic. 1974).
- 8.- Análisis multivariable aplicado a datos sedimentológicos (Salta Dic. 1974).

Informes Técnicos:

En el transcurso de 1974, se concluyeron tres informes generales uno correspondiente a los primeros resultados obtenidos en el estudio de la Geología del Cuaternario y cuya copia se adjunta (Anexo I), otro correspondiente a la "Sedimentología y Paleogeografía de la Formación Cancañiri", que actualmente se encuentra en prensa en el Boletín de la Sociedad Geológica Boliviana y el tercero, Determinaciones micropaleontológicas de diatomeas del Cuaternario del Altiplano boliviano (Anexo II).

Otras Actividades:

A fin de poder coordinar actividades tanto con los Departamentos de la UMCA como con las instituciones extrauniversitarias, se efectuaron una serie de entrevistas cuyo resultado fué la organización de una reunión ampliada efectuada en fecha - 15/XI/74, bajo la dirección del Jefe del Departamento de Geociencias, Ing. José Ponce.

El resultado de esa reunión figura en el acta de la misma, que se adjunta al presente informe (Anexo III).

Programa de trabajos para 1975:

I Programa de Geología del Cuaternario:

Personal: Dr. M. Servant, Sr. Wilge Mansilla, Ing. M. Suarez (Geobol).

Trabajo de Campo: El trabajo de campo se desarrollará en el Altiplano Norte (Región de Corocoro-Charaña) y en el Altiplano Central (Región de Poopo, Coipasa y Uyuni). Se prevén viajes de reconocimiento a Sur Lipez y a las cuencas cuaternarias de Cochabamba y Tarija.

En estas Regiones se levantarán columnas estratigráficas del Cuaternario y se realizarán muestreos sistemáticos para sedimentología, geocronología (por el método de C14), micropaleontología y mineralogía de arcillas).

El reconocimiento de las cuencas de Tarija y Cochabamba, se realizarán eventualmente con el Dr. C. Villarroel de Geobol, a fin de contar con el apoyo paleontológico necesario. Se estima que el trabajo de campo demandará 100 días/persona.

Trabajos de Laboratorio: Los trabajos de laboratorio consistirán principalmente en: análisis granulométricos, de minerales pesados, de minerales arcillosos, petrográficos, micropaleontológicos y eventualmente, químicos.

II Programa de estudio de Medios Evaporitivos:

Personal: Ing. Francois Ricacher, Sra. Luisa Balderrama.

Trabajo de Campo: El trabajo de campo consistirá principalmente en el estudio y recolección de muestras complementarias en el salar Jaku Khota, cuyo estudio se inició en 1974.

Por otra parte se realizarán muestreos de reconocimiento en otros salares. Se estima que el trabajo de campo demandará 30 días/persona.

Trabajos de Laboratorio: Los trabajos de Laboratorio consistirán principalmente en: análisis químicos de aguas y sales, algunos análisis mineralógicos por difracción de rayos X y determinaciones de conductividad.

III Programa de Medios Lacustres Actuales:

Personal: Dr. Luis A. Rodrigo, Dr. J. L. Wabermann (que llega en Enero de 1975) y dos ayudantes egresados de Geología.

Trabajo de Campo: El trabajo de campo se desarrollará exclusivamente en el Lago Titicaca y se realizará de acuerdo a lo convenido con el Servicio de Hidrografía Naval, a partir del mes de abril. Dicho trabajo consistirá en el muestreo de aguas del Lago Titicaca, tanto en sentido horizontal como vertical, muestreo de sedimentos de fondo, verificación de anomalías observadas en las imágenes de satélite.

Tanto la ubicación geográfica de los muestreos, como la profundidades de las mismas será realizado con la colaboración de los equipos de la Fuerza Naval.

Se estima que el trabajo de campo demandará 90 días/persona.

Trabajos de Laboratorio: Los trabajos de laboratorio, consistirán principalmente en: análisis granulométricos, mineralógicos (mineralogía de arcillas, minerales pesados) petrográficos y micropaleontológicos de los sedimentos de fondo. Además se realizarán medidas de conductividad y análisis químicos de las aguas.

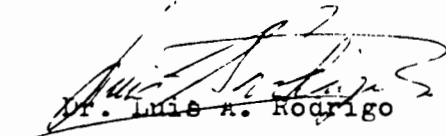
Presupuesto:

Los gastos de operación serán cubiertos en gran parte por ORSTOM, quien provee de un jeep y probablemente a partir del segundo semestre de 1975 de un segundo jeep. Financiará además algunos gastos de mano de obra en el campo y los correspondientes a algunos análisis de muestras que se realicen en Francia.

Por su parte la UMSA corre con los gastos de viáticos de sus investigadores y compra de materiales indispensables para los análisis que se realicen en sus laboratorios.

El detalle del presupuesto figura en el Anexo IV.

La Paz, Diciembre de 1974.


Dr. Luis A. Rodrigo

A N E X O I

INFORME PRELIMINAR SOBRE LA ESTRATIGRAFIA DEL CUATERNARIO DEL ALTIPLANO CENTRAL.

Los reconocimientos efectuados en 1974, sobre el Cuaternario del Altiplano interesan las regiones situadas entre el Salar de Uyuni y el Lago Titicaca.

- Las zonas meridionales incluyen dos unidades geográficas:

- a) El Salar de Coipasa (altura 3.657 m) y su cuenca de drenaje.
- b) El Lago Poopó (altura 3.686 m) y su cuenca de drenaje, excluyendo las regiones nortes del Río Desaguadero y del Río Grande.

- Las zonas septentrionales incluyen del Este al Oeste, la cuenca del Río Grande, los relieves de Topohoco y Jorocoro (altura máxima de 4.800 m) y la cuenca de la parte alta del Río Desaguadero.

A.- ESTRATIGRAFIA DEL CUATERNARIO DE LAS ZONAS MERIDIONALES.

En el estado actual de las investigaciones, se puede distinguir los períodos siguientes:

1. Un período de sedimentación sublacustre (Formación Remedios).
2. La génesis de un amplio glacis en los bordes de los macizos (glacis post-Remedios).
3. Una extensión lacustre (Formación Lauca).
4. Un período de derrames detríticos (Formación Aroma, etc.)
5. Una fase de erosión.
6. Una amplia extensión Lacustre (Formación Minchin)
7. Un período de pequeños derrames detríticos (gravas recientes).
8. Una amplia extensión lacustre (depósitos lacustres recientes).
9. La instauración de las condiciones actuales y la génesis de los salares.

1.- Formación Remedios:

Definida por Ponce (1964), esta formación incluye por lo menos 40 m. de depósitos limo-arenosos rojos con cineritas intercaladas - atribuidos al Pleistoceno antiguo (presencia de fragmentos mandibulares de un Onohippidium).

Los depósitos afloran al Oeste del Lago Poopó y se apoyan sobre los bordes de los macizos terciarios de Andamarca y Corque. No se conoce todavía la extensión de la cuenca de sedimentación donde se han depositado estos sedimentos. Parece que la cuenca no se extendía fuera de la zona del Poopó, hacia las regiones de Coipasa.

2.- Glacis post-Remedios:

Al Oeste del lago Poopó, esta superficie morfológica, muy amplia, se arraiga en el pie de los macizos de Corque y Andamarca, corta las capas plegadas del Terciario y las capas inclinadas de la Formación Remedios.

Al Este de Poopó, una superficie idéntica pero más erodada, corta el Paleozoico (Glacis alto).

3.- Formación Lauca:

Incluye por lo menos 10 m. de sedimentos finos bien estratificados que afloran en las orillas del río Lauca. Los elementos más altos de la formación se observan sobre los pendientes de los volcanes antiguos de Huachacalla.

4.- Formación Aroma, gravillas del Lauca, etc.:

Derrames detríticos muy amplios cubren los depósitos lacustres de la Formación Lauca sin discontinuidad estratigráfica. Tienen un espesor promedio de 5 a 8 m. Lateralmente, en los bordes del macizo de Huachacalla, pasan a grandes abanicos muy gruesos y río arriba, pasan a amplios derrames más gruesos de potencia más fuerte (más o menos 20 m) que se pueden observar en los ríos Barras, Turco, Aroma, etc.

Estos derrames cubren probablemente la parte baja del glacis post-Remedios, particularmente en la zona NO del Macizo de Andamarca. Esta superposición, que tendremos que verificar, permite establecer la sucesión estratigráfica de los términos Glacis post-Remedios, Formación Lauca y Formación Aroma.

Al Este del Lago Poopó, existen los mismos derrames bajo la forma de amplios abanicos, aquellos pueden pasar lateralmente a un glacis (glacis bajo).

Los abanicos y esta superficie morfológica pueden estar en una superficie de erosión que corta el glacis alto (post-Remedios).

5.- Erosión post-Aroma:

Esta erosión de amplitud variable, es general y ha llegado a la individualización de la topografía actual.

6.- Formación Minchin:

Definida por Bowman (1909) y Troll (1928), esta formación sobre todo es conocida por sus calizas con algas que tapan las pendientes de los relieves o las superficies de los derrames detríticos

///

más antiguos. El nivel más alto del antiguo lago se ubicaba cerca de 3.730-3.760 m. de altura; el agua tenía una profundidad de 70 a 100 m. en la zona de Coipasa. Los sedimentos que se depositaron afuera de las construcciones recifales todavía están mal identificadas; probablemente están confundidas con depósitos más recientes muy parecidos desde el punto de vista de la litología.

7.- Gravas recientes:

Estos depósitos tienen poca extensión y están ubicados cerca del fondo de las quebradas actuales. Al Este del Lago Poopó, pasan a una capa arenosa que contienen fragmentos erodados de las calizas Minchin.

Dunas fósiles, muy bien conservadas al Norte de Andamarca por debajo de una capa lacustre, pueden ser relacionadas con la misma época.

8.- Depósitos lacustres recientes:

Comprenden una capa calcárea laminada de un metro de espesor medio, localmente fosilífera (moluscos) y por arriba, en algunas secciones, aluviones limo-arenosas.

Generalmente es muy difícil distinguir estas capas de los depósitos que puedan relacionarse con el Lago Minchin, la litología se presenta de manera parecida en los dos casos. Después de muchas vacilaciones hemos atribuido estas capas a una extensión lacustre más reciente que la del Lago Minchin: hay afloramientos bastante excepcionales donde se puede distinguir los dos episodios. Pero fuera de esos afloramientos no se pueden determinar con seguridad la altura máxima del nivel del lago reciente. Solo parece probable que esta altura llegó más o menos hasta 3.730-3.750 m., es decir que la profundidad del lago sería un poco menor que la del Lago Minchin.

9.- Instauración de las condiciones actuales:

Al descender de nivel, el lago reciente se estabilizó durante un tiempo corto a la altura de 3.662 m. en la zona de Coipasa. Una terraza lacustre amplia, se puede observar en las orillas del salar a esta altura.

Al secarse el lago se depositaron sales por evaporación, pero es probable que la sal sigue depositándose actualmente.

///

B) ESTRATIGRAFIA DEL CUATERNARIO DE LAS ZONAS SEPTENTRIONALES.

Los depósitos más antiguos del Cuaternario, datados por la paleontología, se ubican en la parte superior de una formación limo-arenosa, cuya edad es principalmente pliocena (Formación Umala, cf. Hoffsteter et al. 19).

Después de estos depósitos se puede distinguir:

- 1.- Amplios derrames detríticos muy gruesos (Formación Topohoco, Taraco, etc.)
- 2.- Un período de alteración de los conglomerados.
- 3.- La individualización de un glacis alto (o localmente de 3 glacis altos).
- 4.- Una extensión lacustre geográficamente limitada (Formación Ulloma).
- 5.- La individualización de un glacis bajo.
- 6.- El depósito de una terraza baja.
- 7.- Una erosión subactual.

1.- Formaciones Topohoco, Taraco, etc.:

Estas formaciones conglomeráticas se ubican por arriba de una superficie de erosión que corta las capas plegadas pre-cuaternarias; están encima de la Formación de Ulloma de edad Plio-Cuaternaria (Martínez, comunicación verbal).

Las capas de conglomerados muy gruesos y muy espesos (más o menos - 150-200 m. cerca de Topohoco), se ubican en posición alta en el paisaje actual; se encuentran en amplios relieves testigos que se extienden del borde de la Cordillera Oriental hacia más o menos 100 km. al interior del Altiplano. Sin estudios petrográficos no se conocen todavía las zonas de aporte de los conglomerados pero es muy probable que provengan de una fuerte erosión en la Cordillera. El cambio de sedimentación, entre la Formación Ulloma y los conglomerados es muy fuerte.

2.- Alteración de los conglomerados:

Esta alteración afecta todo el espesor de los conglomerados y se traduce por la presencia de gravas, probablemente volcánicos, transformados en arcillas y arenas.

3.- El o los glacis altos:

En la cuenca del Río Grande, una superficie morfológica (Glacis A) se arraiga en los bordes de los relieves y corta el paleozoico, la Formación Umala (Plio-cuaternario) y la Formación Topohoco, etc. y río abajo su cubierta de gravas se vuelve más delgada.

Sin embargo al otro lado del macizo de Topohoco, en las zonas ubicadas al Este del Desaguadero (Corocoro), en vez de un glacis se encuentran 3 sucesivos (I,II,III), amplios pero bastante erodados y talvez convergentes río abajo. Para dar una idea sobre la altura relativa de los glacis, diremos que se ubican respectivamente a 120, 80 y 40 m. encima de la parte media de los perfiles longitudinales de los ríos actuales.

Se puede pensar, en una primera hipótesis, que la disimetría existente entre los dos lados del relieve de Topohoco al Este de la cuenca del río Grande, al Oeste de la cuenca del Desaguadero, es la consecuencia de un levantamiento de la parte Este, durante la elaboración del glacis alto A de la cuenca del río Umala.

4.- Formación Ulloma:

Conocida desde mucho tiempo por sus yacimientos de fósiles (Philippi 1890), esta ubicada a ambos lados del río Desaguadero hasta Ulloma y continúa más al sur en el río Caranguilla. Al Norte (Nazacara) los depósitos de 6 a 10 m. de espesor son sobre todo arcillosos, al Sur (Rosa Pata) son más arenosos, al Sur Oeste (Río Mauri) más gruesos con estratificación cruzada; tienen generalmente una capa de cinerita en la base y una capa de diatomita en el techo.

Estos depósitos se encuentran por encima del glacis III hacia una altura de 3.880 m. (es decir a 70 m. encima del nivel actual del Lago Titicaca), río arriba, la formación aparece representada por paleovertisuelos.

Tanto la posición de la Formación Ulloma en el paisaje, como la edad posterior a los glacis altos, indican que no puede ser del Cuaternario antiguo y así se necesita revisar las dataciones ya hechas por la paleontología.

Según las interpretaciones anteriores, el Lago Ulloma no tenía desagüe importante hacia el sur, lo que se puede confirmar considerando la repartición de los elementos detríticos más extendidos y más gruesos hacia el Sur y el Sur Oeste; había una alimentación por los ríos Mauri y Caranguilla con una dirección hacia el Norte. Entonces tenemos que admitir que se formó el Río Desaguadero entre Ulloma y Umala después de la extensión del lago, es decir durante una época bastante reciente.

5.- El Glacis bajo IV:

Ubicado a más o menos 40 m. por debajo de la superficie superior de la Formación Ulloma (Rosa Pata), este glacis (IV) tiene una amplia extensión río arriba y pasa lateralmente a grandes abanicos.

///

Esta superficie parece prolongarse en los bordes de todo el macizo de Topohoco hasta la cuenca del río Grande, donde se encuentra un glacis bajo (B), probablemente sincrónico con el glacis IV.

6.- Terraza baja:

Después de una erosión, de amplitud variable (0-10 m) se depositaron en los valles:

- Una capa de grava gruesa (1 m).
- Encima aluviones finos que contienen río arriba turbas y diatomeas.

Una erosión de estos depósitos caracteriza los períodos subactuales (la superficie superior de la terraza está más o menos a 4 -5 m. encima del fondo de los ríos).

C) CORRELACIONES ENTRE LAS ZONAS SEPTENTRIONALES Y MERIDIONALES.

Solo es posible actualmente hacer hipótesis de trabajo, las correlaciones propuestas en el siguiente cuadro no son definitivas.

Los dos glacis A y B de la cuenca del río Grande parecen extenderse hacia el Sur, al Este del Lago Poopo. En esta zona, el glacis alto se relaciona con el glacis post-Remedios, el glacis bajo con los derrames detríticos (gravillas del Lauca, Formación Aroma, etc). La Formación Ulloma, situada entre los glacis altos y el glacis bajo, puede estar así relacionada en la Formación Lauca. El problema más difícil está planteado por la Formación Remedios cuya relación con la cronología de las zonas septentrionales es aún desconocida.

En el estado actual de las investigaciones, se puede distinguir en el Cuaternario del Altiplano 4 fases de derrames detríticos o de desarrollo de un glacis en los bordes de los relieves, siendo la última fase no muy importante, además se distinguen 3 extensiones lacustres o cuatro si se toma en cuenta la Formación Remedios, siendo las 2 últimas extensiones las más amplias.

La edad de estas diferentes fases no están aún determinadas. Dedicaciones radiométricas serán efectuadas sobre las formaciones antiguas (Topohoco, Remedios). Sobre el lacustre reciente, se han hecho tres dataciones con C 14; un alto testigo de este lacustre ha dado en su parte superior más o menos 12.500 años B.P. (Coipasa), pero en su parte inferior, ha dado más de 30.000 años, lo que no parece correcto. Posiblemente contaminaciones in-situ ha ocurrido en las capas inferiores (contaminaciones por cristalización de carbonato más antiguo).

///

D) LA DIRECCION DE INVESTIGACION.

1.- Oscilaciones climáticas:

Se han reflejado en los paisajes y los depósitos con una sucesión de secuencias morfológicas o sedimentológicas; cada una de estas secuencias incluyen dos épocas:

- Una época caracterizada por una erosión con individualización de un glacis y abanicos en los bordes de los relieves y río abajo, por el depósito de materiales detríticos.
- Una época caracterizada por extensiones lacustres en las zonas bajas, en los lugares donde hay condiciones topográficas favorables. Los sedimentos lacustres cubren la parte baja del glacis o de los derrames detríticos de la época anterior.

El primer problema planteado concierne a la relación entre los lagos y las glaciaciones: cuales son las consecuencias de la variación del balance hidrológico de los glaciares sobre el balance de los lagos?. Se podrá estudiar en el campo el pasaje de los depósitos lacustres a los depósitos glaciales. Pero, parece más urgente, estudiar las pequeñas cuencas cuaternarias cuya historia sobre todo, esta relacionada con las variaciones climáticas locales, al contrario de la cuenca del Altiplano Central, donde hay una evolución paleogeográfica en relación con una muy amplia cuenca de drenaje, que incluye las zonas glaciales de la Cordillera. En la Puna Argentina, el Cuaternario de las pequeñas cuencas no tiene episodios lacustres amplios y sólo se pueden observar dos glacis y una extensión lacustre reciente bastante débil.

Por otra parte, estudios paleoecológicos muestran que los lagos cuaternarios del Altiplano Central, tenían aguas muy ricas en elementos disueltos, lo que no se puede explicar con un clima húmedo (S. Servant).

Podemos presentir así que las extensiones lacustres parecen relacionarse con la fusión de los glaciales en un ambiente más caliente y bastante seco. Las observaciones en el campo sobre el período Lacustre reciente apoyan esta primera interpretación todavía hipotética.

2.- Fenómenos neotectónicos:

Se puede confirmar la existencia de una neotectónica muy activa. Los grandes lineamientos del altiplano afectan las capas cuaternarias por lo menos hasta la Formación Minchin.

Por otra parte, existen movimientos verticales que afecten amplias zonas; el problema es determinar la naturaleza de estos movimientos que pueden relacionarse con movimientos epirogénicos o con movimientos de bloques fallados.

Pero el estudio detallado de la neotectónica no puede desarrollarse sin un mejor conocimiento de la estratigrafía y de la paleogeografía de los lagos antiguos.

/br.

REGIONES MERIDIONALES		REGIONES SEPTENTRIONALES	
Zona de Coipasa	Zona de Poopó	Zona del Rio Grande	Zona del Desaguadero
-Depósitos lacustres recientes		Terraza baja	Aluviones finos
-Gravas recientes (+ dunas ?)			Gravas
Formación Minchin		? Talvez aluviones finos (sobre glacis IV)	
Amplios derrames detríticos y glacis bajo (Abanicos Payrupurani, gravillas Lauca, form. Aroma, etc.)		Glacis bajo (B)	Glacis bajo (IV)
Formación Lauca (Depósitos lacustres)			Formación Ulloma (Depósitos lacustres y deltaicos)
	Glacis post-Remedios y glacis alto	Glacis alto (A)	Glacis III Altos II I
Formación Remedios (Depósitos sub-lacus tres) ?		Alteración de los conglomerados de Topohoco	
		Amplios derrames detríticos muy gruesos (Form. Topohoco, Taraco, etc.)	
		Formación Umala (Depósitos bastante finos sublacustres)	

A N E X O I I

LAS DIATOMEAS DE ALGUNOS SEDIMENTOS LACUSTRES O PALUSTRES

CUATERNARIOS DEL ALTIPLANO BOLIVIANO.

S. Servant-Vildary.

Este informe tiene por objeto dar a conocer brevemente los estudios de reconocimiento que se han efectuado en 1974, sobre las diatomeas de sedimentos lacustres o palustres cuaternarios del Altiplano boliviano.

FORMACIONES ESTUDIADAS

Formación Charaña:

Esta formación aflora en la cuenca alta del Río Mauri y reposa sobre las ignimbritas de 1,9 millones de años aproximadamente. Litológicamente se caracteriza por depósitos lacustres, detríticos (rodados de rocas volcánicas), diatomíticos o calcáreos. Su espesor total es del orden de una veintena de metros y su edad exacta no ha sido determinada, pero se trata de una formación relativamente antigua.

A esa época, el medio lacustre estaba bien individualizado, las muestras son muy ricas y la flora presenta una gran variedad. De la base al techo de la sección se observa la evolución siguiente:

- Predominio del género *Nitzschia*, acompañado en orden de abundancia de *N. hungarica*, *N. frustulum*, *N. punctata* y de una especie indeterminable en razón de su muy pequeño tamaño. De acuerdo con Cholnoky p. 380, *N. hungarica* vive en medios muy alcalinos (pH=8), más bien clorurados, en los cuales la concentración puede alcanzar 1.000 grs/ l. *N. punctata* (Cholnoky p. 240) es una diatomea marina, vive también en las proximidades de las costas o en aguas concentradas interiores.
- Por encima, las *Nitzschia* persisten variadas pero poco abundantes y son reemplazadas por *Achnantes* (*A. Clevei* y *A. Kolbei*), *Surirella*, *striatella*, *Nitzschia navicularis*, *Syne--dra tabulata* var. *rupícola*. Según Cholnoky (p. 242, 239 y 247) estas tres especies son marinas y pueden vivir en aguas muy concentradas en cloruros y en carbonatos.
- En el tope aparece una población más variada donde dominan las *Fragilaria pinnata*. El medio se mantiene poco profundo pero la concentración en sales de las aguas disminuye sensiblemente con relación al nivel precedente.

///

Formación Ulloma:

Esta formación es posterior a la precedente, aflora de una parte a otra del Desaguadero, según una línea orientada de NNO a SSE. Su espesor medio es de 10 mts. y está formada principalmente de arcillas y hacia el Sud o Sudoeste de arenas o incluso de gravas deltai cas coronadas por un banco de diatomita. Esta formación tiene aproximadamente una edad cuaternaria media (fin del cuaternario medio).

La serie situada en la región de Nazcara es casi azoica, salvo una muestra en la cual algunos "fitolitos" indicarian la presencia de un suelo bastante húmedo que permitió la formación de una cubierta vegetal bastante pobre.

En el puente del Desaguadero, la serie está compuesta de diatomitas blancas casi puras. La flora se compone de Synedra y de Fragilaria. Estos dos géneros se presentan bajo la forma de largas cadenas, indicando una sedimentación lacustre muy calma.

La longitud de los frústulos varía entre 10 y 50 mmm. Asociadas a estos dos géneros dominantes se encuentran dos especies aerófitas: Achnantes lanceolata, Navicula mutica, especies de aguas concentradas: Rhopalodia gibberula, Amphora coffaeiformis y muy raras Cyclotella pseudostelligera, se debe destacar la presencia de esta última porque es la única Centrale de agua dulce encontrada en estos depósitos del cuaternario de Bolivia.

Formación Lauca:

Es conocida solamente en la parte mas baja del Altiplano, al Norte del Salar de Coipasa. Esta formación podría ser contemporánea de la Formación Ulloma.

Los depósitos finos y laminados se apoyan sobre el macizo volcánico de Huachacalla formando el sustrato de las grandes pampas del Lauca.

En Lauca, no hay casi diatomeas, salvo algunas especies grandes, con frústulos espesos que presentan a menudo anomalías en la ornamentación. Estas son Fragilaria leptastoron y Nitzschia granulata. En Escara, las muestras son azoicas.

Aluviones recientes:

Comprenden depósitos finos y bien laminados que forman la parte superior de una terraza baja visible en la mayor parte de los ríos del Altiplano. Estos depósitos pasan evidentemente, río abajo, a cajas lacustres recientes y río arriba, a sedimentos con intercalaciones de tumbas, particularmente ricos en diatomeas que vamos a estudiar.

///

Una flora de diatomeas abundante y variada ha podido desarrollarse en estos sedimentos finos, los frústulos están muy bien conservados. Los dos géneros dominantes son *Fragilaria* y *Cymbella*.

En Topohoco, *Fragilaria construens* exigua (aproximadamente la misma morfología que en Ulloma) constituye el 30 % de la flora. Es un poco diferente de la especie tipo, la parte central es muy panzona, las tres ramas son más cortas. Las otras *Fragilaria* son de gran tamaño como *Fragilaria leptastoron* y sus variedades. Asociada a estas *Fragilaria* se encuentran numerosas *Achnanthes lanceolata* y *Cymbella* que presentan la particularidad de ser casi simétricas como los *Navicules*, se trata así de *Cymbella microcephala*, *C. Norvegica*, *C. Alpina*, *C. cistula*; todas estas especies viven en el Norte de Europa y en los Alpes. Contrariamente a todas las series lacustres estudiadas, se tiene aquí un medio de agua dulce, corriente bien oxigenada y fría.

En Ayo-Ayo, los aluviones fines contienen una flora diferente, cuantitativamente más pobre y menos variada. Las *Fragilaria* desaparecen y prolifera *Nitzschia denticula* y *Denticula elegans*. Las mismas *Cymbella* con morfología simétrica se encuentran aquí. Es necesario resaltar que la asociación *Cymbella microcephala*-*Nitzschia denticula* que se encuentra en Ayo-Ayo, ha sido encontrada en Chad, hemos podido apreciar que ellas están siempre ligadas, indicando un medio bien oxigenado, poco profundo, con pH neutro y quizá rico en calcio.

Formación Lacustre reciente:

- Esta formación está sobre una topografía muy próxima de la actual en un lago en el cual la profundidad máxima era de 70 m. aproximadamente al nivel del Salar de Coipasa. Los depósitos conocidos en afloramientos están siempre próximos a antiguas riveras, incluyen generalmente calizas laminadas cubiertas por arenas finas, son de edad Pleistoceno reciente.

Todas las diatomitas estudiadas contienen un gran número de frústulos desde 40 hasta 90% domina la especie *Cydotella striata* Var. *bipunctata* con las siguientes características.

- Diámetro variable entre 5 y 15 mmm, la parte central ligeramente puntuada, presenta dos zonas diferenciables por un repliegue ondulado, situado sobre el diámetro; una de las zonas es cóncava y la otra convexa, presenta dos loculi muy visibles. Según Hustedt esta especie está distribuida en las desembocaduras de los ríos, cerca de la costa; la variedad *bipunctata* ha sido descubierta por Fricke en el Norte de Alemania. Es, de acuerdo a Hustedt, un habitante típico de aguas someras y de agua de mar.

En Ardamarca, Escara, Coipasa y en una muestra recogida en el camino Colque-Huachacalla, *C. striata bipunctata*, constituye la especie más dominante, está asociada a los Penales de aguas saladas, de salares interiores o de estuarios - *Rhopalodia musculus*, *R. gibberula*, *Mastoglia elliptica*.

En Culluri, la asociación es de un tipo diferente pero indica aún un medio concentrado, se encuentra en orden de abundancia: *Achnanthes breviceps* var. *intermedia*, *Melosira sulcata*, *Sirirella striatella*, *Nitzschia punctata*.

Hustedt 1930, indica esta especie en aguas someras y en aguas saladas interiores; *Melosira sulcata* vive en zonas litorales de todos los mares de Europa.

En resumen la formación lacustre reciente, representa un episodio húmedo favorable al desarrollo de las diatomeas; se trataría de un gran lago, alimentado por aportes laterales, fluviales o de riachuelos bastante importantes, sufriendo una evaporación muy fuerte.

Conclusión:

Todos los lagos cuaternarios del Altiplano, eran ricos en elementos disueltos (especialmente en cloruros) también durante los períodos de extensión máxima, de modo que fué posible el desarrollo de unas especies planctónicas habitualmente marinas.

Este fenómeno confirma el carácter endorreico de las cuencas lacustres, la ausencia de salidas superficiales o subterráneas provocando la acumulación dentro de los lagos de los elementos disueltos, regularmente transportados por las aguas superficiales.

El endoreismo de los lagos no es, tal vez, suficiente para explicar las fuertes paleosalinidades encontradas, sería necesario examinar si no fue necesaria una evaporación fuerte y por consecuencia, condiciones climáticas secas. Si tal es el caso, las extensiones lacustres no serían ligadas a las condiciones húmedas contrariamente a lo que fué observado en el cuaternario del Sahara.

El estudio de las Diatomeas puede dar informaciones inesperadas e importantes para las interpretaciones paleoclimáticas. Las extensiones lacustres podrían ser el resultado de la fundición de las nieves más que debidas a un aumento de la precipitación pluvial. Con las observaciones estratigráficas, se podrá verificar este punto de vista. Desde ahora uno piensa que el lacustre reciente es probablemente contemporáneo de los aluviones fluviales que se depositaron durante el último período de fusión de los hielos.

A N E X O I I I

ACTA SINTETICA DE LA REUNION DEL

15 de Noviembre de 1974

Participaron en esta reunión, las siguientes personas que representan a las Instituciones que se mencionan a continuación:

SERVICIO DE HIDROGRAFIA NAVAL.
Contralmirante : Alberto Albarracín.
Cap. de Fragata: Julio Barrero V.

INSTITUTO DE HIDRAULICA (UMSA).
Ing.: Wladimir Salinas.

DEPARTAMENTO DE QUIMICA.
Ing.: Raúl Mariaca.
Lic.: Carlos Arce.

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA.
Dr.: Edgar Romero.

DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS.
Ing.: José Ponce.
Ing.: Antonio Saavedra.
Dr. : Luis Alberto Rodrigo.

ORSTOM
Dr.: Michel Servant.

ERST BOLIVIA.
Dr.: Carlos Brockman (solicitó se escuse su ausencia).

La reunión se llevó a cabo en la Dirección del Departamento de Geociencias, bajo la dirección del Ing. José Ponce, quién dió inicio a la reunión, agradeciendo la asistencia de cada uno de los presentes, que demuestran así su interés en la participación del programa del estudio del Lago Titicaca.

Se concedió luego la palabra al Dr. Rodrigo para que realice una breve síntesis del programa de investigación.

///

El Dr. Rodrigo hizo una recapitulación en lo que consiste el Convenio UMSA-ORSTOM y de los programas de investigación, principalmente en lo que se refiere al estudio del Lago Titicaca.

Todos los participantes estuvieron de acuerdo en la documentación presentada que resume al programa de investigación.

El Ing. Ponce, solicitó a cada una de las Instituciones presentes que den su opinión sobre el programa de investigación en un sentido general y que especifiquen los aportes que pueden dar para la realización de los proyectos.

Tomo la palabra el Contralmirante Albarracín del Servicio de Hidrografía Naval, quien señaló:

Que el Servicio de Hidrografía Naval de Bolivia conjuntamente con su similar del Perú, tienen un Convenio para realizar la carta - del Lago Titicaca, cuyos trabajos se iniciarán en el segundo trimestre de 1975.

El Cap. de Fragata, Julio Barrero V., señaló que ellos tienen programado un trabajo para 1975 y que la participación del programa de estudio del Lago Titicaca debía estar íntimamente ligado al - plan de trabajo que ellos tienen.

En cuanto a la infraestructura que pondría a disposición el Servicio de Hidrografía Naval, al Contralmirante Alberto Albarracín - señaló que serían las siguientes:

- a) Cartas de navegación.
- b) A partir del segundo trimestre de 1975, un barco hidrográfico que arrastraría un ponton con los equipos del programa.
- c) Campamentos, abastecimiento y movilización en tierra durante la ejecución del trabajo en lago.
- d) Los equipos del barco hidrográfico que son dos ecosondas, equipos electrónicos de posición y medidores de pocas profundida-
des.
- e) En cuanto a personal; oficiales navales especialista en topo-
grafía y navegación y otro personal de apoyo (Marineros, etc.).

Además manifestó que cualquier itinerario independiente del pro--
grama de la Carta del Lago, podrá ser efectuado según las necesi-
dades que existan.

Los materiales que no podrán ser facilitados por el Servicio Hidro-
gráfico Naval son: Ponton, lancha con motor fuera de borda y guin
che.

///

El Ing. Salinas del Instituto de Hidráulica, manifestó que podrán trabajar con datos en la elaboración de modelos hidráulicos y en el establecimiento del régimen de los ríos de la cuenca del lago utilizando los programas de computación y de la pequeña computadora que disponen.

Los datos deberán ser obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Instituto con el cual se debería entrar en contacto.

Por otra parte consideran de suma importancia, solicitar a - ORSTOM, la venida de un Hidrólogo especialista en lagos.

El Ing. Mariaca del Departamento de Química, manifestó que ya se encuentran trabajando dentro de los programas del convenio UMSA-ORSTOM. El Departamento de Química pondrá a disposición el equipo que dispone y el personal que sea requerido de acuerdo al volumen de los trabajos. Ya se encuentran trabajando la Sra. Luisa Baldeirama y el Lic. Carlos Arce.

Se requiere completar los equipos del Departamento con la adquisición de un conductivímetro y un Phímetro, además de la - provisión de reactivos necesarios para el volumen de muestras a analizar.

El Dr. Romero del Departamento de Biología, expresó que el Departamento de Biología, colaborará con los profesores de las especialidades requeridas. Pone a disposición el material - existente actualmente, como ser: microscopios, binoculares, de fluorescencia y otros. No disponen sin embargo de un vehículo para los viajes de campo ni de materiales diversos para la ejecución del trabajo como ser: reactivos, instrumental y material para la conservación de la macro fauna.

El Ing. Saavedra del Departamento de Geociencias expresó que en dicho Departamento tienen gran parte de los equipos y materiales necesarios para llevar a cabo los trabajos, sin embargo - falta juegos completos de tamices y los medios necesarios para realizar las determinaciones de los minerales arcillosos.

El Dr. Servant de ORSTOM, manifestó que la participación de la ORSTOM será definida de acuerdo a las proposiciones que realice la contraparte boliviana.

En principio ORSTOM encara efectuar parte de los análisis en sus laboratorios centrales y solicitar el concurso de los laboratorios isotópico y de geocronología. Enviar además a Bolivia un hidroquímico y estudiar las posibilidades de enviar otros

///

especialistas, entre ellos dos geólogos especializados en ge-química.

En lo que concierne al material requerido para la ejecución del trabajo la ORSTOM proveerá el material necesario de acuerdo a sus posibilidades.

Posteriormente se discutió la forma que cada Institución oficializaría su participación. Se propuso que para las distintas unidades de la UMSA se realicen oportunamente anexos al convenio. En el caso del Proyecto ERTS un intercambio de cartas deberá ser realizado. En lo que respecta al Servicio Hidrográfico Naval el Contralmirante Albarracín, manifestó que las relaciones ya están concretadas y que se oficializarían cuando los trabajos se inicien de acuerdo a una modalidad más conveniente.

Finalmente considerando que el Lago Titicaca es compartido con el Perú se recomendó se vea la posibilidad de entrar en contacto con Instituciones del Perú, para realizar trabajos en conjunto.

El Ing. Ponce, agradeció una vez más la presencia a los asistentes y al desear éxito en la ejecución del programa presenta do dió por concluida la reunión a horas 11:00 del mismo día.

Con posterioridad se mantuvo una reunión con el Director del Proyecto ERST-BOLIVIA, Dr. Carlos Brockman y el Sub-Director de Geobol, Ing. Alvaro Fernández, quienes manifestaron su interés por el proyecto de estudio del Lago Titicaca y manifestaron que cuentan para dicho proyecto con los siguientes elementos de trabajo:

- a) Imágenes ERST del Lago Titicaca en todas las bandas desde 1973.
- b) Determinaciones de densidad en las imágenes correspondientes.
- c) La información que dará la plataforma hidrológica del Desagüadero.
- d) Todos los informes que disponen actualmente y que dispondrán en el futuro que puedan ser de utilidad para el proyecto.

Por otra parte, señalaron que en un futuro se podrá preveer la realización del mapeo automático del Lago con la información obtenida por los satélites ERST A y B, siempre que puedan obtenerse el financiamiento adecuado a fin de oficializar su participación, están de acuerdo en realizar un intercambio de cartas en este sentido entre ERST-GLOBOL y UMSA-ORSTOM.

///

La Paz, Noviembre 15 de 1974.

Contralmirante Alberto Albarracin
SERVICIO DE HIDROGRAFIA NAVAL

Cap. de Fragata Julio Barrero
SERVICIO DE HIDROGRAFIA NAVAL

Ing. Wladimir Salinas
INST. DE HIDRAULICA (UMSA)

Dr. Edgar Romero
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

Ing. Raúl Mariaca
DEPARTAMENTO DE QUIMICA

Lic. Carlos Arce
DEPARTAMENTO DE QUIMICA

Dr. Michel Servant
O R S T O M

Ing. Antonio Saavedra
DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS

Ing. José Ponce
DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS

Dr. Luis A. Rodrigo
DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS

Dr. Carlos Brockman
ERST-BOLIVIA

A N E X O I V

PRESUPUESTO CONVENIO UMBA - ORSTOM

Servicios no personales

I.- Item Viáticos

Viajes de campo catedráticos y asistentes. 75.000 Bs.

II.- Item Materiales de laboratorio.

2 juegos tamices, termocuplas DTA, accesorios microscopio petrográfico, lámparas absorción atómica, repuestos equipos de química, material para montaje de laboratorio de palinología 45.000 Bs

III.- Item Reactivos y material fungible.

Acidos (Nítrico, clornítrico, fluorhídrico) agua oxigenada, amoniaco, cubre y porta objetos, abanicos, balsamo de Canadá y araldita-endurecedor. 5.000 Bs

IV.- Item Material de escritorio y dibujo.

Papel transparente, papel amoniacal, lápices, tinta china, plumillas para grafos, escuadras papel milimetrado, escalímetro. 5.000 Bs

V.- Item Publicaciones.

Publicación de los resultados. 5.000 Bs

VI.- Item Bibliografía.

Microfilms y fotocopias. 5.000 Bs

VII.- Item Viajes exterior.

Viaje a Congreso de Geol. del Cuaternario al Brasil (2 investigadores). 15.000 Bs

VIII.- Item Servicios Consultados.

Centro de Cálculo, Centro de Documentación, Servicio Geológico de Bolivia, Proyecto ERTS. 10.000 Bs

T O T A L

165.000 Bs



UMSA



INFORME DE ACTIVIDADES
PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO
DE GEODINAMICA Y LIMNOLOGIA
CONVENIO U.M.S.A - ORSTOM

RAPPORT D'ACTIVITES
PROGRAMME MULTIDISCIPLINAIRE
DE GEODYNAMIQUE ET LIMNOLOGIE
CONVENTION UMSA-ORSTOM

LA PAZ - 1975

I N D I C E

P L A N

INTRODUCCION	pg. 1
INTRODUCTION	p. I
LA UNIDAD DE INVESTIGACION UMSA-ORSTOM	pg. 1
L'UNITE DE RECHERCHES UMSA-ORSTOM	p. I
LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION: OBJETO, OBJETIVOS, PLANIFICACION.	pg. 4
LES PROGRAMES DE RECHERCHES: MOTIVATION, OBJECTIFS, PLANIFICATION	p. IV
ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN 1975	pg. 6
ACTIVITES EN 1975	p. VI
PROYECTOS PARA 1976	pg. 10
PROJETS POUR 1976	p. X

INTRODUCCIÓN.

Con el presente informe se desea dar a conocer los objetivos de los diversos programas de investigación y las actividades desarrolladas en 1975, por la unidad de Investigaciones UMSI-OPSTOL.

En 1974, dos de los tres programas estaban en proyecto y es durante 1975 que se inició su ejecución cumpliéndose así todos los objetivos previstos para ese año en el Informe de Actividades del Programa de Geodinámica y Limnología de 1974.

El trabajo de organización, la necesidad de obtener relaciones estrechas con otros organismos, poner en funcionamiento los equipos y realizar trámites administrativos, muy absorbentes en 1975, deberán permitir este año una mayor actividad técnica y científica.

Sin embargo, numerosos resultados se obtuvieron en el campo (235 días/persona de trabajo de campo durante 1975). Los estudios de laboratorio, que acusan un cierto retardo, concluirán a comienzos de 1976 con un primer conjunto de datos que permitirán valorar las observaciones de campo.

Será así posible presentar conclusiones parciales en el I Congreso Nacional de Geología de Potosí, cuatro disertaciones están en preparación sobre Geología del Cuaternario, Geología de Evaporitas y Limnología del Lago Titicaca. Un ciclo de conferencias para marzo de 1976 permitirá abrir el diálogo con los profesionales bolivianos interesados en estos temas.

El soporte de los organismos como GEOPOL, el Programa ERTS-Bolivia, el Servicio de Hidrografía Naval, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía y COFADEN, será determinante en la ejecución de los programas y constituirá la parte de aplicación práctica de los trabajos.

La comprensión y el apoyo prestado por las autoridades universitarias, han permitido resolver la mayor parte de los problemas que se planteaban en la fase inicial de la organización.

1. LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN UMSI - OPSTOL.

1. Objetivos generales.-

Esta unidad de investigación de carácter multidisciplinario, ha sido creada por un convenio firmado el 4 de Abril de 1974 entre la UMSI y la OPSTOL.

Sus objetivos son los siguientes:

- a) Ejecutar programas de investigación en geodinámica y limnología

INTRODUCTION

Le présent rapport a pour but de présenter les objectifs et les activités de l'Unité de Recherches UMSA - ORSTOM.

Deux des trois programmes de cette unité étaient encore en projet il y a un an. Ils sont maintenant rentrés dans leur phase d'exécution et tous les objectifs définis pour 1975 par le rapport annuel de l'année dernière ont été atteints.

Les tâches d'organisation, la nécessité de nouer des relations étroites avec d'autres organismes, la mise en fonctionnement des équipements, etc..., les démarches administratives, très absorbantes en 1975, devraient pouvoir maintenant céder plus de place aux activités techniques et scientifiques.

Il n'empêche que de nombreux résultats ont d'ores et déjà été acquis sur le terrain (235 jours de mission en 1975); les études de laboratoire, qui accusent un certain retard, aboutiront néanmoins au début de 1976 à un premier faisceau de données permettant de valoriser les observations de terrain.

Il sera donc possible de présenter des conclusions partielles au 1er Congrès National de Géologie de Potosi. Quatre communications sont en cours de rédaction sur la géologie du Quaternaire, sur la géologie des évaporites et sur la limnologie du lac Titicaca. Un cycle de conférences programmé pour le mois de mars 1976 permettra d'ouvrir le dialogue avec les professionnels boliviens intéressés.

Le soutien des organismes comme GEOBOL, le projet ERTS - Bolivie, le Service d'Hydrographie Navale, le Service National de Météorologie et Hydrologie, et COFADENA sera déterminant dans l'exécution des programmes et garantit l'exploitation pratique des travaux réalisés dans le cadre de l'Université.

La compréhension et l'appui accordé par les autorités universitaires ont permis de résoudre la plupart des problèmes qui se posent au stade du démarrage et de l'organisation.

A. L'UNITÉ DE RECHERCHES UMSA - ORSTOM

1. Objectifs généraux .-

Cette Unité de Recherches, de caractère pluridisciplinaire, a été créée par une convention signée le 4 Avril 1974 entre l'UMSA et l'ORSTOM.

Ses objectifs sont les suivants :

- a) Exécuter des programmes de recherches en Géodynamique et Limnologie

2.-

día presentando a la vez un interés científico general y un interés regional para la explotación de ciertos recursos naturales bolivianos.

b) Instalar una infraestructura adaptada a los objetivos del programa, pero al mismo tiempo susceptible de ser utilizada para otros trabajos de naturaleza aplicada (por ejemplo, laboratorio de química de aguas).

c) Participar en la formación o en la especialización del personal científico boliviano (Tesis, conferencias, stages).

2. Personal.-

Una decena de investigadores participan actualmente en los trabajos de la Unidad de Investigación.

L.A. RODRIGO	UMSA- Depto. de Geociencias (Sedimentología)	Desde el 1/7/74
H. SERVANT	ORSTOM (Estratigrafía)	Desde el 1/12/73
S. SERVANT	ORSTOM (Micropaleontología)	Desde el 1/12/73
A. SALVEDRA	UMSA- Depto. de Geociencias (Mineralogía)	Desde el 15/10/74
C. APCE	UMSA- Depto. de Química (Hidroquímica)	Desde el 1/11/74
F. RISACHEP	ORSTOM (Geología de Evaporitas)	Desde el 1/12/74
B. BOULANGE	ORSTOM (Sedimentología, Geoquímica)	Desde el 1/6/75
F. ZUMI	UMSA- Depto. de Biología (Biología)	Desde el 15/10/75
G. LAVENU	ORSTOM (Tectónica)	Previsto para Enero 1976
J.P. CARMOUZE	ORSTOM (Hidroquímica, Sedimentología)	Previsto para Febrero 1976

Estudiantes que preparan su tesis:

M. MANCILLA

F. ORTUÑO

gie présentant à la fois un intérêt scientifique général et un intérêt régional pour l'exploitation de certaines ressources du milieu naturel bolivien.

b) Mettre en place une infrastructure adaptée aux objectifs des programmes mais en même temps susceptible d'être utilisée pour d'autres travaux de nature appliquée (laboratoires d'analyses des eaux par exemple).

c) Participer à la formation ou la spécialisation du personnel scientifique bolivien (thèses, conférences, stages).

2. Personnel .-

Une dizaine de chercheurs participent actuellement aux travaux de l'Unité de Recherches.

L.A. RODRIGO	UMSA - Département de Géologie (Sédimentologie)	Depuis le 1/7/1974
M. SERVANT	ORSTOM (Stratigraphie)	Depuis le 1/12/1973
S. SERVANT	ORSTOM (Micropaléontologie)	Depuis le 1/12/1973
A. SAAVEDRA	UMSA - Département de Géologie (Minéralogie)	Depuis le 15/10/1974
C. ARCE	UMSA - Département de Chimie (Hydrochimie)	Depuis le 1/11/1974
F. RISACER	ORSTOM (Géologie des évaporites)	Depuis le 1/12/1974
B. BOULANGE	ORSTOM (Sédimentologie, Géochimie)	Depuis le 1/6/1975
F. ZUNA	UMSA - Département de Biologie (Biologie)	Depuis le 15/10/1975
A. LAVIENU	ORSTOM (Tectonique)	Prévu pour Janvier 76
J.P. CARMOUZE	ORSTOM (Hydrochimie, Sédimentologie)	Prévu pour Février 76

Etudiants en cours de préparation de thèse :

V. MANCILLA

F. ORTUNO

3.-

3. Infraestructura.-

El Cuadro I da la lista de la infraestructura actualmente disponible.

Los medios de trabajo en el campo, son actualmente suficientes para la ejecución del conjunto de programas. Los medios de navegación, provisoriamente resueltos con el préstamo de una lancha, será resuelto definitivamente en 1976. En cuanto a los equipos de laboratorio, sólo algunos son utilizados y otros serán puestos en funcionamiento en 1976.

Una biblioteca especializada fué formada y contiene 150 libros de base, 6 index bibliográficos y 100 microfilms.

4. Relación con otros organismos.-

- Servicio Geológico de Bolivia: Análisis difractométricos, préstamo de documentos tales como fotografías aéreas, mapas inéditos, etc.
- Programa ERTS - Bolivia: Interpretación de imágenes por satélite, participación en campañas comunes en el campo.
- Servicio de Hidrografía Naval: Interpretación de mapas batimétricos del Lago Titicaca.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología: Datos climáticos e hidrológicos de la cuenca del Titicaca.
- Instituto de Geología de Estrasburgo (Francia): Dataciones radiométricas y análisis difractométricos.
- Laboratorio de Geología Dinámica - Universidad de París: Análisis isotópicos.
- Laboratorio Central de ORSTOM - París: Análisis químicos de agua.

También se ha tomado contacto con los organismos siguientes:

- COF/DEM, para el estudio de los salares.
- Universidad de Tarija, para estudio de la Geología del Cuaternario de la Cuenca de Tarija en 1976.
- Universidad de Potosí, participación de un estudiante de esa Universidad en un trabajo de campo en el Salar de Empexa.

Finalmente está en preparación, un convenio de cooperación científ

3. Infrastructure .-

Le tableau 1 donne la liste complète des équipements actuellement disponibles.

Les moyens sur le terrain, acquis en 1975, sont maintenant suffisants pour l'exécution de l'ensemble des programmes. Les moyens de navigation, provisoirement résolus par le prêt d'un bateau, feront l'objet d'une solution définitive en 1976. Les équipements de laboratoire sont en cours d'exploitation et deviendront en partie fonctionnels au cours du premier trimestre 1976.

Une bibliothèque spécialisée a été constituée (150 ouvrages de base, 6 index bibliographiques, 100 microfilms).

4. Relations avec les organismes extérieurs .-

- Service Géologique National (analyses diffractométriques, prêt de documents tels: photos aériennes, cartes inédites, etc...).
- Projet ERTS - Bolivie (interprétation des images par satellite, participation à des missions communes sur le terrain).
- Service d'Hydrographie Navale (interprétations des cartes bathymétriques du lac Titicaca).
- Service National de Météorologie et Hydrologie (Exploitation de données climatiques et d'Hydrobiologie de surface de la cuvette du Titicaca).
- Institut de Géologie de Strasbourg (France) (datations radiométriques, analyses diffractométriques).
- Laboratoire de Géologie dynamique de l'Université de Paris (analyses isotopiques).

Des relations ont par ailleurs été établies en 1975 avec :

- la COFABENA (étude des salares).
- l'Université de Tarija (étude du bassin de Tarija programmé pour 1976).
- l'Université de Potosi (participation d'un étudiant à une mission sur le salar de Empexa).

Enfin, une convention de coopération scientifique pour l'étude -

fica para el estudio conjunto del Lago Titicaca con la Universidad de Puno. Este convenio considera una de las aplicaciones a los acuerdos firmados en noviembre de 1975, entre Perú y Bolivia a nivel de Gobierno.

B. LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION: OBJETO, OBJETIVOS, PLANIFICACION.

Actualmente se ejecutan tres programas: Geología del Cuaternario (desde abril de 1974), Geología de Evaporitas (desde mayo de 1975) y Limnología de los lagos Titicaca y Poopó (desde septiembre de 1975).

1. Geología del Cuaternario.-

Objeto .

Las formaciones del Cuaternario están muy desarrolladas en Bolivia. Su estudio puede tener numerosas aplicaciones en hidrogeología (reservas en aguas subterráneas y caracter renovable o no de sus reservas) en pedología (formación de suelos durante el Cuaternario), en ciertas ramas de la ecología minera (génesis de evaporitas en relación con la historia de los grandes lagos del Cuaternario, génesis de ciertos minerales de alteración).

Desde el punto de vista científico general, el Cuaternario de Bolivia presenta un interés excepcional porque en distancias relativamente cortas, se encuentra la mayor parte de los grandes mecanismos de esa época (glaciaciones, morfocénosis de piedemontes, extensiones lacustres, alteraciones). Así se espera establecer relaciones espacio-temporales entre esos diferentes mecanismos lo que es generalmente difícil en otras regiones.

Objetivos inmediatos.-

Determinación de la estratigrafía del Cuaternario del Altiplano con la ayuda de métodos de datación absoluta. Esta estratigrafía es previa a la cartografía del Cuaternario.

Planificación.-

1973 - 1976: Estudio del Altiplano.

1976 . Extensión de los trabajos de campo a las cuencas de Tarija y Cochabamba.

Locales : 55 m ² de oficinas en el Dpto. de Geociencias de la U.S.A.	Locales : 55 m ² de bureaux au département de Géologie de l'U.S.A.
Biblioteca: 150 textos, 6 índices bibliográficos, 100 microfichas.	Bibliothèque: 150 ouvrages de base, 6 index bibliographiques, 100 microfilms.
<u>Equipo de campo (U.S.A.)</u>	<u>Equipement de terrain (U.S.A.)</u>
- Material de campo 1 lancha con motor (*)	- Material de campement 1 Bateau à moteur (*)
<u>Equipo de campo (ORSON)</u>	<u>Equipement de terrain (ORSON)</u>
1 lancha inflable con motor - Material de campo. 3 vehículos. - Material para trabajos limnológicos (guinchos, botellas de recolección, termómetros, pilas mecánicas, saca-tubos). 1 Eco-sonda (profundidad de investigación: 120 m). 2 plímetros. 1 conductivímetro. 2 altímetros de precisión. - Diversos.	1 Bateau gonflable à moteur - Material de campement. 3 véhicules. - Material pour prélèvements limnologiques (treuils, bouteilles à renversement, thermomètres, bennes, carottier). - Echo-sondeur (profondeur d'investigation: 120 m). 2 plimètres. 1 conductivimètre. 2 altimètres de précision. - Divers
<u>Equipo de Laboratorio (U.S.A.)</u>	<u>Equipement de laboratoire (U.S.A.)</u>
- Absorción atómica - Microscopio - Lupa binocular	- Absorption atomique - Microscope - Loupe binoculaire
<u>Equipo de Laboratorio (ORSON)</u>	<u>Equipement de Laboratoire (ORSON)</u>
1 Microscopio	1 Microscope
<u>Equipo disponible previa revisión (U.S.A.)</u>	<u>Equipement disponibles sous réserve d'une révision (U.S.A.)</u>
- Espectrofotómetro - Perforadora manual - Centelleo Líquido para isótopos de C e H.	1 Spectrophotomètre 1 Sondeuse manuelle 1 Compteur pour analyses isotopes C et H.
<u>Equipo de GEOSOL posiblemente utilizado para análisis conjuntos</u>	<u>Equipement du Service Géologique pouvant être employé pour des analyses conjointes</u>
1 Difractómetro de Rayos X. - Foto. aéreas aéreas e Imágenes de satélite.	1 Diffractomètre RX. - Photos aériennes; photos par satellite.
(*) La lancha es actualmente prestada a la U.S.A. Otra embarcación es requerida para 1975.	(*) Le bateau est actuellement prêté à l'U.S.A. Une autre embarcation doit être acquise en 1975.

conjointe du lac Titicaca est en préparation avec l'Université de Puno. Cette convention constituera l'une des applications des accords signés en novembre 1975 entre Pérou et la Bolivie au niveau des chancelleries.

B. LES PROGRAMMES DE RECHERCHES: MOTIVATION, OBJECTIFS, PLANIFICATION

Trois programmes sont actuellement en cours d'exécution: géologie du Quaternaire (depuis Avril 1974), géologie des évaporites (depuis mai 1975), limnologie des lacs Titicaca et Poopo (depuis septembre 1975).

1. Géologie du quaternaire .-

Motivation

Les formations quaternaires sont très développées en Bolivie. Leur étude peut recevoir de nombreuses applications en hydrogéologie (réserves en eaux souterraines et caractère renouvelable ou non de ces réserves), en pédologie (formation des sols pendant le Quaternaire), dans certaines branches de la géologie minière (genèse des évaporites en liaison avec l'histoire des grands lacs quaternaires, genèse de certains minéraux d'altération).

D'un point de vue scientifique général, le Quaternaire de Bolivie présente un intérêt exceptionnel car on y rencontre sur des distances relativement courtes la plupart des grands mécanismes de cette époque (glaciations, morphogenèse des piedmonts, extensions lacustres, altérations). On peut espérer pouvoir établir les relations spatio-temporelles existant entre ces différents mécanismes ce qui est généralement difficile dans d'autres régions.

Objectifs immédiats

Etablissement de la stratigraphie du Quaternaire de l'Altiplano avec l'appui des méthodes de datation absolue. Cette stratigraphie est un préalable à la cartographie du Quaternaire.

Planification

1973 - 1976 : Etude de l'Altiplano.

1976 : Extension des travaux de terrain aux bassins de Tarija et de Cochabamba.

1976 - 1977 : Intervención de estudios especializados (palinología y neotectónica) y, si es posible, estudio sobre el vulcanismo y alteraciones.

2. Geología de Evaporitas.

Objeto .

Las cuencas evaporíticas (salares) ocupan vastas extensiones en la mitad Sur del Altiplano (más de 10.000 km²) y están localizadas en las zonas de desecación de los grandes lagos cuaternarios. El interés económico de los salares demostrado por ejemplo en Chile (prospección actual de litio) no ha sido aún iniciada en Bolivia. Los depósitos evaporíticos pueden contener elementos económicamente interesantes (además del litio: potasio, sales sodicas, etc). El interés científico general es excepcional: la génesis de las evaporitas puede estar ligada a la evolución paleogeográfica cuaternaria del altiplano dentro del contexto hidrogeológico e hidrológico actual, a las alteraciones en las cuencas de drenaje volcánicas o sedimentarias, a las condiciones muy particulares de altitud (más de 3.600 m) o a las variaciones diarias de temperatura (más de 10°C) en un clima de temperatura media inferior a 10°C.

Objetivos inmediatos.-

Inventario mineralógico de las capas evaporíticas superficiales, relaciones con las desecaciones de los lagos cuaternarios y relaciones con la físico-química de las aguas actuales, superficiales o subterráneas.

Planificación.-

1975 - 1976 : Estudio de cuatro salares tomados como modelo (Empexa, Jayu-Khota y de dos cuencas de Lipez sud-occidental).

1976 : Reconocimiento del salar de Uyuni en itinerarios definidos en estudios de imágenes de satélite.

1977 : Si es posible, investigación de capas profundas con perforaciones.

1976 - 1977 : Intervention d'études spécialisées (palynologie , néotectonique) et, si possible, études sur le volcanisme et les altérations.

2. Géologie des évaporites .-

Motivations

Les bassins à évaporites (salares) occupent de vastes étendues dans la moitié sud de l'Altiplano (plus de 10.000 km²). Ils sont localisés dans les zones d'assèchement des grands lacs quaternaires. L'intérêt économique des salares, démontré par exemple au Chili (prospections en cours sur le lithium), n'a pas encore été dégagé en Bolivie faute d'études fondamentales. Les dépôts évaporitiques peuvent contenir des éléments économiquement intéressants (outre le lithium, le potassium, les sels sodiques). L'intérêt scientifique général est exceptionnel : la genèse des évaporites peut être reliée à l'évolution paléogéographique quaternaire de l'Altiplano, au contexte hydrogéologique et hydrologique actuel, aux altérations sur les bassins versants volcaniques ou sédimentaires, aux conditions très particulières d'altitude (plus de 3 500 m), de température (moyennes annuelles inférieures à 10°C, variations journalières de plus de 10°C).

Objectifs immédiats

Inventaire minéralogique des croûtes évaporitiques superficielles, relations avec les assèchements des lacs quaternaires et relations avec les eaux actuelles des nappes souterraines.

Planification

1975 - 1976 : Etude de quatre salares pris comme modèles : (Empexa, Jayu-Khota et deux bassins du Lipez Sud-occidental).

1976 : Reconnaissance du Salar d'Uyuni sur des itinéraires définis par l'étude des photographies par satellite.

1977 : A l'étude faite dans la partie superficielle pourrait succéder des recherches en profondeur par sondages.

3. Limnología de los lagos Titicaca y Poopó.-

Objeto.

Este sistema lacustre de más de 8.000 Km² debe ser estudiado a fin de definir: a) los fenómenos de contaminación que aparecen (tratamiento de minerales y otros), b) las características físico-químicas de las aguas y c) los ecosistemas y dar los elementos necesarios para desarrollar una pesca racional. Además y por su situación en una zona montañosa a 3.610 m de altitud, el lago Titicaca ofrece al geólogo un modelo de sedimentación continental en zona orogénica y a los biólogos el contexto particular de altura.

Objetivos inmediatos.-

Definir la morfología del fondo en las zonas de poca a media profundidad, analizar los sedimentos en las mismas zonas, caracterizar las aguas del lago Menor del Titicaca y del Poopó, desde el punto de vista físico-químico y de su evolución. Realizar un reconocimiento general de algas y peces.

Planificación.-

1975 - 1976 : Estudio del cuadro físico-químico (aguas y sedimentos).

1976 : Intervención de los estudios biológicos y si es posible de estudios hidrológicos.

C. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN 1975.

Generalidades.

En 1975, la Unidad de Investigación se ocupó principalmente de la instalación de la infraestructura mínima necesaria, de realizar contactos con organismos exteriores, de varias campañas de campo (ver cuadro II) y de iniciar la organización de análisis de laboratorio (ver cuadro III).

Geología del Cuaternario.

Ejecutores. H. Servant, S. Servant y H. Mancilla.

Participantes temporarios: L. A. Rodrigo, J. Ponce, A. Saavedra, F. Risacher, E. Boulangé.

3. Limnologie des lacs Titicaca et Poopo .-

Motivation

Ce système lacustre de plus de 8 000 Km² doit être étudié de manière détaillée pour: a) proposer une prévention des phénomènes de pollution qui commencent à le menacer (traitements des minerais), b) définir les qualités physico-chimiques des ses eaux, c) définir ses écosystèmes et dégager une exploitation rationnelle notamment dans le domaine des pêches. De plus et en raison de sa situation dans une région montagneuse à 3.610 m. d'altitude, le lac Titicaca offre, au géologue, un modèle de sédimentation continentale en zone orogénique et au biologiste le contexte particulier du à l'altitude.

Objectifs immédiats

Morphologie du fond dans les zones de faibles à moyenne profondeur, analyse des sédiments dans ces mêmes zones, analyse et évolution des eaux du petit lac (Titicaca), et du Poopo, observations de reconnaissance sur les algues et les poissons.

Planification

- 1975 - 1976 : Etude du cadre physico-chimique (eaux, sédiments).
 1977 : Intervention des études biologiques et si possible des études hydrologiques.

C. ACTIVITES EN 1975

Généralités

Au cours de l'année 1975, l'Unité de Recherches a réalisé : la mise en place de l'infrastructure minimum nécessaire, des contacts avec des organismes extérieurs, de nombreuses missions sur le terrain (cf. tableau II); un début d'organisation au niveau des analyses de laboratoire (cf. tableau III).

Géologie du Quaternaire

Responsables : M. Servant, S. Servant, W. Mancilla.

Participants temporaires : L.A. Rodrigo, J. Ponce, A. Saavedra, F. Risacher, H. Boulangé.

Los estudios estratigráficos comenzados en 1974 fueron ampliados a nuevas regiones del Altiplano (ver figura 1). En las cuencas de Tarija y Cochabamba se realizó un rápido reconocimiento y se continuaron los estudios micropaleontológicos en los sedimentos lacustres.

Los resultados obtenidos que serán publicados se refieren a:

- 1) Los eventos tectónicos que permitieron la individualización de las cuencas cuaternarias.
- 2) La importancia de los períodos de clima seco interglaciares en la morfogénesis de los piedemontes.
- 3) La existencia, en el curso de cada gran época glacial, de varias extensiones lacustres con un desplazamiento probable entre esas extensiones y las oscilaciones menores de los glaciares.
- 4) La fuerte salinidad de los lagos cuaternarios.

Estos datos implican la presencia en los salares y en profundidad, de numerosos niveles de evaporitas, el rol preponderante de la desecación de los lagos cuaternarios recientes en la formación de costras superficiales evaporíticas y la hipótesis que las aguas subterráneas de la porción sud del Altiplano podrían ser en parte fósiles.

Geología de Evaporitas.

Responsable: F. Risacher y M. Servant.

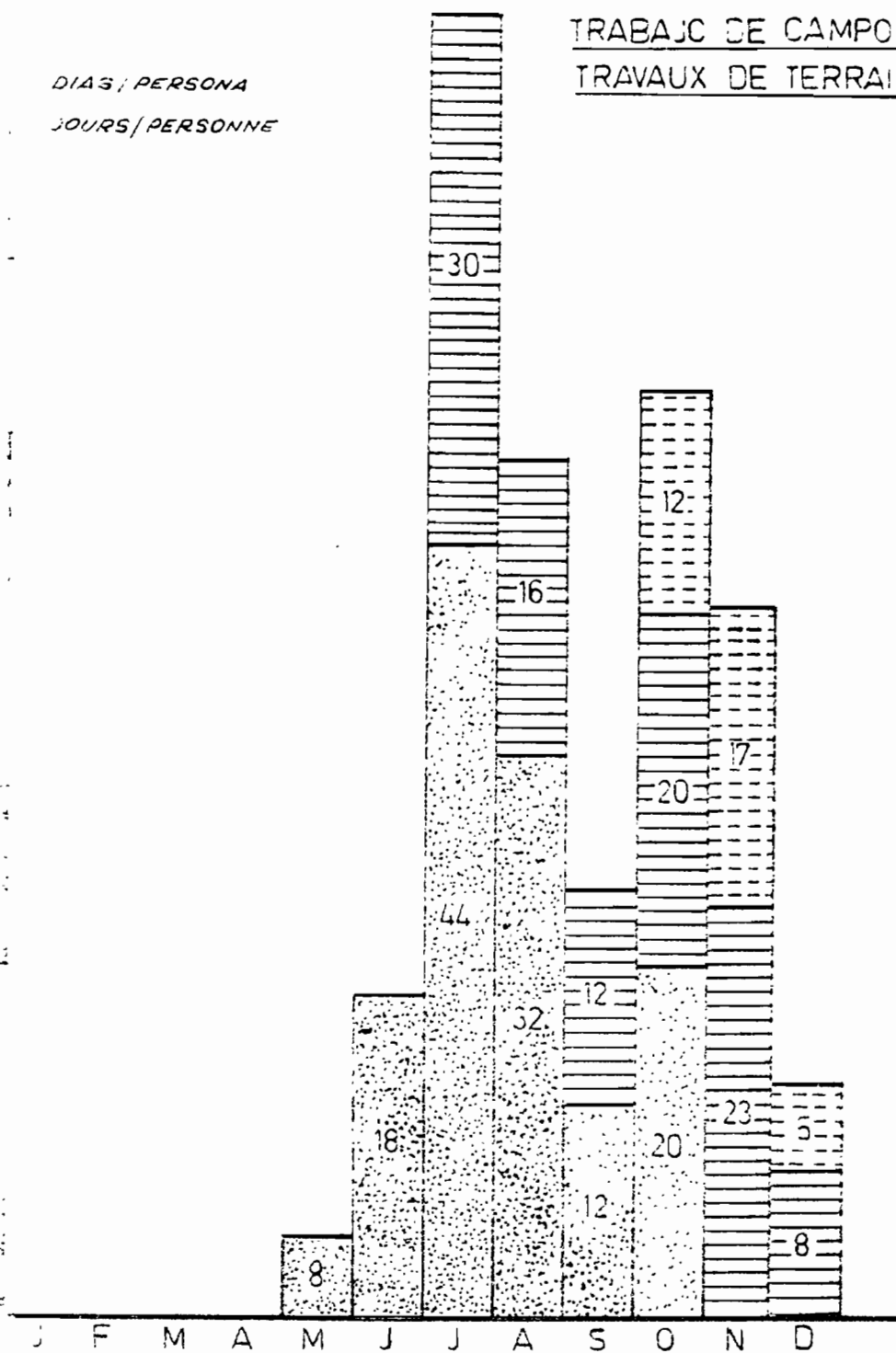
Participación temporal de: M. Servant, L.A. Rodrigo, J. Ponce, B. Boulangé y C. Espinosa.

Los primeros trabajos emprendidos conciernen el estudio de los salares: Empexa (dentro de un contexto volcánico) y Jayu-Khota (dentro de un contexto sedimentario). Además fueron efectuados reconocimientos en las pequeñas cuencas de la parte Sud Occidental de Lipéz. Se recolectaron 600 muestras de sedimentos, sales y aguas las que se encuentran actualmente en análisis.

DÍAS / PERSONA
JOURS / PERSONNE

TRABAJO DE CAMPO
TRAVAUX DE TERRAIN

CUADRO II
TABLEAU II



 { PROGRAMA GEOLOGIA DE LOS SALARES
PROGRAMME GEOLOGIE DE SALARS

 { PROGRAMA DE GEOLOGIA DEL CUATERNARIO
PROGRAMME DE GEOLOGIE DU CUATERNAIRE

 { PROGRAMA DE LIMNOLOGIA
PROGRAMME DE LIMNOLOGIA

TRABAJOS DE LABORATORIO TRAVAUX DE LABORATOIRE		
<i>Tipo</i> <i>Nature</i>	<i>Realizados</i> <i>Faites</i>	<i>En curso (Resultados esperados para comienzos 1976)</i> <i>En curs (Resultats attendus pour debut 1976)</i>
<i>Micropaleontologia</i> <i>Micropaleontologie</i>	36	—
<i>Análisis de Rayos X</i> <i>Analysis de Rayons X</i>	—	50 (Inst. de Strasbourg) 20 (Lab. de ORSTOM) 20 (Lab. GEOBOL)
<i>Análisis de Aguas</i> <i>Analyses d'eau</i>	12 Lab. ORSTOM 39 (3/2 elem) Depto. Quim. UMSA	6 (Lab. ORSTOM) 37 (Dept. Quimica UMSA)
<i>Láminas Delgadas</i> <i>Lames Minces</i>	15 (Dept. Geolog)	—
<i>Datación por C¹⁴</i> <i>Datations par ¹⁴C</i>	4 (Lab. Geol. Dyn. Paris)	12 (Lab. Geol Dyn. Paris)
<i>Datación por K/Ar</i> <i>Datations par K/Ar</i>	—	3 (Inst. de Strasbourg) 7 (Previsto - prévu)
<i>Contenido de Mat. Orgánica</i> <i>Teneur en Mat. organique</i>	10	—

Les études stratigraphiques commencées en 1974 ont été élargies à de nouvelles régions de l'Altiplano (cf. croquis de la fig. 1). Une rapide reconnaissance a été effectuée dans les bassins de Tarija et de Cochabamba. Les études micropaléontologiques se sont poursuivies sur les sédiments lacustres.

Les résultats dégagés qui seront publiés prochainement soulignent :

- 1) Les événements tectoniques qui ont permis l'individualisation des bassins quaternaires.
- 2) L'importance des périodes sèches interglaciaires dans la morphogénèse des piedmonts.
- 3) L'existence, au cours de chaque grande époque glaciaire, de plusieurs grandes extensions lacustres avec un décalage probable au niveau des oscillations mineures entre ces extensions et les avancées glaciaires.
- 4) La forte paléosalinité des lacs quaternaires.

Ces données impliquent : la présence en profondeur dans les salares de nombreux niveaux à évaporites, le rôle prépondérant de l'assèchement des lacs quaternaires récents dans la mise en place des croûtes superficielles à évaporites, l'hypothèse que les eaux souterraines pourraient être en partie fossiles dans la moitié Sud de l'Altiplano.

Géologie des évaporites

Responsable : F. Risacher, M. Servant.

Participants temporaires : M. Servant, L.A. Rodrigo, C. Ponce, B. Boulangé et C. Espinosa.

Les premiers travaux entrepris ont porté sur l'étude de deux salares: Empexa (dans un contexte volcanique), Jayu-Khota (dans un contexte sédimentaire). Des reconnaissances ont été effectuées sur les petits bassins fermés du Lipez Sud occidental (contexte volcanique). Plusieurs centaines d'échantillons de sédiments, de sels et d'eaux ont été recueillis et sont actuellement en cours d'analyses.

Los resultados principales conciernen a:

a) La naturaleza de las evaporitas: junto con las sales comunes (cloruros, sulfatos, carbonatos) existen minerales aún no determinados, en los cuales el interés económico eventual será precisado por los análisis que se realizan.

b) Las formas de alimentación de las cuencas.

c) La repartición espacio-temporales de los cloruros y sulfatos.

Se propone, en función de su historia reciente, una primera clasificación de salares. Esta es:

a) Cuencas evaporíticas ubicadas en las zonas más bajas de los lagos cuaternarios (Uyuni y Copasa).

b) Cuencas evaporíticas ubicadas en el dominio de extensión de antiguos lagos y en posición relativamente alta (Jayu-Khota).

c) Cuencas evaporíticas que tuvieron comunicación esporádica con el último gran lago cuaternario (Empexa).

d) Pequeñas cuencas ligadas a la desecación de lagos cuaternarios cerrados (lagunas de Lipez sudoccidental).

e) Pequeños salares en el fondo de cráteres volcánicos.

Limnología de los lagos Titicaca y Poopó .

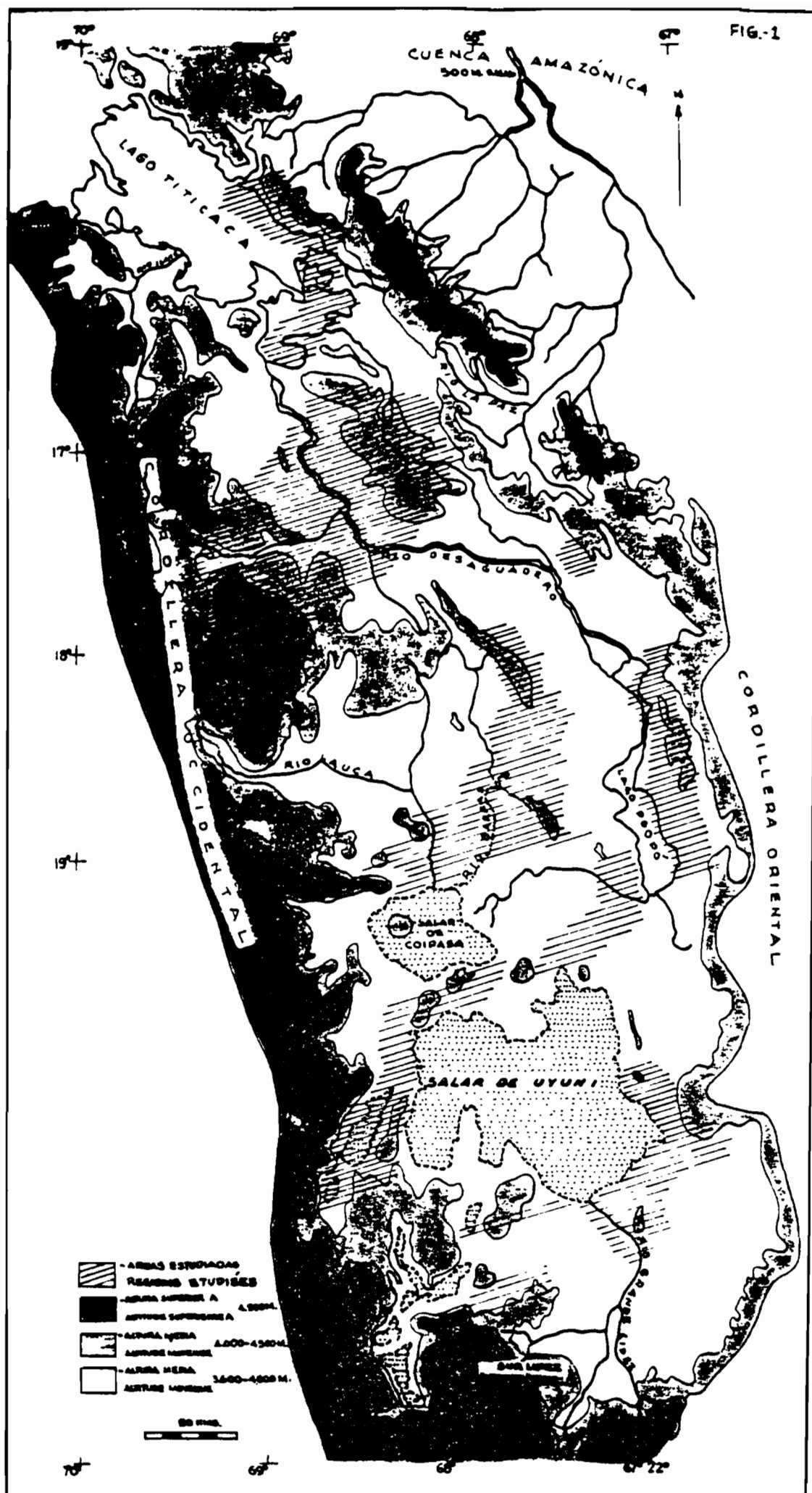
Responsables : B. Boulange y L.A. Rodriac.

Participantes : F. Ortuño, F. Zuna, C. Arce.

Este programa sólo pudo iniciarse en el mes de octubre de 1975, luego de la recepción de los equipos y de su calibración.

Se realizaron dos campañas en el Lago Titicaca y una en el río Desaguadero (en colaboración con el PROGRAMA EPTS-Bolivia). Los trabajos del Lago Titicaca fueron realizados únicamente en el Lago Menor.

FIG. 1



Les principaux résultats obtenus sont :

a) La nature des évaporites : Parmi les sels courants (chlorures, sulfates, carbonates) existent des minerais encore indéterminés dont l'intérêt économique éventuel ne pourra être précisé qu'au vu des résultats d'analyses en cours.

b) Les modalités d'alimentation des bassins.

c) La répartition spatio-temporelle des chlorures, des sulfates et des carbonates.

Une première classification des salines peut être établie en fonction de leur histoire récente.

a) Bassins évaporitiques situés dans les zones les plus basses des lacs quaternaires (Uyuni - Coipasa).

b) Bassins situés dans le domaine d'extension des anciens lacs mais en position topographique relativement haute.

c) Bassins ayant eu des communications sporadiques avec le dernier grand lac quaternaire (Impexa).

d) Petits bassins liés à l'assèchement de lacs quaternaires fermés (lagunes du Lipiza sud-Occidental).

e) Petits bassins du fond de cratères volcaniques.

Limnologie des lacs Titicaca et Desaguadero

Responsables : B. Boulangé, L.A. Rodrigo.

Participation : F. Ortuno, F. Zana, C. Arce.

Compte tenu de la mise en place de l'équipe de travail, de la réception des équipements nécessaires aux premières études, le démarrage effectif du programme n'est intervenu qu'au mois d'Octobre.

Deux campagnes ont été effectuées sur le lac Titicaca. Celles-ci ont été complétées par une série de prélèvements d'eaux sur le Desaguadero (campagne conjointe avec une équipe du programme ERTS - Bolivie). Les travaux concernant le lac Titicaca ont été uniquement réalisés dans le "petit lac".

Los primeros resultados obtenidos se refieren a la geomorfología del fondo, la físico-química de las aguas, la naturaleza de los sedimentos de fondo y la recolección de muestras biológicas.

a) Geomorfología del fondo :

Se realizaron 10 perfiles con ecosonda (A-J en la fig. 2) totalizando 120 km. y se evidenció:

- 1) la poca profundidad en esta parte del lago (5 a 10 m): morfología de piedemonte sumergida (glacis).
- 2) una zona baja en el perfil E y J (35 m).
- 3) un umbral en el estrecho de Tiquina (perfil F).
- 4) la ausencia de trazas de erosión en la salida del Desaguadero (5 m).

b) Físico-química de las aguas : 27 estaciones.

Las aguas fueron objeto de mediciones físico-químicas en superficie y en profundidad (T°, pH, conductividad) y de muestreo para los análisis químicos que se realizan actualmente en el laboratorio de Química de la UMSA.

De los datos físicos se puede concluir que, desde el punto de vista de temperatura de las aguas se nota poca variación de la termoclina en razón de la poca profundidad: del 15° a 13,5°C con una caída de casi 1° entre los 3 y 5 m.

El pH varía poco y es bastante básico (8,5), la conductividad es débil y varía muy poco de la superficie a la zona profunda (aproximadamente 1.500 micromhos).

c) Sedimentos :

La poca profundidad del lago y la claridad de las aguas, permiten el desarrollo de una vegetación abundante que cubre el fondo hasta una decena de metros (totora en el borde y hasta los 4 m., luego algas). Por esta razón el muestreo de sedimentos sólo puede ser realizado con saca-testigos. Este último requiere sin embargo condiciones de calma perfecta, que son raramente encontradas en el lago.

Las muestras obtenidas con la pala mecánica alcanzan a 16 y se obtuvieron 4 testigos, con recuperación de 3 m. de material.

PAGO ITICACA.
ESCALA APROX 1:1000000



REFERENCIAS. - A - Perfiles de ecosonda

Les premières données recueillies concernant : la géomorphologie du fond, la physico-chimie des eaux, le prélèvement de sédiments et de fonds, le prélèvement d'échantillons pour études biologiques.

a) Géomorphologie du fond :

10 profils d'échosonde (A - J voir fig. 2) ont été réalisés (120 kms).

- faible profondeur de cette partie du lac (5 à 10 m) : morphologie de piedmont submergés (glacis).
- zone basse vers les profils E et J (35 m).
- seuil du détroit de Tiquina (profil F)
- pas de trace de creusement à la sortie du Desaguadero (5 m).

b) Physico-chimie des eaux 27 stations.

Les eaux ont fait l'objet de mesures physiques en surface et en profondeur (T° , pH, conductivité) et de prélèvements d'eaux pour analyses chimiques (en cours de réalisation au laboratoire de Chimie de l'UNSA).

Parmi les données physiques :

- peu de variations des thermoclines en raison de la faible profondeur. 15° à $13^{\circ}5$ avec une chute de presque 1° entre 3 et 5 m.
- les pH varient peu et sont assez basiques (8.5).
- la conductivité est assez faible et varie peu tant en surface qu'en profondeur (environ 1.500 mhos).

c) Sédiments :

La faible profondeur du lac et la clarté des eaux entraîne le développement d'une abondante végétation qui couvre les fonds jusqu'à une dizaine de mètres (totora en bordure jusqu'à 4 m, puis algues). Pour cette raison l'échantillonnage de sédiment ne peut se faire que par corottages. Ceux-ci nécessitent un lac parfaitement calme, condition rarement rencontrée durant ces deux campagnes.

Les échantillons obtenus sont au nombre de 16 (à la benne), et 4 (au corottier; carottes de 3 m).

d) Biología :

Una primera aproximación de este estudio está en curso y se trata principalmente de la observación de ciertos sedimentos de fondo en lo que se refiere a organismos vivos, materia orgánica en general, etc. Una campaña complementaria del biólogo tuvo por objeto realizar una primera recolección de especies de peces en el lago Menor.

D. PROYECTOS PARA 1976 .

Geología del Cuaternario.-

a) Prosecución de los estudios en el Altiplano sobre los temas siguientes: génesis de cuencas cuaternarias (neotectónica) y de sus deformaciones recientes, cronología detallada de los depósitos de los últimos 20 mil años.

b) Estudio de la última glaciación de la Cordillera Real.

c) Estudio de las cuencas intracordilleranas situadas hacia los 2.000 m de altitud (Cochabamba y Tarija).

d) Si fuera posible se encarará un reconocimiento de los fenómenos de alteración en la cuenca amazónica.

Geología de Evaporitas.-

a) Prosecución de los trabajos en los cuatro salares tomados como modelo.

b) Estudio petrográfico de las cuencas de drenaje de los salares (en colaboración con la Misión de la Universidad Libre de Berlín).

c) Itinerarios de reconocimiento en el Salar de Uyuni.

Limnología.-

En este programa se pueden presentar dos alternativas:

a) En el caso de que se realicen los trabajos conjuntos con la Universidad de Puno, se harán 4 ó 5 perfiles con muestreo de aguas y sedimentos en el lago Mayor, además un estudio detallado del lago Menor (cartografía del fondo, química de aguas).

b) Si los trabajos con Puno son postergados se proseguirán los trabajos en el lago Menor (lado boliviano), se hará un estudio detallado del río Desaguadero (sedimentos, química de aguas) y se efectuará un análisis de la sedimentología y físico-química del lago Poopó.

d) Biologie

Une première approche de cette étude est en cours. Elle porte sur la végétation, sur certains sédiments de fonds (organismes vivants, matières organiques). Une mission complémentaire du biologiste a eu pour objectif un premier relevé de différentes espèces de poissons dans cette partie du lac.

D. PROJET POPO 1971 ET CONDITIONS D'EXECUTION

Géologie du Quaternaire

- a) Poursuite des études dans l'Altiplano sur les thèmes suivants: genèse des bassins quaternaires (néotectonique) et de leurs déformations récentes; chronologie fine des dépôts de 20 derniers millénaires.
- b) Etude de la dernière glaciation de la Cordillère Royale.
- c) Etude des bassins intracordillères situés vers 2 000 m. d'altitude (Cochabamba, Parí, ...).
- d) Si possible, reconnaître les phénomènes d'altération dans le bassin amazonien.

Géologie des évaporites

- a) Poursuite des travaux dans les quatre salars pris comme modèles.
- b) Etude pétrographique de bassins versants de ces salars (en collaboration avec la mission de l'Université libre de Berlin).
- c) Itinéraires de reconnaissance dans le salar de Uyuni.

Limnologie

Deux alternatives peuvent être envisagées pour ce programme :

- a) Dans le cadre de travaux conjoints avec l'Université de Puno on peut envisager la réalisation de 4 ou 5 profils (eaux et sédiments) dans le grand lac, et l'étude détaillée du petit lac (cartographie du fond, chimie des eaux).
- b) Si les travaux conjoints avec le Pérou étaient retardés on poursuivrait les travaux sur le petit lac (côté bolivien), l'étude détaillée du Desaguadero (sédiments, chimie des eaux), et on entreprendrait des recherches sur la sédimentologie et physico-chimie du Poopo.

Extensión eventual.-

Teniendo en cuenta los medios disponibles, principalmente en personal, no será posible cubrir los campos de investigación previstos en los diferentes programas y tampoco sería posible constituir un equipo completo de investigadores.

Por esa razón se proponen las siguientes soluciones:

1. En el dominio de la Geología del Cuaternario, sería necesario buscar el concurso de especialistas extranjeros principalmente en el campo de la vulcanología (por ejemplo la cooperación solicitada por la UMSA a Göttingen. Esos especialistas podrían además dar en La Paz conferencias y seminarios destinados a los profesionales interesados.

2. En el dominio de la Geología de Evaporitas, es necesario esperar el resultado de los reconocimientos actualmente comprendidos para poder juzgar su interés económico. Si los resultados fuesen positivos es probable que se obtenga una fuente de financiamiento de organismos internacionales para su estudio sistemático.

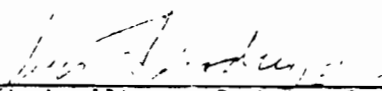
3. En campo de la Limnología, las posibilidades de extensión del programa deben necesariamente estar ligadas a la firma del convenio entre Puno y La Paz.

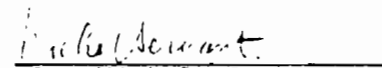
Agradecimientos.

En el presente informe se quiere también expresar agradecimiento a las instituciones que cooperaron en la realización de los trabajos, tales como: Proyecto ERTS-Bolivia, GEOROL, Servicio de Hidrografía Naval, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Fuerza Naval Boliviana.

Asimismo, al Dr. Mario Polón Anaya, por el préstamo de su lancha personal y al señor Rector de la UMSA, por su decidido apoyo.

La Paz, Enero 1976.


Dr. Luis Alberto Rodríguez G.
DIRECTOR CONVENIO UMSA-ORSTOM


Dr. Michel Servant
JEFE DE LA MISION ORSTOM-Bolivia

LAR/br.

Extension éventuelle . .

Compte tenu des moyens disponibles, surtout en personnel, il n'est pas possible de couvrir le champ complet des recherches relatives aux différents programmes, et il serait le tout, sinon utopique de constituer une équipe complète.

Quelques solutions peuvent toutefois être envisagées :

1. Dans le domaine du volcanisme, il serait possible de rechercher le concours pour de courtes périodes de spécialistes étrangers notamment dans le domaine de la volcanologie (une collaboration a été sollicitée par l'USAC au cours de l'Université de Göttingen). Ces spécialistes pourraient de plus effectuer à La Paz des conférences et des séminaires destinés à un public professionnel.

2. Dans le domaine de la géologie des évaporites, il faut attendre les résultats des reconnaissances actuellement entreprises pour juger des intérêts économiques. Si ces derniers se révèlent positifs, il est probable que des sources de financement pourraient être dégagées pour une étude systématique avec l'aide d'organismes internationaux.

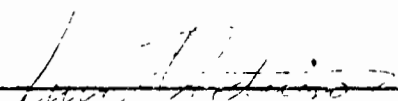
3. Dans le domaine de la limnologie, les possibilités d'extension du programme doivent nécessairement être précédées par une concertation entre Puno et La Paz.

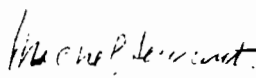
Remerciements -

En tant que ce rapport, nous voudrions exprimer nos remerciements aux institutions qui ont coopéré à l'exécution des programmes. Nous citerons le Projet ORSTOM - Bolivie, GORON, Service d'Hydrographie Navale, Service National de Météorologie et Hydrologie et les Forces Navales de Bolivie.

Nos remerciements vont également au Dr. Mario Rolon Anaya qui a prêté un bateau pour les recherches sur le lac et à Monsieur le Recteur de l'USAC pour le soutien très ferme qu'il a bien voulu nous accorder.

La Paz, Janvier 1976.


Luis Alberto RODRIGO
Directeur Convention USAC-ORSTOM


Michel SERVANT
Chef de la Mission ORSTOM - Bolivie

Programa Multidisciplinario de Geodinamica y Limnología
Programe Multidisciplinaire de Geodynamique et Limnologie

INFORME DE ACTIVIDADES
RAPPORT D' ACTIVITES ¹⁹⁷⁶

DEL



CONVENIO
CONVENTION



UMSA - ORSTOM

Bajo dirección de:

Dr. Luis Alberto Rodrigo G.

y

Dr. Michel Servant

Enero 1977

LA PAZ — BOLIVIA

I N D I C E

P L A N

PROLOGO

AVANT- PROPOS.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN 1976

RESUME DES RESULTATS OBTENUS EN 1976.

I	INTRODUCCION	Pag.	1
I	INTRUDUCTION		
II	ORGANIZACION :	Pag.	1
II	ORGANISATION		
III	ACTIVIDADES DE INVESTIGACION PROGRAMAS EN EJE- CUCION.....	Pag.	4
III	ACTIVITES DES RECHERCHES. PROGRAMMES EN COURS.		
IV	ACTIVIDADES DOCENTES.....	Pag.	13
IV	ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT.....		
V	OTRAS ACTIVIDADES.....	Pag.	14
V	AUTRES ACTIVITES.....		
VI	PROYECTOS PARA 1977.....	Pag.	15
VI	PROJETS POUR L'ANNE 1977.....		

P R O L O G O

Luego de un período de organización (1974-75) que permitió conformar una infraestructura adecuada para los trabajos de campo y laboratorio, la unidad de investigaciones UMSA-ORSTOM, entró en 1976, en una fase de ejecución de diferentes programas de investigación. El presente informe dá un resúmen de los resultados obtenidos tanto sobre el plano científico general como sobre las aplicaciones prácticas.

Tiene por objeto mostrar con un ejemplo concreto una forma de cooperación científica entre un organismo boliviano (Universidad Mayor de San Andrés) y un organismo francés (Office de la Recherche Scientifique Technique Outre Mer).

Esta forma de cooperación concierne tanto a la elección de diversos programas de investigación, que fué realizada tomando en cuenta a la vez los aspectos científicos y las posibilidades de aplicación; como a su ejecución, que se realiza por un equipo boliviano-francés de tipo multidisciplinario que reúne los esfuerzos de varios departamentos o institutos de la UMSA. Paralelamente las investigaciones efectuadas, las conferencias, los cursos o los trabajos de tesis, contribuyen a la formación de estudiantes avanzados o al conocimiento especializado en un nivel superior.

Los objetivos así definidos tanto en el plano científico y técnico como en la cooperación en general, comienzan a concretarse gracias al apoyo dado por las autoridades de la UMSA y gracias también al soporte proporcionado por otros organismos que mencionamos en este informe. Tanto a unos como a otros deseamos expresarles aquí nuestro agradecimiento.

Dr. Michel Servant

Dr. Luis A. Rodrigo

AVANT - PROPOS

Après une période d'organisation (1974-1975) qui a permis d'établir une infrastructure adéquate concernant les travaux sur le terrain et au laboratoire, l'Unité d'investigation UMSA-ORSTOM, en 1976, rentra dans une phase d'exécution de différents programmes de recherches. Le présent rapport donne un résumé des résultats obtenus aussi bien sur le plan scientifique général que sur les applications pratiques.

En outre, ce rapport illustre un exemple concret, un type de coopération scientifique réalisé entre un organisme bolivien (Universidad Mayor de San Andrés) et un organisme français (Office de la Recherche Scientifique Technique Outre Mer).

Le choix de divers programmes de recherches a été réalisé en tenant compte à la fois des aspects scientifiques et des possibilités d'application. L'exécution est assurée par une équipe multidisciplinaire qui réunit des chercheurs boliviens et français rattachés à divers départements ou instituts de l'UMSA. En plus des recherches, des conférences, des cours et des travaux de thèse contribuent à la formation d'étudiants en fin de cycle et à une meilleure connaissance de domaines spécialisés à un niveau supérieur.

Les objectifs ainsi décrits tant sur le plan scientifique et technique que sur la coopération en général, commencent à se définir grâce à l'appui des autorités de l'UMSA et à celui d'autres organismes mentionnés dans ce rapport. Aux uns et aux autres, nous désirons leur exprimer, ici, nos remerciements.

Dr. Michel Servant

Dr. Luis A. Rodrigo

RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN 1976.

Los programas de investigación están dirigidos hacia tres objetivos complementarios entre sí:

Geología del Cuaternario, Geología de Evaporitas (salares) y Limnología de los lagos Titicaca y Poopó. Estos programas son ejecutados actualmente por los departamentos e institutos de investigación de Geología y Química de la UMSA. Ellos proseguirán en 1977 con una mayor participación de los laboratorios de Ingeniería Sanitaria y de Biología. Se trata de una tentativa probablemente original y nueva para desarrollar, en la ejecución de los programas, las relaciones científicas entre diferentes laboratorios.

- a) Los estudios efectuados sobre el Cuaternario del Altiplano han logrado una síntesis estratigráfica que precisa las relaciones cronológicas existentes entre las glaciaciones, las extensiones lacustres y las fases de morfogénesis. Se trata así de datos básicos a partir de los cuales se pueden encarar, en el plano científico, el desarrollo de acciones temáticas precisas o de interpretaciones dinámicas principalmente en el dominio de la palioclimatología y de la neotectónica. Esta última disciplina es, por otra parte, utilisable de inmediato en investigaciones aplicadas como por ejemplo en los estudios geotécnicos que se realizan en la ciudad de La Paz.
- b) Los trabajos sobre las cuencas evaporíticas han permitido definir las principales fases geoquímicas e hidroquímicas y la repartición geográfica de las mismas en los salares. Se han puesto en evidencia la existencia de varios yacimientos importantes de Litio y Potasio, elementos asociados a las borateras. Corresponde ahora a los organismos especializados utilizar los descubrimientos así efectuados, para realizar una evaluación y explotación de estos yacimientos.
- c) Las investigaciones en los lagos Titicaca y Poopó consistieron principalmente a un reconocimiento de los sedimentos de fondo (caracterizados por la predominancia de carbonatos) y a una descripción de parámetros hidroquímicos (parámetros estos muy homogéneos en el lago Titicaca pero muy variables en el Poopó). Estos resultados encuentran una aplicación inmediata al demostrar que el lago Titicaca es muy sensible a la contaminación (una sustancia nociva soluble introducida en el lago, sería eliminada muy lentamente). Por otra parte, existen perspectivas interesantes para una explotación de algas y barros orgánicos para ser usados como abono de tierras agrícolas. La iniciación de estudios biológicos para 1977, deberá aportar en dos o cuatro años los elementos básicos para desarrollar la pesca en un lago, cuyo interés se acentúa por su proximidad a una ciudad de 700.000 habitantes (La Paz).

////

RESUME DES RESULTATS OBTENUS EN 1976.

Les programmes de recherches sont orientés dans trois directions complémentaires:

Géologie du Quaternaire. Géologie des Evaporites (salars), Limnologie du lac Titicaca et du lac Poopó. Ces programmes sont exécutés actuellement par les départements et instituts de recherches de Géologie et de Chimie de l'UMSA. Ils se poursuivront en 1977 avec la participation du laboratoire de Génie Sanitaire et du laboratoire de Biologie. Il s'agit là d'une tentative probablement originale et nouvelle pour développer, dans l'exécution d'un programme, les relations scientifiques entre des laboratoires différents.

- a) Les études effectuées sur le Quaternaire de l'Altiplano ont dégagé une synthèse stratigraphique qui précise les relations chronologiques existant entre les glaciations, les extensions lacustres et les phases de morphogénèse. Il s'agit là d'une donnée de base à partir de laquelle on peut envisager, sur le plan scientifique, de développer des actions thématiques précises ou des interprétations dynamiques principalement dans le domaine de la paléoclimatologie et de la néotectonique. Cette donnée est par ailleurs immédiatement utilisable pour des recherches appliquées, par exemple, dans les études géotechniques en cours sur le site de La Paz.
- b) Les travaux sur les bassins à évaporites ont permis de définir les principaux faciés géochimiques et hydrochimiques et la répartition géographique de ces faciés dans les salars. Ils ont mis en évidence l'existence de plusieurs gisements importants de lithium et de potassium, ces éléments étant associés surtout aux boratières. Il appartient maintenant aux organismes spécialisés d'utiliser les découvertes ainsi effectuées pour une évaluation et une exploitation des gisements.
- c) Les recherches faites sur le lac Titicaca et sur le lac Poopó ont abouti à une reconnaissance des sédiments du fond (caractérisés par la prédominance des carbonates) et à une description des paramètres hydrochimiques (paramètres qui se révèlent assez homogènes pour ce qui est du Titicaca, très variables au contraire pour ce qui est du Poopó). Ces résultats trouvent une application immédiate en montrant que le lac Titicaca est très fragile sur le plan de la pollution (une substance nocive soluble introduite dans le lac ne serait éliminée que très lentement). Ils ouvrent par ailleurs des perspectives intéressantes sur une exploitation peut-être possible des algues et des boues organiques pour l'amendement de terres agricoles. La mise en place des études biologiques en 1977 devrait notamment apporter en 2 ou 4 ans des éléments de base pour développer les pêches sur un lac dont l'intérêt est accentué par la proximité d'une ville de 700.000 habitants (La Paz).

////

- d) El montaje de la infraestructura se tradujo en 1976 en la organización de un laboratorio de análisis de agua que se encuentra ahora en funcionamiento.

Este laboratorio responde a las demandas de los programas en curso, pero puede también ser utilizado para efectuar análisis para los proyectos de desarrollo en la ciudad de La Paz.

- e) Las actividades de enseñanza se tradujeron en la iniciación de trabajos de Tesis, en un curso compacto sobre geología del Cuaternario y por diversas conferencias. Estas actividades aún limitadas en 1976, se desarrollarán en 1977. Por otra parte, el personal boliviano dictó clases curriculares en sus distintos departamentos académicos. Una beca de estudios fué otorgada a un biólogo boliviano para efectuar un período de perfeccionamiento de un año en los laboratorios de ORSTOM en Francia y Africa. Este biólogo podrá a su regreso, coordinar el conjunto de investigaciones hidrobiológicas sobre el lago Titicaca.

- d) La mise en place de l'infrastructure s'est traduite, en 1976, par l'organisation d'un laboratoire d'analyses des eaux qui est maintenant fonctionnel.

Ce laboratoire répond aux demandes des programmes en cours, mais il peut aussi être utilisé pour effectuer les analyses dont le besoin se fait de plus en plus ressentir notamment dans les projets de développement de la ville de La Paz.

- e) Les activités d'enseignement se sont traduites par le démarrage de plusieurs travaux de thèse, par un cours compact sur la géologie du Quaternaire et par diverses conférences. Ces activités, encore limitées en 1976, se développeront plus largement en 1977. D'autre part le personnel bolivien donne des cours dans les départements académiques respectifs. Une bourse d'études a été accordée à un biologiste bolivien pour effectuer un stage d'un an dans les laboratoires de l'ORSTOM en France et en Afrique. Ce biologiste pourra à son tour coordonner l'ensemble des recherches hydrobiologiques sur le lac Titicaca.

I.-INTRODUCCION.

La unidad de investigaciones geodinámicas y limnológicas se formó el 4 de abril de 1974, por un Convenio firmado entre la Universidad Mayor de San Andres (UMSA) y el Office de la Recherche Scientifique Technique Outre Mer (ORSTOM). Está por otra parte, ligada a una Universidad peruana (Universidad Técnica del Altiplano-Puno) por un acuerdo firmado en Octubre de 1976 y con el Servicio de Hidrografía Naval (Convenio firmado el 1º Abril de 1976).

La unidad UMSA-ORSTOM, persigue tres objetivos principales:

- a) Ejecutar programas de investigación multidisciplinarios elegidos en función de su interés científico general y de su aplicación práctica a mediano o largo plazo.
- b) Organizar una infraestructura de investigación, adaptada a los problemas, pero al mismo tiempo susceptible de ser utilizada para otros trabajos que pueden ser de naturaleza aplicada.
- c) Participar en la formación de estudiantes avanzados y en la especialización de jóvenes investigadores, integrándolos en la ejecución de los programas. Esta acción debe ser completada por una enseñanza teórica que tenga por finalidad principal el aclarar el objetivo que persigue un trabajo de investigación científica.

II.- ORGANIZACION.

a) Personal.

L. A. Rodriqo	UMSA-Depto. de Geociencias (Sedimentología)	desde 1/7/74
M. Servant	ORSTOM (Estratigrafía)	desde 1/12/73
S. Servant	ORSTOM (Micropaleontología)	desde 1/12/73
C. Arze	UMSA- Depto. de Química (Hidroquímica)	desde 15/1/74

I.- INTRODUCTION.

L'Unité de Recherches Géodynamiques et Limnologiques a été fondée le 4 Avril 1974 par une convention signée entre l'Université Majore San Andrés (UMSA) et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM). Elle est liée par ailleurs à une Université péruvienne (Université Technique de l'Altiplano - Puno) par un accord signé en octobre 1976 et au Service d'Hydrographie Naval (Convention signée le 1er. Avril 1976).

L'Unité UMSA-ORSTOM se propose trois objectifs principaux:

- a) Exécuter des programmes de recherches multidisciplinaires choisis en fonction de leur intérêt scientifique général et de leurs applications pratiques probables à moyen ou long terme.
- b) Mettre en place une infrastructure de recherche, adaptée aux programmes mais en même temps susceptible d'être utilisée pour d'autres travaux, ceux-ci pouvant être de nature appliquée.
- c) Participer à la formation des étudiants en fin de cycle et à la spécialisation des chercheurs débutants en les intégrant à l'exécution des programmes. Cette action doit être complétée par un enseignement théorique ayant principalement pour but de dégager la motivation d'un travail de recherche scientifique.

II.- ORGANISATION.

a) Personnel.

L. A. Rodrigo	UMSA-Géosciences (Sédimentologie)	depuis le 1/7/74
M. Servant	ORSTOM (Géologie du Quaternaire)	depuis le 1/12/73
S. Servant	ORSTOM (Micropaléontologie)	depuis le 1/12/73
C. Arze	UMSA-Chimie (Hydrochimie)	depuis le 1/11/74

///

F. Risacher	ORSTOM (Geología de evaporitas)	desde 1/11/74
B. Boulangé	ORSTOM (Sedimentología, geoquímica)	desde 1/6/75
F. Zuna	UMSA- Depto. de Biología	desde 15/10/75 (actualmente con beca de estudios en Francia y Africa).
A. Lavenu	ORSTOM (Neotectónica)	desde 1/2/76
J. P. Carmouze	ORSTOM (Hidroquímica y Sedimentol.)	desde 25/3/76
J. Miranda L.	UMSA- Depto. de Química (Geoquímica-Salares)	desde 1/5/76
Y. Miranda G.	UMSA- Depto. de Química (Hidroquímica)	desde 1/10/75
J. Quintanilla	UMSA- Depto. de Química	
B. Rios	Secretaría UMSA.	desde 10/8/75
L. Harmer	Secretaría ORSTOM	desde 8/8/76

Ciertos investigadores de Ingeniería Sanitaria y del Instituto de Geología Aplicada han participado de manera temporal en los trabajos del Convenio UMSA-ORSTOM (citamos principalmente una misión precidida por el Ing. J. Ponce a Santa Cruz).

Varios estudiantes preparan actualmente su tesis entre los que podemos citar a: W. Mancilla, F. Ortuño y C. Vargas (Departamento de Geología) y L. Carlo (Departamento de Química).

b) Infraestructura.

Los equipos fueron completados en 1976 y una lista de ellos se da en el Cuadro I.

/////

F. Risacher	ORSTOM (Géologie des évapo- rites)	depuis le 1/11/74
B. Boulangé	ORSTOM (Sédimentologie, Géochimie)	depuis le 1/6/75
F. Zuna	UMSA--Biologie	depuis le 15/10/75 (Actuellement en France et en Afri- que avec une bour- se d'études)
A. Lavenu	ORSTOM (Tectonique)	depuis le 1/2/76
J. P. Carmouze	ORSTOM (Hydrochimie- Sédimentologie)	depuis le 25/3/76
J. Miranda	UMSA--Chimie (Géochimie-Salars)	depuis le 1/5/75
Y. Miranda G.	UMSA--Chimie (Hydrochimie)	depuis le 1/10/75
J. Quintanilla	UMSA--Chimie	
B. Rios	Secrétaire UMSA	depuis le 10/8/75
L. Harmer	Secrétaire ORSTOM	depuis le 8/8/76

Certains chercheurs du Génie Sanitaire et de l'Institut de Géologie Appliquée ont par ailleurs participé de manière temporaire aux travaux de l'Unité UMSA-ORSTOM (nous citerons notamment une mission de J. Ponce à Santa Cruz).

Etudiants en cours de préparation de thèses: W. Mancilla; F. Ortuño et C. Vargas (Département de Géologie); y L. Carlos (Département de Chimie).

b) Infrastructure.

Les équipements ont été complétés en 1976. On en trouvera une liste complète dans le tableau I.

- Los medios de navegación en el lago Titicaca fueron resueltos en el año 1976, gracias a la compra por parte de la UMSA de una lancha, cuya inauguración oficial se realizó en Octubre de 1976, en presencia del Presidente del CNES, del señor Rector de la UMSA, del Director del CEPIC y del Embajador de Francia y otras autoridades.
- En lo que concierne al laboratorio de Química, este fué complementado y puesto en funcionamiento; sin embargo, el número creciente de análisis que se realizan demanda, de una manera prioritaria, un aumento de personal técnico y de locales más amplios y adecuados. En 1977, sería deseable concentrar los esfuerzos en una mejor explotación de los modernos equipos de que dispone la Universidad en el dominio de la Geoquímica Isotópica; estos equipos podrían ser muy utilizados en Geología y en Arqueología (dataciones), en Hidrogeología (alimentación de las aguas subterráneas) y en Limnología (producción primaria).
- La biblioteca especializada del Convenio cuenta actualmente con 215 textos, 10 índices bibliográficos, 225 microfilms y 5 suscripciones a revistas.
- Diversos equipos fueron facilitados en función de los trabajos, por distintos departamentos de la UMSA y por el Instituto de Geología Aplicada.

c) Relaciones con organismos exteriores.

Estas relaciones se establecieron por acuerdos oficiales con:

- Universidad Técnica del Altiplano-Puno (Estudio del lago Titicaca).
- Servicio de Hidrografía Naval (batimetría del lago y soporte logístico en el mismo).

Frecuentes contactos fueron realizados con los siguientes organismos:

- Proyecto EPTS-Bolivia (préstamo de fotografías aéreas e imágenes de satélite).
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (datos climáticos e hidrológicos).
- Instituto Francés de Estudios Andinos (Lima-Perú).
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Puno-Perú).

////

Locales : 55 m2 de oficinas en el Dpto.
de Geociencias de la UMSA.

Biblioteca: 215 textos
1. índices bibliográficos
5 revistas
225 microfilms

Equipo de campo (UMSA)

- . Material de campo
- . 1 lancha con motores

Equipo de campo (ORSTOM)

- . 1 lancha inflable con motor.
- . Material de campo.
- . 3 vehículos.
- . Material para trabajos limnológicos (guinchos, botellas de recolección, termómetros, palas mecánicas, saca-testigos).
- . 1 Eco-sonda (profundidad de investigación: 120 m).
- . 2 pHmetros.
- . 2 conductivímetros.
- . 2 altímetros de precisión.
- . Diversos.

Equipo de laboratorio (UMSA)

- . Absorción atómica.
- . Microscopio petrográfico.
- . Lupa binocular.
- . pHmetro.
- . Tamices.
- . Espectrofotómetro.
- . Titulador automático

Equipo de laboratorio (ORSTOM)

- . 1 microscopio.

Equipos solicitados (UMSA)

- . Campana de gases con extractor.
- . Molinos para muestras.
- . Mufla con termostato (1500°C)
- . Agitador magnético.
- . Juego de electrodos selectivos.
- . Accesorios para colorimetría.

Locaux : 55 m2 de bureaux au Département
de Géologie de l'UMSA.

Bibliothèque: 215 ouvrages de base,
1 index bibliographiques
5 revues,
225 microfilms.

Équipement de terrain (UMSA)

- . Matériel de campement
- . 1 bateau à moteurs.

Équipement de terrain (ORSTOM)

- . 1 bateau gonflable à moteur.
- . Matériel de campement.
- . 3 véhicules.
- . Matériel pour prélèvements limnologiques (trouils, bouteilles à renversement, thermomètres, bennes, carottier).
- . 1 Echo-sondeur (profondeur d'investigation: 120 m).
- . 2 pHmètres.
- . 2 conductivimètres.
- . 2 altimètres de précision.
- . Divers.

Équipement de laboratoire (UMSA)

- . Absorption atomique.
- . Microscope petrographique.
- . Loupe binoculaire.
- . pHmètre.
- . Tamis.
- . Spectrophotomètre.
- . Titulaireur automatique

Équipement de laboratoire (ORSTOM)

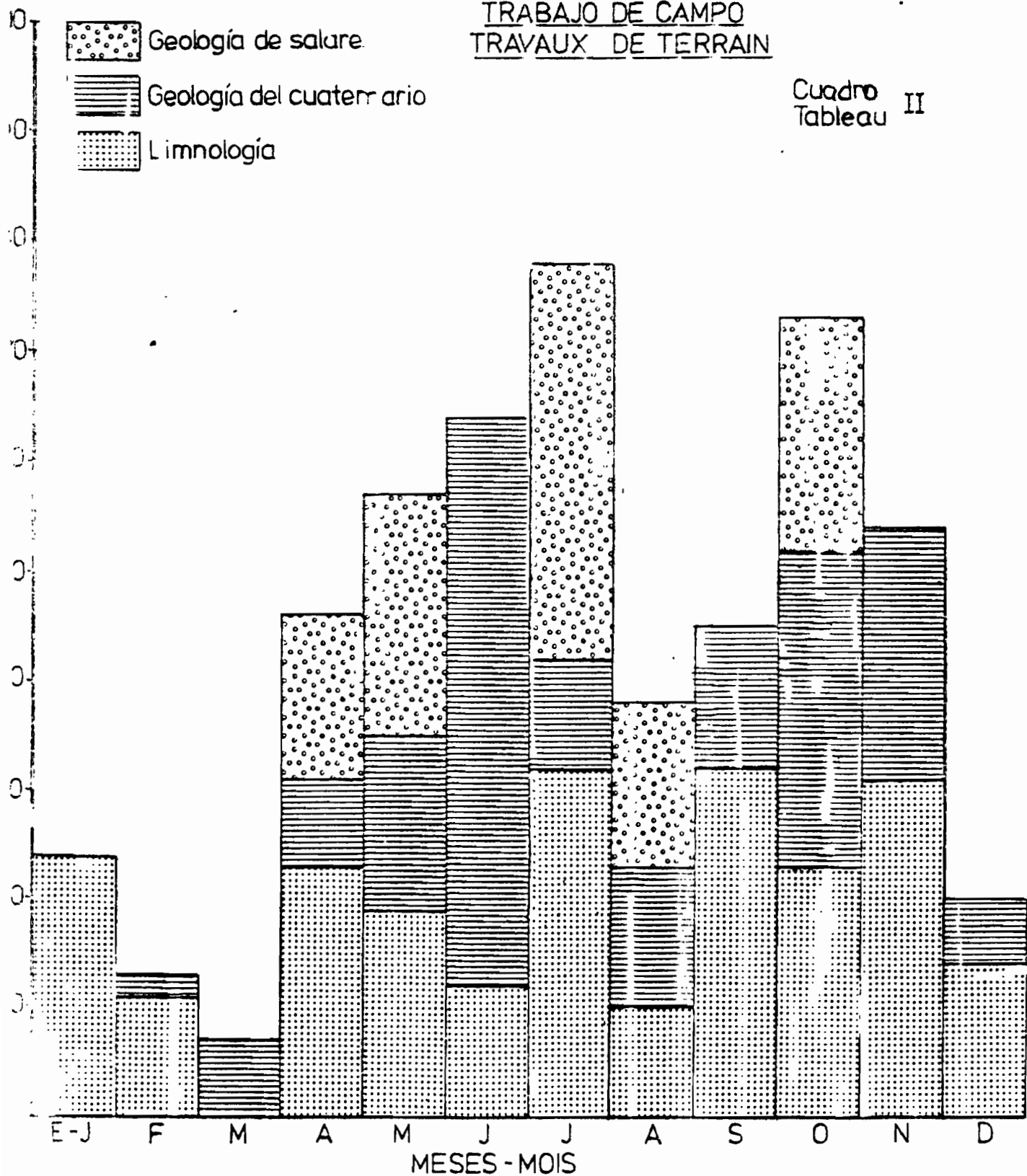
- . 1 microscope.

Équipements sollicités (UMSA)

- . Hotte à gaz avec extracteur.
- . Moulins pour échantillons.
- . Four avec thermostate (1500°C).
- . Agitateur magnétique.
- . Jeu d'électrodes sélectives.
- . Accessoires pour colorimétrie.

TRABAJO DE CAMPO
TRAVAUX DE TERRAIN

Cuadro
Tableau II



- Les moyens de navigation sur le lac Titicaca ont été résolus en 1976 grâce à l'achat par l'UMSA d'un bateau dont l'inauguration officielle a été faite en Octobre 1976 en présence de Monsieur le Président du Conseil des Universités, de Monsieur le Recteur de l'UMSA, de Monsieur le Directeur de CEPIC et de Monsieur l'Ambassadeur de France.
- Le laboratoire de chimie est en complet fonctionnement; cependant le nombre d'analyses augmentant, il faudrait disposer de façon prioritaire d'un personnel technique plus nombreux et de locaux adaptés plus spacieux. En 1977, il serait désirable de concentrer les efforts dans une meilleure exploitation des équipements modernes dont dispose l'Université dans le domaine de la Géochimie isotopique: ces appareils pourraient être très utiles en Géologie et en Archéologie (datations), en Hydrogéologie (alimentation des eaux souterraines) et en Limnologie (production primaire).
- La bibliothèque spécialisée de l'Unité de Recherches comprend actuellement 265 ouvrages, 6 index bibliographiques, 225 microfilms et 5 revues.
- Divers équipements sont prêtés en fonction des travaux par les différents départements de l'Université ou par l'Institut de Géologie Appliquée.

c) Relations avec les organismes extérieurs.

Des relations sont établies par des accords officiels avec:

- L'Université de Puno (Pérou) (étude du Titicaca).
- Le Service d'Hydrographie Navale (Bathymétrie du lac et soutien logistique de ce Département).

De fréquents contacts sont réalisés avec les organismes suivants:

- Projet ERTS-Bolivie (prêt de photos aériennes classiques et de photos par satellite).
- Service National de Météorologie et d'Hydrologie (données climatiques et hydrologiques).
- Institut Français des Etudes Andines (Lima - Pérou).
- Service National de Météorologie et d'Hydrologie (Puno - Pérou).

Otras relaciones iniciadas el año pasado fueron mantenidas en 1976 con:

- Servicio Geológico Boliviano (GEOBOL).
- COFADENA (Estudios de los Salares).
- Universidades de Tarija y Potosí.

Numerosos organismos fueron por otra parte informados regularmente de las actividades del Convenio UMSA-ORSTOM, entre los que podemos mencionar: al Ministerio de Planificación, Secretaría de Integración, Academia Nacional de Ciencias y Ministerio de Minas: a este último se le proporcionaron dos informes sobre los yacimientos de Litio y Potasio de Lipéz, por intermedio del señor Rector de la Universidad.

Los programas del Convenio son, por otra parte, coordinados con varios proyectos y con organismos internacionales tales como:

- Programa Internacional de Correlación Geológica (PICG-UNESCO).
- INQUA (un comité boliviano INQUA ha sido creado en 1976).

Varios laboratorios franceses dan su apoyo en la realización de los programas:

- Servicio Científico Central de la ORSTOM (análisis de arcillas y análisis de aguas).
- Instituto de Geología de la Universidad de Estrasburgo (dataciones radiométricas y geoquímicas).
- Laboratorio de Geología Dinámica de la Universidad de París (dataciones radiométricas y geoquímica de isótopos).

III.- ACTIVIDADES DE INVESTIGACION.- PROGRAMAS EN EJECUCION.

a) Geología del Cuaternario.

Motivación.

En el dominio científico general numerosas razones justifican el estudio del Cuaternario de los Andes bolivianos.

Des relations ont été nouées l'année dernière et maintenues en 1976 avec:

- Le Service Géologique Bolivien (GEOBOL).
- COFADENA (étude des salars).
- Les Universités de Tarija et de Potosí.

De nombreux organismes sont par ailleurs tenus régulièrement informés des activités de l'Unité UMSA-ORSTOM. Nous citerons: le Ministère du Plan, le Ministère des Mines (deux rapports sur les gisements de lithium et de potassium ont été communiqués à ce dernier), l'Académie Nationale des Sciences et le Secrétariat de l'Intégration.

Les programmes UMSA-ORSTOM sont coordonnés avec plusieurs projets ou organismes internationaux:

- Programme de Corrélation Géologique (UNESCO).
- INQUA (un comité bolivien INQUA a été créé en Bolivie en 1976).

Plusieurs laboratoires français apportent leur appui à la réalisation des programmes:

- Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM (analyses d'argiles et analyses d'eau).
- Institut de Géologie de l'Université de Strasbourg (datations radiométriques et géochimie).
- Laboratoire de Géologie dynamique de l'Université de Paris (datations radiométriques, géochimie des isotopes).

III.- ACTIVITES DE RECHERCHES - LES PROGRAMMES EN COURS.

a) Géologie du Quaternaire.

Motivations

Dans le domaine scientifique général, de nombreuses raisons justifient l'étude du Quaternaire des Andes boliviennes:

///

- Las variaciones de altitud (500 a 7.000 m) en cortas distancias (100 Km. como máximo) hacen que los Andes bolivianos ofrezcan una gama de climas muy variados en los cuales se encuentran la mayor parte de los fenómenos cuaternarios (glaciaciones, morfogénesis de pedimentos, extensiones lacustres, alteraciones, etc). El primer problema es pues establecer las relaciones cronológicas existentes entre estos fenómenos.
- El análisis regional puede conducir a una interpretación dinámica de los cambios climáticos. Las condiciones meteorológicas actuales indican que los Andes bolivianos constituyen una región favorable para definir los cambios ocurridos durante el Cuaternario dentro del esquema de las circulaciones atmosféricas. Esta región es, en efecto, influenciada por la convergencia tropical y por las masas de aire polar.

Los movimientos tectónicos de los últimos millones de años, están principalmente marcados en la topografía actual con la presencia de grandes cuencas. El mejor conocimiento de la naturaleza y cronología de los movimientos tectónicos permitirá comprender mejor la dinámica de la cordillera de los Andes. Su estudio deberá estar asociado al vulcanismo reciente que permitiría dar además, datos paleoclimáticos útiles a la estratigrafía.

En lo que respecta a las aplicaciones prácticas, este programa es muy importante, ya que las formaciones atribuidas al Cuaternario están muy desarrolladas en Bolivia. Su estudio puede dar un cuadro geológico indispensable en hidrogeología (reservas en aguas subterráneas, con carácter renovable o no), en pedología (formación de suelos y equilibrio de los mismos con relación a las condiciones climáticas actuales), en ciertos campos de la geología minera (relación entre las costras evaporíticas con Litio y Potasio por una parte y la desecación de los grandes lagos antiguos por otra auríferos y estañíferos, etc). Ciertos datos con los que actualmente se dispone pueden ser utilizados de inmediato por ejemplo, en los estudios que se realizan en geotécnica de la región de La Paz.

Ejecución.

Los trabajos realizados tanto de campo como de laboratorio están resumidos en el Cuadro II y las regiones estudiadas en la Fig. 1.

////



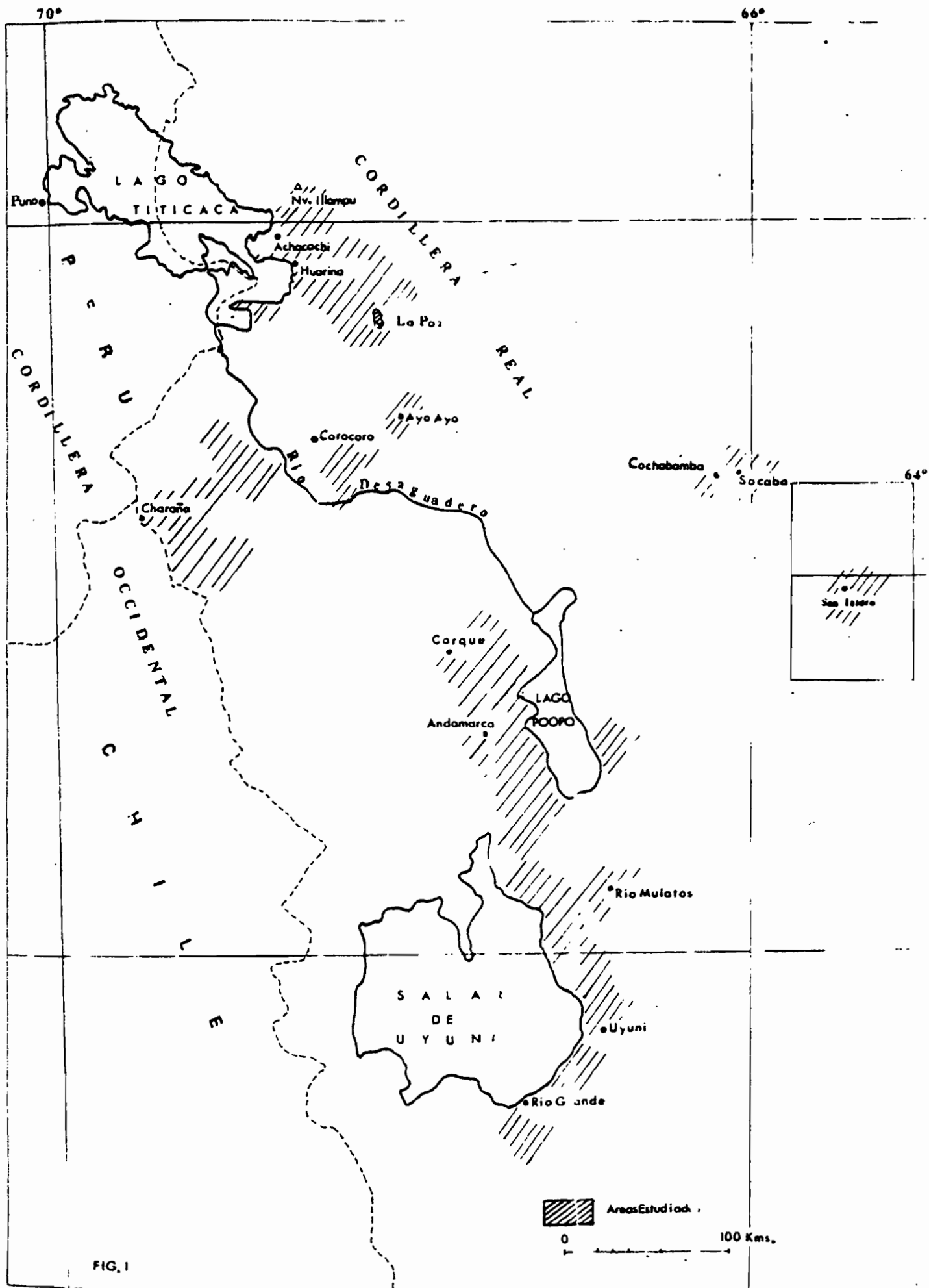
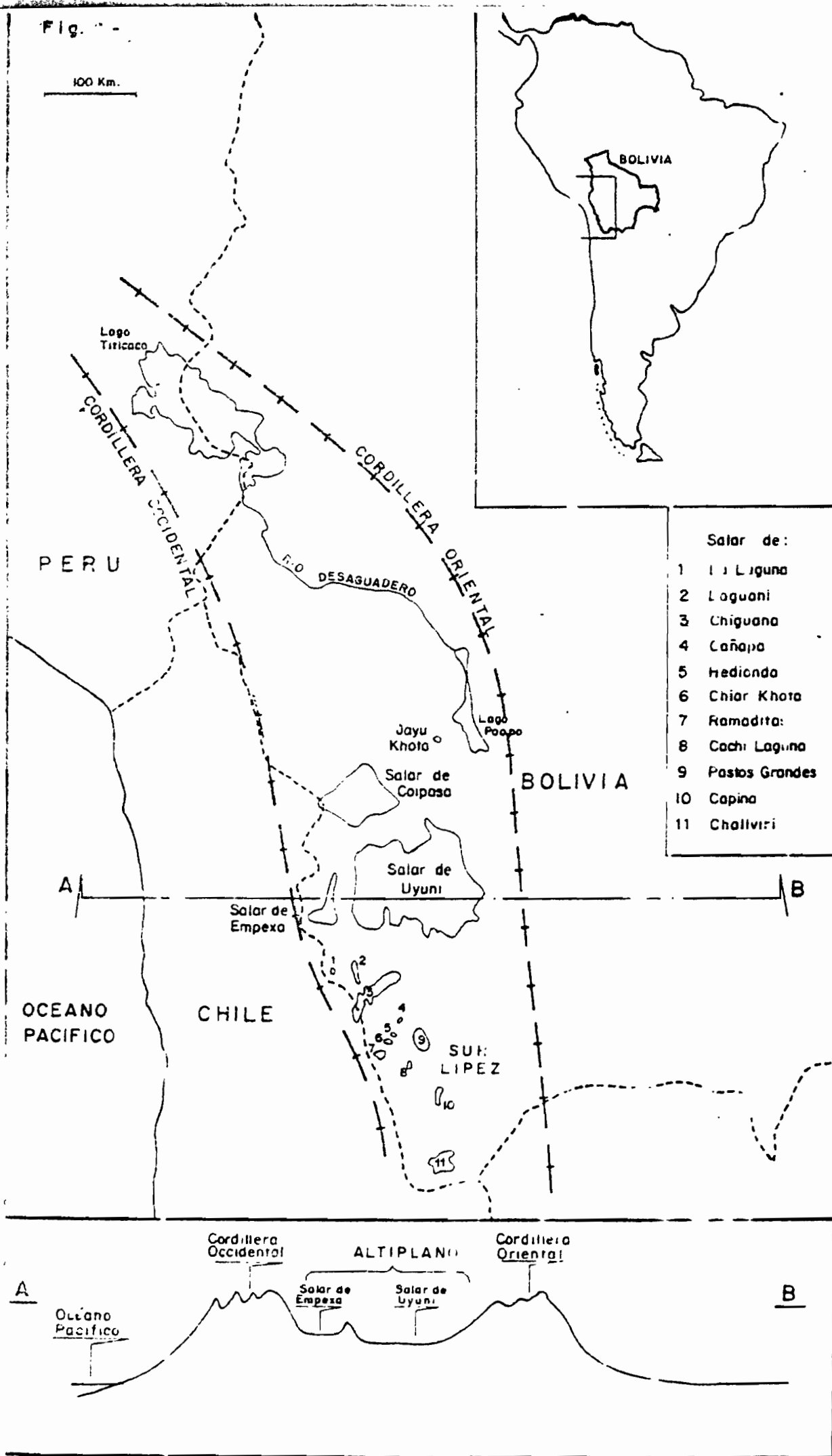


Fig. 1 -

100 Km.



- Les variations d'altitude (500 à 7000 m) sur de courtes distances (100km au maximum), font que les Andes boliviennes offrent une gamme de climats très variés et que l'on y rencontre la plupart des grands phénomènes quaternaires (glaciations, morphogénèse des piedmonts, extensions lacustres, altérations, etc...). Le premier problème est donc d'établir les relations chronologiques existant entre ces phénomènes.
- L'analyse régionale peut conduire à une interprétation dynamique sur les changements climatiques. Les conditions météorologiques actuelles indiquent que les Andes boliviennes constituent une région favorable pour définir les changements intervenus pendant le Quaternaire dans le schéma des circulations atmosphériques. Cette région est en effet soumise aux influences de la convergence tropicale et à celles des masses d'air polaire.

Enfin, les mouvements tectoniques des derniers millions d'années, principalement marqués dans la topographie actuelle par la génése de grands bassins d'effondrement, devraient participer, s'ils sont définis dans leur nature et leur chronologie, à la compréhension dynamique de la chaîne des Andes. Leur étude mériterait d'être associée au volcanisme récent qui peut, par ailleurs, fournir des données paléomagnétiques utiles à la stratigraphie.

Dans le domaine des applications pratiques, le programme est d'autant plus important que les formations attribuables au Quaternaire sont très développées en Bolivie. Il peut fournir un cadre géologique indispensable en hydrogéologie (réserves en eaux souterraines et caractère renouvelable ou non de ces réserves), en pédologie (formation des sols et équilibre des sols par rapport aux conditions climatiques actuelles), dans certaines branches de la géologie minière (relations entre les croûtes évaporitiques à lithium, potassium d'une part et l'assèchement des grands lacs quaternaires, d'autre part, alluvions aurifères, etc...). Certaines données sont immédiatement utilisables: par exemple, dans les études en cours de géotechnique sur la région de La Paz.

Exécution.

Les travaux de terrain et de laboratoire sont résumés par le tableau II, les régions étudiées indiquées sur la fig.1.

///

Responsables.

M. Servant	(Estratigrafía y Geología General).
S. Servant	(Micropaleontología).
W. Mancilla	(Cuaternario de Sacaba).
A. Lavenú	(Neotectónica).

P. Usselman, del Instituto Francés de Estudios Andinos-Lima (Perú), colaboró en el estudio de los piedemontes del Illampu. Varios viajes de campo fueron realizados con investigadores de ORSTOM y de la Universidad de París (Prof. Dolfus).

Resultados.

En las regiones estudiadas en 1974-75, se realizaron nuevas observaciones que tenían por objeto verificar los datos anteriores. Las investigaciones fueron ampliadas a los piedemontes de la Cordillera Oriental en la zona límite entre el Altiplano y la cadena montañosa (Illampu, Milluni, La Paz).

El programa de Geología del Cuaternario, permitió así, establecer una cronología relativa de las glaciaciones, de las fases de morfogénesis, de las extensiones lacustres y de los períodos de alteración. Esta cronología se basa, para el Cuaternario reciente, en dataciones de C^{14} . Las dataciones de K/Ar realizadas por el Instituto de Estrasburgo presentan serias dificultades debido a que las muestras de tobas volcánicas analizadas, están mezcladas con material detrítico.

La cronología así establecida constituyen una base que permite realizar principalmente una interpretación en los siguientes aspectos:

- La evolución reciente (desde el último avance glacial) está caracterizada por variaciones climáticas de poca amplitud, por una acentuación de la sequía en el curso del Holoceno y quizás por modificaciones del régimen de lluvias.
- Los interglaciales corresponden a la formación de grandes superficies de erosión (glacis) a la cual sucede un período de alteración.
- Los grandes lagos cuaternarios, contemporáneos al retroceso de los glaciares, eran muy salados y por consiguiente no pueden ser atribuidos a un origen pluvial.

Responsables.

M. Servant	(Stratigraphie et géologie générale).
S. Servant	(Micropaléontologie).
W. Mancilla	(Quaternaire de Sacaba).
A. Lavenu	(Néotectonique).

P. Usselman (Institut Français des Etudes Andines de Lima), a collaboré à l'étude des piedmonts de l'Illampu. Plusieurs excursions sur le terrain ont été réalisées avec des chercheurs de l'ORSTOM et de l'Université de Paris (Prof. O. Dollfus).

Résultats.

Les régions étudiées en 1974-1976 ont fait l'objet de nouvelles observations ayant pour but de vérifier les données antérieurement obtenues. Les recherches ont été élargies aux piedmonts de la Cordillère Orientale dans les zones de raccord entre l'Altiplano et la chaîne montagneuse (Illampu, Milluni, La Paz).

Le programme Quaternaire a ainsi permis d'établir une chronologie relative des glaciations, des phases de morphogénèse, des extensions lacustres et des périodes d'altération. Cette chronologie s'appuie pour le Quaternaire récent sur des datations au ^{14}C . Les datations au K/Ar réalisées par l'Institut de Géologie de Strasbourg se heurtent à de sérieuses difficultés dues à la médiocre qualité des formations volcaniques (où il y a mélange de matériel détritique).

La chronologie ainsi établie constitue une donnée de base qui permet une interprétation dynamique notamment sur les points suivants:

- L'évolution récente (depuis la dernière avance glaciaire) est caractérisée par des variations climatiques de faible amplitude, par une accentuation de la sécheresse au cours de l'Holocène et peut-être par des modifications du régime des pluies.
- Les interglaciaires correspondent à la genèse de grandes surfaces d'érosion (glacis) à laquelle succède une période d'altération.
- Les grands lacs quaternaires, contemporains du recul des glaciers en fin de glaciation ou pendant des interstadias probables, étaient très salés. Ils ne peuvent pas être assimilés à des lacs pluviaux.

///

La aplicación inmediata de estas investigaciones se sitúa por el momento en la ciudad de La Paz. Los estudios geológicos anteriores (Dobrovolsky) deben ser revisados detalladamente.

Las informaciones geomorfológicas y estratigráficas muestran que las grandes depresiones del altiplano se individualizaron, con un desplazamiento probable de Sur a Norte, hacia el fin del Plioceno y del Cuaternario antiguo. El hundimiento de estas depresiones se continuó durante todo el Cuaternario. El análisis microtectónico de las deformaciones de los depósitos pliocenos y cuaternarios de La Paz, pusieron en evidencia una sucesión de fases tectónicas de compresión y distensión. En la región de Uyuni, las deformaciones neotectónicas llegan hasta el Pleistoceno Superior (Lacustre Minchin).

Publicaciones e informes científicos.

M. Servant	El Cuaternario del Altiplano boliviano: extensiones lacustres y morfógenesis de pedimento.
S. Servant.	Las diatomeas de los lagos Cuaternarios del Altiplano boliviano.
J. Ch. Fontes y M. Servant.	Dataciones radiométricas sobre el Cuaternario Reciente del Altiplano boliviano.

Los tres trabajos indicados fueron presentados al Primer Congreso de Geología, Potosí-Bolivia. Abril, 1976.

A. Lavenú.	Primeras observaciones neotectónicas en el Norte del Altiplano boliviano. Informe Convenio UMSA-GRSTOM. Publicación en preparación.
M. Servant.	Cuadro estratigráfico del Cuaternario del Altiplano boliviano.
M. Servant.	La secuencia glacial/interglacial del Cuaternario del Altiplano boliviano.
M. Servant y A. Lavenú.	Estratigrafía del Plio-Cuaternario de la región de La Paz.

L'application immédiate de ces recherches se situe pour le moment dans la région de La Paz. Les études géologiques antérieures (M. Servant, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025) doivent être révisées en profondeur.

Dans le domaine tectonique, les informations géomorphologiques et stratigraphiques montrent que les grandes dépressions de l'Altiplano se sont individualisées vers la fin du Pliocène et au Quaternaire ancien. L'effondrement de ces dépressions s'est poursuivi pendant le Quaternaire. L'analyse microtectonique des déformations des dépôts pliocènes et quaternaires de La Paz a mis en évidence une succession de phases tectoniques en compression et en distension. Dans la région d'Uyuni, les déformations néotectoniques sont apparentes jusque dans le Pléistocène supérieur (Lacustre Minchin).

Publication et rapports scientifiques:

M. Servant	El Cuaternario del Altiplano boliviano: extensiones lacustres y neotectónica de pedimentos.
S. Servant	Las Diatomeas de los lagos cuaternarios del Altiplano boliviano.
J. Ch. Fontes et M. Servant	Dataciones radiométricas sobre el Cuaternario Reciente del Altiplano de Bolivia.

Les trois publications précédentes ont été présentées au Ier. Congrès National de Géologie, Potosí, Bolivie - Avril 1976.

A. Lavenu	Premières observations néotectoniques dans le Nord de l'Altiplano bolivien Rapport UMSA-CRSTOM, 19p.dactylographiées (Publication en préparation).
M. Servant	Le cadre stratigraphique du Quaternaire de l'Altiplano bolivien.
M. Servant	La séquence glaciaire/interglaciaire du Quaternaire de l'Altiplano bolivien.
M. Servant et A. Lavenu	Stratigraphie du Plio-Quaternaire de la région de La Paz.

M. Servant y P. Usselman.	Los piedemontes del Illampu (Cordillera Oriental de los Andes bolivianos).
C. Dollfus y M. Servant.	Paleoclimatología de las regiones tropicales en el Cuaternario reciente.
W. Mancilla.	Geología del Cuaternario de la Cuenca de Sacaba (Tesis).

b) Geología de evaporitas.

Motivación

En el campo científico general las cuencas evaporíticas del Altiplano presentan un interés particular debido a su gran extensión (más de 10.000 Km² en total), a la variedad de sus facies neocúmicas dominantes (cloruro de sodio, sulfato de sodio, carbonatos cálcicos y sódicos), a su génesis en relación con la desecación de los grandes lagos pleistocenos y a su contexto original desde el punto de vista climático (bajas temperaturas pero fuerte insolación) o topográficos (grandes altitudes). Estas cuencas dan así varios modelos cuyo estudio comparado permitiría precisar: 1) las migraciones de los materiales en paisajes litológicamente diversos (volcánicos y sedimentarios) y 2) los procesos de redistribución en el fondo de las depresiones (secuencias horizontales de evaporitas, neoformación de minerales arcillosos, transformación de la sílice, intervención de organismos principalmente en la formación de costras calcáreas etc).

En lo que respecta a las aplicaciones prácticas, los salares constituyen, como ha sido demostrado por los estudios hechos en este año, zonas naturales de concentración de elementos útiles como Litio, Potasio, Boro, etc.

Ejecución.

Los trabajos de campo y laboratorio están resumidos en los Cuadros II y III; y la fig. 2, muestra los salares estudiados.

Responsables.

F. Pisacher.	(campo y laboratorio).
J. Miranda.	(laboratorio)
Luis Carlos.	(participación temporal).

Apoyo exterior para análisis.

Lab. de FNAF y COROEN

Visita de experto.

Dr. G. Maolione (ORSTOM) del 20 de Julio al 10 de agosto de 1976.

- M. Servant et P. Usselman Les piedmonts de l'Illampu (Cordillère Orientale des Andes bolivienues).
- O. Dollfus et M. Servant Paléoclimatologie des régions tropicales au Quaternaire Récent.
- W. Mancilla Géologia del Cuaternario de la Cuenca de Sacaba (thèse).

b) Géologie des évaporites.

Motivations.

Sur le plan scientifique général, les bassins à évaporites de l'Altiplano présentent un intérêt particulier dû à leur grande extension (plus de 10.000 km² au total), à la variété de leurs faciés géochimiques dominants (chloruré-sodique, sulfaté sodique, carbonatés calciques ou sodiques), à leur genèse en relation avec l'assèchement de grands lacs pléistocènes et à un contexte original du point de vue climatique (basses températures mais fort rayonnement) ou topographique (hautes altitudes). Ces bassins fournissent plusieurs modèles dont une étude comparée devrait permettre de préciser: 1) les migrations de matières dans des paysages lithologiquement variés (volcaniques, sédimentaires); 2) les processus de redistribution dans le fond des dépressions (séquences horizontales et verticales d'évaporites, néoformation de minéraux argileux, devenir de la silice, intervention des organismes notamment dans la formation des croûtes calcaires, etc...).

Sur le plan des applications pratiques, les salars constituent (et cela est maintenant démontré par les études faites en 1976) des zones naturelles de concentrations d'éléments utiles (lithium, potassium, bore, etc...).

Exécution.

Les travaux de terrain et de laboratoire sont résumés dans les tableaux II et III; et la fig. 2 donne la localisation des régions étudiées.

Responsables.

F. Risacher	(terrain et laboratoire)
J. Miranda	(laboratoire)
L. Carlos	(participation temporaire)

Appuis extérieurs sur
le plan analytique

Lab. d'ENAF et de COMBOEN.

Voyage d'expert

G. Maglione (ORSTOM) - du 20 Juillet
au 10 Août 1976.

Resultados.

Diez salares fueron estudiados en el altiplano meridional; el Salar de Uyuni fue objeto de un reconocimiento Este-Oeste y un estudio de tallado en la parte Sur (Río Grande). Los trabajos de campo han permitido analizar perfiles de 400 pozos de 2 a 3 metros de profundidad y recolectar más de 800 muestras.

Estos trabajos permitieron establecer:

- La repartición vertical y geográfica de las evaporitas en cada salar estudiado.
- La composición química de las aguas, principalmente de sus elementos mayores.
- En ciertos casos se determinó el movimiento de las aguas subterráneas.

Los resultados obtenidos evidenciaron dos mecanismos de formación de evaporitas: depósito por desecación de lagos antiguos y depósitos por ascenso capilar de las aguas subterráneas. El primer origen señalado, está en relación con la desaparición del último gran lago cuaternario y con las oscilaciones climáticas de poca amplitud ocurridas durante los últimos milenios.

A partir de estos resultados será posible realizar interpretaciones dinámicas que incluyan el estudio de las cuencas de drenaje cuya composición diferente explica en parte la diversidad de facies geoquímicas dominantes, y análisis detallados de la sedimentación, principalmente en el dominio de la geoquímica de la sílice, de las arcillas y de los carbonatos (neoformaciones, rol de las algas en la formación de calizas).

Desde el punto de vista práctico fueron evidenciados varios yacimientos de Litio y Potasio, muchas muestras analizadas contienen cantidades de Litio superiores a 500 ppm con valores máximos de 4.000 ppm aproximadamente, cifras estas excepcionalmente elevadas. Las más importantes cantidades de Litio fueron encontradas en las aguas de los yacimientos de boratos. Los resultados de interés económicos fueron comunicados oportunamente al Ministerio de Minas y Metalurgia, por intermedio del señor Rector de la UMSA.

Publicaciones e informes científicos.

F. Risacher.	Reconocimiento de algunos salares del altiplano. I Congreso Nal. Geológico. Potosí. Abril, 1976.
F. Risacher.	Indicios de interés económico de los salares del Sur Lípez. Informe UMSA-ORSTOM, Agosto. 1976.

Résultats.

Dix salars ont été étudiés dans l'altiplano méridional. Le salar de Uyuni a fait l'objet d'une reconnaissance d'Est en Ouest et d'une étude détaillée dans sa partie sud (Rio Grande). Les missions sur le terrain ont permis d'analyser les profils de 400 puits de 2 à 2m de profondeur et de prélever plus de 800 échantillons.

Ces travaux ont établi:

- la répartition verticale et géographique des évaporites au sein de chaque salar.
- la composition chimique des eaux (principalement des éléments majeurs).
- et dans certains cas la dynamique des nappes souterraines.

Les résultats obtenus permettent d'opposer les deux mécanismes de sédimentation des évaporites: dépôt par assèchement d'anciens lacs, dépôt par remontée capillaire des eaux souterraines. Le premier mécanisme est en relation avec la disparition du dernier grand lac quaternaire et avec les oscillations climatiques de faible amplitude des derniers millénaires.

A partir de ces résultats, il sera possible d'aborder les interprétations dynamiques en incluant l'étude des bassins versants (dont la composition différente explique en partie la variété des faciès géochimiques dominants) et une analyse détaillée de la sédimentation - notamment dans le domaine de la géochimie de la silice, des argiles et des carbonates (néoformations, rôle des algues dans la fixation du calcaire).

Sur le plan pratique, plusieurs gisements de lithium et de potassium ont été mis en évidence. Un certain nombre d'échantillons analysés ont des teneurs en lithium supérieures à 500 ppm avec des valeurs maximales de 4000 ppm environ; ces chiffres sont exceptionnellement élevés. Les plus fortes teneurs en lithium ont été rencontrées dans les eaux des gisements de borates. Les résultats d'intérêt économique ont été communiqués au Ministère des Mines et de la Métallurgie par l'intermédiaire de Monsieur le Recteur de l'UMSA.

Publications et rapports scientifiques.

F. Risacher	Reconocimiento de algunos salares del Altiplano boliviano. Ier Congreso Nacional de Geología, Potosí, Bolivia - Avril 1976.
F. Risacher	Indicios de interés económico de los salares del Sur Lipez - Rapport UMSA-ORSTOM - Août 1976.

F. Risacher, J. Miranda, Litio y Potasio en las borateras del Río
L. Carlo. Grande. Septiembre, 1976.

F. Risacher. Informe preliminar sobre los estudios
realizados en algunos salares del Alti-
plano Meridional boliviano. Octubre, 1976.

c) Limnología de los lagos Titicaca y Poopó.

Motivación.

En lo que respecta al campo científico, el sistema lacustre Titica-
ca-Poopó, que se extiende por más de 10.000 Km². en total, ofrece
numerosos aspectos de interés:

- Constituye un modelo endorréico de sedimentación en zona orogéni-
ca, con aguas profundas (Titicaca) o poco profundas (Poopó), al
pie de relieves montañosos. La morfología de sus riveras y de
sus fondos están quizá ligadas a deformaciones tectónicas recien-
tes.
- La biología de este sistema puede ser estudiada en relación con
las condiciones muy particulares de la altura (3.700 - 3.800 m.s.
n.m.). Las investigaciones en este campo estarán dirigidas hacia
una explotación racional de los recursos pesqueros.
- Un estudio comparado de los lagos Titicaca y Poopó, con otros la-
gos situados en condiciones geológicas y topográficas muy diferen-
tes, permitirá comprender mejor ciertos mecanismos limnológicos
generales.
- Desde el punto de vista de aplicaciones prácticas, los estudios
hidroquímicos ligados a datos hidrológicos permitirán evaluar los
riesgos de contaminación.

Ejecución.

El cuadro II, da el número de días de trabajos de campo, el cuadro
III, el número de análisis; la fig. 3 muestra los itinerarios rea-
lizados en el lago Titicaca y la fig. 4 aquellos del lago Poopó.

Responsables.

B. Boulangé.	(Sedimentología).
L. A. Rodriago.	(Sedimentología).
J. P. Carmouze	(Limnología General e Hidroquímica).



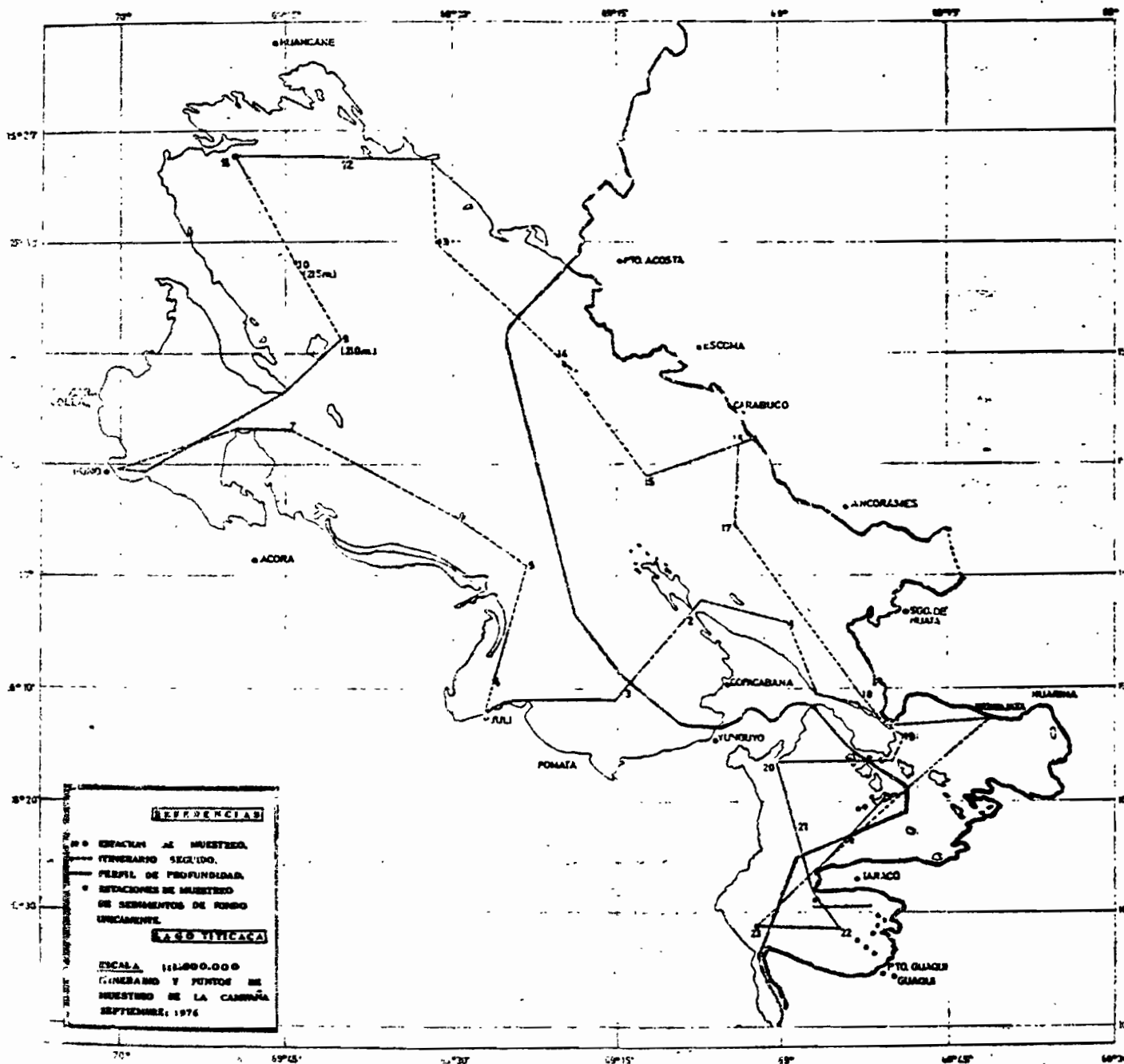


Fig. 3

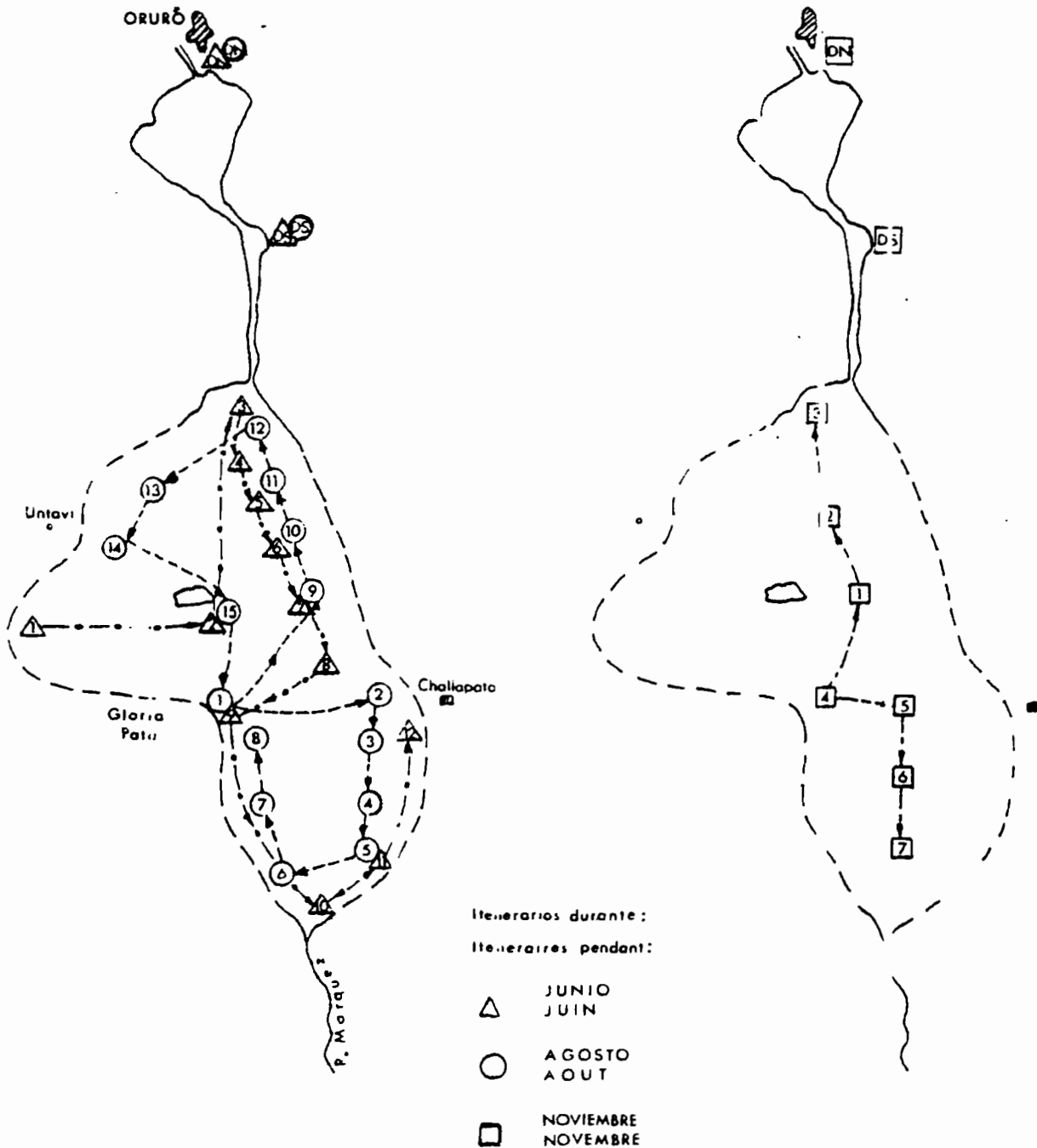
L A G O

URU-URU, POOPO

L A C S

ESCALA APROX.

ECHELLI APROX. 1:1.000.000



F. Risacher, J. Miranda, Lithium et potassium dans les boratares
L. Carlos de Rio Grande, Rapport UMSA-ORSTOM -
Septembre 1976.

F. Risacher Rapport préliminaire sur les études
réalisées dans quelques salars de l'Al-
tiplano méridional bolivien - Rapport
UMSA-ORSTOM - Octobre 1976.

c) Limnologie des lacs Titicaca et Poopó.

Motivation.

Dans le domaine scientifique général, le système lacustre Titi-
caca-Poopó, qui s'étend sur plus de 10.000km², offre de nombreux
centres d'intérêt:

- Il constitue un modèle endoréique de sédimentation en zone
orogénique en eaux profondes (Titicaca) ou peu profondes (Poo-
pó), au pied de reliefs montagneux. La morphologie de ses rives
et de ses fonds peut être reliée aux déformations tectoniques
récentes.
- La biologie de ce système peut être étudiée en relation avec
les conditions très particulières d'altitude (3700 - 3800 M).
- Une étude comparée des lacs Titicaca et Poopó avec d'autres
lacs situés dans un contexte géologique et topographique très
différent permettra de mieux comprendre certains mécanismes lim-
nologiques généraux.
- Sur le plan des applications, les études hydrochimiques liées
aux données hydrologiques permettront d'évaluer les risques
de pollution.

Exécution.

Le tableau II donne le nombre de jours de mission sur l'eau ou
sur terre; le tableau III, le nombre d'analyses effectuées en
1976. La fig.3 permet de suivre les itinéraires réalisés sur le
lac Titicaca et la fig.4 ceux réalisés sur le lac Poopó.

Responsables.

B. Boulangé	(Sédimentologie)
L. A. Rodrigo	(Sédimentologie)
J.P. Carmouze	(Limnologie générale et Hydrochimie)

///

C. Arze	(Hidroquímica).
Y. Miranda.	(Hidroquímica).
J. Miranda.	(Hidroquímica).

Resultados.

Los trabajos realizados en el conjunto de los sistemas lacustres en 1976, consistieron en un reconocimiento general de la naturaleza de los fondos (excepto aquellos que están por debajo de los 100 m. de profundidad) y de la composición química de las aguas. Por otra parte, los principales afluentes de estos sistemas lacustres fueron también estudiados desde el punto de vista hidroquímico.

Las observaciones batimétricas (junto con los datos proporcionados por el Servicio de Hidrografía Naval) permitieron evidenciar: a) que las depresiones más profundas del lago Titicaca están limitadas por lo menos en sus borde Norte y Noroeste, por fallas y b) ciertos fondos poco profundos se individualizaron durante los períodos de desecación parcial (placis de erosión que se encuentran en general por debajo de los depósitos lacustres).

Las observaciones sedimentológicas pusieron en evidencia el rol determinante de la sedimentación calcárea biogénica y de la sedimentación de materia orgánica, estando los depósitos detríticos confinados a los bordes del lago Titicaca. Los testigos obtenidos en el lago Poopó muestran una sucesión reciente de períodos de desecación cuyos estudios detallados y sus dataciones permitirán reconstruir las variaciones paleohidrológicas y paleoclimáticas de los últimos siglos.

Las observaciones hidroquímicas pusieron en evidencia que el lago Titicaca es muy homogéneo en cuanto a su composición química y presenta un contenido medio de sustancias disueltas de 1,2 g/l. La cantidad de sílice es débil debido probablemente a la fijación de la misma por las diatomeas y esponjas. Por otra parte, el lago Poopó, mucho más salado, muestra un aumento de salinidad de Norte a Sur.

En general la facies hidroquímica en ambos lagos se caracteriza por el predominio del Cloruro de Sodio.

La interpretación de estos análisis permite evaluar la renovación anual de cada sustancia disuelta en el medio lacustre, las mismas que pueden desaparecer por sedimentación, fijación biológica y por eliminación por los desagues.

C. Arce	(Hydrochimie).
Y. Miranda	(Hydrochimie).
J. Miranda	(Hydrochimie).

Résultats.

Les missions faites sur l'ensemble des systèmes lacustres en 1976 ont permis d'effectuer une reconnaissance générale de la nature des fonds (sauf ceux se situant à plus de 100 m de profondeur) et de la composition chimique des eaux. Les eaux des principales rivières affluents ont également été étudiées.

Les observations bathymétriques (associées aux données précises qui ont été fournies par le Service d'Hydrographie Navale) ont dégagé deux données importantes: les cuvettes les plus profondes du lac Titicaca sont limitées au moins sur leurs bordures Nord ou Nord-Est par failles, certains fonds plats peu profonds se sont individualisés pendant des périodes d'assèchement partiel (glacis d'érosion enrayé sous des dépôts lacustres).

Les observations sédimentologiques font apparaître le rôle déterminant de la sédimentation calcaire biogénique et de la sédimentation des matières organiques. Les dépôts détritiques sont limités aux seules bordures du lac Titicaca. Les carottes prélevées dans le lac Poopó montrent une succession récente de périodes d'assèchement dont la datation et l'étude détaillée permettra de reconstituer les variations paléohydrologiques et paléoclimatiques des derniers siècles.

Les observations hydrochimiques concernent la salinité globale et la composition chimique des eaux. Le lac Titicaca, se révèle assez homogène et il présente une teneur moyenne en substances dissoutes de 1,2 g/l. Le lac Poopó, beaucoup plus salé, montre une forte augmentation de la salinité du Nord au Sud.

Le faciès hydrochimique global est caractérisé par la prédominance du chlorure de sodium. Les teneurs en silice sont très faibles, cette substance étant vraisemblablement fixée par les diatomées et les éponges.

L'interprétation des analyses permet d'évaluer le renouvellement annuel de chacune des substances dissoutes dans les milieux lacustres, ces substances pouvant disparaître par sédimentation, fixation biochimique et par élimination dans les exutoires.

El conjunto de estos resultados constituyen una información de base que permite ahora, alertar sobre los riesgos de contaminación. Se ha demostrado que en el lago Titicaca las aguas permanecen 60 a 65 años antes de ser evacuadas. Si se presentara una contaminación importante, esta desaparecería muy lentamente, en varios siglos, lo cual demuestra fragilidad de este medio. El fenómeno se presentará evidentemente de manera distinta según la naturaleza de las sustancias contaminantes; los estudios que se realizan darán datos más precisos sobre este aspecto en 1977.

Un aspecto particular sobre la contaminación del lago Titicaca, se inició en 1976, con el análisis de muestras de los desagues provenientes de la Mina Matilde en el puerto de Chaguaya.

Por otra parte, es necesario resaltar que los resultados obtenidos serán inmediatamente utilizados por las investigaciones biológicas y ecológicas que pueden ahora intervenir.

Definición del programa de Biología.

Un experto en Ictiología de OPSTOM, efectuó una visita de un mes a Bolivia. El objeto de su misión era el de tomar contacto con diferentes organismos interesados en la ejecución de un estudio de los peces de los lagos Titicaca y Poopó. Efectuó varios viajes de campo a ambos lagos y sus conclusiones están señaladas en su informe respectivo. Este experto ha efectuado por otra parte, una corta estadía en Tarija a fin de analizar las posibilidades de estudio de los peces del Pío Pilcomayo.

Publicaciones e informes.

B. Boulardé, L.A. Rodrigo.	Primeros resultados limnológicos del lago Titicaca (lago Huñaimarca). Primer Congreso Nacional de Geología Abril, 1976 (en prensa).
L. A. Rodrigo.	Reconocimiento general del lago Titicaca (Informe interno UMSA-ORSTOM) Octubre, 1976. (en prensa U.N.T.A. Puno).
L. Lauzanne.	Informe sobre una misión efectuada en Bolivia del 13 de noviembre al 21 de diciembre de 1976.

////

CUADRO III
TABLEAU III

TRABAJOS DE LABORATORIO
TRAVAUX DE LABORATOIRE.

Tipo Nature	Nº de muestras analizadas Nº d'échantillons analysés	Nº de medidas realizadas Nº de mesures réalisées.
Micropaleontología Micropatléontologie	45	45
Anal. Rayos X Anal. Rayons X	24 (ORSTOM) 10 (UMTF) 50 (Strasbourg) 84	84
Anal. de aguas Anal. des eaux	280 (UMSA, IIQ)	3000
Lam. delgados Lam. minces	40 (UMSA)	
Dataciones C^{14} Datations K/Ar	20 (Lab.Géol.Dyn.Paris)	
Géochimicos Géochimiques	30 (ORSTOM)	240
Otros (pH, eH, CO_3 Ca, Mat. Org.) Autres	170 (ORSTOM - UMSA)	

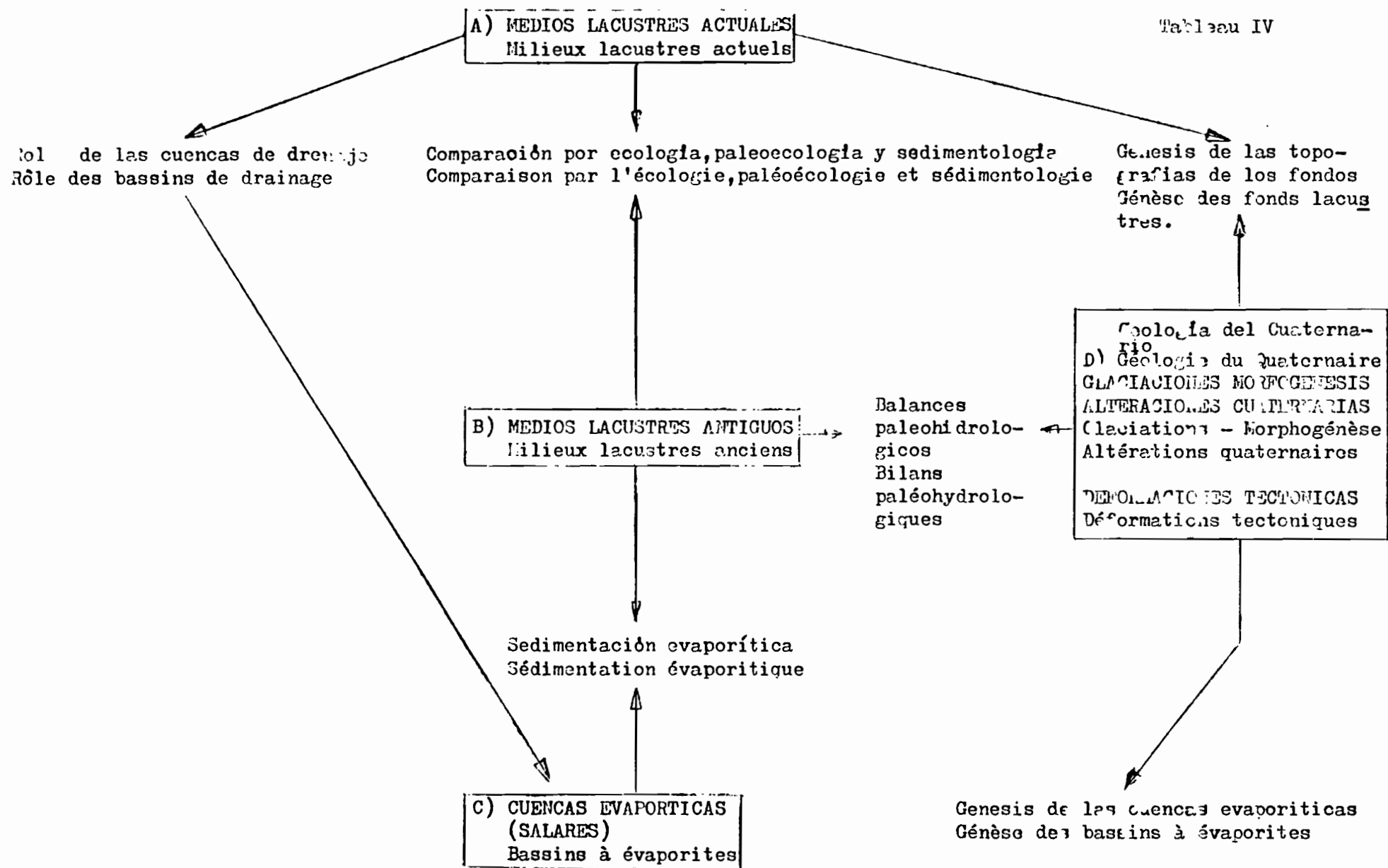


Fig.5 Esquema de las relaciones entre los programas
Relations schématiques entre les programmes.

L'ensemble de ces résultats constitue une bonne base qui permet maintenant d'aborder les risques de pollution. Il est démontré que les eaux séjournent 60 à 65 ans dans le lac Titicaca avant d'être évacuées. Cela souligne la fragilité du milieu aquatique: s'il y avait pollution celle-ci ne pourrait disparaître que très lentement (plusieurs siècles). Le phénomène se présente évidemment de manière différente suivant la nature des substances polluantes: les études en cours dégageront des données plus précises dans le courant de l'année 1977.

Un aspect particulier de la pollution du lac Titicaca sera étudié en 1977, grâce à l'analyse d'échantillons d'eau pris dans les embouchures des rivières provenant de la Mine Matilde et plus spécialement dans le port de Chiguaya.

Il faut par ailleurs souligner que les résultats obtenus seront immédiatement utilisés par les recherches biologiques et écologiques qui peuvent maintenant intervenir.

Définitions du programme biologique.

Un expert en ichtyologie de l'ORSTOM a effectué un séjour d'un mois en Bolivie. L'objectif de sa mission était de prendre contact avec les différents organismes intéressés par la mise en route d'une étude des poissons du Titicaca et Poopó. Il a effectué plusieurs tournées sur le terrain. Ses conclusions sont exposées dans un rapport. Cet expert a par ailleurs, effectué une courte mission à Tarija pour examiner les possibilités d'étude du Rio Pilcomayo.

Publications et rapports.

B. Boulangé, L. A. Rodrigo. Primeros resultados limnológicos del lago Titicaca (lago Huifaimarica). Ier. Congreso Nacional de Geología, Potosí, Bolivia - Avril 1976 (sous presse).

L. A. Rodrigo. Reconocimiento general del lago Titicaca (informe interno UMSA-ORSTOM) - Octubre 1976. (sous presse U.N.T.A. Puno).

L. Lauzanne. Rapport sur une mission effectuée en Bolivie du 13 Novembre au 21 Décembre 1976.

///

d) Relaciones interprogramas.

El Convenio UMSA-ORSTOM, organiza periódicamente reuniones que agrupan al conjunto de sus investigadores. Estas reuniones tienen por objeto estrechar las relaciones existentes entre los tres programas ya que ellos no han sido concebidos de manera independiente. La fig. 5, muestra que numerosas conexiones existen y que los resultados obtenidos por unos pueden ser utilizados por otros: así por ejemplo: el estudio de las cuencas evaporíticas (y sus yacimientos útiles), no pueden ser concebidos sin el conocimiento de los grandes lagos cuaternarios; los trabajos hidroquímicos permiten definir los medios donde se desarrollaron las diatomas en los lagos antiguos; la geología del cuaternario hace posible una mejor comprensión de la génesis del lago Titicaca; la evolución de la sedimentación reciente en el Poopó ayudará a entender la secuencia de precipitación de las sales de las cuencas evaporíticas etc.

IV.- ACTIVIDADES DOCENTES.

a) Preparación de Tesis y Seminarios.

M. Mancilla.	Geología del Cuaternario de la Cuenca de Sacaba.
F. Ortuño.	Barometría de la región de Huarina.
L. Carlo.	Geoquímica de las evaporitas.
C. Vargas.	Sedimentología del lago Puiñamarca.

b) Conferencias.

Bruno Boulard.	Alteraciones en zona tropical. Aplicación al estudio de la génesis de las bauxitas.
J. P. Carmouze	Principios de hidroquímica lacustre.
M. Servant.	El Cuaternario del Altiplano y sus relaciones con las glaciaciones de la Cordillera Real.

c) Cursos de Post-Grado.

Curso práctico de geología del Cuaternario (22 al 27 de Noviembre de 1976).

d) Relations inter-programmes.

L'Unité UMSA-ORSTOM organise périodiquement des réunions qui regroupent l'ensemble de ses chercheurs. Ces réunions ont pour but de dégager les relations existant entre les trois programmes. Ces derniers en effet ne sont pas conçus de manière indépendante. La figure 5. montre que des connections nombreuses existent et que les résultats obtenus par les uns peuvent être utilisés par les autres. Par exemple: l'étude des bassins à évaporites (et de leurs gisements utiles) ne peut pas se concevoir sans la connaissance des grands lacs quaternaires. Les travaux hydrochimiques permettent de définir les milieux où vivaient les diatomées des anciens lacs: la Géologie du Quaternaire permet de comprendre la genèse du lac Titicaca, l'évolution de la sédimentation récente dans le Poopó aidera à comprendre les séquences des salars, etc.

IV.- ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT

a) Préparation de thèses.

W. Mancilla	Géologie du Quaternaire du bassin de Sacaba.
F. Ortuño	Magnétométrie de la région de Huarina.
L. Carlo	Géochimie des évaporites.
Os. Vargas	Sédimentologie du lac Hujñaimarca.

b) Conférences.

B. Boulangé	Alteraciones en zona tropical. Aplicación al estudio de la genesis de las bauxitas.
J. P. Carmouze	Principes d'hydrochimie lacustre.
M. Servant	Le Quaternaire de l'Altiplano et ses relations avec les glaciations de la Cordillère Royale.

c) Cours de "post-grado".

Cours pratiques de géologie du Quaternaire (du 22 au 27 Novembre 1976).

///

El curso consistió en excursión de campo seguidas de clases teóricas. Los principales temas abordados fueron los siguientes: Cronología de las Glaciaciones; formas y depósitos lacustres. El curso concluyó con una exposición global sobre la Geología del Cuaternario en medio continental y oceánico.

Un curso de microtectónica está programado para el mes de enero de 1977. Es necesario por otra parte señalar que el personal boliviano dictó cursos regulares en sus distintos departamentos (5 a 8 hs. por semana).

V.- OTRAS ACTIVIDADES.

Durante 1976, el personal boliviano participó en diversas reuniones geológicas nacionales e internacionales.

- Primer Congreso Nacional de Geología (Potosí, Abril, 1976).
- Primer Congreso Geológico Chileno (Santiago, Agosto 1976).
- Reunión de los grupos de trabajo del PICG (UNESCO) correspondientes a los programas del Paleozoico Superior y Magmatismo de los Andes (Santiago, agosto).
- Tercera reunión del programa de Correlación del Paleozoico Inferior, PICG-UNESCO (Tarija, Octubre).
- Primer seminario de Ciencias y Tecnología (La Paz, Agosto).
- Seminario Nacional Universitario de Ciencia y Tecnología (La Paz, - Noviembre).

a) Publicaciones e informes.

A. Castaños y L. F. Rodrigo	Interpretación Sedimentológica y de Poca Madre de los afloramientos devónicos presentes en la carretera Cochabamba-Santa Cruz, Provincia Florida, Santa Cruz. Primer Congreso Nacional de Geología (Potosí, abril 1976).
L. F. Rodrigo.	Informe de asistencia al Primer Congreso Geológico Chileno.

Ce cours était axé sur des excursions sur le terrain suivies de séminaires. Les principaux thèmes abordés ont été les suivants: Chronologie des glaciations, formes et dépôts glaciaires, surfaces d'érosion, phases d'altération, dépôts lacustres. Le cours a été cloturé par un exposé global sur la Géologie du Quaternaire en milieu continental et océanique.

Un cours de microtectonique est programmé pour le mois de Janvier 1977. Il faut par ailleurs souligner que le personnel bolivien dicte les cours réguliers dans les différents départements (5 à 8 heures par semaine).

V.- AUTRES ACTIVITES.

Au cours de l'année 1976, le personnel bolivien a participé à diverses réunions géologiques nationales et internationales:

- Premier Congrès National de Géologie (Potosí - Avril 1975).
- Premier Congrès Géologique Chilien (Santiago - Août 1976).
- Réunion des Groupes de Travail du PICG (UNESCO) correspondant aux programmes du Paléozoïque supérieur et au Magmatisme des Andes (Santiago - Août 1975).
- Troisième Réunion du Programme de Corrélation du Paléozoïque inférieur - PICG - UNESCO (Tarija - Octobre 1976).
- Premier Séminaire des Sciences et Technologie (La Paz - Août 1976).
- Séminaire National Universitaire des Sciences et Technologie (La Paz - Septembre 1976).

a) Publications et rapports.

A. Castaños, L. A. Rodrigo Interpretación Sedimentológica y de Roca Madre de los afloramientos devónicos presentes en la carretera Cochabamba-Santa Cruz. Primer Congreso Nacional de Geología (Potosí - Abril 1976).

L. A. Rodrigo Informe de asistencia al Primer Congreso Geológico Chileno.

- L. A. Rodrigo. Informe sobre la reunión del Paleozoico Inferior realizada en Tarija.
- L. A. Rodrigo. Informe resumido de las actividades del Convenio IUSA-OPSTOM, Noviembre, 1976.
- L. A. Rodrigo y A. Castaños. Sinopsis estratigráfica de Bolivia (libro en preparación).

VI.- PROYECTOS PARA EL AÑO 1977.

Geología del Cuaternario.

- Los estudios neotectónicos comenzado en 1976, serán más desarrollados en el altiplano y estarán asociados a un análisis estratigráfico de la zona oriental de Linez que no ha sido aún encarado.
- En la medida de las posibilidades se ha previsto realizar una sección de Cuaternario en la Cordillera Oriental en la región de Santa Cruz, es decir, en la vertiente amazónica.
- Se han tomado los contactos necesarios para iniciar estudios paleontológicos.
- Otras investigaciones serán realizadas en cuencas intracordilleras (Tarija, San Isidro, Cochabamba).

Geología de Evaporitas.

- Los reconocimientos efectuados en 1976, serán realizados a detalle e incluirán análisis de las aguas de las cuencas de drenaje.
- Ciertos salares aún no estudiados y con posible interés económico (Carbonato de Sodio) serán estudiados en 1977, conjuntamente con COFADENA.

Uno de los responsables del programa de Geología de Evaporitas (F. Pisacher), efectuarán a comienzos del año, un curso de dos meses en el laboratorio de INPA de Versailles, para proseguir con sus análisis e interpretaciones.

L. A. Rodrigo	Informe sobre la reunión del Paleozoico Inferior realizada en Tarija.
L.A. Rodrigo	Informe resumido de las actividades del Convenio UMSA-ORSTOM - Noviembre 1976.
L. A. Rodrigo et A. Castaños	Sinopsis estratigráfica de Bolivia (livre en préparation).

VI.- PROJETS POUR L'ANNEE 1977.

Les différents programmes se poursuivent en fonction des résultats dégagés en 1976.

Géologie du Quaternaire.

- les études néotectoniques commencées en 1976 seront largement développées dans l'Altiplano et associées à une analyse stratigraphique du Lipez oriental qui n'a pas encore été abordé.
- Dans la mesure du possible, il est prévu de réaliser une coupe du Quaternaire de la Cordillère Orientale à Santa Cruz (c'est-à-dire sur le versant amazonien).
- Des contacts sont en cours pour faire intervenir des études palynologiques.
- Les recherches sur le Quaternaire seront étendues aux bassins intra-cordillérains (Tarija - San Isidro - Cochabamba).

Géologie des Evaporites.

- Les reconnaissances effectuées en 1976 seront approfondies en incluant une analyse détaillée des eaux des bassins versants.
- Certains salars, encore non étudiés, et d'un intérêt économique possible (carbonates de sodium) seront abordés en 1977 en liaison avec COFADENA.

L'un des responsables du programme salar (Risacher) effectuera en début d'année un stage de deux mois au Laboratoire de l'INRA de Versailles (Prof. Pedro) pour poursuivre les analyses et leur interprétation.

///

Limnología de los lagos Titicaca y Poopó.

Continuará el estudio hidroquímico en relación con la geoquímica de los sedimentos para completar las observaciones en un ciclo hidrológico completo (1976-1977); además se estudiará a detalle los problemas de contaminación en el lago Titicaca.

Las observaciones sedimentológicas estarán orientadas hacia el reconocimiento de las zonas profundas del lago Titicaca de los sedimentos aportados por la cuenca de drenaje y a las alteraciones presentes en estas últimas; además se realizará un análisis detallado de los sedimentos recientes del lago Poopó.

Por último y en función de los programas que se analizan entre la UMISA y la OPSTOM, en el transcurso de 1977 se iniciarán los estudios hidrobiológicos, que serán coordinados con el Departamento de Biología con la Universidad de Puno-Perú, de acuerdo al convenio firmado entre ambas universidades.

La Paz, Diciembre de 1976.

/br.

Limnologie des lacs Titicaca et Poopó.

L'étude hydrochimique en relation avec la Géochimie des sédiments, sera poursuivie pour avoir une vue complète à l'échelle d'un cycle hydrologique (1976-1977); en outre, seront étudiés en détail les problèmes de pollution du lac Titicaca.

Les observations sédimentologiques seront orientées vers la reconnaissance des zones profondes du Titicaca, l'étude des sédiments venant du bassin drainant et les altérations de celui-ci et vers l'analyse détaillée des sédiments récents du Poopó.

Enfin, et en fonction des contacts en cours entre l'Université et l'ORSTOM, l'année 1977 devrait être marquée par l'intervention des études hydrobiologiques. Ces études seront coordonnées avec les programmes péruviens dans le cadre de la convention signée avec l'Université de Puno.

La Paz, Décembre 1976.

/lh.

MISSION ORSTOM
en Bolivie

R A P P O R T D' A C T I V I T E S (1978)

I. PARTIE SCIENTIFIQUE

INTRODUCTION GENERALE

L'année 1978 a été, pour la mission ORSTOM en Bolivie, une année charnière caractérisée d'un côté par un premier bilan des recherches entreprises progressivement depuis 1974 (ce qui s'est traduit par une vingtaine de publications) et de l'autre par une extension des activités aux domaines hydrobiologiques et pédologiques. Il nous a donc paru nécessaire de rendre compte de cette évolution en remplaçant l'année 1978 dans le contexte des quatre dernières années.

La transition qui devait normalement conduire à une réorientation des activités de recherches et de coopération que nous développons conjointement avec deux Universités boliviennes, n'a pas pu être conduite à son terme dès 1978 : les difficultés budgétaires et les profonds changements qui sont en cours du côté de nos partenaires n'ont pas permis d'inscrire complètement, dans les faits, les conceptions générales et le plan d'action à long terme qui guident l'intervention de l'Office en Bolivie. Cela devrait être fait impérativement dans le courant du premier semestre 1979.

Les activités de recherches sont organisées actuellement autour de deux programmes pluridisciplinaires : le premier est consacré aux formations superficielles (ce qui permet d'aborder les problèmes relatifs à l'évolution récente des Andes), le second est axé sur l'étude hydrobiologique des lacs des hauts plateaux andins.

PROGRAMME A

LES FORMATIONS SUPERFICIELLES DES ANDES BOLIVIENNES

(Erospection des substances utiles et mécanismes
de leurs concentrations; migrations de matière;
évolution climatique et tectonique récente)

INTRODUCTION

Ce programme est consacré à l'étude des formations récentes, c'est-à-dire à l'étude des dépôts, des sols et des formes du relief qui se sont individualisés au cours des derniers millions d'années (Plio-Pléistocène, Holocène, Actuel). Il répond à un besoin évident qui a suscité les demandes boliviennes pour une intervention de l'ORSTOM : l'examen des formations géologiques récentes et des mécanismes qui ont permis leur individualisation a été longtemps négligé en Bolivie au profit des études géologiques classiques (minéralisations, gisements d'hydrocarbures). Ces formations n'en présentent pas moins un intérêt régional très important. Pour s'en convaincre, il suffit de rappeler qu'elles supportent la plupart des sols cultivés; de plus elles renferment l'essentiel des réserves en eaux souterraines des régions sèches ou arides; elles sont susceptibles de présenter un grand intérêt économique sur le plan de la géologie minière (gisements alluviaux, concentrations géochimiques); la plupart des villes boliviennes sont construites sur des sites plio-quaternaires, etc... Par ailleurs, et sur un plan général, on sait que les formations récentes ont enregistré l'histoire tectonique et paléoclimatique des Andes. Leur étude permet donc d'aborder quelques-uns des grands thèmes de l'actualité en géodynamique : variations climatiques, évolution d'une cordillère à l'aplomb d'une zone de subduction, migration des matières.

Le fait que peu de travaux aient été consacrés aux formations récentes en Bolivie, s'explique par l'originalité des méthodes qui doivent être employées. En premier lieu, il apparaît que les résultats pratiques à court terme ne sauraient être dégagés sans le guide d'une recherche à caractère fondamental. En second lieu, de tels travaux doivent être exécutés par une équipe pluridisciplinaire qui ne pouvait pas être constituée sur le plan bolivien sans un appui extérieur.

Ces considérations définissent les objectifs généraux du programme :

- 1) Dégager les informations de base susceptibles d'être utilisées par tous les projets d'aménagement ou de développement.
- 2) Exploiter scientifiquement ces données de base pour résoudre les problèmes généraux relatifs aux migrations des matières, à l'évolution climatique et à l'évolution tectonique.
- 3) Exploiter aussi ces informations pour dégager des applications immédiates (par exemple dans le domaine de la géologie minière).

Compte tenu de la grande extension des formations récentes en Bolivie et de la complexité des problèmes qui leur sont liés, des choix se sont révélés nécessaires dans la première étape du programme :

- Les recherches sont focalisées sur les hauts plateaux andins et sur un bassin intramontagneux (Cochabamba).

- Elles sont, pour le moment, centrées sur les zones d'accumulation sédimentaire (bassins lacustres actuels ou quaternaires).

Les perspectives de développement du programme apparaissent ainsi clairement et elles se définissent à partir des lacunes actuelles. Une extension géographique est envisageable (par exemple aux piedmonts amazoniens des Andes). De même, il sera certainement souhaitable d'aborder l'étude des bassins versants. Ce sont d'ailleurs ces perspectives qui ont suscité quelques premières recherches de reconnaissance vers la partie haute des bassins ou vers les territoires amazoniens.

Pour le moment, les activités en cours s'organisent autour de quatre thèmes principaux :

- 1) Classification des formations superficielles. Il s'agit-là d'une recherche essentiellement géologique, géomorphologique et pédologique qui a pour but de dresser un inventaire des dépôts, des formes du relief et des sols.
- 2) Le couple érosion/sédimentation. Compte tenu des bases établies avec le premier thème, le but est de dégager les mécanismes qui interviennent dans la mise en place des sédiments (et de toutes les substances utiles qui leur sont associées).

- 3) Climats et variations climatiques. L'objectif général est de comprendre, en se référant aux conditions climatiques actuelles, les mécanismes qui sont intervenus dans les changements des paléo-environnements.
- 4) Evolution d'une Cordillère à l'aplomb d'une zone de subduction. Il s'agit ici de comprendre la mise en place d'un relief montagneux et d'en définir, si possible, l'évolution dynamique par l'analyse de toutes les contraintes tectoniques.

Au niveau de l'exécution, et compte tenu de l'interdépendance de ces différents thèmes, chaque chercheur, français ou bolivien, se trouve nécessairement impliqué par plusieurs de ces grands axes de recherches. D'où la notion d'équipe pluridisciplinaire et de responsabilité collective qui élimine, en grande partie, les travaux purement individuels.

THEME 1. CLASSIFICATION DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

A. PRESENTATION DES RECHERCHES

Les recherches se situent, ici, essentiellement au niveau d'un inventaire. Celui-ci intéresse les formations superficielles des derniers millions d'années (Plio-Quaternaire) : les méthodes employées relèvent de l'analyse géologique et géomorphologique classique. Elles sont appliquées depuis 1974 à l'étude des formes du relief, des dépôts glaciaires, fluvio-glaciaires et lacustres des hauts plateaux andins, quelques reconnaissances ayant été aussi effectuées en Amazonie. Ces recherches sont principalement effectuées dans le cadre de la Convention UMSA-ORSTOM.

L'inventaire des sols s'effectue dans un cadre administratif différent : celui de la Convention ORSTOM-ERTS-UMSS, signée en 1978. Nous le traiterons de manière séparée.

La classification des formations superficielles constitue une donnée de base commune à l'ensemble du programme. C'est la raison pour laquelle elle est intervenue en priorité dans la mise en place des recherches.

B. DOMAINES D'ACTIVITES

1. Dépôts et formes de reliefs

Les recherches, centrées sur les hauts plateaux, ont pour objectif d'établir une chronologie relative (et éventuellement absolue) des dépôts et des formes du relief. D'abord situées au niveau d'une reconnaissance de l'ensemble de l'unité géographique considérée (1974-1977), ces recherches se sont focalisées en 1978 sur les piedmonts glaciaires des Andes orientales.

Par ailleurs, une reconnaissance a été effectuée sur une partie du territoire amazonien (surfaces d'aplanissement).

Résultats : - Chronologie des dépôts lacustres (1974-1976).

- Chronologie des dépôts fluvio-glaciaires et des formes du relief (1976-1978).

- Chronologie des surfaces d'aplanissement dans un secteur amazonien.

2. Etude des sols

Cette étude, encore dans sa phase d'organisation puisqu'elle a été entreprise seulement en septembre 1978, est actuellement focalisée sur le bassin de Cochabamba (Andes Orientales). Son objectif est de tester les méthodes de télédétection par une description sur le terrain des sols ou des formes et des dépôts sur lesquels s'effectue la pédogenèse.

Résultats : - Première reconnaissance des sols de Cochabamba.

N.B. : Parallèlement à ces recherches d'inventaire, une analyse des processus de salinisation est envisagée en raison de ses incidences pratiques. Cette analyse rejoint largement le thème 2 et elle se situe dans une position proche des travaux sur les évaporites.

C. CONDITIONS D'EXECUTION

1. Pour les dépôts et les formes quaternaires : Convention UMSA-ORSTOM.

Personnel ORSTOM : 2 géologues (M. Servant, B. Boulangé), 1 néotectonicien (A. Lavenue).

Personnel bolivien : 1 assistant (J. Argollo) et deux autres assistants depuis fin 78 (G. Fernandez, M. Blanco).

2. Pour la pédologie : Convention UMSS-~~ERTS~~-ORSTOM.

Personnel ORSTOM : 1 pédologue (M. Rieu).

Personnel bolivien : 2 pédologues (à mi-temps) et 2 techniciens.

D. PUBLICATIONS

SERVANT (M.).-1977-. La cadre stratigraphique du Plio-Quaternaire des hauts plateaux andins en Bolivie.

BOULANGE (B.) et LETHERLAND (M.).-1978-. Surfaces d'aplanissement en zone amazonienne de Bolivie. Cah. ORSTOM, sér. géol., vol. X, n° 1, pp. 145-151.

CLOCCHIATI (B.), LE RIBAUT (L.) et RODRIGO (L.A.).-1978-. Endoscopie et exoscopie des grains de quartz des formations du Pliocène et du Quaternaire de La Paz, Bolivie. Cah. ORSTOM, sér. géol., vol. X, n° 1, pp. 127-143.

BALLIVIAN (O.), BLES (J.L.), SERVANT (M.).-1978-. Le Plio-Quaternaire de la région de La Paz (Andes Orientales, Bolivie). Cah. ORSTOM, sér. géol., vol. X, n° 1, pp. 101-113.

E. PERSPECTIVES

A court terme :

- démarrage probable des études pédologiques sur les hauts plateaux.

F. SOUTIENS EXTERIEURS

- Laboratoire de Géodynamique (Université de Paris VI), J-Ch. Fontes.
- Institut de Géologie (Université de Strasbourg), M. Bonhomme.
- Laboratoire de Géologie (Université de Nice), M. Bernat.
- Département de Paléontologie du Service Géologique Bolivien (C. Villarroel).
- Laboratoires Centraux de l'ORSTOM.

THEME 2. LE COUPLE EROSION/SEDIMENTATION

A. PRESENTATION DES RECHERCHES

Ce thème de travail est focalisé sur les hauts plateaux andins. Son objectif général se situe sur deux plans :

- Analyse des transports de matière sous forme détritique et soluble et mécanismes de sédimentation dans les bassins actuels, ce qui implique d'associer les études hydro-chimiques, biologiques et sédimentologiques dans la connaissance préalable du contexte morphologique (formes des bassins, volume d'eau) et climatique.

- Transposition des études faites sur l'Actuel aux échelles géologiques des périodes récentes avec prise en compte, au niveau de l'interprétation, des facteurs paléoclimatiques (thème 3) et tectoniques (thème 4).

L'intérêt de ce thème de recherche réside :

- dans un contexte géographique particulier : les hauts plateaux andins sont dépourvus d'exutoires vers l'océan, ce qui signifie que tous les produits d'érosion et d'altération se déposent en se réorganisant dans le fond des dépressions;
- dans le fait que des mécanismes naturels interviennent au cours de la migration et des dépôts des matières pour assurer une concentration naturelle de substances économiquement utiles.

B. DOMAINES D'ACTIVITES

1.1. Bassins versants

Bien que le programme ne comporte pas, pour le moment, une étude complète des bassins versants, il a été effectué un rassemblement de toutes les données disponibles dans les services boliviens et péruviens. Ces données, plus ou moins complètes, concernent la géologie, l'hydrobiologie et la climatologie.

Résultats : - Carte morphologique des bassins.
- Croquis géologique synthétique.
- Carte de pluviosité.

1.2. Morphométrie et bathymétrie

Résultats : - Cartes bathymétriques des lacs Titicaca et Poopó.
- Courbes de volume et surface des eaux en fonction de la profondeur (lacs Titicaca et Poopó).

1.3. Hydrochimie

Les recherches hydrochimiques ont pour premier objectif de déterminer la qualité chimique des eaux (ce qui constitue une donnée de base pour l'utilisation de ces eaux dans les projets d'irrigation). Le second objectif, plus général, est d'évaluer les facteurs qui contrôlent la régulation de cette composition chimique (facteurs climatiques et hydrologiques, facteurs biogéochimiques). Ces recherches peuvent déboucher sur une prévision dans l'évolution du milieu lacustre lorsque certains facteurs sont modifiés.

Résultats : - Evaluation du bilan hydrologique des lacs Titicaca et Poopó.
- Evaluation de la teneur en éléments dissous (teneur globale et teneur en chaque élément et interprétation dynamique en fonction du contexte hydroclimatique et sédimentologique).

1.4. Rôle des organismes

Les organismes lacustres, notamment les algues et les macrophytes, participent activement à la fixation des éléments dissous (notamment du carbonate de calcium). Cet aspect du problème est abordé depuis octobre 1978 dans le cadre du programme d'hydrobiologie (Programme B).

Les algues siliceuses (diatomées) sont étudiées pour l'intérêt qu'elles présentent, pour la définition des milieux et pour l'identification de certains mécanismes sédimentaires.

Résultats : - Cartographie de la végétation lacustre dans une partie du lac Titicaca (environ 400 km²).
- Inventaire de la flore diatomique du lac Poopó.

1.5. Sédiments

Les études sédimentologiques ont eu pour premier objectif de dresser un inventaire et une cartographie des dépôts superficiels du fond des lacs Titicaca et Poopó, ces dépôts étant classés en différents types.

Résultats : - Carte de répartition des carbonates, de la matière organique et des sulfates.

- Triangle de définition des faciès et carte de répartition.

2. Les lacs et les bassins à évaporites du Sud bolivien (8.000 km² environ)

2.1. Les problèmes abordés

Les bassins du Sud de l'Altiplano sont actuellement situés sous un climat aride ou subaride de telle sorte que les nappes d'eau, soumises à une forte évaporation, y sont peu étendues et peu profondes. Le fond des dépressions est surtout occupé par des croûtes d'évaporites, issues en partie de l'assèchement des derniers grands lacs quaternaires. Toutefois, l'accumulation des sels se poursuit actuellement par évaporation des eaux souterraines proches de la surface du sol ou par évaporation des apports par le ruissellement ou les rivières.

Les problèmes abordés concernent, comme dans les milieux lacustres du Nord de l'Altiplano, les mécanismes intervenant dans l'évolution des eaux par évaporation et, corrélativement, dans le dépôt des différents sels. Mais ici il est nécessaire de prendre en compte les héritages du Quaternaire récent dans la mise en place des séquences évaporitiques. Ce qui conduit à rechercher, dans le détail, une bonne définition de l'histoire des bassins au cours des derniers millénaires (oscillations des plans d'eau, paléohydrochimie).

2.2. Les bassins versants

L'étude des bassins versants (où les roches volcaniques acides occupent de grandes étendues) doit constituer un volet important des recherches puisque les éléments qui se concentrent dans le fond des bassins sont issus de l'altération des formations géologiques situés en amont. Cet aspect du problème est toutefois encore peu abordé et devrait compter parmi les priorités des activités futures.

Résultats : - Une étude ponctuelle réalisée sur un petit bassin du Sud-Ouest bolivien est en cours. Les résultats seront disponibles en 1979.

2.3. Hydrochimie et sédimentologie

Les recherches hydrochimiques et sédimentologiques ont pour but de suivre, de l'amont vers l'aval, les mécanismes de concentration des sels dissous et les mécanismes corrélatifs de cristallisation. Ce sont des mécanismes qui sont à l'origine des concentrations de substances utiles (lithium, potassium, borates, etc...).

Résultats : - Mise en évidence de gisements de lithium et de potassium (1976).
- Aperçu général sur l'évolution des eaux et premières hypothèses thermodynamiques d'explication (1977).
- Essai de classification géochimique des salars (1978).
- Analyse détaillée du contexte hydrogéologique sur un exemple régional (1977).
- Mécanismes de certaines accumulations calcaires (1978).
- Evaluation des gisements de carbonates de sodium (1977).

2.4. Aspects historiques

La prise en compte des héritages quaternaires nécessite l'étude d'une tranche de terrain de 5 à 15 m d'épaisseur permettant de suivre l'évolution des derniers lacs quaternaires depuis leur individualisation jusqu'à leur assèchement plus ou moins complet.

Résultats : - Campagne de sondages dans le salar de Uyuni (en collaboration avec le Service Géologique des USA) (1978).
- Première reconnaissance de la flore diatomique, laquelle permet une définition des faciès paléo-hydrochimiques des anciennes nappes d'eau (1978).

3. Les anciens lacs quaternaires

Les nappes d'eau de l'Altiplano ont connu depuis 150.000 ans environ, trois périodes d'extension (leur superficie étant de 4 à 5 fois plus grande qu'actuellement).

L'étude des sédiments qui s'y sont déposés permet une transposition, à l'échelle géologique, des observations faites sur les milieux actuels ou subactuels.

Résultats : - Définition des faciès paléohydrochimiques par l'étude des diatomées (1977).

- Reconnaissance des minéraux argileux (1978).
- Croquis d'extension des anciens lacs (1977).

Ce thème de recherche, dont le développement nécessitait l'élaboration préalable du cadre stratigraphique, se développera au cours des prochaines années.

4. Les sédiments fluvio-glaciaires

Ces sédiments, situés au pied des chaînes montagneuses, sont étudiés principalement dans les Andes Orientales (Cordillère Royale). Leur intérêt pratique réside dans la présence d'indices d'or et d'étain (ces minéraux étant remaniés à partir des sites filoniens localisés en amont). L'objectif des recherches est donc de dégager une règle de prospection.

Ce type de travail se situe actuellement dans la phase préliminaire de l'inventaire stratigraphique (cf. thème 1). Il se développera en relation avec l'Institut de Géologie Appliquée de l'UMSA et peut-être avec l'appui de l'UNESCO (un projet a été présenté par l'UMSA auprès de cet organisme).

C. CONDITIONS D'EXECUTION

Le programme érosion/sédimentation est exécuté dans le cadre de la Convention UMSA/ORSTOM (avec la participation de la Convention UMSS-ERTS-ORSTOM en ce qui concerne le bassin intramontagneux de Cochabamba).

Personnel ORSTOM associé au programme : un hydrochimiste-limnologue (J.P. Carmouze), un géochimiste (F. Risacher), deux géologues (B. Boulangé, M. Servant), un micropaléontologiste (S. Servant), un biologiste (D. Collot).

Personnel bolivien de contre-partie : ce personnel, absorbé entre 10 et 60% par les tâches d'enseignement ou d'administration, comprend deux professeurs et quatre assistants du département de Géologie (L.A. Rodrigo, O. Ballivian, C. Vargas, M. Blanco,

G. Fernandez, J. Argollo), un professeur et deux assistants du département de Chimie (C. Arze, J. Quintanilla, M. Calliconde). S'y ajoutent des étudiants du département de Biologie de l'UMSA.

D. PUBLICATIONS

CARMOUZE (J.P.), ARZE (C.) et QUINTANILLA (J.).-1977-. La régulation des lacs Titicaca et Poopó. Cah. ORSTOM, sér. hydrobiol., vol. XI, n° 4, pp. 269-283.

CARMOUZE (J.P.), ARZE (C.) et QUINTANILLA (J.).-1978-. Circulación de materia (agua, sales disueltas) a través del sistema fluvio-lacustre del Altiplano. Cah. ORSTOM, sér. géol., vol. X, n° 1, pp. 42-68.

CARMOUZE (J.P.), ARZE (C.) et QUINTANILLA (J.).-1978-. Los movimientos verticales de las aguas en el Titicaca y sus consecuencias sobre la distribución de ciertos elementos disueltos. Revista Boliviana de Química, vol. 2, n° 1, pp. 43-55.

CARMOUZE (J.P.) et MIRANDA (J.).-1978-. Estudio de los factores de control de los carbonatos disueltos en las aguas del lago Titicaca. Proceso de precipitación de la calcita. Revista Boliviana de Química, vol. 2, n° 1, pp. 67-69.

RISACHER (F.).-1978-. Le cadre géochimique des bassins à évaporites des Andes Boliviennes. Cah. ORSTOM, sér. géol., vol. X, n° 1, pp. 37-46.

BOULANGE (B.), RODRIGO (L.A.) et VARGAS (C.).-1978-. Morphologie, formation et aspects sédimentologiques du lac Poopó (Bolivie). Cah. ORSTOM, sér. géol., vol. X, n° 1, pp. 69-78.

SERVANT-VILDARY (S.).-1978-. Les diatomées des sédiments superficiels d'un lac salé, chloruré, sulfaté sodique de l'Altiplano bolivien, le lac Poopó. Cah. ORSTOM, sér. géol., vol. X, n° 1, pp. 79-87.

RISACHER (F.).-1978-. Genèse d'une croûte de gypse dans un bassin de l'Altiplano bolivien. Cah. ORSTOM, sér. géol., vol. X, n° 1, pp. 91-100.

Rapports à diffusion limitée :

RISACHER (F.).-1976-. Indicios de interés económico de los salares del Sur Lipez.
Août 76.

RISACHER (F.) et MIRANDA (J.).- Litio et Potasio en las borateras del Rio Grande,
sept. 1976.

RISACHER (F.) et MIRANDA (J.).- High lithium and Boron concentrations in the evapo-
rite ponds of the Bolivian Altiplano.

E. PERSPECTIVES

Les recherches entreprises progressivement depuis 1975 commencent à dégager une vue d'ensemble sur les milieux de sédimentation. Compte tenu des moyens et du personnel disponibles, on peut prévoir qu'elles seront poursuivies en 1979-1980 sur les points suivants :

- Rôle des organismes (algues, macrophytes) dans la sédimentation lacustre actuelle.
- Inventaire plus détaillé de la flore diatomique actuelle et quaternaire.
- Recherche des mécanismes intervenant dans l'évolution des eaux par évaporation.
- Analyse d'un modèle quaternaire de sédimentation calcaire dans un contexte géologique volcanique.
- Analyse plus détaillée sur un ou deux exemples de l'évolution récente des bassins à évaporites.

Parallèlement, il serait souhaitable de développer l'exploitation des données scientifiques dans le but d'en dégager des applications pratiques à court terme :

- Une prospection géochimique plus complète peut être envisagée dans les salars (terres rares) si l'on trouve les appuis nécessaires sur le plan des analyses.
- De nombreuses analyses sont nécessaires pour la prospection de l'étain alluvial. Elles devraient être faites par l'Institut de Géologie Appliquée de l'UMSA récemment doté des équipements nécessaires par l'Université Libre de Berlin.
- Les notions relatives à la conservation des milieux lacustres actuels (risques de pollution) restent à préciser.

A plus long terme, une relance du programme mérite d'être étudiée dans les domaines suivants :

- Evolution des lacs au cours des derniers millénaires.
- Géochimie et sédimentologie de l'ensemble des bassins lacustres du Quaternaire récent.
- Analyse détaillée des bassins versants dans leurs aspects géologiques (altération, notamment des roches volcaniques), hydrologique et hydrogéologique.

La mise en oeuvre éventuelle de ces recherches pose de nombreux problèmes au niveau des moyens et du personnel. Ces problèmes sont actuellement en cours d'examen par nos partenaires boliviens qui devraient présenter des propositions concrètes au cours des prochains mois.

F. COLLABORATION AVEC D'AUTRES ORGANISMES

- Service Géologique Bolivien.
- Service Géologique des USA et Laboratoire de Géochimie de la John Hopkin's University.
- Institut de Géologie de Strasbourg.
- Laboratoires Centraux de l'ORSTOM.
- Laboratoires de Géochimie d'Orsay et de l'Université de Paris VI.
- Laboratoire des Sols de l'INRA.
- IMARPE du Pérou.

THEME 3. CLIMATS ET VARIATIONS CLIMATIQUES

A. PRESENTATION DES RECHERCHES

Le problème des variations climatiques et de leur prévision se situe au centre d'une préoccupation devenue de plus en plus importante d'un vaste secteur de la recherche scientifique : une conférence internationale lui sera prochainement consacré à Genève, en 1979. On peut donc s'attendre à une programmation et à une coordination internationale de plus en plus poussée (ce qui ne signifie pas que la solution sera trouvée rapidement...).

Ce problème peut être abordé dans les Andes boliviennes à partir des données de base dégagées par le thème 1. Il ne nécessite, en fait, qu'un effort supplémentaire relativement modeste.

Les Andes tropicales constituent un site privilégié pour l'examen des variations climatiques :

- Il s'agit d'une région où l'on peut observer la plupart des changements de paléo-environnements continentaux (avancées glaciaires, extensions lacustres, pédogenèses, surfaces morphologiques, etc...).
- Les variations d'altitude (de 300 à 7.000 m) sur de courtes distances rendent possible les reconstitutions paléométéorologiques sur une tranche d'atmosphère atteignant presque 7.000 m.
- La situation des Andes boliviennes aux latitudes tropicales australes permet d'aborder le problème des changements climatiques de l'hémisphère Sud où la circulation atmosphérique générale est relativement plus simple que dans l'hémisphère Nord.

B. DOMAINES D'ACTIVITES. PRINCIPAUX RESULTATS

1. Climatologie

La référence aux mécanismes climatologiques actuels apparaît une nécessité pour l'interprétation de variations climatiques du passé. C'est ce qui a suscité le démarrage, en collaboration avec les services météorologiques boliviens (AASANA), d'une étude de ces mécanismes.

Résultats : - Analyse de quelques types de temps exceptionnels liés à des situations méridiennes (poussées d'^{air}~~air~~ polaire en milieu tropical, injection d'air tropical vers les basses latitudes).

2. Analyse des paléoenvironnements

Cette analyse a pour but de dégager les changements intervenus dans les paléoenvironnements : changements paléogéographiques (oscillations glaciaires, oscillations lacustres, etc...), changements de la couverture végétale (abordés par le biais de la palynologie), changements dans la population d'organismes aquatiques (diatomées)...

La principale difficulté se situe au niveau de l'interprétation de ces modifications de paléoenvironnements. La méthodologie employée est de construire, à partir des mécanismes climatiques actuels, des schémas paléométéorologiques qui sont, ou qui seront confrontés aux données d'observation sur les paléoenvironnements.

Résultats : - Datation par le ^{14}C des principaux événements.

- Mise en évidence d'une flore diatomique quaternaire des hautes et moyennes latitudes dans les Andes boliviennes.
- Mise en place des études palynologiques par la constitution d'une collection de référence.
- Premières hypothèses paléométéorologiques.

C. CONDITIONS D'EXECUTION

Les recherches sont effectuées dans le cadre de la Convention UMSA-ORSTOM avec l'appui des Services Météorologiques boliviens (AASANA).

Personnel ORSTOM : un géologue (M. Servant), un micropaléontologiste (S. Servant), un palynologue (J.P. Ybert).

Personnel de contre-partie : trois assistants de l'UMSA, étudiant principalement les changements paléogéographiques (J. Argollo, M. Blanco, G. Fernandez), un météorologue de l'AASANA (G. Villarroel).

D. PUBLICATIONS

SERVANT (M.) et FONTES (J-Ch.).-1978-. Les lacs quaternaires des hauts plateaux andins. Premières interprétations paléoclimatiques. Cah. ORSTOM, sér. géol., vol. X, n° 1, pp. 9-23.

SERVANT-VILDARY (S.).-1978-. Les diatomées de dépôts lacustres quaternaires de l'Altiplano bolivien. Cah. ORSTOM, sér. géol., vol. X, n° 1, pp. 25-35.

SERVANT (M.) et VILLARROEL (R.).-1979-. Le problème paléoclimatique des Andes boliviennes et de leurs piedmonts amazoniens. C.R. Acad. Sc., Paris, Séance du 29 janvier 1979 (sous presse).

E. PERSPECTIVES

Les premières interprétations climatiques, issues d'une analyse des circulations atmosphériques actuelles, montrent que le problème paléoclimatique réside probablement dans une intensification ou une diminution des circulations méridiennes (intrusions d'air froid vers l'équateur, appel d'air tropical vers les basses latitudes). Ce problème nécessite une comparaison entre l'évolution des hauts plateaux et l'évolution des piedmonts amazoniens des Andes.

On peut envisager pour 1979-1980 :

- Un essai de compréhension des mécanismes intervenant dans les circulations méridiennes actuelles.
- Une campagne d'observation en Amazonie (région de Santa Cruz).

Parallèlement, la définition des paléoenvironnements sera poursuivie et améliorée :

- par les travaux palynologiques et par la poursuite des recherches sur les flores diatomiques,
- par l'utilisation systématique des méthodes isotopiques (isotopes de l'oxygène).

Au-delà de 1980, le programme sera largement exécuté par le personnel bolivien qui est en cours de formation.

F. COLLABORATION

- Services Météorologiques de l'AASANA.
- Laboratoire de Géochimie de Paris VI et d'Orsay (J-Ch. Fontes).
- Laboratoire de Palynologie d'Amsterdam (Prof. Van der Hammen).
- Laboratoire de Palynologie du CNRS de Montpellier (Mme Van Campo).
- Laboratoire de Palynologie du CNRS de Paris (Museum, Mme. Cerceau).
- Laboratoire de Phanérogamie du Museum (MM. Bosser et Mouton).
- Laboratoire de Cryptogamie du Museum de Paris (M. Bourrely).

THEME 4. EVOLUTION D'UNE CORDILLERE A L'AWLOMB
D'UNE ZONE DE SUBDUCTION

A. PRESENTATION DES RECHERCHES

Les informations géophysiques et les interprétations issues de la théorie des plaques indiquent l'existence sur les Andes, notamment aux latitudes boliviennes, d'une zone de subduction (enfouissement d'une plaque océanique sous la bordure Ouest de l'Amérique du Sud). Les manifestations "superficielles" de la subduction et leur évolution au cours du temps sont encore assez mal connues.

Les recherches en cours sont consacrées aux périodes récentes qui se prêtent à une analyse détaillée. Leur objectif est d'abord de décrire puis d'expliquer, si possible, l'acquisition des reliefs montagneux (soulèvements absolus), les mouvements verticaux relatifs (lesquels se traduisent par l'individualisation des bassins intramontagneux et par le soulèvement des chaînes de montagnes), et les contraintes tectoniques (nature et direction). Ces recherches peuvent, par ailleurs, intégrer les données de la sismotectonique (analyse des effets superficiels des tremblements de terre).

B. DOMAINES D'ACTIVITES

Ces domaines sont définis par les différentes approches méthodologiques possibles. Actuellement, les études restent focalisées sur les formations sédimentaires ou morphologiques, le volcanisme n'étant pas encore abordé.

1. Géomorphologie et sédimentologie

Après la mise en place du cadre stratigraphique (thème 1), les travaux néotectonique s'orientent vers l'analyse des déformations affectant les surfaces morphologiques et vers les reconstitutions paléogéographiques (localisation et déplacement des zones de sédimentation, relation entre tectonique et sédimentation).

Résultats : - Mise en évidence de quelques anomalies géomorphologiques.
- Premières interprétations sur la genèse des bassins récents.

2. Tectonique et microtectonique

L'objectif est de préciser la nature, la succession dans le temps et les directions principales des déformations (ce qui est fait par les mesures des plis, failles, micro-failles et par la cartographie).

Résultats : - Définition des différentes directions de déformations du Miocène à l'Actuel dans l'Altiplano Nord et reconnaissance dans les bassins intramontagneux des Andes Orientales.

C. CONDITIONS D'EXECUTION

Les recherches sont effectuées dans le cadre de la Convention UMSA-ORSTOM.

Personnel ORSTOM : un géologue (A. Lavenue), avec la collaboration, pour les problèmes stratigraphiques, de M. Servant, pour les questions relatives au soulèvement absolu, d'un palynologue (J.P. Ybert).

Personnel de contre-partie : participation épisodique d'étudiants ou de professeurs de l'UMSA (O. Ballivián).

D. PUBLICATIONS

LAVENU (A.).-1977-. Neotectónica de los sedimentos plio-cuaternarios de la cuenca de La Paz (Bolivia). Rev. de Geoc. UMSA, vol. 1, n° 1, pp. 31-56.

LAVENU (A.).-1978-. Néotectonique des sédiments plio-quaternaires du Nord de l'Altiplano bolivien. Cah. ORSTOM, sér. géol., vol. X, n° 1, pp. 115-126.

LAVENU (A.) et BALLIVIAN (O.).-à paraître-. Etude tectonique des bassins des régions de Cochabamba, Sucre et Tarija (Cordillère Orientale bolivienne).

LAVENU (A.).-à paraître-. Neotectónica del Norte del Altiplano boliviano. VI Convención Nacional de Geología. Oruro, oct. 1978.

E. PERSPECTIVES

A court terme, les recherches seront poursuivies et approfondies dans le Nord de l'Altiplano et dans les bassins intramontagneux de la Cordillère Orientale (Cochabamba); elles s'étendront vers l'Est (en direction de Santa Cruz).

Il faut toutefois souligner que les travaux effectués en Bolivie ne pourraient pas recevoir d'interprétation s'ils n'étaient pas intégrés dans une étude complète des Andes, du Pacifique à l'Amazonie. D'où la collaboration amorcée avec les équipes du CNRS, de l'Institut de Recherches Andines et de l'ORSTOM travaillant au Pérou.

Cette collaboration, qui a déjà donné lieu à une mission commune (à laquelle participait notamment un volcanologue), sera vraisemblablement organisée dans le cadre d'un projet d'ATP élaboré sous la direction du Professeur Mercier.

Ce projet conditionne en fait l'avenir des recherches néotectoniques entreprises par l'ORSTOM et l'UMSA en Bolivie.

F. COLLABORATIONS EXTERIEURES

- Laboratoire de Géologie de Nice (Datations).
- Institut de Géologie de Strasbourg (Datations).
- Laboratoire de Géodynamique Interne de l'Université d'Orsay.
- Laboratoire de Géologie de Montpellier.
- Instituto San Calixto, La Paz (Géophysique).

CONCLUSIONS

A. LES RESULTATS OBTENUS

En dépit d'un contexte d'exécution parfois difficile (cf. rapport de synthèse) le programme progressivement mis en place à partir de 1974, a atteint les objectifs qui lui étaient assignés.

- 1) Sur le plan scientifique général, les résultats sont les suivants :
 - Un schéma d'évolution plio-quaternaire a pu être dressé de manière relativement détaillée pour la première fois dans les Andes tropicales.
 - Une vue générale sur la géochimie et la sédimentologie des bassins endoréique, lacustres ou évaporitiques, est maintenant disponible.
- 2) L'exploitation pratique des données scientifiques de base a pu être faite de manière satisfaisante, principalement dans l'étude des bassins à évaporites et du Quaternaire.
- 3) La participation bolivienne, inexistante au départ, s'est progressivement développée et un relai des chercheurs français par le personnel bolivien est peu à peu envisageable au niveau des recherches d'inventaire.

B. LES PERSPECTIVES

L'évolution du programme à moyen terme et à long terme fera prochainement l'objet d'un rapport détaillé. Signalons pour le moment que cette évolution se trouve confrontée à trois problèmes :

- 1) Pour ce qui est des recherches en cours et une fois dépassé le stade de reconnaissance, le programme a tendance à évoluer vers une "sophistication" des méthodes de travail. Cette évolution, d'ors et déjà sensible en géochimie, est largement motivée sur le plan scientifique, mais elle est peu adaptée aux conditions de travail dans un pays en voie de développement et elle rencontre pas, pour le moment, un intérêt très vif de la part de nos hôtes boliviens. Dans ces conditions, il y a lieu de prévoir une intervention croissante des structures françaises (universitaires ou autres) pour l'exploitation scientifique optimale du programme, et la bonne compétitivité des actions de l'Office vis-à-vis des autres missions scientifiques en Bolivie.
- 2) Cette évolution ne signifie pas un ralentissement des activités au niveau bolivien, mais un déplacement progressif de ces activités vers les domaines où les actions conjointes sont encore pratiquement négligeables (par exemple dans l'étude des bassins versants). Ce transfert (ou si l'on préfère ce prolongement) devra utiliser le capital humain qui a été dégagé sur place. Une situation de rupture scientifique dans l'évolution du programme ne serait pas souhaitable sur le plan de la coopération.

- 3) L'exploitation pratique des données scientifiques de base trouve des limitations évidentes à partir du moment où elle requière des moyens analytiques accrus et un personnel plus étoffé. La solution de ce problème doit se situer au niveau bolivien (ou éventuellement au niveau français si une certaine motivation apparaissait de ce côté, ce qui ne semble pas être le cas pour le moment).

PROGRAMME B

HYDROBIOLOGIE DES LACS DE L'ALTIPLANO BOLIVIEN

A. PRESENTATION DES RECHERCHES

La Bolivie possède de grandes ressources piscicoles à travers trois grands systèmes hydrologiques :

- celui de l'Altiplano aux eaux froides, moyennement salées (lac Titicaca) à très salées (lac Poopó);
- celui du versant amazonien (lacs du haut Béné, rio Ramoré, rio Béné...);
- celui du bassin du Paraguay (rio Pilcomayo).

Ces milieux sont d'un intérêt économique important, notamment pour les riverains. Or, ils sont soit exploités de façon irrationnelle, tel le lac Titicaca ou le rio Pilcomayo, ou franchement sous exploités tel le lac Poopó, les lacs du haut Béné et les rivières amazoniennes. Face à cette situation, il est apparu indispensable de créer une section d'hydrobiologie ayant pour vocation d'étudier les principales collections d'eau dans le but de parvenir à une exploitation plus rationnelle des ressources piscicoles. Ainsi, le programme général est-il axé sur la production des organismes aquatiques des différents niveaux trophiques et sur les facteurs de base régissant cette production.

Le premier milieu abordé est le lac Titicaca. La mise en place de ce programme général, en raison de son caractère multidisciplinaire, s'y effectue par étapes successives. Actuellement, il comporte trois axes de recherches :

- connaissance générale de l'environnement physique et chimique (climatologie, hydrologie, hydrochimie, sédimentologie, ce qui rejoint les préoccupations du programme A);
- le niveau trophique primaire (phytoplancton et macrophytes);
- l'ichtyologie (systématique et étude des pêcheries).

B. DOMAINES D'ACTIVITES ET APPROCHE METHODOLOGIQUE

Les études hydrobiologiques actuellement portent principalement sur la partie

bolivienne du Petit lac Titicaca. Elles ont récemment été étendues à deux petits lacs de la Cordillère Royale dans le cadre d'une convention établie avec l'organisme de Développement du Département de La Paz (CORDEPAZ). Une première reconnaissance hydrobiologique complète du lac Poopo doit être effectuée prochainement.

L'objectif final est de tenter d'établir les facteurs qui contrôlent la production terminale (poissons). La réponse doit en partie être fournie par les résultats sur la production primaire; elle sera toutefois plus complète lorsque nous serons en mesure d'aborder la production secondaire (zooplancton).

C. CONDITIONS D'EXECUTION

- La connaissance générale de l'environnement actuel physique et chimique est en grande partie abordée, en ce qui concerne le système fluvio-lacustre de l'Altiplano, dans deux programmes intégrés dans le thème A :

- . hydrochimie des milieux lacustres de l'Altiplano (C. ARZE, J.P. CARMOUZE, J. QUINTANILLA, M. CALLICONDE);
- . sédimentologie des milieux lacustres de l'Altiplano (B. BOULANGE, L.A. RODRIGO, C. VARGAS).

- Le niveau trophique primaire :

- a) production primaire phytoplanctonique (pour la partie chimique : C. ARZE, J.P. CARMOUZE, J. QUINTANILLA, D. COLLOT, M. CALLICONDE; pour la partie biologique : X. LAZZARO, J.P. ARCE, O. AYALA).
- b) production des macrophytes (D. COLLOT, E. GARCIA, F. KOSIYAMA, X. LAZZARO).

- L'ichtyologie :

- a) systématique (L. LAUZANNE, F. ZUNA).
- b) étude des pêcheries (F. ZUNA, J. FRANC).

L'ensemble des programmes sont réalisés au département de biologie de l'Université Mayor San Andrés (UMSA), excepté d'une part, l'hydrochimie des milieux lacustres et la partie chimique de la production primaire et, d'autre part, la sédimentologie des milieux lacustres qui sont respectivement exécutés dans l'Institut de Chimie de l'UMSA et celui de Géologie et de Limnologie de l'UMSA.

D. PREMIERS RESULTATS

Sur la connaissance générale de l'environnement des milieux aquatiques étudié il faut se reporter au thème A qui comprend l'hydrochimie et la sédimentologie de ces milieux.

La production primaire phytoplanctonique qui comporte l'étude des populations planctoniques par comptage au microscope, l'évaluation globale des biomasses par la chlorophylle et la phéophytine, les facteurs physiques de contrôle (profils de température et pénétration de la lumière dans l'eau) et les facteurs chimiques de contrôle (dynamique des sels nutritifs) a effectivement démarré dans son ensemble, vers la fin 1978 dans le petit lac Titicaca. D'après les premiers résultats, il semble que ce soient les nitrates, faiblement représentés (5-10 g/l) qui limitent la production de plancton, du moins en début d'année. Cette constatation apparenterait le lac Titicaca aux grands lacs Africains (Victoria, Tanganika...) qui souffrent de la même carence.

- La production macrophytique. Dans une première étape l'élaboration d'une carte de la végétation du petit lac a été entreprise qui sera achevée en fin d'année. Un herbier a été constitué comprenant des plantes non citées antérieurement qui restent à être déterminées au laboratoire de Phanérogamie du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris.

- Sur les pêcheries du petit lac. Cette partie du programme comporte deux volets : les méthodes de pêche, la description des engins, l'effort de pêche moyen d'une part, les prises par unité d'effort de pêches, le recensement des engins, d'autre part. Ces enquêtes ne peuvent être conduites de manière satisfaisante car elles se heurtent à la réticence des pêcheurs. Il semble peu probable par cette démarche qu'un nombre suffisant de données soit recueilli pour avoir une idée même approchée de la production.

E. PERSPECTIVES

La mise en route des programmes d'hydrobiologie a été relativement lente en raison des importants moyens matériels exigés pour leur réalisation.

Actuellement, l'étude du niveau trophique primaire est abordée presque dans son ensemble : elle sera complétée dans quelques mois, dès réception du matériel de plon-

gée pour mesurer la production des macrophytes. L'ichtyologie devrait décoller au milieu de l'année, lorsque le matériel pour effectuer des pêches expérimentales, sera disponible. Il resterait à mettre en place un programme de production secondaire pour une meilleure connaissance de la production des milieux étudiés.

Après une période de rodage sur le petit lac Titicaca, les études devraient s'étendre en 1979 à l'ensemble du lac, en collaboration avec l'IMARPE du Puno.

L'étude du lac Titicaca devrait être aussi l'occasion de former des hydrobiologistes boliviens qui pourraient entreprendre, ultérieurement, l'étude d'autres collections d'eau, notamment dans la zone à climat tropical du pays où les ressources piscicoles sont très importantes.

MISSION ORSTOM
en Bolivie

R A P P O R T D' A C T I V I T E S (1978)

II. PARTIE ADMINISTRATIVE

Fiche signalitique

Centre : Mission ORSTOM-Bolivia
Cajon Postal 8714
LA PAZ - BOLIVIE
Chef de Mission : Michel Servant
Sections Scientifiques : 3

Personnel

Personnel expatrié : 11 chercheurs - 4 technicien
Personnel local permanent : 1 secrétaire
1 chauffeur

Bibliothèque

Nombre d'ouvrages : 314
Nombre de périodiques : 14

Moyens financiers

Montant du budget : 199.260
Montant de la régie d'avances : 40.000
Sommes dépensées localement : 182.239

Personnel expatrié

Chef de Mission : Michel Servant
Régisseur : Bruno Boulangé (jusqu'au 22 mars 1978)
Jean-Pierre Ybert (à partir du 23 mars 1978)
Géologie : Bruno Boulangé - Maître de Recherches
Alain Lavenu - Chargé de Recherches
François Risacher - Chargé de Recherches stagiaire
Michel Servant - Maître de Recherches Principal
Simone Servant - Chargés de Recherches
Jean-Pierre Ybert - Chargé de Recherches
Hydrobiologie : Jean-Pierre Carmouze - Maître de Recherches
Jean-Marie Chantraine - Chargé de Recherches
Daniel Collot - V.S.N.A.
Joseph Franc - Technicien
Laurent Lauzanne - Maître de Recherches

Pédologie : Michel Rieu - Chargé de Recherches
Temps de Présence : 110 mois

Personnel local

Elisabeth van Pée : Secrétaire bilingue
Octavio Mendoza : Chauffeur-mécanicien

Equipements

<u>Vehicules</u>	<u>Mise en circ.</u>	<u>Immatriculation</u>	<u>Km au 31-12-78</u>
Land Rover	4-12-1973	CI525	sup. à 110.000
Toyota jeep	12- 6-2975	CI524	95.400
Toyota jeep	29- 1-1976	CI523	83.500
Toyota Pick-UP	20- 9-1978	CI527	9.300

Embarcations à moteur

1 canot Zodiac Mark II en bon état
1 moteur 20 CV Jonhson
1 moteur 35 CV Evinrude
4 giles de sauvetage 84-85-86-87
1 bâche bateau 93

Matériel scientifique

	<u>N° d'inventaire</u>
1 stéréoscope pliant Unifrance	10
1 appareil photo, exacta	12
2 altimètres géodésiques Zivig	19-20
2 boussoles chaux	21-63
2 ph-mètre Soler	24-34
1 conductimètre Cenco	25
1 carottier Zullig HY 166	29
2 thermomètres électriques Zullig	30-31
1 benne à sédiments Ekman	33
2 treuils Mecabolier	39-41
5 bouteilles à renversement	44-45-66-67-68
4 messagers	46-47-48-49

2 plaques chauffantes	50-114
3 thermomètres à renversement Hydrobios	52-53-54
3 capsules en platine	73-74-75
4 bouteilles à prélèvements General Oceanic	80-81-82-83
1 agitateur magnétique à piles Prolabo	88
1 microscope Zeiss Iena	94
1 photomicroscope Olympus	96
1 loupe binoculaire	95
1 microscope à plancton Zeiss	97
4 cellules à filtration	109
1 agitateur magnétique	110
1 matériel de broyage de filtres	112
1 centrifugeuse Jouan	115
1 colorimètre spectronic	116
1 cellule photoélectrique Ouro	117
21 bouteilles de Winckler	119
1 spectrophotomètre DU2 Bockmann	120
2 paires de jumelles	9-72

Matériel de campement

7 lits de camp	14-15-35-62-98-99- 121
6 sacs de couchage	17-18-36-37-59-60
1 couverture thibet	61
3 sacs à dos	7-16-58
1 tente	8
1 sac de géologue	57
1 appareil de chauffage	69
2 appareils radio avec équipements	76-77

Matériel de bureau

1 meuble métallique	38
1 machine à écrire manuelle	22
6 chaises	101-102-103-104-105- 106

Locaux

Garages et ateliers (Les bureaux et laboratoires sont ceux des Universités).

Fonctionnement Crédits délégués en 1978

<u>Chapitre</u>	<u>Nature des dépenses</u>	<u>Délégués</u>	<u>Dépensés</u>	<u>Solde</u>
6 100 000	Personnel local permanent	45.260	42.122,00	+ 3.138,00
6 100 001	Personnel local temporaire	4.000	4.599,20	- 599,20
6 410 200	Voyages de tournées	2.000	1.555,50	+ 444,50
6 411 200	Indemnités de tournées	52.000	46.722,50	+ 5.277,50
6 480 000	Transport échantillons	7.000	6.674,50	+ 325,50
6 311 000	Entretien véhicules	11.500	11.341,30	+ 158,70
6 311 200	Entretien matériel	5.500	3.115,05	+ 2.384,95
6 341 000	Matériel - Mobilier	8.000	7.606,65	+ 393,35
6 342 000	Fournitures de bureau	5.300	4.240,60	+ 1.059,40
6 343 000	Documentation générale	16.200	11.578,90	+ 4.621,10
6 344 000	Frais postaux	8.000	7.994,50	+ 5,50
6 345 000	Produits d'entretien	500	516,30	- 16,30
6 346 000	Carburant véhicules	13.000	13.006,90	- 6,90
6 360 000	Matériel scientifique	8.500	8.955,80	- 455,80
6 390 000	Frais sur le terrain	12.000	11.992,50	+ 7,50
6 340 000	Eau - Electricité	500	216,75	+ 283,25
TOTAL :		199.260	182.238,95	+ 17.021,05
		=====	=====	=====

N.B. : Le solde positif s'explique :

- par les retards apportés au démarrage des programmes de pédologie et d'ichtyologie (les missions sur le terrain ont été réduites);
- par les difficultés qui sont apparues au niveau de la régie d'avances et des remboursements très lents (ce qui entraîne un manque fréquent de liquidités);
- par le caractère trop tardif de la rallonge accordée pour le démarrage de l'hydrobiologie;
- par des facturations tardives qui seront reportées sur l'exercice 1979 (documentation principalement).

MISSION ORSTOM
en Bolivie

R A P P O R T D' A C T I V I T E S (1978)

III. SYNTHESE

A. LES OBJECTIFS GENERAUX DES CONVENTIONS

Les conventions signées entre l'ORSTOM et l'Université de La Paz (UMSA) ou entre l'ORSTOM et l'Université de Cochabamba (UMSS) associée à ERTS-Bolivie, ont pour but d'exécuter des programmes de recherches. Ces programmes doivent répondre à trois critères principaux :

- Compte tenu de la vocation générale des Universités, les recherches abordent, sur l'exemple bolivien, quelques-uns des grands thèmes de l'actualité scientifique dans le domaine de la géodynamique et de la limnologie.
- Compte tenu de la responsabilité particulière des Universités vis-à-vis du développement, ces recherches doivent être immédiatement exploitées pour dégager des applications pratiques à court terme.
- Compte tenu du rôle des Universités au niveau de l'enseignement, les programmes doivent contribuer à la formation des étudiants avancés ou des jeunes universitaires boliviens.

B. LES CONDITIONS D'EXECUTION

Deux facteurs généraux définissent les conditions d'exécution des programmes :

- Les traditions de recherches sont relativement récentes en Bolivie et l'on peut donc s'attendre à certaines lacunes au niveau des structures et du personnel de recherche.
- Les ressources locales sont celles d'un pays en voie de développement, ce qui laisse prévoir une marge de manoeuvres limitée au niveau du financement local des programmes.

Dans ces conditions, l'intervention de l'ORSTOM ne saurait être exclusivement scientifique. Une action soutenue est indispensable pour conforter qualitativement et quantitativement le personnel bolivien de contre-partie. De plus, les moyens réunis par les Universités ou les organismes qui leur sont associés doivent nécessairement être complétés par une participation de l'ORSTOM au financement des programmes. Tout en restant dans des limites assez étroites, cette participation ne saurait se situer en-dessous d'un seuil minimum.

Le contexte ainsi défini souligne assez clairement que les chercheurs de l'ORSTOM ne peuvent pas transposer purement et simplement, en Bolivie, les méthodes et les habitudes de travail qui sont celles de leur pays d'origine. Ils sont confrontés à des problèmes nouveaux, liés aux objectifs de coopération, qui demandent une grande possibilité d'adaptation, des qualités humaines confirmées et un souci permanent d'ouverture.

C. RESULTATS DE LA PREMIERE PHASE DE L'INTERVENTION ORSTOM (1974-1977)

L'extension progressive des activités de l'Office en Bolivie à partir de 1974, a recueilli, à chaque étape, les conditions minimales nécessaires à l'exécution normale des programmes, D'où les résultats suivants :

- Les objectifs scientifiques ont été atteints et les résultats obtenus ont fait l'objet d'une vingtaine de publications (non compris les rapports à diffusion limitée) dont une partie est réunie dans un numéro spécial des Cahiers ORSTOM.
- L'exploitation pratique des données scientifiques s'est faite de manière satisfaisante, notamment en ce qui concerne l'étude des bassins à évaporites et du Quaternaire.
- La contre-partie bolivienne, inexistante au départ en 1974, s'est progressivement étoffée. Par exemple au niveau du programme de Géodynamique UMSA-ORSTOM, elle comprend maintenant cinq assistants de recherches et à temps plus ou moins partiel, trois professeurs de l'Université de l'UMSA (nous ne prenons pas en compte les participations boliviennes épisodiques).

D. LES DIFFICULTES DE L'ANNEE 1978

Le renouvellement de la Convention UMSA-ORSTOM au début de 1978 et la signature de la Convention avec l'Université de Cochabamba, ont été l'occasion d'un élargissement des activités aux études hydrobiologiques et pédologiques. Cet élargissement a néanmoins été freiné momentanément par une série de facteurs défavorables :

- Contre toute attente, le budget de 1977 de la Mission en Bolivie a été reconduit en 1978, ce qui correspondait à une diminution de 100% des moyens propres (compte tenu de l'augmentation des effectifs).
- Les Universités boliviennes ont connu toute une série de crises graves, suscitées par l'instabilité du contexte politique.
- Une partie du personnel ORSTOM affecté en 1978 a éprouvé des difficultés d'adaptation (ce qui a entraîné la mutation d'un chercheur).
- Les activités de la Mission se sont trouvées confrontées à une compétition serrée vis-à-vis de certaines interventions étrangères.

Ces différents facteurs conjugués ont entraîné, en 1978, des retards dans le démarrage des nouveaux programmes et une moindre "agressivité" de l'équipe.

E. LA SITUATION FIN 1978. PERSPECTIVES POUR 1979

1. Moyens de travail

Les difficultés de l'année 1978 ont suscité diverses décisions destinées à les surmonter :

- Du côté de l'UMSA : création de deux postes d'assistants de recherches et d'un autre poste à mi-temps, recrutement d'un garçon de laboratoire, location de locaux mieux adaptés destinés à l'équipe des géologues, achat d'équipements dont la livraison est attendue pour juin ou juillet 1979.
- Du côté de l'UMSS : aménagement des laboratoires de l'Institut d'Agronomie, régie d'avance pour le programme de pédologie, mise à la disposition à temps partiel (1 à 2 jours par semaine en moyenne) d'un véhicule, création de deux postes d'assistants.
- Du côté de l'ORSTOM : augmentation de l'ordre de 35% du budget de la Mission, autorisation d'achat d'un véhicule neuf en remplacement d'un véhicule destiné à la réforme.

L'ensemble de ces dispositions mérite quelques mesures complémentaires :

- L'Université de Cochabamba semble pouvoir dégager les crédits nécessaires à l'achat d'un véhicule, mais ces crédits sont insuffisants pour payer les taxes douanières (120% du prix d'achat). Une solution de compromis devrait être dégagée : l'Office disposant d'une exonération de taxes, pourrait acheter le véhicule indispensable; l'Université investirait une somme équivalente dans le fonctionnement du programme (ce qui permettrait le démarrage des études sur les sols salés).
- Les services français de coopération, ou l'ORSTOM, devraient prévoir une aide matérielle aux étudiants avancés (bourses locales), ce qui permettrait de conforter la contre-partie bolivienne et les actions de formation (cette politique est appliquée par la coopération allemande).

2. Mouvement du personnel

La fin de la première étape des études sédimentologiques et hydrochimiques se traduira en 1979 par le départ de deux chercheurs. Leur remplacement éventuel est à l'étude sur le plan local.

L'affectation d'une second pédologue est liée à la confirmation, par le projet ERTS, d'une demande antérieurement formulée et aux assurances qui pourront être données en ce qui concerne les moyens de travail sur le terrain.

3. Situation des programmes

Les programmes A et B devraient se dérouler normalement en 1979, sauf en ce qui concerne :

- les études ichtyologiques, dont le démarrage effectif est suspendu à l'arrivée des équipements commandés par la partie bolivienne.
- Les études pédologiques, qui resteront ralenties tant que le problème du véhicule ne sera pas résolu.

Les actions de formation resteront relativement limitées jusqu'à ce que soit trouvée une solution en ce qui concerne l'aide aux étudiants avancés.

4. Cas particulier des études sur le lac Titicaca

La collaboration entre le Pérou et la Bolivie pour l'étude du lac Titicaca n'a toujours pas trouvé un cadre général d'organisation. Un projet d'études conjointes, approuvé par le Pérou et par la Bolivie, a été présenté à un organisme inter-états (SELA).

5. Appui des Services Culturels de l'Ambassade de France

Les Services Culturels de l'Ambassade de France, dont les avis sont régulièrement sollicités pour la conduite des activités de l'ORSTOM en Bolivie, participent efficacement aux actions de formation :

- Une bourse d'étude a été accordée en 1979 à un géologue bolivien (le stage étant organisé par l'Office).
- Deux demandes de bourse, ayant fait l'objet d'un avis favorable de l'Ambassade, ont été présentées pour 1979.

F. PERSPECTIVES A MOYEN ET LONG TERME

Les résultats obtenus sur le plan scientifique, sur celui des applications et

sur celui de la coopération ont confirmé l'intérêt bolivien pour les activités de l'Office en Bolivie.

Bien que l'on ne puisse pas actuellement prévoir les incidences concrètes d'une réorganisation pour le moment en cours au sein des Universités, il semble que le contexte général soit très favorable.

Le programme A doit pouvoir faire l'objet d'une réorientation de ses objectifs au cours de l'année 1979. Il est certain que l'intervention récente des approches pédologiques jouera un rôle déterminant à la condition que les préalables matériels soient définitivement résolus. Parallèlement, une réorganisation de la participation géologique doit être envisagée en accord avec les progrès réalisés au niveau des structures et du personnel bolivien.

Le programme B, dont la mise en oeuvre a été retardée par les circonstances en 1978, est maintenant en bonne voie au niveau des recherches sur la production primaire. Les travaux ichtyologiques devraient suivre dans un délai maintenant raisonnable. La consolidation de ce programme en 1979, sans augmentation des effectifs ORSTOM, constitue un préalable à tout projet d'extension.

Programa Multidisciplinario de Geodinamica y Limnologia
Programme Multidisciplinaire de Geodynamique et Limnologie

INFORME DE ACTIVIDADES
RAPPORT D' ACTIVITES 1979

DEL



CONVENIO
CONVENTION



UMSA - ORSTOM

La Paz — Bolivia

PRESENTACION

El Convenio UMSA-ORSTOM desde su creación el año 1974, hasta la fecha, ha tenido vigencia continua y ha posibilitado la ejecución de trabajos inspirados en sus objetivos principales que son :

- a) Ejecutar Proyectos de Investigación multidisciplinarios, elegidos en función de un interés científico-práctico.
- b) Participación en la formación de estudiantes otorgándoles los medios para su especialización, mediante su integración a la ejecución de los proyectos.
- c) Colaboración a la docencia Universitaria dictando conferencias y cursos compactos.
- d) Organización de una Infraestructura de Investigación adaptada dentro de las posibilidades a las necesidades de los proyectos.

Estos objetivos fueron cumplidos correctamente de acuerdo a nuestros cronogramas de actividades, como bien reflejará el informe sintético adjunto del año 1979, y donde también se hace referencia a las numerosas publicaciones e informes de circulación limitada que sirven para hacer público el avance de los trabajos.

Los estudios de investigación, fueron realizados con voluntad y esfuerzo por un equipo franco-boliviano, tomando siempre en cuenta los principios fundamentales a que debe regirse la investigación en nuestra Universidad.

En todo momento se contó con la cooperación de las autoridades de la UMSA, de ORSTOM y otros organismos que se mencionan en el informe. A todas estas instituciones agradecemos especialmente.

Dr. Michel SEPVANT

Ing. Oscar BALLIVIAN CH.

Dr. Luis Alberto RODRIGO

INDICE
SOMMAIRE

PROGRAMA DE GEODINAMICA
PROGRAMME DE GEODYNAMIQUE

ACTIVIDADES DE INVESTIGACION	1
ACTIVITES DE RECHERCHES	I
Sub-programa : Cuaternario	1
Sous-programme : Cuaternaire	I
Sub-programa : Cuencas evaporíticas	4
Sous-programme : Bassins à évaporites	IV
Sub-programa : Sedimentología lacustre	5
Sous-programme : Sédimentologie lacustre	V
Perspectivas	6
Perspectives	VI
ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA	7
ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT	VII
INFORMACIONES ADMINISTRATIVAS	9
INFORMATIONS ADMINISTRATIVES	IX
PUBLICACIONES	13
PUBLICATIONS	XIII

PROGRAMA DE HIDROBIOLOGIA

PROGRAMME D'HYDROBIOLOGIE

PARTE CIENTIFICA 1

PARTIE SCIENTIFIQUE I

Operación A : Fitoplancton 2

Opération A : Phytoplancton II

Operación B : Vegetación acuática 9

Opération B : Végétation aquatique IX

Operación C : Ictiología 13

Opération C : Ichtyologie XIII

PARTE ADMINISTRATIVA 18

PARTIE ADMINISTRATIVE XVIII

Programa Multidisciplinario de Geodinámica y Limnología
Programme Multidisciplinaire de Géodynamique et Limnologie

INFORME DE ACTIVIDADES 1979
RAPPORT D'ACTIVITES

DEL

CONVENIO
CONVENTION
UMSA-ORSTOM

Primera Parte
Programa de Geodinámica

La Paz-Bolivia

PREMIERE PARTIE
PROGRAMME DE GEODYNAMIQUE

Le programme de géodynamique a pour objectif l'étude des formations géologiques récentes de Bolivie. Il est exécuté dans le cadre du Département de Géologie de l'UMSA et coordonné, pour les aspects pluridisciplinaires, avec les travaux des départements de Chimie et de Biologie.

Ce programme est exécuté par étapes de quatre ans (1974-1978, 1978-1982), les objectifs étant redéfinis tous les deux ans.

Parallèlement, une partie des activités de la Convention est orientée vers la formation : direction de thèses, cours compacts, conférences, séminaires.

Le programme comprend trois sous-programmes : "Quaternaire", "bassins à évaporites" et "sédimentologie des lacs Titicaca et Poopó".

ACTIVITES DE RECHERCHES

Sous-Programme : Quaternaire

Objectifs. Motivations

Les recherches entreprises sur le Quaternaire ont deux objectifs principaux :

- Dégager les données géologiques de base nécessaire à de nombreux projets de développement, ou certains types de prospections minières. Les terrains quaternaires représentent au moins 40% de la surface du territoire. Ils contiennent la plupart des réserves en eaux souterraines; ils supportent la majorité des sols cultivés et ils forment le substratum de la plupart des villes boliviennes. La connaissance de ces terrains présente un intérêt encore plus immédiat : ils contiennent des concentrations locales de minéraux alluviaux (or, étain, par exemple) dont la prospection n'a pas encore été entreprise de manière systématique. Cette prospection nécessite une analyse détaillée préalable des dépôts, de leur stratigraphie et de leurs conditions de mise en place.

PRIMERA PARTE
PROGRAMA DE GEODINAMICA

El programa de geodinámica tiene por objetivo el estudio de las formaciones geológicas recientes de Bolivia. Se ejecuta este programa dentro del Departamento de Geociencias de la UMSA en coordinación, en sus aspectos pluridisciplinarios, con los departamentos de Química y de Biología.

Este programa se ejecuta por etapas de cuatro años (1974-1978, 1978-1982), los objetivos son redefinidos cada dos años.

Paralelamente, una parte de las actividades del Convenio esta orientada hacia la formación : dirección de tesis, cursos compactos, conferencias, seminarios.

El programa comprende tres sub-programas : "Cuaternario", "Cuencas de evaporitas" y "Sedimentología de los lagos Titicaca y Poopó".

ACTIVIDADES DE INVESTIGACION

Sub-programa : Cuaternario

Objetivos. Motivaciones

Las investigaciones realizadas sobre el Cuaternario tienen dos objetivos principales :

- Poner de relieve los datos geológicos de base necesarios para numerosos proyectos de desarrollo, como también ciertos tipos de prospección minera. Los terrenos Cuaternarios representan por lo menos 40% de la superficie del territorio. Estos contienen la mayor parte de las reservas de aguas subterráneas, en ellos se sitúan la mayor parte de los suelos cultivados y ellos forman el substrato de la mayoría de las ciudades bolivianas. El conocimiento de estos terrenos presenta un interés todavía más inmediato : contienen concentraciones locales de minerales aluvionales (oro, estaño, por ejemplo), cuya prospección no se ha emprendido todavía, de manera sistemática. Esta prospección necesita un análisis previo detallado de los depósitos, de su estratigrafía y de sus condiciones de emplazamiento.

- Le deuxième objectif se situe au plan scientifique général : les formations quaternaires, très variées en Bolivie (dépôts glaciaires, lacustres, fluviatiles et formes du relief) permettent l'étude des modifications des paysages andins en relation avec les changements climatiques (glaciations, extensions des lacs, pédogenèses des périodes humides, etc...). Elles permettent aussi d'aborder les problèmes relatifs à la genèse et à l'évolution récente d'une chaîne de montagne.

Travaux effectués en 1979

Les recherches ont dégagé, dans une première étape (1974-1978), les grandes lignes stratigraphiques du Quaternaire de l'Altiplano. Elles ont dégagé aussi la chronologie des contraintes tectoniques.

En 1979, les travaux se sont focalisés sur quelques régions ou sur quelques problèmes présentant un intérêt scientifique ou économique particulier.

1. Géologie régionale

Les principales régions étudiées en 1979 sont les suivantes :

- Cordillère Royale. Versant occidental

La stratigraphie des dépôts récents de ce secteur a été précisée. Une cartographie morpho-géologique au 1/50.000^e a été réalisée entre La Paz et le Rio Tuní. Elle sera étendue jusqu'à Achacachi avant le mois de juin 1980. Les accidents tectoniques de ce secteur ont été analysés. Une première hypothèse de travail est formulée sur les corps sédimentaires susceptibles de présenter un intérêt économique (étain alluvial).

- Cordillère Orientale vers 17°30' et 18°30'

La morphologie de la Cordillère Orientale, à l'Est du lac Poopó, a fait l'objet d'une première reconnaissance. Trois hautes surfaces d'érosion sont reconnues dans cette région et les coulées volcaniques qui les fossilisent ont été prélevées pour datation au K/Ar.

- El segundo objetivo se situa en el plano científico general : las formaciones cuaternarias, muy variadas en Bolivia (depósitos glaciares, lacustres, fluviales y formas de relieve) permiten el estudio de las modificaciones de paisajes andinos, en relación con los cambios climáticos (glaciaciones, extensiones de lagos, pedogénesis de los periodos húmedos, etc...). Estas formaciones permiten también abordar los problemas relativos a la génesis y a la evolución reciente de una cadena de montañas.

Trabajos ejecutados en 1979

Las investigaciones han evidenciado, en una primera etapa (1974-1978), las grandes líneas estratigráficas del Cuaternario del Altiplano. Han permitido determinar también la cronología de los esfuerzos tectónicos.

En 1979, los trabajos se han focalizado sobre algunas regiones o sobre algunos problemas que presentan un interés científico o económico particular.

1. Geología regional

Las principales regiones estudiadas en 1979 son las siguientes :

- Cordillera Real. Vertiente occidental

Se ha precisado la estratigrafía de los depósitos recientes. Una cartografía morfo-geológica a escala 1/50.000 se ha realizado entre La Paz y el Rio Tuni, la cual se extenderá hasta Achacachi antes del mes de Junio de 1980. Se han analizado los accidentes tectónicos de este sector. Una primera hipótesis de trabajo ha sido formulada sobre los cuerpos sedimentarios susceptibles de presentar un interés económico (estadio aluvional).

- Cordillera Oriental hacia 17°30' y 18°30'

La morfología de la cordillera oriental, al Este del Lago Poopó, ha sido el objeto de un primer reconocimiento. Grandes superficies de erosión se reconocen en esta región y las lavas volcánicas que las fosilizan, han sido muestreadas por el método de datación de K/Ar.

- III -

Dans le secteur de Cochabamba, une étude commencée en 1978 a été conclue sur le bassin de Sacaba. Elle précise l'âge pliocène des dépôts lacustres qui tapissent le fond de cette dépression, elle démontre l'existence d'une phase de plissement postérieure à ces dépôts et elle met en évidence les grandes étapes de la morphogénèse quaternaire.

Dans le même secteur, les dépôts glaciaires de la Cordillère du Tunari ont été examinés, plusieurs prélèvements ayant été effectués par datation par le ^{14}C .

- Cordillère Occidentale. Bassin de Charaña

Le bassin de Charaña a fait l'objet d'une étude détaillée qui porte sur les principaux points suivants :

- Stratigraphie et évolution sédimentologique de la Formation Charaña. Prélèvements pour datation au K/Ar. Repérage des couches de diatomites susceptibles d'être exploitées.
- Evolution morphologique quaternaire de la région.
- Analyse détaillée des terrasses du Quaternaire récent et prélèvements pour datations au ^{14}C .
- Sud-Ouest bolivien (Mina Corina)

Les salars de la région de Mina Corina sont bordés par des terrasses lacustres qui indiquent l'existence, au Quaternaire récent, de lacs maintenant presque complètement asséchés. Ces terrasses ont été étudiées de manière détaillée pour dégager l'évolution de la sédimentation quaternaire et pour définir les oscillations du niveau des anciens lacs.

- Altiplano Nord et Central

Ce secteur, déjà examiné au cours des années antérieures, a fait l'objet de recherches plus détaillées qui précisent, notamment, l'évolution tectonique du Mio-Pliocène.

En el sector de Cochabamba, un estudio comenzado en 1978 ha sido concluido en la cuenca de Sacaba. Este estudio especifica la edad pliocena de los depósitos lacustres que cubren el fondo de esta depresión, además demuestra la existencia de una fase de plegamiento posterior a estos depósitos y pone en evidencia las grandes etapas de la morfogénesis Cuaternaria.

En el mismo sector, los depósitos glaciares de la Cordillera del Tunari, han sido examinados, habiéndose efectuado varios muestreos para dataciones por el método ^{14}C .

- Cordillera Occidental. Cuenca de Charaña

La cuenca de Charaña, ha sido objeto de un estudio detallado que abarca los siguientes puntos principales :

- Estratigrafía y evolución sedimentológica de la Formación Charaña. Muestreos para datación por el método K/Ar. Descubrimiento de capas de diatomitas susceptibles de ser explotadas.
- Evolución morfológica Cuaternaria de la región.
- Análisis detallado de las terrazas del Cuaternario reciente y muestreo para datación por el método ^{14}C .

- Sub-Oeste boliviano (Mina Corina)

Los salares de la región de Mina Corina están bordeados por terrazas lacustres que indican la existencia de Cuaternario reciente y de lagos ahora casi completamente secos. Estas terrazas han sido estudiadas en forma detallada para determinar la evolución de la sedimentación Cuaternaria y para definir las oscilaciones del nivel de los antiguos lagos.

- Altiplano Norte y Central

Este sector, ya examinado durante los años anteriores, ha sido objeto de investigaciones más detalladas que especifican, concretamente, la evolución tectónica del Mioplioceno.

2. Micropaléontologie

Diatomées

Les travaux ont porté en 1979 sur la flore diatomique des lacs de montagne (vallée de Ichu Khota) et de leurs dépôts holocènes. Il est montré que les associations diatomiques présentent un étalement en altitude et que les étages écologiques se sont déplacés vers le haut ou vers le bas pendant les dix derniers millénaires. Le phénomène est en relation avec les changements climatiques.

Palynologie

Les recherches palynologiques se sont orientées en 1979 vers l'élaboration d'une collection de référence des pollens actuels. Une étude détaillée des associations polliniques d'une terrasse de l'Holocène ancien a permis de définir les caractéristiques de la végétation au cours de cette période sur les piedmonts de la Cordillère Royale. Les travaux botaniques du programme UMSA-OPSTOM d'Hydrobiologie ayant démontré que les plantes aquatiques présentent une nette zonation en altitude des recherches palynologiques ont été entreprises pour voir si les pollens et spores de ces plantes peuvent être un indicateur des déplacements en altitude des étages écologiques au cours du Quaternaire récent.

Sous-Programme : "bassins à évaporites"

Objectifs. Motivations

Les salars boliviens correspondent à une zone de concentration, par évaporation, des substances que les eaux ont dissoutes dans les roches des bassins versants. Cela signifie que tous les éléments présents, en faible quantité dans ces roches, peuvent se concentrer en aval dans les bassins à évaporites. Parmi ces éléments, certains peuvent avoir un grand intérêt économique. La première étape du sous-programme (1974-1978) a montré que la Bolivie possède, avec les salars, tous les produits de base nécessaires à une importante industrie chimique. Certains sont abondants : aux chlorures de sodium et aux borates qui sont, ou qui ont été, exploités s'ajoutent le lithium, le potassium. D'autres, moins abondants (carbonates et sulfates de sodium), peuvent néanmoins être dérivés d'autres matières premières disponibles en quantité (par exemple production du carbonate de sodium par le procédé Solvay).

2. Micropalaeontología

Diatomeas

Los trabajos abarcado en 1979 la flora diatómica de los lagos de montañas (Valle de Ichu-Khota) y sus depósitos holócenos. Estos trabajos han demostrado que las asociaciones diatómicas presentan un terraceo en altura y que las etapas ecológicas se han desplazado hacia arriba o hacia abajo durante los diez últimos milenios. El fenómeno esta en relación con los cambios climáticos.

Palinología

Las investigaciones palinológicas se han orientado en 1979 hacia la elaboración de una colección de referencias de los pólenes actuales. Un estudio detallado de las asociaciones polínicas de una terraza del holócenso antiguo ha permitido definir las características de la vegetación durante este período sobre los piedemontes de la Cordillera Real. Los trabajos botánicos del programa UMSA-ORSTOM de hidrobiología, han demostrado que las plantas acuáticas presentan una neta zonación en altura, se han emprendido investigaciones palinológicas para ver si los pólenes y esporas de estas plantas pueden ser un indicador de los desplazamientos en altura de las etapas ecológicas durante el Cuaternario reciente.

Sub-Programa "Cuencas evaporíticas"

Objetivos. Motivaciones

Los salares bolivianos corresponden a una zona de concentración, por evaporación, de sustancias que las aguas han disuelto en las rocas de las cuencas de drenaje. Esto significa que todos los elementos presentes, en poca cantidad en estas rocas, pueden concentrarse aguas arriba en las cuencas evaporíticas. Entre estos elementos, algunos pueden tener un gran interés económico. La primera etapa del sub-programa (1974-1978) ha mostrado que Bolivia posee, con los salares, todos los productos de base necesarios para una importante industria química. Algunos son abundantes en cloruros de sodio y en boratos que son o han sido explotados, se añaden el litio y el potasio. Otros menos abundantes (carbonatos y sulfatos de sodio) pueden por lo menos derivarse de otras materias primas disponibles en cantidad (por ejemplo producción de carbonato de sodio por el procedimiento Solvay).

Sur le plan scientifique général, les salars posent le problème de la diversité des sels qui s'y déposent. L'évolution des eaux par évaporation et les modifications qui interviennent dans leur composition chimique au cours de leur déplacement de l'amont vers l'aval expliquent que des eaux de composition initiale comparable puissent déposer en fin d'évolution des sels différents.

Activités en 1979

Parmi les travaux réalisés en 1979, nous citerons :

- Etude pétrographique et minéralogique des roches volcaniques de bassins versants des salars de la région de Mina Corina.
- Campagne de prélèvements dans les salars de l'extrême Sud-Ouest bolivien (Laguna Verde, Laguna Colorada).
- Analyse détaillée des bassins déjà reconnus au cours des années antérieures (Mina Corina, Rio Grande).
- Reconnaissance de la bordure Sud-Est du lac Poopó pour la recherche du carbonate de sodium.
- Reconstitution critique de tous les rapports ou publications faites sur les salars et rédaction d'un mémoire qui donnera, pour chaque salar, la nature des sels et des éléments qui s'y trouvent et l'ordre de grandeur des réserves ou de la renouvelabilité de chacun de ces sels.

Sous-programme "Sédimentologie lacustre"

Les études sédimentologiques sont conduites en relation étroite avec l'analyse chimique des eaux (Département de Chimie de l'UMSA) et certains travaux hydrobiologiques (Département de Biologie). L'objectif est la connaissance globale des milieux lacustres (Titicaca, Poopó principalement). Cette connaissance dégagera des modèles d'interprétation pouvant être utilisés par les géologues pour l'analyse des séries sédimentaires. Elle permettra, par ailleurs, de réunir les données de base nécessaires à l'exploitation rationnelle des lacs de l'Altiplano.

Activités en 1979

L'année 1979 a été, en partie, consacrée à la rédaction des études faites au

En el plano científico general, los salares presentan el problema de la diversidad de sales que se depositan. La evolución de las aguas por evaporación y las modificaciones que intervienen en su composición química en el curso de su desplazamiento desde la parte alta hacia la parte baja, explica que aguas de composición inicial similar, puedan depositar al final de evolución, sales diferentes.

Actividades en 1979

Entre los trabajos realizados en 1979, citaremos :

- Estudio petrográfico y mineralógico de las rocas volcánicas y las cuencas de drenaje de los salares de la región de Mina Corina.
- Campaña de muestreos en los salares del extremo Sud-Oeste boliviano (laguna Verde, laguna Colorada).
- Análisis detallado de las cuencas ya estudiadas durante los años anteriores (Mina A Corina, Rio Grande).
- Reconocimiento del borde Oeste-Este del lago Poopó para la búsqueda de carbonato de sodio.
- Recopilación crítica de todos los informes o publicaciones hechos sobre los salares y redacción de una memoria que proporcionará, para cada salar, la naturaleza de las sales y de los elementos que se encuentran en un orden de importancia de reservas o de renovabilidad de cada uno de los salares.

Sub-Programa "Sedimentología lacustre"

Los estudios sedimentológicos se realizan en relación estrecha con el análisis químico de las aguas (Departamento de Química de la UMSA) y ciertos trabajos hidrobiológicos (Departamento de Biología). El objetivo es el conocimiento global de los medios lacustres (Titicaca, Poopó, principalmente). Este conocimiento evidenciará modelos de interpretación que podrán ser utilizados por los geólogos para el análisis de series sedimentarias, permitirá, por otro lado, reunir los datos de base necesarios a la explotación racional de los lagos del Altiplano.

Actividades en 1979

El año 1979 ha sido, en parte, consagrado a la redacción de estudios hechos

cours des années antérieures : les cartes sédimentologiques du lac Poopó et d'une partie du lac Titicaca ont été publiées.

Il a été effectué, par ailleurs, une cartographie détaillée des plantes aquatiques et en particulier de celles qui sont largement utilisées par les riverains pour l'alimentation du bétail (cf. programme d'Hydrobiologie).

Une étude a aussi été réalisée sur les lacs de montagne (vallée de Ichu Khota, Cordillère Royale).

De nombreux prélèvements de sédiments sont en cours d'analyse en France, ces analyses étant effectuées par un stagiaire bolivien.

Perspectives

Opérations actuelles

Les sous-programmes en exécution seront poursuivis jusqu'à l'échéance de la Convention UMSA-ORSTOM (février 1982) mais ils seront réorientés en fonction des priorités et des possibilités définies conjointement par l'UMSA et l'ORSTOM.

- L'étude du Quaternaire se déplacera géographiquement vers les piedmonts aurifères de la Cordillère Royale. Par ailleurs, elle pourra, si les conditions matérielles sont réunies, soutenir un éventuel projet de prospection de l'étain alluvial des dépôts glaciaires ou fluvioglaciaires du versant Ouest de cette Cordillère.
- L'étude des salars nécessite, pour se développer, de nombreuses analyses qui seront réalisées en 1980, en utilisant les très nombreux échantillons maintenant réunis. Une prospection est envisagée dans les régions qui n'ont jamais été étudiées, près de la frontière Argentine. La Convention UMSA-ORSTOM apportera un soutien technique aux projets économiques qui pourraient être conçus (réalisation de sondages, par exemple).
- Les travaux sédimentologiques auront pour objectif la réalisation de sondages sur le fond du Titicaca pour préciser l'évolution de la sédimentation au cours des derniers siècles ou des derniers millénaires.

durante los años anteriores : los mapas sedimentológicos del lago Poopó y de una parte del lago Titicaca han sido publicados.

Se ha efectuado, además, una cartografía detallada de las plantas acuáticas y en particular de las que son ampliamente utilizadas por los riverños, para la alimentación del ganado (cf. programa de hidrobiología).

Un estudio ha sido también realizado sobre los lagos de montaña (valle de Ichu Khota, Cordillera Real).

Numerosos levantamientos de sedimentos están analizándose en Francia, siendo estos análisis efectuados por un equipo boliviano.

Perspectivas

Operaciones actuales

Los sub-programas en ejecución serán continuados hasta la terminación de la Convención UMSA-ORSTOM (febrero 1982), pero se reorientarán en función de las prioridades y de las posibilidades definidas conjuntamente por la UMSA y la ORSTOM.

- El estudio del Cuaternario se desplazará geográficamente hacia los piedemontes auríferos de la Cordillera Real. Por otra parte, si se reúnen las condiciones materiales, eventualmente se podrá encarar un proyecto de prospección del estaño aluvional de los depósitos glaciares o fluvioglaciares de la cuenca Oeste de esta Cordillera.
- El estudio de salares necesita, para desarrollarse, numerosos análisis que serán realizados en 1980, utilizando las numerosas muestras reunidas hasta ahora. Se prevee una prospección en las regiones que se encuentran cerca de la frontera Argentina y que no han sido nunca estudiadas. El convenio UMSA-ORSTOM aportará un sosten técnico a los proyectos económicos que podrían concebirse (realización de sondeos, por ejemplo).
- Los trabajos sedimentológicos tendrán como objetivo la realización de sondeos en el fondo del lago Titicaca para precisar la evolución de la sedimentación durante los últimos siglos o los últimos milenios.

Nouvelles opérations

L'introduction de la vulcanologie apparaît maintenant indispensable dans le faisceau actuel des recherches. Elle aura pour objectif une reconnaissance générale des formations volcaniques, de leur stratigraphie, de leur pétrographie et, éventuellement, de leur géochimie.

L'intervention de la vulcanologie permettrait en particulier de mettre en place une opération plurispécialisée sur la "meseta de los Frailes". Le but essentiel serait la mise au point d'une méthodologie de prospection des minéralisations d'étain susceptibles d'être masquées par la couverture volcanique de los Frailes.

ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT

Thèses

1. Thèse soutenues en 1979

F. Ortuño : - "Estudio del Cuaternario de la zona de Batallas y Huarina por el método de sísmica de refracción".

C. Vargas : - "Estudio sedimentológico de los Lagos Poopó y Titicaca (Lago Huñaymarca)".

W. Mancilla : - "Geología del Plio-Cuaternario de la Cuenca de Sacaba".

2. Thèses en préparation

M. Blanco : - "Geología y geomorfología de la Cuenca de Charaña, evolución cuaternaria".

G. Fernandez : - "Geología de las cuencas de la zona de Mina Corina (Lípez). Evolución de los lagos del Cuaternario Reciente".

J. Argollo : - "Geología y geomorfología de los piedmontes de la Cordillera Real entre el valle de La Paz el Río Tuní".

Nuevas operaciones

La introducción de la vulcanología parece ahora indispensable en el conjunto actual de las investigaciones. Tendrá por objetivo un reconocimiento general de las formaciones volcánicas, de su estratigrafía, de su petrografía y eventualmente, su geoquímica.

La intervención de la vulcanología permitirá en particular la intervención de una operación pluriespecializada en la "meseta de los Frailes". El objetivo esencial sería la puesta en marcha de una metodología de prospección de las mineralizaciones de estaño susceptibles de ser enmascaradas por la cobertura volcánica de los Frailes.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA

Tesis

1. Tesis defendidas en 1979

- F. Ortuño : - "Estudio del Cuaternario de la zona de Batallas y Huarina por el método de sísmica de refracción".
- C. Vargas : - "Estudio sedimentológico de los Lagos Poopó y Titicaca (Lago Huinaymarca)".
- W. Mancilla : - "Geología del Plio-Cuaternario de la Cuenca de Sacaba".

2. Tesis en preparación

- M. Blanco : - "Geología y geomorfología de la cuenca de Charaña, evolución cuaternaria".
- G. Fernandez : - "Geología de las cuencas de la zona de Mina Corina (Lipez). Evolución de los lagos del Cuaternario Reciente".
- J. Argollo : - "Geología y geomorfología de los piedemontes de la Cordillera Real entre el valle de La Paz y el Río Tuní".

Cours

1. Cours compacts

Géologie du Quaternaire

M. Servant, 20 h et deux jours d'excursions sur le terrain.

A. Lavenu, 12 h et une journée d'excursion sur le terrain.

Sédimentologie continentale

L.A. Rodrigo

B. Boulangé

F. Risacher

2. Cours réguliers du personnel bolivien

Géologie du Quaternaire

O. Ballivián, 4 h par semaine.

M. Blanco (assistant), 2 h par semaine.

Séminaires

Deux séminaires ont été organisés sur les programmes UMSA-ORSTOM. Le deuxième (septembre 1979) avait le programme suivant :

- Présentation du programme (L.A. Rodrigo).
- Morphogenèse et Stratigraphie du Plio-Quaternaire de Bolivie :
 - . Cordillère Royale (J. Argollo).
 - . Bassin de Charaña (M. Blanco).
 - . Bassin de Cochabamba (M. Servant).
- Etat actuel des connaissances sur la Néotectonique des Andes Centrales (Pérou-Bolivie) (A. Lavenu).
- Quaternaire Récent :
 - . Bassins du Sud-Lipez (G. Fernandez).

Cursos

1. Cursos compactos

Geología del Cuaternario

M. Servant, 20 h y dos días de excursión al campo.

A. Lavenu, 12 h y un día de excursión al campo.

Sedimentología continental

L.A. Rodrigo.

B. Boulangé.

F. Risacher.

2. Cursos regulares del personal boliviano

Geología del Cuaternario

O. Ballivián, 4 h por semana.

M. Blanco, ayudante docente (2 h por semana).

Seminarios

Se han organizado dos seminarios sobre los programas UMGA-ORSTOM. El segundo (septiembre 1979) tenía el programa siguiente :

- Presentación del programa (L.A. Rodrigo).
- Morfogénesis y estratigrafía del Plio-Cuaternario de Bolivia :
 - . Cordillera Real (J. Argollo);
 - . Cuenca de Charaña (M. Blanco);
 - . Cuenca de Cochabamba (M. Servant).
- Estado actual de los conocimientos sobre la Neotectónica de los Andes Centrales (Tírrú-Bolivia) (A. Lavenu).
- Cuaternario reciente :
 - . Cuenca del Sud-Lipez (G. Fernandez);

- . Datations et stratigraphie dans l'Altiplano Nord (J. Argollo).
- . Diatomées des lacs post-glaciaires (S. Servant).
- . Palynologie et diatomées de l'Holocène ancien (J.P. Ybert).
- Organisation d'une banque de données géologiques (F. Ortuño).
- Sédimentologie des lacs Titicaca et Poopó (L.A. Rodrigo).
- Géochimie et évaporites des salars (O. Ballivián et F. Risacher).
- Modèles naturalistes pour une interprétation géodynamique du Plio-Quaternaire (M. Servant).

INFORMATIONS ADMINISTRATIVES

Personnel de recherches

Personnel directement affecté au programme (Département de Géosciences)

U.M.S.A.

O. Ballivián	Directeur de la Convention	Pétrographie-Minéralogie
L.A. Rodrigo (1)	Professeur	Sédimentologie
F. Ortuño		Géophysique
M. Blanco		Géologie régionale
G. Fernandez		Géologie régionale
C. Vargas (2)		Sédimentologie
Y. Miranda		Chimie

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

M. Servant	M.R.P. Co-Directeur de la Convention	Géologie du Quaternaire
B. Boulangé (3)	C.R. —	Sédimentologie
A. Lavenu	C.R.	Néotectonique
F. Risacher	C.R.	Géologie des Evaporites
S. Servant	C.R.	Micropaléontologie
J.P. Ybert	C.R.	Palynologie

(1) A temps partiel.

(2) En stage en France depuis juillet 1979.

(3) Jusqu'en juillet 1979.

- . Dataciones et estratigrafía en el Altiplano Norte (J. Argollo);
 - . Diatomeas de los lagos post-glaciares (S. Servant);
 - . Palinología y diatomeas del Holoceno antiguo (J.P. Ybert).
-
- Organización de un banco de datos geológicos (F. Ortuño).
 - Sedimentología de los lagos Titicaca y Poopó (L.A. Rodrigo).
 - Geoquímica y evaporitas de los salares (O. Ballivián y F. Risacher).
 - Modelos naturalistas para una interpretación geodinámica del Plio-Cuaternario (M. Servant).

INFORMACIONES ADMINISTRATIVAS

Personal de investigación

Personal directamente afectado al programa (Departamento de Geociencias)

U.M.S.A.

O. Ballivián	Director de la Convención	Geoquímica
L.A. Rodrigo (1)	Profesor	Sedimentología
F. Ortuño		Geofísica
M. Blanco		Geología regional
G. Fernandez		Geología regional
C. Vargas (2)		Sedimentología
Y. Miranda		Química

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

M. Servant	M.R.P. Co-Director de la Convención	Geología del Cuaternario
B. Boulangé	C.R.	Sedimentología
A. Lavenu	C.R.	Neotectónica
F. Risacher	C.R.	Geología de las Evaporitas
S. Servant	C.R.	Micropaleontología
J.P. Ybert	C.R.	Palinología

(1) A medio tiempo.

(2) En "estage" en Francia desde Julio 1979.

(3) Hasta Julio 1979.

Personnel associé au programme pour les questions pluridisciplinaires

Département de Chimie UMSA

C. Arze	Directeur de l'Institut de Chimie	Hydrochimie
C. Quintanilla (1)		Hydrochimie
M. Calliconde		Hydrochimie

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

* J.P. Carmouze	M.R.	Limno-chimie
D. Collot	V.S.N.A.	Végétaux aquatiques

Personnel technique ou de service

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

E. van Pée	Secrétaire bilingue
A. de Peñaranda	Secrétaire comptable
O. Mendoza	Chauffeur

U.M.S.A.

Maria E. Yañez	Secrétaire
Miguel Acarapi	Garçon de laboratoire
Katari	Pilote de bateau

Stages en France (bourses de l'Ambassade de France)

O. Ballivián	Laboratoire de l'O.R.S.T.O.M.	juillet 78-juillet 79
C. Vargas	Laboratoire de Géologie Bordeaux	juillet 79-juillet 81
C. Quintanilla	Laboratoire d'Hydrobiologie Thonon	juillet 79-juillet 80

(1) En stage en France depuis juillet 1979.

Personal asociado al programa para cuestiones pluridisciplinarias

Departamento de Química UMSA

C. Arze	Director del Instituto de Química	Hidroquímica
C. Quintanilla (1)		Hidroquímica
M. Calliconde		Hidroquímica

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

J.P. Carmouze	M.R.	Limno-química
D. Collot	V.S.N.A.	Vegetales acuáticos

Personal técnico o de servicio

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

E. van Pée	Secretaria bilingue
A. de Peñaranda	Secretaria contable
O. Mendoza	Chofer

U.M.S.A.

M. Eugenia Yañez	Secretaria
Miguel Acarapi	Chico de laboratorio
Katari	Piloto de barco

"Stages" en Francia (becas de la Embajada de Francia)

O. Sallivián	Laboratorio de la O.R.S.T.O.M.	julio 78-julio 79
C. Vargas	Laboratorio de Geología de Bordeaux	julio 79-julio 81
C. Quintanilla	Laboratorio de Hidrobiología Thonon	julio 79-julio 80

(1) En "estage" en Francia desde julio 1979.

Locaux

- 1 maison de 250 m², réserves à échantillons, garages, jardin, n° 5362 Avenida Ormachea, Obrajes.
par l'ORSTOM et remboursé à 30% par l'UMSA.

Moyens d'action sur le terrain

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

- 3 véhicules tout terrain.
- 1 Zodiac et 2 moteurs hors-bord.
- Equipements pour prélèvements sédimentologiques.

U.M.S.A.

- 1 bateau de 12 m de long équipé d'un moteur marin acquis par CORDEPAZ.

Moyens d'action en laboratoire

U.M.S.A.

- Laboratoire de chimie des eaux (Institut de Chimie).
- Laboratoire de sédimentologie sommairement équipé (étuve, four, balance de précision, petit matériel, loupes binoculaires).
- Atelier de fabrication de lames minces (Département de Géosciences). Analyses PX faites avec l'appui d'une convention boliviano-japonaise.

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

- 2 altimètres de précision.
- Petits équipements scientifiques de terrain : pHmètre, conductivimètres.
- 2 microscopes.
- Petits équipements de laboratoire.

Locales

- 1 casa de 250 m², reservada a muestras, garages, jardín, nº 5362 Avenida Ormachea Obrajes.

Alquiler pagado por la OPSTOM y reembolsado a 30% por la UMSA.

Medios de acción en el campo

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

- 3 vehículos todo terreno.
- 1 Zodiac y 2 motores fuera-borda.
- Equipos para levantamientos sedimentológicos.

U.M.S.A.

- 1 barco de 12 m de largo equipado de un motor marino adquirido por CORDEPAZ.

Medios de acción en laboratorio

U.M.S.A.

- Laboratorio de química de aguas (Instituto de Química).
- Laboratorio de sedimentología regularmente equipado (mufla, horno, balanza de precisión, pequeño material, lupas binoculares.
- Taller de fabricación de láminas delgadas (Departamento de Geociencias). Análisis RX hechos con el apoyo de una convención boliviano-japonesa.

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

- 2 altímetros de precisión.
- Pequeños equipos científicos de terreno : phmetro, conductivímetros.
- 2 microscopios.
- Pequeños equipos de laboratorio.

Equipements de bureau

U.M.S.A.

- Mobilier.

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

- 1 machine à écrire électrique Olympia.

Bibliothèque

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

- Environ 350 ouvrages.
- Microfilms : environ 400 publications.
- Abonnements : Bulletin signalétique du C.N.R.S.
 - Minéralogie, Géochimie, Géologie extraterrestre.
 - Roches sédimentaires, géologie marine.
 - Stratigraphie, Géologie régionale, Géologie générale.
 - Tectonique.
 - Hydrologie, Géologie de l'Ingénieur, Formations superficielles.

Quaternary Research.

Geo et Coschimica Acta.

Sedimentology.

Limnology.

Tectonophysics (années 1977, 1973).

Cahiers O.R.S.T.O.M. :

Sér. Géologie.

Sér. Pédologie.

Sér. Hydrologie.

Equipos de oficina

U.M.S.A.

- Muebles.

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

- 1 máquina de escribir eléctrica Olimpia.

Biblioteca

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

- Aproximadamente 350 obras.

- Microfilms : aproximadamente 400 publicaciones.

- Abonos : boletín científicos del C.N.R.S.

- Mineralogía, Geoquímica, Geología extraterrestre.

- Rocas sedimentarias, geología marina.

- Estratigrafía, Geología regional, geología general.

- Tectónica.

- Hidrología, Geología del Ingeniero, Formaciones superficiales.

- Quaternary Research.

- Geo et Coschimica Acta.

- Sedimentology.

- Limnology.

- Tectonophysics (años 1977, 1978).

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

Ser. Geología.

Ser. Pedología.

Ser. Hidrología.

PUBLICATIONS

1977

1. CARMOUZE (J.P.), ARZE (C.) et QUINTANILLA (J.), 1977.- La régulation hydrique des lacs Titicaca et Poopó. Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., vol. XI, n° 4, pp 269 à 283.
2. LAVENU (A.), 1977.- Neotectónica de los sedimentos Plio-Cuaternarios de la cuenca de La Paz (Bolivia). Revista de Geociencias, UMSA, vol. 1, n° 1, pp. 31 a 56.
3. RODRIGO (L.A.), CASTAÑOS (A.) y CARRASCO (R.), 1977.- La formación Cancañiri, Sedimentología y Paleogeografía. Revista de Geociencias, vol. 1, n° 1, pp. 1 a 22, La Paz.
4. RODRIGO (L.A.), 1977.- Discusión del estudio general del lago Titicaca, evaluando en forma preliminar un sistema de análisis interpretativo de imágenes multiespectrales. Revista de Geociencias, vol. 1, n° 1, pp. 93-97, La Paz.
5. SERVANT (M.), 1977.- Le cadre stratigraphique du Plio-Quaternaire de l'Altiplano des Andes Tropicales en Bolivie. Bull. AFEQ, supplément INQUA. Recherches françaises sur le Quaternaire, n° 50, pp. 324-327.
6. SERVANT (M.), 1977.- El cuadro estratigráfico del Plio-Cuaternario del Altiplano de los Andes tropicales de Bolivia. Revista de Geociencias, vol. 1, n° 1, pp. 23-29, La Paz.

1978

7. ANONYME Le programme multidisciplinaire sur l'évolution récente des Hauts-Plateaux Andins (Bolivie). Cah. ORSTOM sér. Géologie, vol. X, n° 1, pp. 5 à 8.
8. BALLIVIAN (O.), BLES (J.L.) et SERVANT (M.), 1978.- Le Plio-Quaternaire de la région de La Paz (Andes Orientales, Bolivie), (en espagnol). Cah. ORSTOM, sér. Géologie, vol. X, n° 1, pp. 101 à 113.
9. BOULANGE (B.), RODRIGO (L.A.) et VARGAS (C.), 1978.- Morphologie, formation et aspects sédimentologiques du lac Poopó (Bolivie). Cah. ORSTOM, sér. Géologie, vol. X, n° 1, pp. 69 à 78.
10. BOULANGE (B.) et LITHERLAND (M.), 1978.- Surfaces d'aplanissements en zone amazonienne de Bolivie (région de San Ignacio de Velasco-Santa Cruz). Cah. ORSTOM, sér. Géologie, vol. X, n° 1, pp. 145 à 151.
11. CARMOUZE (J.P.), ARZE (C.), QUINTANILLA (J.) y MIRANDA (Y.), 1978.- Estudio de la regulación hidroquímica del sistema fluvio-lacustre del Altiplano. Revista Boliviana de Química, vol. 2, año II, Agosto, n° 1, La Paz.
12. CARMOUZE (J.P.), ARZE (C.), QUINTANILLA (J.) y MIRANDA (Y.), 1978.- Circulation de la matière (eau-sels dissous) à travers le système fluvio-lacustre de l'Altiplano : la régulation hydrique et hydrochimique des lacs Titicaca et Poopó (en espagnol). Cah. ORSTOM, sér. Géologie, vol. X, n° 1, pp. 49 à 68.
13. CARMOUZE (J.P.), ARZE (C.) y QUINTANILLA (J.), 1978.- Los movimientos verticales de la agua en el lago Titicaca y sus consecuencias sobre la distribución de ciertos elementos disueltos. Revista Boliviana de Química, vol. 2, año II, Agosto, n° 1, La Paz.

14. CARMOUZE (J.P.) y MIRANDA (J.), 1978.- Estudio de los factores de control de los carbonatos disueltos en las aguas del lago Titicaca. Proceso de precipitación de calcita. Revista Boliviana de Química, vol. 2, año II, Agosto, nº 1, La Paz.
 15. CLOCHIATTI (R.), LE RIBAUT (L.) et RODRIGO (L.A.), 1978.- Endoscopie et exoscopie de grains de quartz des formations du Pliocène et du Quaternaire La Paz (Bolivie). Cah. ORSTOM, sér. Géologie, vol. X, nº 1, pp. 127 à 143.
 15. LAVENU (A.), 1978.- Néotectonique des sédiments Plio-Quaternaires du Nord de l'Altiplano bolivien (région de La Paz-Ayo Ayo-Umala). Cah. ORSTOM, sér. Géologie, vol. X, nº 1, pp. 115 à 126.
 16. LAVENU (A.), 1978.- Neotectónica de los sedimentos Plio-Cuaternarios del Norte de Altiplano. VI Convención Nacional de Geología. Oruro. Bolivia.
 17. MIRANDA (J.) y ROLLANO de CLAROS (Y.), 1978.- Método de determinación de anhídrido carbónico en el aire. Revista Boliviana de Química, vol. 2, año Agosto, nº 1, La Paz.
 18. MIRANDA (J.), 1978.- Evolución de aguas dulces a salmueras en presencia de Boro. Litio para la boratera de Rio Grande. Revista Boliviana de Química, vol. 2, año II, Agosto, nº 1, La Paz.
 19. RISACHER (F.), 1978.- Le cadre géochimique des bassins à évaporites des Andes boliviennes. Cah. ORSTOM, sér. Géologie, vol. X, nº 1, pp. 37 à 46.
 20. RISACHER (F.), 1978.- Genèse d'une croûte de gypse dans un bassin de l'Altiplano bolivien. Cah. ORSTOM, sér. Géologie, vol. x, nº 1, pp. 91 à 101.
 21. RODRIGO (L.A.) y CATANOS (A.), 1978.- Sinopsis estratigráfica de Bolivia. Iera Parte, Paleozoico, A.N.C. de Bolivia, 147 p.
 22. SERVANT (M.) et FONTES (J-Ch.), 1978.- Les lacs Quaternaires des hauts plateaux Andes boliviennes. Premières interprétations paléoclimatiques. Cah. ORSTOM, sér. Géologie, vol. X, nº 1, pp. 9 à 23.
 23. SERVANT-VILDARY (S.), 1978.- Les diatomées des sédiments superficiels d'un lac salin chloruré, sulfaté sodique de l'Altiplano bolivien, le lac Poopó. Cah. ORSTOM, sér. Géologie, vol. X, nº 1, pp. 79 à 87.
 24. SERVANT-VILDARY (S.), 1978.- Les diatomées des dépôts lacustres quaternaires de l'Altiplano bolivien. Cah. ORSTOM, sér. Géologie, vol. X, nº 1, pp. 25 à 35.
- 1979
25. LAVENU (A.) y BALLIVIAN (O.), 1979.- Estudios neotectónicos de las cuencas de Cochabamba, Sucre y Tarija. Cordillera Oriental boliviana. En prensa.
 26. RISACHER (F.) and EUGSTER (H.P.), 1979.- Holocene pisoliths and encrustation associated in the springs. Pastos Grandes, Bolivia. Sedimentology, vol. 26, pp. 253-270.
 27. SERVANT (M.) et VILLARROEL (R.), 1979.- Le problème paléoclimatique des Andes boliviennes et de leurs piedmonts amazoniens au Quaternaire. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 228, pp. 665 à 668.

28. RODRIGO (L.A.), ORTUÑO (F.) y VARGAS (C.), 1979.- Características geológicas, morfológicas y sedimentológicas de los lagos Khara Khota y Khotia, Acad.Sci., La Paz, Bolivia (sous presse).
29. SERVANT (S.), 1979.- Paléolimnología del lago Khara Khota, Cordillera Oriental de los Andes. Acad.Sc., La Paz, Bolivia (sous Presse).
30. SERVANT (S.) 1979.- Flora diatómica de los lagos de Hichu Khota. Acad. Sc., La Paz, Bolivia (sous presse).

En préparation

31. RETTIG (F.L.), JONES (B.F.) and RISACHER (F.).- Geochimical evolution of brines in the salar of Uyuni (Bolivia).
32. BALLIVIAN (O.) y RISACHER (F.).- Evaluación económica de los yacimientos salinos del Altiplano boliviano.
33. BADAUT-TRAUTH (D.), RISACHER (F.), PAQUET (H.), EBERHAFT (J.P.), WEBER (F.).- Néoforrnations de minéraux argileux à partir de frustules de diatomées : le cas des lacs de l'Altiplano bolivien.

PRINCIPAUX RAPPORTS MULTIGRAPHIES

1976

- RISACHER (F.), 1976.- Indicios de intereses económicos de los salares del Sur Lipez.

1977

- RISACHER (F.), 1977.- Informe sobre los estudios realizados en algunos salares del Altiplano Meridional boliviano.
- BALLIVIAN (O.), RISACHER (F.), ECHENIQUE (A.), 1977.- Estudio geológico-económico de la laguna de Collpa y de la laguna Hedionda.

1979

- VARGAS (C.), BOULANGE (B.) y RODRIGO (L.A.), 1979.- Sedimentología del lago Huiñaymarca, nov. 1979, 25 p., 14 fig.

Programa Multidisciplinario de Geodinámica y Limnología
Programme Multidisciplinaire de Géodynamique et Limnologie

INFORME DE ACTIVIDADES 1979
RAPPORT D'ACTIVITES

DEL

CONVENIO
CONVENTION
UMSA-ORSTOM

Segunda Parte
Programa de Hidrobiología

La Paz- Bolivia

PROGRAMME D'HYDROBIOLOGIE
CONVENTION U.M.S.A.-O.R.S.T.O.M.

Partie Scientifique

INTRODUCTION

La section d'Hydrobiologie a été créée en février 1978 par un avenant à la Convention générale liant l'ORSTOM à l'UMSA. Les chercheurs hydrobiologiste l'ORSTOM ont comme contre-partie bolivienne les professeurs du département de Biologie de l'UMSA. Avant cette création officielle, un chercheur de l'ORSTOM, Mr. J.P. Carmouze a travaillé conjointement avec l'Institut de Chimie de l'UMSA sur la limno-chimie des lacs Titicaca et Poopó. Mr. J.P. Carmouze, son travail terminé, a regagné la France au mois d'août 1979.

En ce qui concerne la section d'Hydrobiologie proprement dite, les recherches prévues avaient pour objectif l'étude des deux extrémités de la chaîne trophique :

- A.- Production primaire du phytoplancton et étude des paramètres physico-chimiques qui la contrôlent.
- B.- Répartition, biomasse et production primaire des macrophytes.
- C.- Etudes ichtyologiques portant sur la systématique, les pêcheries locales, la répartition des peuplements et la biologie générale des espèces d'importance commerciale.

En 1978, le démarrage de ces programmes a été freiné pour manque de matériel et de financement. Pour pallier à ces problèmes, l'UMSA signait, en juillet 1978 avec CORDEPAZ, une convention qui prévoyait l'achat par cet organisme du matériel indispensable (un moteur central pour le bateau de recherches, une batterie de filets expérimentaux, des filets à plancton, du matériel de laboratoire, etc...). En 1978 aucun de ces matériels n'a été livré, si bien que les programmes ont dû démarrer avec de très petits moyens.

Cependant, l'étude de la production primaire du phytoplancton a été commencée par la méthode au ^{14}C ; l'étude des macrophytes a débuté en octobre 1978 par l'établissement de cartes de végétation; les études ichtyologiques, faute de filets, se sont limitées à la systématique des Orestias et à l'étude des pêcheries locales.

En 1979, grâce à un budget de fonctionnement suffisant et à l'obtention de matériel indispensable (microscope à inversion), les études sur la production primaire phytoplanctonique (^{14}C et comptage de cellules) se sont déroulées à un rythme normal. L'établissement des cartes de végétation s'est poursuivi normalement (Petit lac Titicaca, baie de Puno, lac Poopó, lacs de la vallée d'Hichu Kkota). La partie de l'étude relative à la production des principales plantes aquatiques utilisées par les riverains a pu commencer en octobre 1979 dès l'arrivée des équipements de plongée

PROGRAMA DE HIDROBIOLOGIA
CONVENIO U.M.S.A. - O.P.S.T.O.M.

Parte Científica

INTRODUCCION

La sección de Hidrobiología se creó en Febrero de 1978 mediante un anexo al Convenio general entre ORSTOM y UMSA. Los investigadores hidrobiólogos de la ORSTOM tienen como contraparte boliviana a los profesores del Departamento de Biología de la UMSA. Antes de la creación oficial un investigador de ORSTOM, el señor Jean-Pierre Carmouze trabajó conjuntamente con el Instituto de Química de la UMSA en la limno-química de los lagos Titicaca y Poopó. Al haber terminado su trabajo el señor Carmouze retornó a Francia en el mes de Agosto de 1979.

En lo que se refiere a la sección de Hidrobiología propiamente dicha, las investigaciones previstas tenían por objetivo el estudio de las dos extremidades de la cadena trófica :

- A.- Producción primaria del fitoplancton y estudio de los parámetros físico-químicos que la controlan.
- B.- Repartición, biomasa y producción primaria de las macrofitas.
- C.- Estudios ictiológicos sobre la sistemática, las pescas locales, la repartición y la biología general de las especies de importancia comercial.

En 1978, la iniciación de estos programas ha sido frenada por falta de material y de financiamiento. Para paliar estos problemas, en Julio de 1978, la UMSA firmó un convenio con CORDEPAZ, el que preveía la compra, por este último, del material indispensable (un motor central para la lancha, una batería de redes experimentales, de redes para plancton, material de laboratorio, etc...). En 1978 no se dispuso de ningún material entretanto los programas comenzaron con medios muy limitados.

Sin embargo el estudio de la producción primaria del fitoplancton comenzó mediante el método del ^{14}C ; el estudio de las macrofitas se inició en Octubre de 1978 por el establecimiento de mapas de vegetación; los estudios ictiológicos por falta de redes se limitaron a la sistemática de las Orestias y al estudio de las pescas locales.

En 1979, gracias a un presupuesto de funcionamiento suficiente y a la obtención del material indispensable (microscopio de inversión), los estudios sobre la producción fitoplanctónica (^{14}C y conteo de células) se desarrollaron a ritmo normal.

El establecimiento de mapas de vegetación continuó normalmente (lago Titicaca Menor, bahía de Puno, lago Poopó, lagos del valle de Hichu-Kkota). La parte del estudio relativa a la producción de las plantas acuáticas principales utiliza...

indispensables. Les ichtyologues ont pu obtenir de l'ORSTOM, en mai 1979, une petite batterie de filets qui a été utilisée en juin, juillet et août (lac Titicaca et lagunes de la vallée d'Hichu-K...)). Le bateau a été immobilisé 3 mois (de juillet à septembre 1979) pour réparation et pose du moteur central enfin acheté par CORDEPAZ début juillet 1979. Les pêches expérimentales régulières ont pu commencer en octobre. On espère recevoir bientôt les filets CORDEPAZ (pêche et plancton).

Les études de production primaire du phytoplancton seront terminées en juin 1980, et celles concernant les macrophytes en avril. En raison du retard pris par l'ichtyologie par manque de filets, les études concernant la biologie des poissons seront terminées en octobre 1980 pour la partie terrain. Il faudra compter environ 6 mois de plus pour l'exploitation et la rédaction.

Opération A

Etude de la production primaire du phytoplancton et des paramètres physico-chimiques qui la contrôlent.

1. Motivations

Il est bien connu que la productivité générale d'un lac dépend essentiellement de la production végétale, base de la pyramide trophique. Parallèlement à l'étude des macrophytes il nous a donc paru indispensable de développer un programme d'étude de la production primaire du phytoplancton et des facteurs physico-chimiques qui la contrôlent.

- L'étude de la production primaire s'effectue à l'aide de la méthode au ^{14}C . Les biomasses phytoplanctoniques spécifiques sont évaluées par une méthode de dénombrement des cellules au microscope à inversion.

- Parallèlement sont évalués les paramètres physico-chimiques du milieu, pénétration de la lumière, température, pH, sels nutritifs, etc...

2. Personnel d'exécution

Personnel O.R.S.T.O.M. : Xavier Lazzaro (V.S.N.A.), chargé de la partie biologique du programme, présent de janvier à décembre 1979.

Personnel U.M.S.A. : Carlos Arze, Hans Salin, Moïses Calliconde, chargés de la partie chimique du programme, présents de janvier à décembre 1979 (Département de Chimie).
Franklin Coya, présent d'octobre à décembre 1979 qui s'initie actuellement aux méthodes d'étude (Département de Biologie).

los ribereños pudo comenzar en Octubre del 1979, en cuanto llegó el equipo de buceo necesario para el efecto. En Mayo de 1979, los ictiólogos obtuvieron de ORSTOM una pequeña batería de redes que se utilizó en Junio, Julio y Agosto (lago Titicaca y lagunas del valle de Hichu-Kkota). La lancha quedó inmovilizada durante tres meses (desde Julio hasta Septiembre de 1979) por reparación e instalación del motor, finalmente adquirido por CORDEPAZ a principio de Julio de 1979. Las pescas experimentales regulares pudieron comenzar en Octubre del mismo año. Cuando las redes de CORDEPAZ lleguen, el equipo estará más o menos dotado del material necesario.

Los estudios de producción primaria del fitoplancton finalizarán en Junio de 1980 y aquellos relativos a las macrofitas en Abril. Debido al retraso incurrido por la ictiología, por falta de redes, los estudios referentes a la biología de los peces finalizarán en Octubre de 1980 para la parte terreno. Habrá que programar alrededor de seis meses más para la explotación y la redacción.

Operación A :

Estudio de la producción primaria del fitoplancton y de los parámetros físico-químicos que la controlan.

1. Motivaciones

Es sabido que la productividad general de un lago depende esencialmente de la producción vegetal, base de la pirámide trófica. Paralelamente al estudio de las macrofitas, nos pareció indispensable desarrollar un programa de estudios de la producción primaria del fitoplancton y de los factores físico-químicos que la controlan.

- El estudio de la producción primaria se efectúa con la ayuda del método al ^{14}C . Las biomásas fitoplanctónicas específicas son evaluadas mediante un método de enumeración de células con el microscopio de inversión.

- Al mismo tiempo, se evalúan los parámetros físico-químicos del medio, penetración de la luz, temperatura, pH, sales nutritivas, etc...

2. Personal de ejecución

Personal O.R.S.T.O.M. : Xavier Lazzaro (V.S.N.A. : Cooperante) encargado de la parte biológica del programa, presente de Enero a Diciembre de 1979.

Personal U.M.S.A. : Carlos Arze, Hans Salin, Moisés Calliconde, encargados de la parte química del programa, presentes de Enero a Diciembre de 1979 (Instituto de Investigaciones Químicas).

3. Résultats obtenus

3.1. Echantillonnage, périodicité, méthodologie

Huit stations situées dans le petit lac ont été étudiées depuis le 4 février 1979 avec une périodicité de 12 jours correspondant aux passages du Satellite Landsatt III à la verticale du lac. Nous espérons en effet pouvoir établir des corrélations entre les données de terrain et les photos transmises par ce satellite.

Trois types de paramètres sont étudiés pendant ces tournées :

- les paramètres physiques : irradiance, pénétration de la lumière dans l'eau (Disque de Secchi, lumière réfléchie, état du ciel), température de l'eau, heures de mesures;
- les paramètres chimiques : alcalinité totale (HCO_3^- , CO_3^{--}), pH, CO_2 , O_2 , $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, SiO_2 .
- les paramètres biologiques : chlorophylle a, phéopigments, production primaire par la méthode au C^{14} , comptages spécifiques du phytoplancton.

Tous ces paramètres sont étudiés à chaque station à l'exception de la production primaire mesurée en deux stations seulement.

Les comptages spécifiques du phytoplancton sont effectués grâce à un microscope inversé LEITZ DIAVERT, appartenant au Département de Biologie de la U.M.S.A., et quatre chambres de sédimentation de 50 ml prêtées par l'I.N.R.A. de Thonon-les-Bains. Pour chaque échantillon, ils se réalisent sur 33 champs optiques de type aléatoire selon une table proposée par V. Uhelinger (1964), représentant une surface totale étudiée de $10,23 \text{ mm}^2$, correspondant à un volume de 1,04 ml. Chaque comptage s'effectue sur 30 espèces phytoplanctoniques, 1 espèce de Pyrrophytes, 4 de Cyanophycées, 5 de Zygothricées, 10 d'Euchlorophycées, 2 d'Ulothricophycées et 8 de Diatomophycées.

3.2. Discussion des premiers résultats

32.1. Station de la fosse de Chua

32.1.1. Les paramètres chimiques

Les paramètres chimiques déterminés à chacune des stations aux différentes profondeurs, sont : pH, alcalinité totale, dioxyde de carbone, oxygène dissous, nitrates,, phosphates et silice.

Pour le moment, nous nous limiterons à une discussion des valeurs obtenues, uniquement à la station de Chua, sans entrer dans une discussion détaillée, attendant l'achèvement du programme pour la compléter par les résultats des autres stations.

Franklin Coya, presenta de Octubre a diciembre de 1979, quién actualmente se inicia en los métodos de estudio (Departamento de Biología).

3. Resultados obtenidos

3.1. Muestreo, periodicidad, metodología

Desde el 4 de Febrero de 1979 se estudiaron ocho estaciones situadas en el pequeño lago con una periodicidad de 18 días correspondiente al paso del Satélite Landsatt III a la vertical del lago. En efecto, esperamos establecer correlaciones entre los datos de tierra y las fotos transmitidas por este satélite.

Durante estos viajes se estudiaron tres tipos de parámetros :

- los parámetros físicos : irradiancia, penetración de la luz en el agua (Disco de Secchi, luz reflejada, estado del cielo), temperatura del agua, horas de medidas
- los parámetros químicos : alcalinidad total (HCO_3^- , CO_3^{2-}), pH, CO_2 , O_2 , PO_4^{3-} P, NO_3^- N, SiO_4 .
- Los parámetros biológicos : clorofila a, feopigmentos, producción primaria medida te el método de C 14, conteos específicos del fitoplancton.

Todos estos parámetros son estudiados en cada estación, con excepción de la producción primaria medida solamente en dos estaciones : Fosa de Chua y punto nº 3

Los conteos específicos del fitoplancton son efectuados gracias a un microscopio invertido LEITZ DIAVERT, propiedad del Departamento de Biología de la UMSA, a cuatro cámaras de sedimentación de 50 ml prestadas por el I.N.R.A. de Thonon-les Bains (Francia). Para cada muestra, el conteo se realiza sobre 33 campos ópticos de tipo aleatorio, según una tabla propuesta por V. Uhelinger (1964), representan do una superficie total estudiada de $10,23 \text{ mm}^2$ correspondiente a un volumen de 1,04 ml. Cada conteo se efectúa sobre 30 especies fitoplanctónicas, 1 especie de pirófitos, 4 de cianofíceas, 5 de zigofíceas, 10 de euclorofíceas, 2 de ulotricofíceas y 8 de diatomofíceas.

3.2. Debate de los primeros resultados

32.1. Estación de la fosa de Chua

32.1.1. Los parámetros químicos

Los parámetros químicos determinados en cada una de las estaciones, a diferentes profundidades son : pH, alcalinidad total, dióxido de carbono, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos y silicio.

Por el momento nos limitaremos a un debate de los valores obtenidos, únicamente de la estación de Chua, sin entrar en un debate detallado, en espera

32.1.2. Méthodes et équipements de chimie

	METHODE UTILISEE	EQUIPEMENT
pH	Potentiométrique	TACUSSEL titrimètre
Alc. totale	Potentiométrique	METROHM HERISSAN
CO ₂	Calcul à partir du pH et de l'Alc. totale	
O ₂	Winkler	
NO ₃ -N	Spectrophotométrique à = 543 nm	Spectrophotomètre HI-TACHI Perkin-Elmer Spectrophotomètre Beckman DU-2
PO ₄ -P	Spectrophotométrique à = 882 nm	Spectrophotomètre Beckman DU-2
SiO ₂	Spectrophotométrique à = 810 nm	" " "

350 déterminations de chaque paramètre ont été réalisées approximativement, ce qui constitue un total de 2450, depuis le début du programme.

32.1.3. pH et alcalinité totale

Le pH des eaux du lac est déterminé directement par le contenu en carbonates et bicarbonates (alcalinité totale). D'une manière générale, on peut indiquer que les valeurs de pH fluctuent entre 8,55 et 8,65 jusqu'à 27 mètres de profondeur, approximativement. A partir de cette profondeur le pH diminue et atteint des valeurs variant de 8,40 à 7,86, valeur minimale obtenue jusqu'à présent et qui correspond au mois d'avril.

Pour ce qui est des valeurs d'alcalinité totale, elles fluctuent autour de 2 meq.l⁻¹ dans toute la colonne d'eau, tout au long de la période d'échantillonnage.

32.1.4. Dioxyde de carbone

Le contenu en CO₂ a été déterminé par calcul à partir de l'alcalinité totale et du pH. Il s'agit évidemment du CO₂ qui se trouve en équilibre. Les concentrations en CO₂ augmentent avec la profondeur depuis approximativement 0,5 mg l⁻¹ à 0,5 m jusqu'à 1,0 mg l⁻¹ à 40 m.

32.1.5. Oxygène dissous

Le contenu en oxygène dissous varie autour de 7 mg l⁻¹ durant toute la période

de la conclusión del programa a completar por los resultados de las otras estaciones.

3.2.1.2. Métodos y equipos de química

	METODO UTILIZADO	EQUIPOS
pH	Potenciométrico	TACUSSEL titríméto
Alc. total	Potenciométrico	METROHM HERISSAN
CO ₂	Cálculo a partir del pH y alc. total	
O ₂	Winkler	
NO ₃ -N	Espectrofotométrico a $\lambda = 543$ nm	Espectrofotómetro HITACHI Perkin-Elmer Espectrofotómetro Beckman DU-2
PO ₄ -P	Espectrofotométrico a $\lambda = 882$ nm	" " "
SiO ₂	Espectrofotométrico a $\lambda = 810$ nm	" " "

Aproximadamente se realizaron 350 determinaciones de cada parámetro, lo que constituye un total de 2450, desde el inicio del programa.

3.2.1.3 pH y alcalinidad total

El pH de las aguas del lago es directamente determinado por el contenido en carbonatos y bicarbonatos (alcalinidad total). De una manera general, se puede indicar que los valores del pH fluctúan entre 8,55 y 8,65 hasta 27 metros de profundidad aproximadamente. A partir de esta profundidad el pH disminuye y alcanza valores que varían de 8,40 a 7,86, valor mínimo obtenido hasta ahora, correspondiente al mes de Abril.

En cuanto a los valores de alcalinidad total, estos fluctúan alrededor de 2 mg.l^{-1} en toda la columna de agua, durante todo el período de muestreo.

3.2.1.4. Dióxido de carbono

El contenido en CO₂ ha sido determinado mediante cálculo a partir de la alcalinidad total y del pH. Evidentemente se trata del CO₂ que se encuentra en equilibrio. Las concentraciones en CO₂ aumentan con la profundidad aproximadamente desde $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ a $0,5 \text{ m}$ hasta $1,0 \text{ mg.l}^{-1}$ a 40 m .

3.2.1.5. Oxígeno disuelto

El contenido en oxígeno disuelto varía alrededor de 7 mg.l^{-1} durante todo el período de muestreo y hasta una profundidad de 27 m aproximadamente, a partir

d'échantillonnage et jusqu'à une profondeur d'approximativement 27 m, à partir de laquelle il commence à diminuer jusqu'à des valeurs variables à 40m. Il atteint son minimum à la fin du mois de mai avec une valeur de $0,33 \text{ mg l}^{-1}$ et son maximum de $6,4 \text{ mg l}^{-1}$ (à 10 m) au mois de juin.

32.1.6. Nitrates et phosphates

En conséquence de la complexité de la mesure de ces particules, nous avons retardé l'étude préliminaire jusqu'à l'achèvement du programme. En effet, la délicatesse de l'échantillonnage et de l'analyse même, nous permettent de penser que nous avons obtenu quelques résultats que l'on peut présumer non fiables.

32.1.7. Silice

La concentration de cette particule varie tout au long de l'année, entre $0,1$ et $0,3 \text{ mg l}^{-1}$. Ceci est observé, bien que sa concentration à chaque station soit pratiquement constante dans toute la colonne d'eau, jusqu'à 27 mètres approximativement, profondeur à partir de laquelle elle commence à augmenter, atteignant des niveaux de $1,3 \text{ mg l}^{-1}$, maximum du mois de mars.

Il faut noter, d'une manière générale, sans prendre en compte ni phosphates, ni nitrates, que les autres particules présentent un comportement homogène dans toute la colonne d'eau entre les mois de juin et d'août. Cela signifie que la concentration de ces mois est pratiquement constante dans toute la colonne d'eau. Cependant entre septembre et mai les concentrations dans toute la colonne sont différentes, atteignant la plus grande différence aux mois de février et mars.

32.1.8. Pénétration de la lumière. Température. Oxygénation

La transparence moyenne (profondeur de disparition du Disque de Secchi) varie de 4,5 à 5 m de février à juillet. En août-septembre (période de faible densité phytoplanctonique) elle augmente jusqu'à 7 m, avant de reprendre sa valeur initiale en octobre. Concomitamment, le rapport : lumière réfléchie à la profondeur 9,5 m / lumière réfléchie à la surface, exprimé en %, passe de 10-15% à 35-40% pendant cette période pauvre. La calibration de l'ancienne sonde de lumière (résultats exprimés en mA) par la nouvelle sonde LI-COR, actuellement en cours, permettra d'exprimer les résultats antérieurs à octobre en termes d'énergie lumineuse.

L'absence permanente de thermocline en juin-juillet-août (seule une thermocline journalière, qui intéresse le premier mètre, apparaît à la moitié du jour) permet un brassage important de la colonne d'eau et l'homogénéisation de son oxygénation (jusqu'à $7 \text{ mg l}^{-1} \text{O}_2$ en août-septembre sur toute la colonne).

La période été-automne (jusqu'en juin) est caractérisée par des températures de surface de $14-15^\circ\text{C}$, et de fond (40 m) de $\sim 12^\circ\text{C}$; l'hiver (juillet-août) respectivement, par 10°C et 9°C . Le gradient thermique de surface (5°C) est beaucoup plus grand que celui de fond (3°C). Les eaux de fond apparaissent pratiquement homothermes tout au long de l'année.

32.1.9. Activité de la chlorophylle

A partir de février 1979, on observe une augmentation nette de la concentration en chlorophylle a (3 à 4 mg l^{-1} en juin). L'augmentation synchrone de la proposition

de la cual comienza a disminuir hasta valores variables a 40 m. Alcanza su punto mínimo a fines del mes de Mayo con un valor de $0,33 \text{ mg.l}^{-1}$ y el máximo de $6,4 \text{ mg.l}^{-1}$ (a 40 m) en el mes de Junio.

3.2.1.6 Nitratos y fosfatos

A consecuencia de la complejidad de la medida de estas sales, hemos postergado el estudio preliminar hasta la conclusión del programa. En efecto, la delicadeza del muestreo y el análisis del mismo, nos hace pensar que hemos obtenido algunos resultados presumiblemente no confiables.

3.2.1.7 Silicio

La concentración de esta partícula varía durante todo el año, entre $0,1$ y $0,3 \text{ mg.l}^{-1}$. Esto se observa, aunque su concentración en cada estación sea prácticamente constante en toda la columna de agua, hasta 27 m aproximadamente, profundidad a partir de la cual comienza a aumentar alcanzando niveles de $1,3 \text{ mg.l}^{-1}$ en el mes de Marzo.

De una manera general, hay que hacer notar que, sin tener en cuenta fosfatos ni nitratos, los otros sales presentan un comportamiento homogéneo en toda la columna de agua entre los meses de Junio y Agosto. Esto significa que la concentración de estos meses es prácticamente constante en toda la columna de agua. A pesar de que entre Septiembre y Mayo las concentraciones en toda la columna son diferentes, alcanzan la diferencia más grande en los meses de Febrero y Marzo.

3.2.1.8 Penetración de la luz. Temperatura. Oxigenación

La transparencia media (profundidad de desaparición del Disco de Secchi) varía de 4,5 a 5 m de Febrero a Julio. En Agosto-Septiembre (período de densidad fitoplanctónica débil) ésta aumenta hasta 7 m, antes de recuperar su valor inicial en Octubre. En concomitancia, la relación : luz reflejada a 9,5 m de profundidad/luz reflejada en la superficie, pasa de 10-15% a 35-40% durante este período pobre. La calibración de la vieja sonda de luz (resultados indicados en mA) por la nueva LI-COR, actualmente en uso, permitirá indicar los resultados anteriores a Octubre en términos de energía luminosa.

La ausencia de termoclina en Junio-Julio-Agosto (solo una termoclina diaria, que interesa el primer metro, aparece a la mitad del día) permite una mezcla importante de la columna de agua y la homogenización de su oxigenación (hasta $7 \text{ mg.l}^{-1} \text{ O}_2$ en Agosto-Septiembre sobre toda la columna).

El período verano-otoño (hasta Junio) se caracteriza por temperaturas de superficie de $14-15^\circ\text{C}$, y de fondo (40 m) de más o menos 12°C ; el invierno (Julio-Agosto) por 10°C y 9°C respectivamente. El gradiente térmico de superficie (5°C) es mucho más grande que el de fondo (3°C). Las aguas de fondo parecen prácticamente homotermas durante todo el año.

3.2.1.9 Actividad de la Clorofila

A partir de Febrero de 1979, se observa un aumento notorio de la concentración en clorofila a (3 a 4 g.l^{-1} en Junio). El aumento sincrónico de la proporción

de la chlorophylle active -mesurée par le rapport Chl.a/Chl.a + Phéo- semble déterminer, avec un temps de latence d'environ un mois, la croissance de la densité phytoplanctonique et, par là même, de sa biomasse. Un pic de 90% de chlorophylle active début avril induit une densité phytoplanctonique de quelques 8.000 cel.ml⁻¹ en mai. On note un second pic de chlorophylle active, plus faible (60 à 70%), en septembre, qui devrait provoquer le même phénomène en octobre-novembre. La saison des pluies (s'achevant en février et mars) l'époque ventée (juillet-août) sont deux époques où la densité phytoplanctonique est faible (

La disponibilité des nitrates (d'origine atmosphérique, facteur limitant majeur en fin de saison des pluies, le brassage mécanique de la masse d'eau par les vents, et la disparition concomitante de thermocline, permettent la croissance de la densité phytoplanctonique. Fait intéressant : même à 40 m, en l'absence quasi-totale de lumière, la présence de chlorophylle active est importante puisque ce rapport atteint 70 à 80%. Ceci pourrait trouver une explication dans les migrations verticales du phytoplancton, ou dans l'adaptation des populations de fond aux faibles luminosités (confirmée par la mesure d'efficacité photosynthétique : rapport production primaire/énergie lumineuse ambiante à la profondeur considérée).

32.1.10. Relation silice-diatomées

La concentration moyenne en silice est faible : 0,2 à 0,4 mg.l⁻¹ de SiO₂. A partir du réservoir de silice que constitue le sédiment, le brassage vertical permet une "explosion" de diatomées, jusqu'à plus de 7.000 ml.⁻¹ en mai, représentant plus de 85% du peuplement phytoplanctonique total (dont 80% de *Nitzschia* sp). Une concentration inférieure à 0,2 mg.l⁻¹ de SiO₂ est enregistrée en avril, avant "l'explosion" de mai.

32.1.11. Production primaire

Le taux d'incorporation de C¹⁴ des bouteilles obscures est égal ou supérieur à celui des bouteilles claires dans 13 des 75 mesures dépouillées par le laboratoire ARAGO de BANYULS S/MER (du 4-2 au 28-6-79). Le même phénomène est observé dans le Lac Tanganyka (HECKY R.E., FEE E.J., KLING H., RUDD J.W.M., STUDIES ON THE PLANKTONIC ECOLOGY OF LAKE TANGANYKA, Fisheries & Marine Service Technical report n° 816, December 1978, page 9). Il y est interprété comme l'incorporation de CO₂ à l'obscurité, par les bactéries. Aussi faut-il émettre des réserves quant aux résultats de production primaire obtenus (incubation in-situ, de 3 heures autour de midi). En effet, lors des comptages au microscope, de très nombreux modules bactériens sont visibles, ce qui pourrait renforcer cette hypothèse.

Les productions primaires calculées sont néanmoins, en moyenne, de 3-4 mgC m⁻³ h⁻¹ avec un maximum de 8-10 mg C.m⁻³ h⁻¹ en mars. On observe à chaque sortie une inhibition de la photosynthèse par la lumière incidente dans le premier mètre, ainsi qu'une diminution, voire une annulation complète de la production à partir de 18 m.

32.1.12. Structures des peuplements phytoplanctoniques

Les peuplements de Chua sont caractérisés par, en moyenne, 50% de diatomées. Avec "l'explosion" de diatomées de mai, cette proportion atteint 85%.

Les chlorophycées, second groupe dominant, présentent deux périodes d'abondance : février-mars et septembre-octobre, avec environ 30 à 40% du peuplement.

de clorofila activa -medida por la relación $Cl.a/Cl.a + Fea$ - parece determinar, con un tiempo latente de más o menos un mes, el crecimiento de la densidad fitoplanctónica y por ende de su biomasa. Un pico de 90% de clorofila activa a principios de Abril induce una densidad fitoplanctónica de algo de 8.000 cel.ml⁻¹ en mayo. Se observa un segundo pico de clorofila activa, más débil (60 a 70%) en Septiembre, que debería provocar el mismo fenómeno en Octubre-Noviembre. El tiempo de lluvias (que termina en Febrero-Marzo), la época ventosa (Julio-Agosto) son dos épocas donde la densidad fitoplanctónica es débil (más o menos 2.000 cel.ml⁻¹).

La disponibilidad de nitratos (de origen atmosférico, mayor factor limitante) a fines del tiempo de lluvias, la mezcla mecánica de la masa de agua por los vientos y la desaparición concomitante de termoclina, permiten el crecimiento de la densidad fitoplanctónica. Hecho interesante : aún a 40 m en ausencia casi total de luz, la presencia de clorofila activa es importante, puesto que esta relación alcanza 70 a 80 %. Esto podría encontrar una explicación en las migraciones verticales del fitoplancton, o en la adaptación de las poblaciones de fondo a luminosidades débiles (confirmada por la medida de eficacia fotosintética : relación producción primaria/energía luminosa ambiente a la profundidad considerada).

3.2.1.10 Relación Silicio-Diatomeas

La concentración media en silicio es débil : 0,2 a 0,4 mg.l⁻¹ de SiO₂. A partir de la reserva de silicio que constituye el sedimento, la mezcla vertical permite una "explosión" de diatomeas, hasta más de 7.000 cel. ml⁻¹ en mayo, representando más del 85% del poblamiento fitoplanctónico total (del cual 80% de *Nitzschia* sp.). Una concentración inferior a 0,2 mg.l⁻¹ de SiO₂ se registra en Abril, antes de la "explosión" de mayo.

3.2.1.11 Producción Primaria

La tasa de incorporación de C¹⁴ en botellas oscuras es igual o superior al de botellas claras en 13 de las 75 medidas revisadas por el Laboratorio ARAGO de BANYULS S/MER (del 4 de Febrero al 28 de Junio de 1979). Se observa el mismo fenómeno en el lago Tanganica (HECKY R.E., FEE E.J., KLING H., RUDD J.W.M., STUDIES ON THE PLANKTONIC ECOLOGY OF LAKE TANGANICA, Fisheries & Marine Service Technical Report nº 816, December 1978, page 9). Se interpreta como la incorporación de CO₂ por las bacterias, en la oscuridad. Así también se debe emitir reservas en cuanto a los resultados de producción primaria obtenidos (incubación in-situ, de 3 horas alrededor de mediodía). En efecto, durante los conteos en microscopio numerosos nódulos bacterianos son visibles, lo que podría fortalecer esta hipótesis.

El promedio de las producciones primarias calculadas son no obstante, de 3-4 mg C. m⁻³ h⁻¹ con un máximo de 9-10 mg C. m⁻³ h⁻¹ en Marzo. En cada salida se observa una inhibición de la fotosíntesis por la luz incidente en el primer metro, como también una disminución, hasta una anulación completa de la producción a partir de 18 m.

3.2.1.12 Estructuras de los poblamientos fitoplanctónicos

Los poblamientos de Chua se caracterizan, en promedio, por 50% de diatomeas. Con la "explosión" de diatomeas en Mayo, esta proporción alcanza 85%.

Las clorofíceas, segundo grupo dominante, presentan dos períodos de abundancia : Febrero-Marzo y Septiembre-October, con 30 a 40% del poblamiento más o menos.

Les Diagrammes de FRONTIER et les mesures de diversités spécifique et pigmentaire permettent de suivre le rajeunissement et le vieillissement du peuplement. Un pic de diversité spécifique (3 bits cel.^{-1} , et même jusqu'à 4 bits cel.^{-1} à 3 m en février) en mars, précède le pic de chlorophylle active d'avril. Un minimum est enregistré également à toutes les profondeurs, en mai-juin.

La mesure de la diversité pigmentaire est d'en moyenne 3 à 4 (DO 430/DO 665). Un maximum de 4,5-5 est enregistré au moment de "l'explosion" planctonique de mai.

Les diagrammes de FRONTIER sont caractéristiques en majorité du stade 1 de succession écologique (peuplement juvénile); dans quelques rares cas ils atteignent le stade intermédiaire, précédant le stade 2 (peuplement mature) encore jamais atteint.

3.3. Stations 1 à 7

Les résultats acquis seront ultérieurement utilisés, pour une étude comparative avec ceux de la Station de Chua. Ce travail permettra de mettre en évidence d'éventuelles zonations à l'intérieur du Lago Menor, ainsi que d'éventuels décalages temporels d'évolution entre les différentes stations.

4. Publications

Les premiers résultats de production primaire et d'évaluation des paramètres physico-chimiques (6 mois d'étude) ont été présentés au cours d'un séminaire, le 14 septembre 1979, 50 p. multigr.

5. Perspectives

Les données de terrain devraient être complètes en février-mars 1980, l'exploitation des résultats devrait prendre 6 mois de plus. Au cours de l'exploitation, nous espérons pouvoir aborder les points suivants.

5.1. Etablissement des structures phytoplanctoniques des Stations 1 à 7

Nous avons effectué l'expérimentation de deux méthodologies de comptage :

- par cotations d'abondance (FRONTIER, 1974) employées originellement pour la numération du zooplancton;
- par la méthode d'occurrence des espèces (LEGENDRE, 1977).

Ces deux méthodologies qui permettent de réduire le "coût" de chaque comptage (principalement le facteur temps), ne permettent pas de conserver une "information" suffisante, c'est-à-dire qu'il est préférable de réduire à 10 les champs optiques examinés, et ainsi à 0,32 ml le volume étudié. Cette estimation réduite recte.

Los diagramas de FRONTIER y las medidas de diversidades específicas y pigmentaria permiten observar el rejuvenecimiento o el envejecimiento del poblamiento. Un pico de diversidad específica (> 3 bits cel.⁻¹, e inclusive hasta 4 bits cel.⁻¹ a 3 m en febrero) en marzo, precede el pico de clorofila activa de abril. En mayo-Junio se registra un mínimo también en todas las profundidades.

El promedio de la medida de la diversidad pigmentaria es de 3 a 4 (D0430/D0665). Un máximo de 4,5-5 se registra durante la "explosión" planctónica de mayo.

Los diagramas de FRONTIER son característicos en la mayoría del estado 1 de sucesión ecológica (poblamiento juvenil); en algunos casos raros alcanzan el estado intermediaria, precedente del estado 2 (poblamiento maduro) nunca alcanzado claramente todavía.

3.2.2 Estaciones de 1 a 7

Los resultados obtenidos se utilizarán ulteriormente para un estudio comparativo con los de la estación de Chua. Este trabajo permitirá poner en evidencia eventuales localizaciones en el interior del lago Menor, como también eventuales diferencias temporales de evolución entre las diferentes estaciones

4. Publicaciones

Los primeros resultados de producción primaria y de evaluación de los parámetros físico-químicos fueron presentados durante el seminario realizado el 14 de septiembre de 1979, 50 p. poli.

5. Perspectivas

Los datos obtenidos en campo deberían estar completos en febrero, marzo de 1980, la explotación de los resultados debería tomar 6 meses más. Durante la explotación esperamos poder abordar los siguientes puntos.:

5.1. Establecimiento de las estructuras fitoplanctónicas de las estaciones 1 a 7

Se efectuó el experimento de dos metodologías de conteo :

- por indicación de abundancia (FRONTIER, 1974) originalmente empleado para la numeración del zooplancton;
- por el método del encuentro de especies (LEGENDRE, 1977).

Estas dos metodologías permiten reducir el "costo" de cada conteo (principalmente en tiempo) no así conservar una "información" suficiente. Es decir que es preferible reducir a 10 los campos ópticos examinados, y así a 0,32 ml el volumen estudiado. Esta estimación reducida queda bastante correcta.

5.2. Mesures des biovolumes spécifiques

Les données bibliographiques relatives aux biovolumes des espèces phytoplanctoniques du Lac Titicaca sont largement incomplètes. Il est indispensable d'effectuer des mesures de taille respective de chaque espèce, pour pouvoir établir les biomasses spécifiques à partir des comptages.

Les plus complètes ont été établies par le professeur P.J. RICHESON, de l'Université de Californie, Davis, U.S.A., dans le travail limnologique concernant le grand Lac Titicaca : "THE LIMNOLOGY OF LAKE TITICACA.- A Large, High Altitude, Tropical Lake" publié en juillet 1977.

Nous attendons actuellement sa réponse à notre correspondance envoyée le 9 octobre 1979, lui demandant les formes géométriques élémentaires utilisées, et les biovolumes spécifiques ainsi calculés; ces données ne figurent pas dans ce travail. Prenant en compte celles-ci, il sera possible d'établir les biovolumes spécifiques phytoplanctoniques du Petit Lac (en ayant une référence de base), et ensuite les biomasses spécifiques et totales (en mg.C m^{-3}) relatives à chaque station, ses évolutions spatio-temporelles, l'estimation de la biomasse globale phytoplanctonique et la productivité du Petit Lac (Productivité = Production/Biomasse, exprimée en unité de temps^{-1}).

5.3. Groupements et affinités entre stations

Ceux-ci peuvent être étudiés par l'intermédiaire du calcul de matrices de corrélations et l'établissement de dendrogrammes.

5.4. Groupements et affinités interspécifiques

Cette étude peut se réaliser par l'intermédiaire de l'Analyse Factorielle des correspondances. Nous possédons les connaissances pratiques et les procédures pour réaliser ces études au moyen de l'informatique. Le "Centro de Procesamiento de Datos de Información" (C.P.D.I.) du "Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana" (C.E.U.B.), où nous avons déjà réalisé les programmes "COMPOSICION QUIMICA DE LAS AGUAS" et "DIVERSIDAD ESPECIFICA : H. de SHANNON" et le "Laboratorio de Física de la U.M.S.A.", nous donnent toutes les facilités pour mettre au point, réaliser et utiliser les programmes.

5.5. Etude des migrations verticales nictémérales du phytoplancton

Nous avons réalisé une étude limnologique, entre le 28 et 29 août 1979 (fin de l'hiver), à la Station de la Fosse de Chua, à 10 profondeurs jusqu'à 40 m, toutes les 3 heures et pendant 24 heures : des paramètres du milieu, et des densités spécifiques phytoplanctoniques. Si possible, une étude similaire pourrait être renouvelée à la fin du cycle annuel (mars 1980).

L'étude de ces populations phytoplanctoniques et de ses migrations journalières -si elles existent- sera réalisée par Franklin COYA. L'absence de chambres de sédimentation supplémentaires freine la réalisation de ce travail. L'arrivée de celles-ci permettra de commencer l'étude quantitative. Pour le moment, seuls des travaux de bibliographie, de systématique, d'analyse de méthodologie d'études des populations phytoplanctoniques et de successions, peuvent être entrepris.

5.2. Medidas de los biovolumenes específicos

Los datos bibliográficos relativos a los biovolumenes de las especies fitoplanctónicas del lago Titicaca son muy incompletos. Es indispensable efectuar medidas del tamaño respectivo a cada especie, para poder establecer las biomásas específicas mediante los conteos.

Las más completas han sido establecidas por el Profesor P.J. RICHESON, de la Universidad de California, Davis, EE.UU. en el trabajo limnológico relativo al Lago Mayor "THE LIMNOLOGY OF LAKE TITICACA - A large, High Altitude, Tropical Lake" publicado en Julio de 1977.

Actualmente estamos a la espera de su respuesta a nuestra correspondencia enviada el 9 de Octubre de 1979 solicitándole las formas geométricas elementales utilizadas, y los biovolumenes específicos así calculados; estos datos no figuran en el trabajo. Tomando en cuenta estos datos, nos será posible establecer los biovolumenes específicos fitoplanctónicos del Lago Menor (contando con una referencia de base), y seguidamente las biomásas específicas y totales (en mg C. m^{-3}) relativas a cada estación, sus evoluciones espacio-temporales, la estimación de la biomasa global fitoplanctónica y la productividad del Lago Menor (productividad = producción/biomasa, indicada en unidad de tiempo⁻¹).

5.3. Grupos y afinidades entre estaciones

Estos pueden ser estudiados mediante el cálculo de matrices de correlaciones y el establecimiento de dendrogramas.

5.4. Grupos y afinidades interespecíficas

Este estudio puede realizarse mediante el Análisis Factor de Correspondencias. Poseemos los conocimientos prácticos y los procedimientos para realizar estos estudios, mediante la informática. El Centro de Procesamiento de Datos de Información (C.P.D.I.) del Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana (C.E.U.B.) donde ya se realizaron los programas "COMPOSICION QUIMICA DE LAS AGUAS" y "DIVERSIDAD ESPECIFICA : H. de SHANNON", y el Laboratorio de Química de la UMSA, nos dan todas las facilidades para mejorar, realizar y utilizar los programas.

5.5. Estudio de las migraciones verticales nictemerales del fitoplancton

Hemos realizado un estudio limnológico entre el 28 y el 29 de Agosto de 1979 (fin del invierno) en la estación de la Fosa de Chua, a 10 profundidades hasta 40 m, cada 3 horas y durante 24 horas : parámetros del medio y densidades específicas fitoplanctónicas. Si es posible, un estudio similar podría ser renovado a fines del ciclo anual (Marzo 1980).

El estudio de estas poblaciones fitoplanctónicas y de sus migraciones cotidianas -si existen- será realizado por Franklin COYA. La falta de cámaras de sedimentación extras frena la realización de este trabajo. La llegada de estas permitirá el inicio del estudio cuantitativo. Por el momento solamente se pueden efectuar los trabajos de bibliografía, de sistemática, de análisis de metodología de los estudios de las poblaciones fitoplanctónicas y de sucesión.

Opération B

Répartition, biomasse et production de la végétation aquatique de l'Altiplano.

1. Motivations

L'étude des plantes aquatiques est intéressante de divers points de vue. Certaines parties du lac Titicaca, comme le Petit lac ou la baie de Puno, présentent une biomasse macrophytique considérable. Cette énorme quantité de plantes doit jouer un rôle non négligeable dans la chimie générale des eaux et spécialement dans la chimie du calcium et sa sédimentation (characées). D'autre part, ces herbiers jouent vraisemblablement le rôle d'abri pour les écophases juvéniles des poissons. De plus, certaines plantes comme les "totoras", les élodées, les myriophylles, sont intensément utilisées pour la nourriture du bétail. Ces diverses considérations nous ont incité à établir, compte tenu de nos possibilités matérielles, un programme en deux points :

- établissement de cartes de végétation par espèces, non seulement pour le lac Titicaca (Petit lac et baie de Puno), mais aussi pour le lac Poopó et trois petits lacs de la vallée andine d'Hichu-tota;
- étude de la production de repousse des principales plantes aquatiques d'intérêt économique. Cette étude qui s'effectue en plongée, n'a pu commencer qu'en octobre 1979 dès l'arrivée des équipements nécessaires.

2. Personnel d'exécution

Personnel O.R.S.T.O.M. : Daniel Collot (V.S.N.A.), de janvier à décembre 1979.

Personnel U.M.S.A. : Fanny Kosiyama à temps partiel (1 heure par semaine et vacances universitaires).

Une mission d'un mois (juillet-août) a également été effectuée pour ce programme par Madame Aline Raynal, spécialiste des plantes aquatiques du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Operación B

Repartición, biomasa y producción de la vegetación acuática del Altiplano.

1. Motivaciones

El estudio de plantas acuáticas es interesante desde varios puntos de vista. Ciertas partes del lago Titicaca, como el Lago Pequeño o la bahía de Puno, presentan una biomasa macrofítica considerable. Esta cantidad enorme de plantas debe tener un rol nada despreciable en la química general de las aguas y especialmente en la química del calcio y su sedimentación (Characae). Por otra parte, estos helechos sirven, seguramente, de refugio para los peces juveniles. Además, ciertas plantas como las totóras, las elodeas, las miriofilas se utilizan mucho para la alimentación del ganado. Estas consideraciones nos han incitado a establecer un programa en dos puntos, teniendo en cuenta nuestras posibilidades materiales :

- establecimiento de mapas de vegetación por especies, no solamente para el lago Titicaca (Lago Pequeño y bahía de Puno), sino también para el lago Poopó y 3 lagos pequeños del valle de Hichu Wkota.
- estudio de la producción de rebrote de las principales plantas acuáticas de interés económico. Este estudio, que se efectuó con buceo, se inició en octubre de 1979 a la llegada de los equipos necesarios.

2. Personal de ejecución

Personal O.R.S.T.O.M. : Daniel Collot (V.S.N.A. = Cooperante) de Enero a Diciembre de 1979.

Personal U.M.S.A. : Fanny Kosiya, medio tiempo (1 hora por semana y vacaciones universitarias).

Una misión de un mes (Julio-Agosto) efectuó también para este programa, la señora Aline ..., especialista en plantas acuáticas del Museo Nacional de Historia Natural de Paris.

3. Résultats obtenus

3.1. Cartes de végétation

Des cartes de végétation ont été dressées pour la baie de Puno, le Petit Lac (lac Titicaca), le lac Poopó et les lacs de la vallée d'Hichu-Pkta.

31.1. Petit lac Titicaca et baie de Puno

Ce travail a été réalisé d'octobre 1978 à mai 1979. Des rives vers le large on observe les successions suivantes :

- Une association Myriophyllum elatmoïdes, Elodea potamogeton à laquelle peuvent s'adjoindre Potamogeton strictus et Ruppia sp. Cette association colonise les fonds de 0,20 m à 2,50 m de profondeur. Tout-à-fait en bordure se rencontrent Lilaeopsis sp. et une nouvelle espèce pour le lac, Hydrocotyle sp. D'autres espèces également nouvelles pour le lac, Lemna spp. et Azolla sp. poussent dans les zones particulièrement abritées.
- A 2,50 m de profondeur, commence généralement la zone à Schoenoplectus tatora ou "tatora", qui s'étend jusqu'à la profondeur limite de 4,50 m. Deux types d'associations peuvent alors se rencontrer selon la densité des "totoras". Si elles sont abondantes elles sont associées à des touffes de Potamogeton, si leur densité est faible ce sont les Chara qui abondent. Ces associations peuvent s'installer sur de grandes surfaces si la morphologie du fond s'y prête. C'est le cas de la baie de Puno où les "totoras" occupent 39% de la surface.
- A partir de 4,50 m et jusqu'à 7,50 m de profondeur s'étendent les immenses prairies à Chara qui occupent dans le petit lac 33% de la superficie.
- Une bande de Potamogeton peut se rencontrer entre 5,50 m et 7,50 et peut s'interpréter comme le vestige d'une ancienne ligne de rivage, cette hypothèse restant à démontrer.

31.2. Le lac Poopó

Le lac Poopó a été étudié en juin 1979. Dans ce lac, dont la profondeur ne dépasse pas 3 m, la répartition des plantes semble liée à la salinité. Ainsi les associations typiques du lac Titicaca ("tatora", Chara, Potamogeton, Myriophyllum) ne se rencontrent que dans la partie nord du lac, directement soumise à l'influence des eaux douces du Desaguadero. Sur la côte orientale où la salinité varie entre 15 et 30 g/l (sels totaux dissous), les Ruppia dominent. Sur la côte occidentale où la salinité peut dépasser 40 g/l deux Chara spp. apparaissent, soit seules, soit associées à Ruppia.

31.3. Les lacs de la vallée d'Hichu-Pkta (juillet 1979)

La disposition de ces lacs étagés de 4.310 à 4.690 m, a permis de se pencher

3. Resultados obtenidos

3.1. Mapas de vegetación

Han sido compuestos mapas de vegetación para la bahía de Puno, el Lago Pequeño (Lago Titicaca), el lago Poopó y los lagos del valle de Hichu-Kkota.

3.1.1 Pequeño lago Titicaca y Bahía de Puno

Este trabajo ha sido realizado de Octubre de 1978 a Mayo de 1979. De las riberas hacia el ancho, se observan las siguientes sucesiones :

- Una asociación Myriophyllum elatinoïdes, Elodea potamogeton a la cual se puede añadir Potamogeton strictus y Ruppia sp. Esta asociación coloniza los fondos de 0,20 m a 2,50 m de profundidad. Totalmente al borde se encuentran Lilaeopsis sp. y una especie nueva para el lago, Hydrocotyle sp. Otras especies, igualmente nuevas para el lago, Lemna spp y Azolla sp. crecen en las zonas particularmente abrigadas.
- A 2,50 m de profundidad generalmente comienza la zona de Schoenoplectus tatora o totora, que se extiende hasta la profundidad límite de 4,50 m. Entonces, dos tipos de asociaciones pueden encontrarse según la densidad de las totoras. Si estas son abundantes están asociadas con espesuras de Potamogeton, si su densidad es débil entonces abundan las Chara. Estas asociaciones pueden localizarse en grandes superficies si la morfología del fondo se presta. Es el caso de la bahía de Puno donde las totoras ocupan 39% de la superficie.
- Desde los 4,50 m y hasta los 7,50 m de profundidad se extienden inmensas praderas de Chara que ocupan 33% de la superficie en el lago pequeño.
- Una faja de Potamogeton puede encontrarse entre los 5,50 y los 7,50 y puede interpretarse como el vestigio de una línea antigua de ribera, esta hipótesis queda por demostrar.

Lago Poopó

El lago Poopó ha sido estudiado en Junio de 1979. En este lago cuya profundidad no sobrepasa los 3 m, la repartición de las plantas parece estar ligada a la salinidad. Así las asociaciones típicas del lago Titicaca (totora, Chara, Potamogeton, Myriophyllum) se encuentran en la parte norte del lago solamente, directamente sometida a la influencia de las aguas dulces del Desaguadero. Las Ruppia dominan en la costa oriental, donde la salinidad varía entre 15 y 30 g/l (sales totales disueltas). En la costa occidental, donde la salinidad puede sobrepasar 40 g/l, aparecen dos Characeae, ya sea solas o acompañadas con Ruppia.

3.1.3 Lagos del valle de Hichu-Kkota (Julio de 1979)

La disposición de estos lagos, escalonados de 4.310 a 4.690 m, ha permitido

plus particulièrement sur le problème écologique de la zonation altitudinale des différentes plantes aquatiques de l'Altiplano. Nous avons pu mettre en évidence, avec l'aide de Mme Paynal, divers contingents d'espèces qui s'interpénètrent. On rencontre ainsi un groupe de plantes spécifiques du lac Titicaca qui ne dépasse pas l'altitude de 4000 m. A l'inverse un second groupe caractérise les parties hautes de la vallée mais ne descend pas au dessous de 4.250 m. Enfin, un dernier ensemble de plantes se rencontre au niveau du lac Titicaca mais pénètre dans la vallée au dessus de 4.000 m. Ces observations effectuées dans la vallée d'Hichu-Ikota ont été retrouvées et affinées dans la vallée voisine d'Ovejhuvo.

3.2. Biomasses, production, analyses chimiques de plantes

32.1. Biomasses

L'évaluation des biomasses a été limitée aux 3 zones principales précédemment définies :

- zone à Elodea - Myriophyllum
- zone à Schoenoplectus tatora
- zone à Chara

La mesure de la biomasse s'effectue en plongée, en recueillant sur une surface connue toute la végétation, y compris le système racinaire particulièrement important chez les "totoras". Cette opération est effectuée chaque mois depuis octobre 1979 et se poursuivra en avril 1980, afin de détecter d'éventuelles variations.

Les premiers résultats sont résumés dans le tableau suivant :

	poids de matière fraîche (kg/m ²)	poids de matière sèche (kg/m ²)
<u>Schoenoplectus</u>	12,9	1,3
<u>Chara</u>	6,8	1,1
<u>Myriophyllum-Elodea</u>	3,1	0,4

Pour avoir le poids de matière organique, le poids des cendres sera évalué après calcination.

32.2. Etude de la production

La production des macrophytes peut s'aborder de trois manières différentes :

- méthode au ¹⁴C
- méthode à l'oxygène
- méthode des coupes et ramassages.

Il importe de remarquer que les deux premières méthodes permettent théoriquement une vraie mesure de la production, c'est-à-dire une évaluation du carbone néo formé par une plante entière par unité de temps. La troisième méthode permet seulement de mesurer une production de repousse.

inclinarse más particularmente en el problema ecológico de la repartición altitudinal de las diferentes plantas acuáticas del Altiplano. Con la ayuda de la Señora Raynal, hemos podido poner en evidencia varios contingentes de especies que se interpenetran. Así se encuentra un grupo de plantas específicas del lago Titicaca que no sobrepasa la altura de 4.000 m. A la inversa un segundo grupo caracteriza las partes altas del valle pero no desciende más de 4.250 m. Finalmente se encuentra un último conjunto de plantas al nivel del lago Titicaca pero penetra en el valle más arriba de 4.000 m. Estas observaciones efectuadas en el valle de Hichu-Kkota han sido halladas y afinadas en el vecino valle de Ovejhujo.

3.2. Biomasa, producción, análisis químicos de las plantas

32.1. Biomasa

La evaluación de las biomasa ha sido limitada a las 3 zonas citadas definidas anteriormente :

- zona de Elodea - Myriophyllum
- zona de Schoenoplectus tatora
- zona de Chara.

La medida de la biomasa se efectúa buceando, y sobre una superficie conocida se recoge toda la vegetación inclusive el sistema de la raíz, particularmente importante en las totoras. Esta operación se realiza cada mes desde octubre de 1979 y continuará hasta abril de 1980, con el fin de detectar eventuales variaciones.

Los primeros resultados se resumen en el siguiente cuadro :

	<u>peso de materia fresca (kg/m²)</u>	<u>peso de materia seca (kg/m²)</u>
<u>Schoenoplectus</u>	12,9	1,3
<u>Chara</u>	6,8	1,1
<u>Myriophyllum - Elodea</u>	3,1	0,4

Para obtener el peso de materia orgánica, el peso de las cenizas será evaluada después de la calcinación.

32.2. Estudio de la producción

La producción de las macrofitas puede tratarse de tres maneras diferentes :

- método de ¹⁴C
- método al oxígeno
- método de cortes y recolección.

Es necesario hacer notar que los dos primeros métodos, teóricamente permiten una medida exacta de la producción, es decir una evaluación del carbono neo-formado por una planta entera por unidad de tiempo. El tercer método solamente permite medir una producción de rebrote.

100

[illegible]

—

- 100

10

—

-

Para que los primeros métodos sean valederos, deben ser empleados in situ, aislando las plantas enteras, sin perturbar el medio, con la ayuda de cercos transparentes y opacos de plástico. Estos dos métodos fueron abandonados ante la imposibilidad de realizar los cercos en Bolivia. Sin embargo se puede proyectar una variante del método al oxígeno. No se trata ya de trabajar in situ, sino de extraer fragmentos de plantas y de colocarlos en frascos claros y opacos. A pesar de sus imperfecciones (perturbación del metabolismo de la planta) este método será experimentado a principios de 1980, aunque sea solamente para comparar los resultados con aquellos del método siguiente y con los resultados de otros autores.

Hemos empleado el método de cortes y recolección sucesivos, la única utilizable con los medios existentes. A la inversa de los lagos temperados en los que la biomasa máxima suministra el valor de la producción, los lagos tropicales (aún los lagos de altura) presentan una biomasa vegetal casi constante. Hemos tentado obtener una biomasa sin tronco cortando todo lo que sobrepasaba del suelo sobre una superficie de 15 m² en las 3 zonas principales. Cada mes la producción de rebrote es evaluada en una superficie de 1 m².

Es evidente que este método perturba el medio y no podrá darnos un valor de producción en el sentido científico del término. Sin embargo debemos recordar que los ribereños explotan la vegetación acuática de esta manera para alimentar el ganado, así la importancia de esta producción de rebrote interesa también a nuestros compañeros bolivianos.

3.2.3 Análisis químico de las plantas

Las principales plantas han sido enviadas al laboratorio de ORSTOM en Francia para que sean efectuados los siguientes análisis :

- Ca, Mg, Na, K, Si.
- SO₄, NO₃, PO₄, CO₃.
- valor calórico, medición de lípidos, glucidos y protidos.

La primera serie de análisis permitirá suministrar datos inmediatamente utilizables en geodinámica : ¿ cual es la cantidad de Ca, Si, fijada por las plantas y en particular por las Chara ?

La segunda serie permitirá conocer en que medida utilizan las macrofitas los elementos nutritivos a disposición. Finalmente, la última serie es interesante en la medida en que las plantas (salvo las Chara) son utilizadas para alimentar el ganado de los ribereños. Se preeve una encuesta, con la ayuda del Ministerio del Interior y de las comunidades ribereñas, para tener una idea de la importancia de la explotación de estas plantas.

4. Publicaciones e informes

- COLLOT (Daniel).- Mapa de vegetación de la bahía de Puno, 16 p. poli.
- COLLOT (Daniel).- Vegetación acuática del Lago Poopó, 10 p. poli.
- COLLOT (Daniel).- Vegetación acuática del valle de Hichu-Kkota. Comparación con el valle de Ovejhujo, 10 p. poli.

- COLLOT (Daniel).- Cartes de la végétation aquatique du petit lac Titicaca (en cours).
- COLLOT (Daniel).- Méthode utilisée pour évaluer la biomasse et la production primaire des plantes aquatiques du Petit lac Titicaca. Principaux objectifs (rapport). 11 p. multigr.
- ZUNA (Z.F.).- Présentation des travaux sur la végétation aquatique du Petit lac Titicaca. Congrès de Biologie. Cochabamba, 1979.
- RAYNAL (A.).- Rapport de mission. 6 p. multigr.

5. Perspectives

L'achèvement de la partie "production primaire des macrophytes" en avril 1980 mettra un terme à ce programme.

Il resterait à comprendre et expliquer les divers phénomènes observés. Quel est exactement le rôle des Chara ? Quels sont les rapports poissons-macrophytes ? Peut-on exploiter davantage ces plantes ? Autant de questions auxquelles il serait intéressant de pouvoir répondre. Cependant ces études demanderaient des investissements très importants et il est vraisemblable qu'elles ne seront pas entreprises du moins dans un avenir proche.

Opération C

Etudes ichtyologiques

1. Motivations

Le lac Titicaca présente du point de vue ichtyologique un double intérêt. D'une part, une fraction de la population riveraine vit de la pêche. Cependant les méthodes de pêches locales, les rendements et la production de la pêche, étaient avant 1978 pratiquement inconnus. D'autre part, la plupart des poissons pêchés dans le Petit lac, hormis la truite (Salmo gairdneri) le pejerrey (Basilichthys bonariensis), le suche ou mauri (Trichomyxerus rivulatus) sont des espèces du genre unique Orestias, endémique de l'Altiplano. Ce genre est mal connu, tant du point de vue de sa systématique que de celui de la biologie des espèces exploitées. Peu de travaux

- COLLOT (Daniel).- Cartes de la végétation aquatique du Petit Lac Titicaca (en preparación).
- COLLOT (Daniel).- Méthode utilisée pour évaluer la biomasse et la production primaire des plantes aquatiques du Petit Lac Titicaca. Principaux objectifs (rapport), 11 p. poli.
- ZUNA (Z.F.).- Presentación de los trabajos sobre la vegetación acuática del Lago Pequeño. Congreso de Biología. Cochabamba 1979.
- RAYNAL (A.).- Informe de su misión. 6 p. poli.

5. Perspectivas

La conclusión de la parte "producción primaria de las macrofitas", en abril de 1980, pondrá término a este programa.

Quedarán por comprender y explicar los diversos fenómenos observados. ¿ Cual es el rol exacto de las Chara ? ¿ Son inhibidores del desarrollo de las otras plantas ? ¿ De algunas algas ? ¿ Son nefastas para los peces ? ¿ Cuales son las relaciones peces-macrofitas ? ¿ Se puede explotar más estas plantas ? Y tantas otras preguntas a las que sería muy interesante poder responder. Sin embargo, estos estudios demandarían inversiones muy importantes y es verosímil que estos no podrán ser emprendidos, por lo menos en un futuro cercano.

Operación C

Estudio ictiológicos

1. Motivaciones

Desde el punto de vista ictiológico, el lago Titicaca presenta doble interés. Por una parte una fracción de la población ribereña vive de la pesca; sin embargo los métodos, el rendimiento y la producción de la pesca eran prácticamente desconocidos antes de 1978. Por otra parte la mayoría de los peces capturados en el lago Menor, con excepción de la trucha (Salmo gairdneri), el pejerrey (Basilichthys bonariensis), el suche o mauri (Trichomycterus rivulatus),

son especies del género único de Orestias, endémico del Altiplano. Este género es poco conocido, tanto desde el punto de vista de su sistemática como el de la biología de las especies explotadas. Hasta ahora se han realizado pocos

importants ont été jusqu'à ce jour consacrés aux poissons du Titicaca. Nous citons pour la partie "systématique des Orestias", la révision de Tchernavin (1944), réalisée grâce aux échantillons rapportés par la "Percy Sladen expedition" en 1940, ainsi que le travail d'Everret (1971) sur la biologie de Salmo gairdneri de la partie péruvienne du lac Titicaca.

Ne pouvant travailler sur l'ensemble du lac par manque de moyens, nous avons décidé de limiter notre effort au Petit lac (1.323 km^2) selon trois thèmes principaux :

- étude de la systématique des Orestias;
- étude des méthodes, des engins de pêche, ainsi que des rendements de la pêche dans la partie orientale du Petit lac;
- étude de la biologie des espèces d'intérêt commercial dans l'ensemble du Petit lac.

2. Personnel d'exécution

Personnel C.R.S.T.O.M. : José Franc, de janvier à juillet 1979.

Laurent Lauzanne, d'avril à décembre 1979.

Gérard Loubens, de septembre à décembre 1979.

Personnel U.M.S.A. : Fernando Zuna, de janvier à décembre 1979.

Gaio Sarmiento, de septembre à décembre 1979, à temps partiel.

Francisco Osorio, de septembre à décembre 1979, à temps partiel.

3. Résultats obtenus

3.1. En 1978, compte tenu des multiples difficultés rencontrées spécialement le manque de moyens de capture, les travaux réalisés ont porté essentiellement sur la systématique des Orestias et sur l'étude de la pêche locale. Actuellement, la systématique des espèces commerciales ne pose plus guère de problèmes, excepté pour l'Orestias agassii dont Tchernavin décrit cinq variétés. Cependant, cette difficulté perd de l'importance quand on sait que l'immense majorité des Orestias agassii pêchés se rapporte à la variété O. agassii pequeni (localement : carache negro).

Des enquêtes sur la pêche locale commencées en septembre 1978, se sont poursuivies jusqu'en février 1979. La collaboration des pêcheurs, effective les trois

trabajos de importancia sobre los peces del Titicaca. Para la parte "sistemática de las Orestias" citaremos a la prueba de Tchernavin (1944), realizada gracias a las muestras traídas por la "Expedición Percy Sladen" en 1940, como también al trabajo de Everret (1971) sobre la biología del Salmo gairdneri de la parte peruana del lago Titicaca.

Al no poder trabajar en todo el conjunto del lago por falta de medios, hemos decidido limitar nuestro esfuerzo al lago Menor (1.323 km²) de acuerdo a tres temas principales :

- estudio de la sistemática de las Orestias;
- estudio de los métodos y de las redes para pescar como también de los rendimientos de la pesca en la parte oriental del lago Menor;
- estudio de la biología de las especies de interés comercial en el conjunto del lago Menor.

2. Personal de Ejecución

Personal O.R.S.T.O.M. ; - José Franc, de Enero a Julio de 1979.

- Laurent Lauzanne, de Abril a Diciembre de 1979.

- Gérard Loubens, de Septiembre a Diciembre de 1979.

Personal U.M.S.A. : - Fernando Zuna, de Enero a Diciembre de 1979.

- Jaime Sarmiento, de Septiembre a Diciembre de 1979
(tiempo parcial).

- Francisco Osorio, de Septiembre a Diciembre de 1979.
(tiempo parcial).

3. Resultados obtenidos

3.1. En 1978, debido a las múltiples dificultades encontradas especialmente por la falta de medios de captura, los trabajos realizados trataron esencialmente sobre la sistemática de las Orestias y sobre el estudio de la pesca local. Actualmente la sistemática de las especies comerciales apenas presenta problemas, con excepción de Orestias agassii para las que Tchernavin describe 5 variedades. Sin embargo esta dificultad parece de poca importancia al saber que la inmensa mayoría de Orestias agassii capturadas se relacionan a la variedad O. agassii pequeño (localmente : carache negro).

Las encuestas sobre la pesca local se iniciaron en Septiembre de 1978, y continuaron hasta Febrero de 1979. La colaboración de los pescadores, efectiva

premiers mois, a brusquement cessée par la suite, sans raisons apparentes. Cette étude prévue pour une durée de un an a donc été malheureusement interrompue. Néanmoins, nous avons pu décrire les méthodes et engins utilisés dans la partie orientale du petit lac, apprécier l'importance des pêcheries et donner quelques résultats sur les rendements. Dans cette partie du Petit lac existent trois types de pêcheries d'importance inégale. Une pêcherie de truites formée de filets flottants à grandes mailles dont l'importance ne paraît pas considérable. Cette pêcherie est circonscrite à la région de Chua. Une pêcherie de filets de fond à petites mailles qui capture surtout des Orestias et particulièrement O. agassii (carache negro). A la lumière de nos pêches récentes, il semble que la pêcherie de filets de fond existant dans la partie ouest du Petit lac (baie de Guaqui) capture avec les O. agassii et O. olivaceus, une forte proportion de pejerreyes (Basilichthys bonariensis). Il existe également une pêcherie originale formée de chaluts locaux (bolsas) qui capture selon les lieux et les saisons surtout O. agassii et une petite espèce zooplanctophage, le "Ispi". A titre indicatif, la pêcherie de filets de fond et la pêcherie de "bolsas" ont produit ensemble, en octobre et novembre 1978, respectivement 16,4 et 11,5 tonnes de poissons, essentiellement des Orestias et principalement des O. agassii.

3.2. En 1979, les travaux de systématique ont été poursuivis. Actuellement, parmi les 27 espèces, sous-espèces ou variétés décrites par Tchernavin (1944), sept ont été reconnues avec certitude :

O. pentlandii
O. luteus
O. albus
O. olivaceus
O. agassii (var. : pequeni)
O. mooni
O. minimus

Une espèce, la plus grande jamais décrite, Orestias cuvieri, Valenciennes, 1846, semble avoir complètement disparue des eaux du Titicaca. Deux espèces que nous avons trouvées en grande quantité sont probablement nouvelles pour la science. Il s'agit du "Ispi" pourtant très abondant et d'une autre espèce voisine mais bien caractérisée. Deux autres espèces pourraient être soit nouvelles, soit correspondre l'une à O. mulleri, l'autre à une espèce décrite sur un seul exemplaire par Tchernavin, mais non nommée. Le travail de Tchernavin, seule révision synthétique sur le sujet présente de gros défauts. Les illustrations sont mauvaises et les nombreuses espèces décrites par cet auteur l'ont été sur un nombre très réduit d'exemplaires, le plus souvent en mauvais état. Nous avons envisagé de publier nos nouvelles espèces présumées le plus rapidement possible, mais à la réflexion il nous semble plus raisonnable de pouvoir les comparer aux types de Valenciennes (Museum de Paris) et à ceux de Tchernavin (British Museum). La publication en sera par là même retardée de quelques mois. D'autre part, si nous arrivions à utiliser des méthodes d'échantillonnage moins sélectives que les filets maillants, notamment un ichtyotoxique, nous pourrions espérer obtenir un échantillon plus complet des espèces existantes et envisager une nouvelle révision de ce genre difficile.

A la demande de CORDEPAZ, nous avons effectué en juillet 1979 une étude ponctuelle portant sur les truites peuplant trois petits lacs de la vallée d'Hichu-Kkota. La première lagune, située à 4.310 m d'altitude, présente une population équilibrée, formée de truites de toutes tailles. Les deux autres (4.450 et 4.690 m d'altitude, ne renferment que des grosses truites en faible nombre. Nous pensons que dans ces

durante los tres primeros meses, cesó bruscamente sin ninguna razón aparente. Así el estudio que tenía prevista una duración de un año se vió interrumpido. No obstante hemos podido describir los métodos y redes utilizados en la parte oriental del lago Menor, apreciar la importancia de las pesquerías y dar algunos resultados sobre el rendimiento. En esta parte del lago Menor existen tres tipos de pesquerías de importancia desigual. Una pesquería de truchas formada por redes flotantes de malla grande cuya importancia no parece ser considerable. Esta pesquería está circunscrita a la región de Chua. Una pesquería de redes de fondo de malla pequeña que captura sobretodo Orestias y particularmente O. agassii (carache negro). De acuerdo a nuestras pescas recientes parece que la pesquería de redes de fondo que existe en la parte oeste del lago Menor (bahía de Guaqui) captura junto con las O. agassii y O. olivaceus, una buena proporción de peje-reyes (Basilichthys bonariensis). También existe una pesquería original formada de redes locales (bolsas) que captura, de acuerdo al lugar y a la época, O. agassii y una pequeña especie zooplanctófaga, el "Ispi". A título indicativo las pesquerías de redes de fondo y las de "bolsas" han producido conjuntamente en Octubre y Noviembre de 1978, 16,4 y 11,5 toneladas de peces respectivamente, sobre todo de Orestias y principalmente de O. agassii.

3.2. En 1979, se continuaron los trabajos de sistemática. Actualmente, entre las 27 especies, sub-especies o variedades descritas por Tchernavin (1944), 7 han sido reconocidas con certeza :

O. pentlandii
O. luteus
O. albus
O. olivaceus
O. agassii (var. pequeño)
O. mooni
O. minimus

Una especie, la más grande nunca descrita, Orestias cuvieri, Valenciennes 1846, parece haber desaparecido completamente de las aguas del Titicaca. Las dos especies que hemos encontrado en gran cantidad son, probablemente, nuevas para la ciencia. Se trata del "Ispi" y de otra especie vecina pero bien caracterizada. Dos otras especies podrían ser nuevas o corresponder una a O. mulleri y la otra a una especie descrita sobre un solo ejemplar pero no nombrada por Tchernavin. El trabajo de Tchernavin, la única revisión sintética sobre el tema, presenta grandes errores. Las ilustraciones son malas y las numerosas especies nuevas descritas por este autor, lo han sido en un número reducido de ejemplares, a menudo en mal estado. Habíamos proyectado publicar nuestras nuevas especies lo más rápidamente posible, pero al reflexionar nos pareció más razonable poder compararla a los tipos de Valenciennes (Museo de París) y a aquellos de Tchernavin (Museo Británico), de esta manera la publicación se retrasará algunos meses. Por otra parte si llegamos a utilizar métodos de muestreo menos selectivos que las redes agalleras, sobretodo un ictiotóxico, podríamos obtener una muestra más completa de las especies existentes y proyectar una nueva revisión de este difícil género.

A la solicitud de CORDEPAZ, en Julio de 1979, hemos efectuado un estudio puntual sobre las truchas que habitan en tres lagunas del valle de Hichu-Kkota. La primera laguna, situada a 4.310 m de altura presenta una población equilibrada, formada por truchas de todo tamaño. Las otras dos (4.450 y 4.690 m de altura) contienen truchas grandes en número reducido. Pensamos que en las dos últimas

aux derniers lacs, la reproduction ne se fait pas, sans doute par manque de frayères adaptées. Il nous paraît donc nécessaire d'introduire régulièrement des alevins et peut-être d'aménager des zones favorables à la ponte. Les paramètres biologiques classiques ont été étudiés sur la population de truites de la première lagune : structure de la population, sex-ratio, fécondité, rapport zonadio-somatique, relation longueur-poids. Il semble que tous ces caractères soient normaux, sauf le sex-ratio qui indique une forte prédominance des mâles. L'alimentation est à base de mollusques Castéropodes, d'amphipodes et d'insectes. Les poissons (Orestias) n'entrant que pour une faible part dans les régimes alimentaires.

Dès que le bateau a été équipé de son moteur neuf, c'est-à-dire au mois d'octobre 1979, nous avons entrepris des pêches expérimentales dans le Petit lac Titicaca. Ces pêches ont pour but de déterminer d'éventuelles différences dans les peuplements de poissons en fonction des zones prospectées, de suivre les variations de la structure de ces peuplements et surtout d'étudier la biologie générale des principales espèces. Dix stations de pêche ont été choisies, cinq dans la partie est et cinq dans la partie ouest. Les stations ont été choisies en fonction de la couverture végétale du fond, c'est-à-dire, grosso modo en fonction de la profondeur, puisque la répartition des macrophytes est sous la dépendance de ce facteur. En deux sorties, environ trois mille poissons ont été étudiés. Il s'agit des espèces les plus communes, O. agassii, Basilichtys bonariensis, O. olivaceus, O. nsp n° 2 (peut-être O. mulleri), et des espèces moins bien représentées comme O. albus et O. luteus (principalement). Nous avons effectué une nuit de pêche par station à l'aide d'une batterie de filets maillants (mailles en mm : 10-12,5-15-17,5-20-22,5-25-30-40-50-60-70-80-90-100). Pour chaque espèce capturée par chaque filet, 10 individus ont été étudiés d'une manière complète (longueur standard, longueur totale, poids, état sexuel, poids des gonades, poids du foie, éventuellement poids de la graisse abdominale, prélèvement d'écailles, d'opercules, de rayons de nageoires, d'otolithes). Les autres poissons ont été seulement mesurés, pesés et le sexe déterminé. Sans vouloir anticiper sur les résultats, il semble que l'on puisse d'ors et déjà distinguer des peuplements différents en fonction des zones prospectées. C'est ainsi que la zone profonde de Chua semble caractérisée par l'abondance d'Orestias nsp n° 2, la présence de la truite, qui n'a été capturée qu'en ce lieu, et sans doute l'abondance des "Ispi" pélagiques, nourriture exclusive des truites capturées. La baie de Guaqui présente de forts peuplements de pejerreyes (B. bonariensis) associés à O. olivaceus ou O. agassii selon le type de fond.

Un problème essentiel risque de se poser pour l'étude de la croissance. En effet, cette étude s'effectue le plus souvent par l'interprétation de marques annuelles qui s'inscrivent sur les pièces squelettiques. On admet dans la plupart des cas que ces marques sont induites par les variations de température du milieu. Or, le lac Titicaca présente des variations thermiques très faibles et les premières pièces examinées (opercules et écailles) ne présentent pas de marques annuelles bien visibles. Il semble en être de même pour les premiers otolithes examinés. Au cas où cette difficulté ne pourrait être surmontée, il resterait la méthode de Petersen qui consiste à suivre l'évolution des modes de longueur au cours de l'année. Cependant, cette méthode est délicate et pour être fiable, demande des échantillons très importants. Cette étude de biologie générale (croissance, périodes de ponte, fécondité, sex-ratio, etc...) portera sur un an à raison d'une sortie de 11 jours tous les 45 jours. Les opérations de terrain se termineront en octobre 1980 et l'exploitation des très nombreuses données devrait prendre six mois de plus.

lagunas no hay reproducción, sin duda por falta de lugares adaptados de desove. Nos parece necesario entonces, introducir regularmente alevinos y quizás adaptar zonas favorables para la postura. Los parámetros biológicos clásicos han sido estudiados en la población de truchas de la primera laguna : estructura de la población, sex-ratio, fecundidad, relación gonado-somática, relación longitud-peso. Parece que todos estos caracteres son normales salvo el sex-ratio que indica un mayor predominio en los machos. La alimentación es a base de moluscos Gasterópodos, Anfípodos e insectos. Los peces (Orestias) entran en regimen alimenticio en forma reducida.

En cuanto la lancha estuvo equipada con un motor nuevo, o sea en Octubre de 1979, hemos emprendido pescas experimentales en el lago Titicaca-Menor. El objetivo de estas pescas es el de determinar diferencias eventuales en los poblamientos de peces de acuerdo a las zonas prospeccionadas, seguir las variaciones de las estructuras de estos poblamientos y sobretodo de estudiar la biología general de las principales especies. Se escogieron 10 estaciones de pesca, 5 en la parte este y 5 en la parte oeste. Las estaciones fueron seleccionadas de acuerdo a la cobertura vegetal del fondo, es decir, a grosso modo según la profundidad, puesto que la repartición de macrofitas depende de este factor. Durante dos viajes, se estudiaron más o menos 3.000 peces. Se trata de las especies más comunes, O. agassii, Basilichthys bonariensis, O. olivaceus, O. nsp nº 2 (quizás O. mulleri) y de especies menos comunes como O. albus y O. luteus principalmente. He os efectuado una noche de pesca por estación con ayuda de un juego de redes agalleras (mallas en mm : 10-12,5-15-17,5-20-22,5-25-30-40-50-60-70-80-90-100). Para cada especie capturada por cada red, 10 ejemplares han sido estudiados de manera completa (longitud standard, longitud total, peso, estado sexual, peso de las gonadas, peso del hígado, eventualmente peso de la grasa abdominal, muestra de las escamas, de los opérculos, del radio de las aletas, de los otólitos. Los otros peces fueron medidos, pesados y el sexo determinado. Sin querer anticiparnos sobre los resultados parece que desde ya se puede distinguir los diferentes poblamientos de acuerdo a las zonas prospeccionadas. Es así que la zona profunda de Chua parece caracterizarse por la abundancia de Orestias nsp nº 2, la presencia de trucha, que fue capturada solamente en ese lugar, y sin duda por la abundancia de "Ispi" pelágicos, alimento exclusivo de las truchas capturadas. La bahía de Guaqui presenta importantes poblamientos de pejerrey (B. bonariensis) asociados a O. olivaceus u O. agassii, según el tipo de fondo.

Hay el riesgo de presentarse un problema para el estudio del crecimiento. En efecto, este estudio se efectúa a menudo mediante la interpretación de marcas anuales que se registran en las piezas otolíticas. En la mayoría de los casos se admite que estas marcas son inducidas por las variaciones de temperatura del medio. Ahora bien, el lago Titicaca presenta variaciones térmicas muy débiles y las primeras piezas examinadas (opérculos y escamas) no presentan marcas anuales bien visibles. Parece que sucede lo mismo en los primeros otolitos examinados. En caso de que esta dificultad no pueda ser superada, quedaría el método de Petersen que consiste en seguir la evolución de las modas de longitud en el transcurso del año. Sin embargo este método es delicado y para que sea confiable se necesitan muestras muy importantes. Este estudio de biología general (crecimiento, períodos de desove, fecundidad, sex-ratio, etc...) se llevará a efecto en un año, a razón de una salida de 11 días cada 45 días. Las operaciones de campo terminarán en Octubre de 1980 y la explotación de los numerosos datos tomará 6 meses más.

4. Publications

FRANC (J.), LAUZANNE (L.) et ZUNA (F.Z.).- Algunos datos sobre las pesquerías de la parte oriental del lago Titicaca Menor, 24 p., multigr.

LAUZANNE (L.), FRANC (J.).- Las truchas de las lagunas del valle de Hichu-Kkota, 21 p. multigr.

ZUNA (F.Z.).- El agua como elemento vital y como generador de alimentos, 6 p. multigr. Présenté au Congrès de Nutrition et Alimentation de Oruro.

5. Perspectives

En ce qui concerne la systématique des Orestias, une mise au point devrait être terminée fin 1980. L'étude de la biologie des principales espèces devrait arriver à son terme en avril 1981. L'extension logique de ce dernier programme devrait être l'étude de la dynamique des populations et ses applications à la gestion des stocks exploités.

Conclusion

Les opérations ayant trait aux végétaux (macrophytes et phytoplancton) ont pu se dérouler en 1979 d'une manière relativement satisfaisante. L'opération Ichtyologie, longtemps freinée par le manque de moyens, s'effectue actuellement à un rythme régulier. Cette dernière opération, compte tenu du retard pris, devrait être terminée en avril 1981, en ce qui concerne la phase finale de rédaction. On peut estimer qu'à cette date la contre-partie bolivienne sera en mesure de poursuivre ou d'étendre à d'autres parties du lac, les travaux actuels.

La participation de nos partenaires est effectuée dans les trois opérations principales. De plus, deux professeurs, Ciro Simoni et Benjamin Tamayo, s'intéressent à la production secondaire du zooplancton et du benthon, malheureusement, nous ne pouvons guère les aider en ce domaine.

En résumé, en dépit des difficultés rencontrées, 1979 peut être considéré comme positif par rapport à 1978.

4. Publicaciones

FRANC (J.), LAUZANNE (L.), ZUNA (Z.F.).- Algunos datos sobre las pesquerías de la parte oriental del lago Titicaca Menor, 24 p. poli.

LAUZANNE (L.), FRANC (J.).- Las truchas de las lagunas del Valle de Hichu-Kkota, 21 p. poli.

ZUNA (Z.F.).- El agua como elemento vital y como generador de alimentos, 6 p. poli. Presentada en el Congreso de Nutrición y Alimentación de Oruro.

5. Perspectivas

En lo que se refiere a la sistemática de las Orestias, una síntesis estará terminada a fines de 1980. El estudio de la biología de las principales especies deberá llegar a término en abril de 1981. La extensión lógica de este último programa deberá ser el estudio de la dinámica de las poblaciones y sus aplicaciones a la gestión de los stocks explotados.

Conclusión

Las operaciones relativas a los vegetales (macrofitas y fitoplanctón) se han desarrollado en 1979 de manera bastante satisfactoria. La operación Ictiología, estancada durante mucho tiempo por la falta de medios, se está desarrollando a ritmo regular. Tomando en cuenta el retraso incurrido, esta última operación deberá concluirse en abril de 1981 en lo que se refiere a la fase final de redacción. Se estima que alrededor de esa fecha la contra parte boliviana estará en posibilidades de seguir o de extender los trabajos actuales hacia otras partes del lago.

La participación de nuestros compañeros se lleva a efecto en las tres operaciones principales. Además, dos profesores, Ciro Simoni y Benjamin Tamayo, se interesan en la producción secundaria del zooplanctón y del benton, lamentablemente apenas podemos ayudarlos en este campo.

En resumen, a pesar de las dificultades confrontadas, 1979 puede considerarse positivo en relación a 1978.

PROGRAMME D'HYDROBIOLOGIE
CONVENTION U.M.S.A.-O.R.S.T.O.M.

Partie Administrative

Opération A : Production primaire du phytoplancton et des paramètres physico-chimiques qui la contrôle

- 1.- Jours de tournée (IMSA-ORSTOM) : 90 jours.
- 2.- Contact avec des organismes extérieurs :
 - . Centro de Procesamiento de Datos de Información (Ingeniero Rodrigo Caballero);
 - . Laboratorio de Física de la IMSA.

Opération B : Répartition, biomasse et production de la végétation aquatique de l'Altiplano

- 1.- Jours de tournée : 90.
- 2.- Contact avec des organismes extérieurs :
 - . IMARPE de Puno (Pérou);
 - . Laboratoire Arago de Banyuls (France);
 - . Laboratoire de l'INRA de Thonon (France);
 - . Museum d'Histoire Naturelle (France) : A. Raynal.

Opération C : Etudes ichtyologiques

- 1.- Jours de tournée (IMSA-ORSTOM) : 90 jours.
- 2.- Contact avec des organismes extérieurs :
 - . IMARPE-FAO (Lima). H.J. Campbell. J. Vera;
 - . SELA (Sistema Económico Latino Americano);
 - . Institute of Animal Resource Ecology. The University of British Columbia - Vancouver (Dr. Northcote).

PROGRAMA DE HIDROBIOLOGIA
CONVENIO U.M.S.A.-O.R.S.T.O.M.

Parte Administrativa

Operación A : Producción primaria del fitoplanctón y de los parámetros físico-químicos que la controlan

1. Días de viaje (UMSA-ORSTOM) : 90 días.
2. Contacto con organismos exteriores :
 - Centro de Procesamiento de Datos de Información (Ingeniero Rodrigo Caballero);
 - Laboratorio de Física de la UMSA.

Operación B : Repartición, biomasa y producción de la vegetación acuática del Altiplano

1. Días de viaje : 90 días.
2. Contactos con organismos exteriores :
 - IMAPPE de Puno (Perú);
 - Laboratorio Arago de Banyuls (Francia);
 - Laboratorio del INRA en Thonon (Francia);
 - Museo de Historia Natural (Francia) : A. Raynal.

Operación C : Estudios ictiológicos

1. Días de viaje (UMSA-ORSTOM) : 90 días.
2. Contacto con organismos exteriores :
 - IMARPE-FAO (Lima) : H.J. Campbell, J. Vera;
 - SELA (Sistema Económico Latino-Americano);
 - Institute of Animal Ressource Ecology. The University of British Columbia. Vancouver (Dr. Northcote).

Annexe I : Personnel

U.M.S.A. (Biologie)

- TERNA ZERILLAS Fernando : Master Sciences. Professeur de Biologie. Systématique et biologie des Orestias, présent toute l'année.
- WIMOUI Ciro : Licenciado. Professeur de biologie. Production secondaire. Présent depuis juillet 1979.
- TAMAYO Benjamin : Ingénieur. Professeur de biologie. Présent depuis octobre 1979. Production secondaire.
- COYA Franklin : Technicien supérieur. Professeur de biologie. Présent depuis septembre 1979. S'intéresse au phytoplancton.
- SARMIENTO Jaime : Assistant. Biologie des poissons. Présent depuis septembre 1979 (temps partiel).
- OSORIO Francisco : Assistant. Biologie des poissons. Présent depuis septembre 1979 (temps partiel).
- KOSIYAMA Fanny : Etudiante. Etude des macrophytes. Présente toute l'année (temps partiel).

U.M.S.A. (Chimie)

- ARZE Carlos : Licenciado. Professeur.
- SALIN Hans : Assistant.
- CALLICONDE Moïses : Assistant.
- Partie chimique de l'opération production primaire du phytoplancton. Présents toute l'année.

U.M.S.A. (Personnel technique)

- CATARI Ramón : Pilote de la lancha.
- HUANA PACO Julio : Pêcheur.

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

- LAUZANNE Laurent : Docteur ès sciences. Systématique et biologie des Orestias. Présent depuis avril 1979.

Anexo I : Personal

U.M.S.A. (Biología)

- ZUNA ZEBALLOS Fernando : Master en Ciencias. Profesor de Biología. Sistemática y Biología de Orestias, presente todo el año.
- SIMONI Ciro : Licenciado. Profesor de Biología. Producción secundaria. Presente desde julio de 1979.
- TAMAYO Benjamin : Ingeniero. Profesor de Biología. Presente desde Octubre de 1979. Producción secundaria.
- COYA Franklin : Técnico superior. Profesor de Biología. Presente desde Septiembre de 1979. Se interesa en el fitoplanctón.
- SARMIENTO Jaime : Ayudante. Biología de los peces, presente desde septiembre de 1979 (tiempo parcial).
- OSORIO Francisco : Ayudante. Biología de los peces, presente desde septiembre de 1979 (tiempo parcial).
- KOSIYAMA Fanny : Estudiante. Estudio de las macrofitas, presente todo el año (tiempo parcial).

U.M.S.A. (química)

- ARTE Carlos : Licenciado. Profesor.
- SALIN Hans : Asistente.
- CALLICONDE Moisés : Ayudante .
- Parte química de la operación producción primaria del fitoplanctón. Presente todo el año.

U.M.S.A. (Personal técnico)

- CATARI Ramón : Conductor de la lancha.
- HUANAPACO Julio : Pescador.

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

- LAUZANNE Laurent : Doctor en Ciencias. Sistemática y Biología de las Orestias, presente desde Abril de 1979.

LOUBENS Gérard : Ingénieur. Docteur ès sciences, biologie des Orestias.
Présent depuis septembre 1979.

FRANC José : Ingénieur des pêches. Pêcheries. Présent de janvier à
juillet 1979.

COLLOT Daniel : V.S.N.A. Docteur de III^e cycle. Macrophytes. Présent
toute l'année.

LAZZARO Xavier : V.S.N.A. Maîtrise ès sciences. Production primaire du phy-
toplancton. Présent toute l'année.

VAN PEE Elisabeth : Secrétaire bilingue. Présente toute l'année.

de PENARANDA Maria de ; Secrétaire comptable.
los Angeles Présente toute l'année.

LOUBENS Gérard	: Ingeniero, Doctor en Ciencias. Biología de las <u>Ores-</u> <u>tias</u> , presente desde septiembre de 1979.
FRANC José	: Ingeniero en pesquerías. Pesquerías. Presente de Enero a Julio de 1979.
COLLOT Daniel	: Experto cooperante. Doctorado de tercer ciclo. Ma- crofitas. Presente todo el año.
LAZZARO Xavier	: Experto cooperante. Maestría en Ciencias. Producción primaria del fitoplanctón. Presente todo el año.
VAN PEE Elisabeth	: Secretaria bilingüe. Presente todo el año.
de PEÑARANDA M. Angeles	: Contadora. Presente todo el año.

Annexe II : Locaux - Equipements

Locaux

- 80 m² de bureau au département de Biologie de l'UMSA.
- 16 m² de remise à Huatajata.

Equipements de terrain (UMSA)

- 1 bateau de 10 m à moteur central de 140 CV.

Equipements de terrain (ORSTOM)

- 1 bateau gonflable (Zodiac MARK II).
- 2 moteurs hors-bord (20-35 CV).
- Matériel de campement.
- 1 véhicule tout terrain.
- 1 batterie de filets.
- Matériel pour prélèvements limnologiques (treuils, bouteilles à renversement, thermomètres, bennes, carotcier).
- 2 équipements de plongée.
- 1 topofil.
- 1 pHmètre
- 1 thermo-sonde.
- 1 fluorimètre Turner.
- 1 sonde de lumière LI-COR.

Equipements de laboratoire (UMSA)

- 1 microscope inversé binoculaire.
- 1 microscope binoculaire.
- 1 loupe binoculaire
- aquariums.
- matériel de dissection.
- verrerie.
- 1 spectrophotomètre.
- Absorption atomique.
- centrifugeuse.
- Divers.

Anexo II : Locales - Equipos

Locales

- 90 m² de oficinas en el departamento de Biología de la UMSA.
- 16 m² de depósito en Huatajata.

Equipos (UMSA)

- 1 lancha de 10 m con motor central 140 caballos.

Equipos (ORSTOM)

- 1 lancha de inflar (Zodiac Mark II).
- 2 motores fuera de borda (20-35 caballos).
- material de campamento.
- 1 vehículo de doble tracción.
- 1 juego de redes.
- material para muestras limnológicas (quinche, botellas de muestreo, termómetros, dragas, saca-testigo).
- 2 equipos de buceo.
- 1 topofil.
- 1 pHmetro.
- 1 sonda de luz LICOR.
- 1 thermo-sonda.
- 1 fluorímetro Turner.

Equipos de laboratorio (UMSA)

- 1 microscopio inverso binocular.
- 1 microscopio binocular.
- 1 lupa binocular.
- acuarios.
- equipos de vidrio.
- 1 espectrofotómetro.
- absorción atómica.
- centrifugadora.
- varios.

Equipements de laboratoire (ORSTOM)

- 1 microscope inversé binoculaire.
- 1 loupe binoculaire.
- 2 balances (précision 1/10 et 1/100 g.).
- 1 spectro-fluorimètre.

Abonnements (ORSTOM)

- Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts, tomes I et II.

Equipo de laboratorio (OPSTOM)

- 1 microscopio inverso binocular.
- 1 lupa binocular.
- 2 balanzas (precisión 1/10 y 1/100 de g.).
- 1 espectro-fluorímetro.

Suscripción (OPSTOM)

- Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts, tomos I y II.

**ORSTOM
BOLIVIE**

RAPPORT ANNUEL

**ANNEE
1980**

I – PARTIE SCIENTIFIQUE

**DOCUMENT DE TRAVAIL
DIFFUSION STRICTEMENT INTÉRIEURE**

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

MISSION O.R.S.T.O.M. EN BOLIVIE

Casilla 8714 - La Paz

RAPPORT ANNUEL

I. Partie Scientifique

Année 1980

Document de travail

Diffusion strictement intérieure

1. LISTE DES PROGRAMMES ET OPERATIONS

A. SCIENCES DE LA TERRE (4000)

4300 EVOLUTION SUPERFICIELLE DE L'ECORCE TERRESTRE

I. Programme : Evolution récente des Andes boliviennes 7

4321-4314 Classification des formations plio-quaternaires
de l'Altiplano bolivien 15

4314 Etude sédimentologique des lacs Titicaca et
Poopó et de quelques lacs glaciaires boliviens 17

4316 Géochimie et sédimentologie des bassins évapo-
ritiques de l'Altiplano bolivien 19

4314-4321 Les sédiments fluvio-glaciaires de Bolivie 23

4324 Les climats et variations climatiques 25

4320-4232 Evolution néotectonique des Andes boliviennes 29

4232 STRUCTURE ET EVOLUTION DES MARGES CORDILLERAINES

4400 LES RESSOURCES MINERALES

II. Programme : Magmatisme andin post-éocène et ses inciden-
ces sur les concentrations polymétalliques 31

4232 Magmatisme et tectonique de la région minière
de la Cordillère Orientale des Andes boliviennes 39

4420 Métallogénèse des gisements polymétalliques de
la région minière de la Cordillère Orientale
des Andes boliviennes 43

4332-4232 Géochimie des eaux et des dépôts fluviaux ré-
cents d'un bassin versant minier polymétalli-
que de la Cordillère Orientale des Andes bo-
liviennes (pour mémoire, projet à l'étude)

4600 LES RESSOURCES EN SOL

III. Programme : Caractérisation et cartographie des sols de
Bolivie 47

4621 Caractérisation et cartographie des sols de la
vallée de Cochabamba 51

	<u>Page</u>
4621 Caractérisation et cartographie des sols de l'Altiplano Central	53
4623-0220 Evaluation de l'apport des techniques de télédétection (projet, pour mémoire)	
IV. <u>Programme</u> : Analyse et simulation mathématique de la salinisation des sols dans les vallées de la Cordillère Orientale bolivienne	57
4613 Modèle de calcul numérique et méthodes de mesure des paramètres hydrauliques des sols	61
4613 Simulation de la salinisation de parcelles irriguées	65
4516-4613-4302 Caractérisation de la géochimie des eaux superficielles et souterraines	67
B. <u>SCIENCES DE LA VIE (5000) - FAUNE TERRESTRE ET EAUX CONTINENTALES (5300)</u>	
V. <u>Programme</u> : Etude hydrobiologique du lac Titicaca	69
5320 Répartition, biologie et production des macrophytes aquatiques	75
5320 Biomasse et production phytoplanctonique	79
5330 Biomasse et peuplements zooplanctoniques	83
5340 Systématique et biologie des principales espèces de poissons du lac Titicaca	85
C. <u>HYGIENE ET SANTE PUBLIQUE (6000)</u>	
6100 EPIDEMIOLOGIE DES GRANDES ENDEMIES, LEURS VECTEURS ET LEUR PREVENTION	
6120 MALADIE PARASITAIRE	
VI. <u>Programme</u> : Etude de la maladie de Chagas	89
6122 Typage entomologique des souches boliviennes de Trypanosoma Cruzi et des populations de triatomas infestants, respectivement agent et vecteur de la maladie de Chagas	93

2.	<u>PUBLICATIONS ET RAPPORTS</u>	99
2.1	Publications et communications à des Congrès	99
2.2	Publications dans les collections ORSTOM	99
2.3	Publications dans les collections extérieures à l'ORSTOM	101
3.	<u>ENSEIGNEMENT ET FORMATION</u>	103

2

FICHE PROGRAMME

1 1.1 Bolivie 1.2 1.3 1980
 1.4 690
 1.5

2 PROGRAMME

2.1 Intitulé : Evolution récente des Andes boliviennes.

2.2 Mots clefs : Sédimentologie. Pliocène. Quaternaire. Lac. Fluvio-glaciaire. Paléoclimatologie. Néotectonique. Evaporites. Paléoécologie.

2.3 Contenu du Programme :

Opération n°	n° de thème	Intitulé des opérations
1 :	4321-4314	Classification des formations plio-quaternaires de l'Altiplano bolivien.
2 :	4314	Etude sédimentologique des lacs Titicaca et Poopó et de quelques lacs glaciaires boliviens.
3 :	4316	Géochimie et sédimentologie des bassins évaporitiques de l'Altiplano bolivien.
4 :	4314-4321	Les sédiments fluvio-glaciaires de Bolivie.
5 :	4324-4322	Les climats et variations climatiques.
6 :	4232	Evolution néotectonique des Andes.

3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

3.1 Zone d'étude : Cordillères et Altiplano des Andes boliviennes.

3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Cordillères Occidentale et Orientale, Altiplano, lacs Titicaca et Poopó, salars du Sud-Ouest bolivien.

3.3 Adresse du responsable du programme :

.. Michel SERVANT, Laboratoire de Géologie du Quaternaire - Fac. Sciences Luminy - MARSEILLE CEDEX 2.

- Michel-Alain ROCHE, Mission ORSTOM. Casilla 8714, LA PAZ - BOLIVIE.

4 CALENDRIER

4.1 Année de début : 1974.

4.2 Année d'achèvement : 1982, développement prévu pour certaines opérations.

5 CONTRÔLE SCIENTIFIQUE

5.1 Comités Techniques : Géologie.

Autres : /

6 ENGAGEMENTS PRIS PAR L'ORSTOM

- nom et sigle de l'organisme cosignataire de l'acte : Université
Majeure de San Andrés (UMSA).

- nature de l'acte : Convention.

- intitulé de l'acte : Convention entre l'Université Majeure de San
Andrés (UMSA) et l'Office de la Recherche
Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM)
pour la réalisation de programmes conjoints
de recherches.

- date de prise d'effet : Convention 2 février 1978. Avenants le 28
février 1978 et le 2 avril 1980.

- durée de l'acte : 4 ans, avenants 2 ans.

- date de notification : 2 février 1978.

n° des opérations couvertes par l'acte : 1 à 6.

EFFECTIF

7.1 Personnel ORSTOM et extérieur participant à l'exécution du programme :

Coordonnateur : SERVANT M., ROCHE M.A.

Opér. n° 1 : SERVANT M., LAVENU A., HOFFSTETTER, BONHOMME M.,
ARGOLLO J., BERNAT.

Opér. n° 2 : SERVANT M., BOULANGE B., VARGAS C., MAGAT Ph.

Opér. n° 3 : RISACHER F., MAGAT Ph., BALLIVIAN O., FERNANDEZ G.

Opér. n° 4 : SERVANT M., ARGOLLO J.

Opér. n° 5 : SERVANT M., SERVANT S., YBERT J.P., RIEU M.
ESCHENPRENNER V., SALIEGES, FERNANDEZ G.,
TILLARPOEL.

Opér. n° 6 : LAVENU A., SERVANT M.

7.2 Mouvements de personnel ORSTOM pendant l'exercice écoulé (nom des personnels et date des mouvements)

Première affectation : 1973. 11 novembre 1973. SERVANT S., no-
vembre 1973. LAVENU A., 1977. BOULANGE B.,
1977. MAGAT Ph., juin 1980.

Retour en France après accomplissement des travaux :

Retour en France pour travaux complémentaires : SERVANT M., juin 1980.

SERVANT S., juin 1980. BOULANGE B., juillet 1979.

LAVENU A., février à juillet 1980. RISACHER F., avril 1980 à juillet 1981.

7.3 Mouvements prévus de personnel ORSTOM en 1981 :

RISACHER F., retour en Bolivie en juillet 81.

8 MOTIVATIONS

8.1 Objet et justification du programme :

Le programme a pour but d'étudier la géodynamique récente des Andes boliviennes par des recherches sédimentologiques, paléoécologiques, géochimiques et néotectoniques. Sa réalisation, en collaboration avec l'Université de La Paz, permet également la formation permanente d'étudiants boliviens.

L'étude générale des formations plio-quaternaires n'avait pas encore été entreprise en Bolivie lorsqu'a commencé ce programme. L'importance économique de ces terrains, déterminée notamment par les vastes superficies qu'ils couvrent, imposait par elle même l'établissement de connaissances de base. D'autre part, la forte activité tectonique des Andes à cette époque, accompagnée de grandes variations climatiques, représente des domaines d'investigation de très grand intérêt, peu ou pas étudiés jusqu'alors.

8.2 Initiative du programme X ORSTOM X Demande extérieure

9 PRODUIT SCIENTIFIQUE ATTENDU ET CONTRIBUTION AU DEVELOPPEMENT

Sur le plan fondamental, ce programme s'attache à deux sujets d'actualité scientifique importants que représentent les variations climatiques quaternaires, et l'évolution récente d'une marge cordillère soumise au cours du Plio-Quaternaire à des phases orogéniques intenses et à des phénomènes d'érosion-sédimentation variés. Menées avec la contribution de déterminations des diatomées et des pollens, ces recherches concourent réciproquement à l'établissement de l'inventaire de ces microfossiles et de leurs caractéristiques écologiques. De même, les travaux sur les lacs salés (salars) permettent de définir les possibilités d'application des lois de la thermodynamique aux paragenèses évaporitiques de milieux naturels spécifiques.

Sur le plan de la recherche appliquée, ces études fournissent les données de base nécessaires à la cartographie des formations récentes ainsi qu'à de nombreux projets de développement.

-Elles concernent, en premier lieu, le domaine minier qui assure les ressources économiques les plus importantes de Bolivie. En effet, les terrains quaternaires constituent 40% de la surface du territoire et contiennent, localement, des concentrations de minéraux alluviaux (or, étain, par exemple) dont la prospection n'a pas encore été entreprise de manière systématique. Cette prospection, qui se développe compte-tenu de l'épuisement des grands gisements filonniens, bénéficie déjà d'analyses stratigraphiques fines et de la connaissance des événements qui ont favorisé les dépôts et les concentrations des éléments d'importance économique (Au, W, Sn...).

- L'étude des salars a pour objectifs de définir les paragenèses évaporitiques existantes ainsi que les potentialités des ressources qui semblent pouvoir permettre le développement d'une industrie chimique (chlorures, carbonates, sulfates de sodium, potassium, borates, et lithium).
- Les études paléontologiques et stratigraphiques sont également des données de base nécessaires :
 - . à l'évaluation des ressources en eaux souterraines, contenues en majeure partie dans les terrains quaternaires,
 - . à la connaissance des sols cultivables développés essentiellement sur ces mêmes terrains,
 - . aux projets géotechniques d'urbanisme, les grandes villes boliviennes s'étendant également sur ces terrains.

10 LIAISONS NON CONTRAINABLES

10.1 Liaisons scientifiques durables :

- Institut de Géologie - STRASBOURG.
- Laboratoire de Géologie du Quaternaire. CNRS - LUMINY, MARSEILLE.
- Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie Isotopiques - ORSAY.
- Professeur chercheur.

10.2 Liaisons scientifiques occasionnelles :

- Laboratoire de Paléontologie du Muséum - PARIS.
- Laboratoire de Géochimie et Isotopie du CNRS.
- ASECNA.
- Department of Earth and Planetary Sciences - The Hong Kong University.
- Geologisches Institut - ETH Zentrum - ZÜRICH.

10.3 Liaisons avec le développement :

- Société de Développement du Département de La Paz (CORDEPAZ).

11 ETAT D'AVANCEMENT : EVENEMENTS MARQUANTS, PROBLEMES

Le programme, après plusieurs années d'activité de terrain, a connu au cours de 1980 une phase plus marquée de travaux de laboratoire et de rédaction. Les chercheurs attachés à ce programme sont en effet presque tous rentrés en France, soit définitivement, soit pour des séjours prolongés. Ils ont pu ainsi élargir leurs contacts scientifiques, et effectuer un complément de documentation bibliographique, des analyses complémentaires dans des laboratoires spécialisés et une rédaction, permettant d'achever ou de préciser leurs études et d'orienter les recherches futures. La situation en Bolivie a ainsi très peu gêné le déroulement de ce programme.

Les études sur la classification des formations plio-quaternaires de l'Altiplano bolivien sont en partie achevées en 1980. Les sédiments des lacs ont fait l'objet d'analyses complémentaires par un stagiaire bolivien qui prépare une thèse de 3ème cycle en France, tandis qu'un échantillonnage de carottes a pu être prélevé pour la première fois dans le lac Titicaca. Par ailleurs, l'étude des sédiments fluvio-glaciaires s'est concrétisée par l'élaboration d'une carte à 1/50.000è d'une partie de la région étudiée, et donne lieu actuellement à la préparation en France d'une thèse de 3ème cycle d'un autre étudiant bolivien.

Les recherches sur les paléoenvironnements ont abouti à la reconstitution des variations de températures holocènes par l'étude des diatomées, et à l'analyse des dépôts lacustres et des oscillations des lacs du Sud-Ouest bolivien.

Les études de reconnaissance sur les salars touchent à leur fin. Elles ont permis de définir l'intérêt économique des bassins évaporitiques par l'évaluation d'ordres de grandeur des réserves, ainsi que les phénomènes d'interaction entre les eaux minéralisées et les sédiments.

Il convient également de mentionner que l'intervention de l'ORSTOM au niveau de la formation s'est traduit, dans le cadre de ce programme,

par la soutenance de plusieurs thèses d'étudiants et de chercheurs boliviens présentées à l'Université Majeure de San Andrés, dont quatre ont été dirigées directement par des chercheurs de la Mission.

12 PUBLICATIONS

BADAUT (D.), RISACHER (F.), FAQUET (H.), EBERHART (J.P.) et WEBER (F.), 1979.- Néoformation des minéraux argileux à partir de frustules de Diatomées : le cas des lacs de l'Altiplano bolivien. C.R. Acad. Sc., Paris, t. 289, série D, 1191-1193.

BALLIVIAN (O.), RISACHER (F.), 1980.- Los salares del Altiplano boliviano. Métodos de estudio y estimación económica. Sous presse.

LAVENU (A.), 1980.- Origine et évolution du lac Titicaca. Mission ORSTOM. La Paz.

REITIG (S.L.), JONES (B.F.) and RISACHER (F.), 1980.- Geochemistry and evolution of brines at Salar de Uyuni, Southwestern Bolivia (titre provisoire). Chemical Geology (sous presse).

SERVANT-VILDARY (S.), 1980.- Diatomées actuelles et holocènes de la Cordillère Royale de Bolivie. Applications aux études paléoclimatiques. Symposium sur l'étude des diatomées, Budapest, septembre 1980, sous presse.

YBERT (J.P.), 1980.- Contribución al estudio del Cuaternario del Altiplano boliviano. Análisis palinológico del corte holoceno del río Chiarjahuira. A présenter au Congrès latinoaméricain de Paléontologie. Porto Alegre, avril 1981.

13 CONCLUSIONS. ORIENTATION

La synthèse de la masse importante de données de base acquise après plusieurs années de travaux est, selon les opérations, en cours d'élaboration ou terminée. Elle permet déjà de définir les recherches futures, en les orientant vers des sujets d'intérêts économiques ou scientifiques. Disposant maintenant de ces données de base, l'action

de la Mission pourrait prendre un caractère plus appliqué.

Ainsi, les études sédimentologiques et stratigraphiques du Plio-Quaternaire pourraient être élargies aux formations géologiques et géomorphologiques plus anciennes du Tertiaire, et étendues plus largement sur le versant amazonien de la Cordillère Orientale.

Les études sédimentologiques lacustres, jusqu'à présent superficielles, devraient se développer, en liaison directe avec celle des paléoenvironnements et notamment des paléoclimats, par l'étude de carottes (de 1 à 2 m), dans une gamme de lacs étagés à différentes altitudes (Titicaca, Poopó, lacs glaciaires et amazoniens). Cette opération s'intégrerait à un ensemble de recherches mondiales sur les climats et les variations climatiques. Notamment, elle devrait précéder et préparer en Bolivie la réalisation de carottages de 7 à 10 m dans le lac Titicaca, prévue pour 1982, en collaboration avec la John's Hopkins University et l'Institut de Géologie de Zurich.

L'étude des sédiments fluvioglaciers, après la première phase de reconnaissance, pourrait déboucher sur une opération de prospection minière de l'étain et de l'or alluvial.

Les travaux sur les salars demanderaient l'exécution de forages profonds afin d'étudier les dépôts évaporitiques qui auraient pu se déposer au Plio-Quaternaire.

Les recherches sur la néotectonique s'achèveront en 1981.

2

FICHE OPERATION

- 1 1.1 Bolivie 1.2 Mission 1.3 1970
- OPERATION
- N° d'inventaire ORSTOM du programme de rattachement 1.4 690-
- N° d'ordre de l'opération dans le programme 1.5 1
- Eventuellement n° local de l'opération 1.6
- 2 IDENTITE DE L'OPERATION n° thème
- 2.1 Intitulé : Classification des formations plio-quaternaires de l'Altiplano bolivien. 4321-4314
- 2.2 Mots clefs : Formations superficielles. Pliocène. Quaternaire. Bolivie.
- 2.3 Intitulé du programme de rattachement : Evolution récente des Andes boliviennes.
- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
- 3.1 Zone d'étude : Andes boliviennes.
- 3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Altiplano et Cordillères Occidentale et Orientale.
- 3.3 Adresse de l'Agent ou de l'équipe responsable de l'opération :
Mission ORSTOM
Casilla 8714 - La Paz, BOLIVIE
- 4 CALENDRIER
- 4.1 Année de début : 1974
- 4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : 1981.
- 4.3 Année de remise des documents prévus :
- 5 EFFECTIF
- 5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération :
- | Nom et initiales du prénom | Discipline et/ou spécialité | Qualité | Nombre de n° 1980 | 19 |
|----------------------------|---------------------------------|---------|-------------------|----|
| SERVANT M. | Géomorphologie
Stratigraphie | M.R.P. | 1 | |
| LAVENU A. | Néotectonique | C.R. | 6 | |

5.2 Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981
HOFFSTETTER	Paléontologie	Professeur	-	
	Déterminations de Fossiles Vertébrés			
BONHOMME M.	Géochimie Isotopies	MR-CNRS	1 mois	-
ARGOLLO J.	Stratigraphie	Assistant		
		UMSA	1 mois	

5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom	Lieu d'affectation
BERNAT	Nice

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Définir le cadre géologique et géomorphologique des études pédologiques, hydrographiques, géotechniques, etc...

6.2 Initiative de l'opération ORSTOM X Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

Recherche exploratoire	X	Recherche finalisée
Appui scientifique		Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Base pour la cartographie des formations récentes et de l'ensemble du programme.

7.3 Contribution au développement : Données de base.

8 ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus : Travaux terminés en partie en 1980 et en partie en 1981. Voir liste publication.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

9 CONCLUSION, ORIENTATION

L'opération actuellement focalisée sur le Plio-Quaternaire pourra être élargie aux formations géologiques ou géomorphologiques plus anciennes du Tertiaire.

FICHE OPERATION

- 1 1.1 Bolivie 1.2 Mission 1.3 19
- OPERATION
- Nº d'inventaire ORSTOM du programme de
 rattachement 1.4 69
- Nº d'ordre de l'opération dans le pro-
 gramme 1.5 2
- Eventuellement nº local de l'opération 1.6
- 2 IDENTITE DE L'OPERATION nº thèr.
- 2.1 Intitulé : Etude sédimentologique des lacs Titicaca et Poopó 4314
 et de quelques lacs glaciaires boliviens.
- 2.2 Mots clefs : Sédimentologie. Lacs. Glaciaire. Bolivie. Altiplano
- 2.3 Intitulé du programme de rattachement : Evolution récente des Andes boliviennes
- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
- 3.1 Zone d'étude : Bolivie
- 3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Altiplano. Cordillère Royale
 des Andes.
- 3.3 Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération :
 Mission ORSTOM
 Casilla 8714 - La Paz, BOLIVIE
- 4 CALENDRIER
- 4.1 Année de début : 1975
- 4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : 1ère étape, 1979; deuxième
 étape, 1982.
- 4.3 Année de remise des documents prévus : 1982.
- 5 EFFECTIF
- 5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération :
- | Nom et initiales du prénom | Discipline et/ou spécialité | Qualité | Nombre de
1980 |
|----------------------------|-----------------------------|---------|-------------------|
| MAGAT Ph. | Géologue | | 1 |
- 6

5.2 Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981
VARGAS C.	Sédimentologie	Assistant		
		UMSA		
		Stagiaire		
		en France	10	

5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom	Lieu d'affectation
SERVANT M.	Laboratoire de géologie du Quaternaire Marseille
BOULANGE B.	Université Paris VI

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Inventaire des sédiments actuels ou récents et mécanisme de mise en place.

6.2 Initiative de l'opération : ORSTOM X Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

X Recherche exploratoire Recherche finalisée
Appui scientifique X Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Cartographie sédimentologique.

7.3 Contribution au développement : données de base.

8 ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus :

1 campagne de carottages sur le petit lac.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

9 CONCLUSION, ORIENTATION

Cette opération provisoirement en retard par rapport aux années précédentes, pourra s'élargir en accord avec les autorités boliviennes.

a) par l'étude de la sédimentation de quelques nappes d'eau amazonienne;

b) par la réalisation de carottages de 7 à 10 m en collaboration avec la John's Hopkins University.

FICHE OPERATION

1	1.1	1.2	1.3
	OPERATION		
		Nº d'inventaire ORSTOM du programme de rattachement	1.4 690-Az
		Nº d'ordre de l'opération dans le programme	1.5 3
		Eventuellement nº local de l'opération	1.6
2	IDENTITE DE L'OPERATION		nº thème
2.1	Intitulé : Géochimie et Sédimentologie des bassins évaporitiques de l'Altiplano bolivien.		4316
2.2	Mots clefs : Géochimie. Sédimentologie. Evaporite. Bolivie. Altiplano.		
2.3	Intitulé du programme de rattachement : Evolution récente des Andes boliviennes		
3	LOCALISATION GEOGRAPHIQUE		
3.1	Zone d'étude : Altiplano bolivien, entre les Cordillères Occidentale et Orientale des Andes.		
3.2	Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération : Mission ORSTOM Casilla 8714 - La Paz, BOLIVIE.		
4.	CALENDRIER		
4.1	Année de début : 1975		
4.2	Année d'achèvement des travaux de terrain : 1982.		
4.3	Année de remise des documents prévus :		
5	EFFECTIF		
5.1	Agents de l'ORSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération :		
	Nom et initiales du prénom	Discipline et/ou spécialité	Qualité
			Nombre de m. 1980 1981
	RISACHER F.	Géologie	CR 4 5
	MAGAT Ph.	Géologie	Technicien 1
5.2	Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération :		
	FERNANDEZ G.	Géologie	6
		Etudiant UMSA	
	BALLIVIAN O.	Géologie	11
		Professeur UMSA	

5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom	Lieu d'affectation
RLSACHER F.	Strasbourg, Institut de Géologie
	67034 1, rue Blessig

6. MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Reconnaissance des salars de l'Altiplano bolivien : étude des ressources économiques et des aspects scientifiques en coopération avec l'UMSA (C. Ballivian - G. Fernandez).

6.2 Initiative de l'opération : X ORSTOM X Demande extérieure

Initiative commune : M. Servant et L.A. Rodrigo

O.R.S.T.O.M. U.M.S.A.

7. PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération

X Recherche scientifique	X Recherche finalisée
Appui scientifique	Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Idem paragraphes 6 et 9

7.3 Contribution au développement :

Quantification des ressources économiques des principaux salars boliviens. (Li - B - Carbonates Na - Sulfates Na...).

8. ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus :

Voir liste des publications.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

9. CONCLUSION, ORIENTATION

Les études de reconnaissance touchent à leur fin. Elles ont permis de dégager

- d'une part l'intérêt économique des bassins à évaporites.

Estimation des ordres de grandeur des réserves en éléments et minéraux intéressants (Li, B, K, Na-carbonates, Na-sulfates).

- d'autre part, l'intérêt scientifique, focalisé sur l'interaction eaux-sédiments.

2

Les analyses réalisées actuellement à Strasbourg (et ailleurs) mettent en évidence la nécessité d'une année supplémentaire de travaux de terrain.

L'orientation future ne peut se concevoir que dans une "troisième dimension". Jusqu'ici on n'a reconnu que la surface des salars. La suite du travail devrait se faire au moyen de sondages assez profonds. C'est là un problème financier.

FICHE OPERATION

- 1 1.1 Bolivie 1.2 Mission 1.3 1980
OPERATION
N° d'inventaire ORSTOM du
programme de rattachement 1.4 690-A2
N° d'ordre de l'opération dans
le programme 1.5 4
Eventuellement n° local de
l'opération 1.6

- 2 IDENTITE DE L'OPERATION n° thème : 4314
2.1 Intitulé : Les sédiments fluvioglaciaux de Bolivie. 4321
2.2 Mots clefs : Fluvioglaciaux. Bolivie
2.3 Intitulé du programme de rattachement : Evolution récente des Andes
boliviennes.

- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
3.1 Zone d'étude : Cordillère Orientale entre l'Illampu et l'Huayna
Potosí.
3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude :
3.3 Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération :
Mission ORSTOM, Casilla 814
La Paz - BOLIVIE.

- 4 CALENDRIER
4.1 Année de début : 1979
4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : 1982
4.3 Année de remise des documents prévus : 1982.

- 5 EFFECTIF
5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération :
Nom et initiales du prénom Discipline et/ Qualité Nombre de mois
ou spécialité 1980 1981
SERVANT M. Stratigraphie
Géomorphologie M.R. 1 -

5.2 Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois 1980	1981
ARGOLLO J.	cartographie	Assistant		
		UMSA	6	

5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom	Lieu d'affectation
SERVANT M.	Laboratoire de Géologie du Quaternaire Luminy - MARSEILLE

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Cadre géologique pour prospection des concentrations alluviales d'étain et wolfram.

6.2 Initiative de l'opération : ORSTOM X Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

X Recherche exploratoire	Recherche finalisée
Appui scientifique	X Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Carte au 1/50.000è et une partie de la zone étudiée.

7.3 Contribution au développement :

Prospection minière.

8 ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus :

J. Argollo, thèse soutenue à La Paz.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

9 CONCLUSION. ORIENTATION

Opération de reconnaissance devant déboucher en 1980 ou 1981 sur une opération de prospection minière. A coordonner avec les activités similaires au Pérou.

FICHE OPERATION

- 1 1.1 Bolivie 1.2 Mission 1.3 1980
OPERATION
N° d'inventaire ORSTOM du pro-
gramme de rattachement 1.4 690-A2
N° d'ordre de l'opération dans
le programme 1.5 5
Eventuellement n° local de
l'opération 1.6
- 2 IDENTITE DE L'OPERATION n° thème
2.1 Intitulé : Les climats et variations climatiques 4324-4322
2.2 Mots clefs : Palynologie. Paléoclimats. Plio-Quaternaire. Holocène.
Atmosphère.
2.3 Intitulé du programme de rattachement : Evolution récente des Andes
bolivienne.
- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
3.1 Zone d'étude : Andes boliviennes et piedmonts amazoniens.
3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude :
Altiplano. Cordillère Orientale. Région de Santa Cruz.
3.3 Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération :
Mission ORSTOM, Casilla 8714
La Paz, BOLIVIE
- 4 CALENDRIER
4.1 Année de début : 1978
4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : 1982
4.3 Année de remise des documents prévus : à partir de 1981.
- 5 EFFECTIF
5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois 1980	1981
SERVANT M.	Stratigraphie	MRP	2	
SERVANT S.	Paléoécologie			
	Diatomées	MR	3	

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981
YBERT J.P.	Palynologie	MR	9	3 à 10
RIEU M.	Pédologie	CR	0,5	
ESCHENBRENNER V.	Pédologie	MR	1 (?)	

5.2 Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981
FONTES J-Ch.	Géochimie Isotopie	Professeur	1 à 2	
SALIEGES	Géochimie Isotopie	Technicien	1 à 2	
FERNANDEZ G.	Sédimentologie	Boursier UMSA	5	
VILLARROEL	Météorologie	Technicien ASECNA	0,5	

5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom	Lieu d'affectation
SERVANT M.	Laboratoire de Géologie du Quaternaire
SERVANT S.	Laboratoire de Géologie du Quaternaire

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Reconstitution des variations climatiques au cours du Plio-Quaternaire. Meilleure connaissance du Quaternaire bolivien. Relations avec programmes internationaux sur la dynamique des climats.

6.2 Initiative de l'opération : X ORSTOM Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

Recherche exploratoire X Recherche finalisée
X Appui scientifique X Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Mécanismes atmosphériques des climats actuels. Paléomécanismes.

7.3 Contribution au développement :

Connaissance des climats boliviens.

8 ETAT D'AVANCEMENT :

Reconstitution des variations de températures holocènes par l'étude des diatomées. Analyses des dépôts lacustres et des oscillations des lacs SW boliviens.

3.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

9 CONCLUSION, ORIENTATION

Opération qui s'intègre dans un ensemble de recherches mondiales sur les climats et les variations climatiques.

FICHE OPERATION

- 1 1.1 Bolivie 1.2 Mission 1.3 1980
OPERATION
N° d'inventaire ORSTOM du
programme de rattachement 1.4 690-2-A1
N° d'ordre de l'opération
dans le programme 1.5 6
Eventuellement n° local de
l'opération 1.6
- 2 IDENTITE DE L'OPERATION n° thème
2.1 Intitulé : Evolution néotectonique des Andes 4232
boliviennes.
2.2 Mots clefs : Néotectonique. Tertiaire. Quaternaire. Andes. Bo-
livie.
2.3 Intitulé du programme de rattachement : Evolution récente des Andes
boliviennes.
- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
3.1 Zone d'étude : Andes boliviennes.
3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Nord de l'Altiplano,
des Cordillères Occidentale et Orientale et de la zone sub-andine.
3.3 Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération :
Mission ORSTOM, casilla 8714
La Paz - BOLIVIE
4. CALENDRIER
4.1 Année de début : 1976
4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : 1981
4.3 Année de remise des documents prévus : 1983-1984.
- 5 EFFECTIF
5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois 1980	1981
LAVENU A.	Néotectonique	C.R.	6	3
SERVANT M.	Géomorphologie	M.R.P.	0,5	

5.2 Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération :
Nom et initiales du prénom Discipline et/ Qualité Nombre de mois
ou spécialité 1980 1981

5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires
dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom	Lieu d'affectation
BERNAT	Nice

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Etude néotectonique des déformations et directions des axes de contrainte des sédiments et de l'évolution verticale de la Cordillère des Andes boliviennes de l'Eocène à nos jours.

6.2 Initiative de l'opération : ORSTOM X Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération

Recherche exploratoire	X	Recherche finalisée
Appui scientifique		Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Mise en place du schéma évolutif néotectonique des Andes boliviennes.

7.3 Contribution au développement :

8 ETAT D'AVANCEMENT :

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus : Travaux devant se terminer en 1981. Voir liste publications.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

9 CONCLUSION, ORIENTATION

Opération coordonnée avec les recherches similaires de l'ORSTOM et du CNRS au Pérou.

FICHE PROGRAMME

- 1 1.1 Bolivie 1.2 Mission 1.3 1980
1.4 690-2-PG
1.5 /
- 2 PROGRAMME
- 2.1 Intitulé : Magmatisme andin post-éocène et ses incidences sur les concentrations polymétalliques.
- 2.2 Mots clefs : Géodynamique. Magmatisme. Marge cordilleraire. Andes. Métallogénie. Polymétallique. Etain. Bolivie.
- 2.3 Contenu du programme :
- | Opération n° | n° de thème | Intitulé des opérations |
|--------------|-------------|---|
| 1 : | 4220 | Magmatisme et tectonique de la région minière de la Cordillère Orientale des Andes boliviennes. |
| 2 : | 4420 | Métallogénie des gisements polymétalliques de la région minière de la Cordillère Orientale des Andes boliviennes. |
| 3 : | 4412 | (Pour mémoire, projet à l'étude).
Géochimie des eaux et des sédiments fluviaux récents d'un bassin versant minier polymétallique de la Cordillère Orientale des Andes boliviennes. |
- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
- 3.1 Zone d'étude : partie centrale de la bordure Ouest de la Cordillère Orientale.
- 3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Région minière d'Oruro-Potosí.
- 3.3 Adresse du responsable du programme : Michel ROCHE, Chef de Mission
O.R.S.T.O.M.
Casilla 3714, La Paz - BOLIVIE.
- 4 CALENDRIER
- 4.1 Année de début : 1980.
- 4.2 Année d'achèvement : non déterminée.

5 CONTROLE SCIENTIFIQUE

5.1 Comités Techniques : Géologie.

Autres : /

6 ENGAGEMENTS PRIS PAR L'ORSTOM :

- nom et sigle de l'organisme cosignataire de l'acte : Université Majeure de San Andrés de La Paz (UMSA).
- nature de l'acte : convention.
- Intitulé de l'acte : convention entre l'Université Majeure de San Andrés (UMSA) et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) pour la réalisation de programmes conjoints de recherches.

Avenant à la convention signée par l'université Majeure de San Andrés et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.

- date de prise d'effet : convention, le 2 février 1978; avenant le 23 février 1978 et le 2 avril 1980.
- date de notification : idem.
- durée de l'acte : convention 4 ans, avenants 2 ans.
- n° des opérations couvertes par l'acte : 1 et 2.

7 EFFECTIF

7.1 Personnel ORSTOM et extérieur participant à l'exécution du programme :

Coordonnateur : J.H. GUILLON, M. SERVANT, puis M.A. ROCHE.

Opér. n° 1 : Ph. DE PACHTERE (VSNA), A. LAVENU (CR), E. SORIA (élève UMSA), F. ORIUNO (UMSA-IGL).

Opér. n° 2 : M. BONNETON (VSNA), A. LAVENU (CR), M. BLANCO (UMSA), F. ORIUNO (UMSA-IGL).

Opér. n° 3 : (projet à l'étude) M.A. ROCHE (MRP), O. BALLIVIAN (UMSA-IGL), J. ARGOLLO (UMSA).

7.2 Mouvements de personnel ORSTOM pendant l'exercice écoulé :

Première affectation : M. BONNETON (VSNA), 29-4-80; Ph. DE PACHTERE (VSNA), 15-7-80; M.A. ROCHE (MRP), 9-10-80.

Retour en France pour travaux complémentaires : /

7.3 Mouvements prévus de personnes ORSTOM en 1981 :

Première affectation : non encore prévue.

Retour en France après achèvement des travaux :

M. BONNETON (VSNA), juin 1981; Ph. DE PACHIERE (VSNA), août 1981.

A. LAVENET (CR), septembre 1981.

Retour en France pour travaux complémentaires : /

8 MOTIVATIONS

8.1 Objet et justification du programme :

L'épuisement des gisements métalliques boliviens, notamment d'étain, exploités depuis des décennies, entraîne la nécessité d'en découvrir de nouveaux ou surtout d'accroître l'extension de ceux qui sont actuellement exploités. Il semblerait que les gérants d'exploitation et les prospecteurs soient gênés dans leurs tâches par l'absence d'une étude géologique de synthèse orientée vers leurs préoccupations.

Les gisements métalliques sont concentrés dans les terrains primaires peu ou pas métamorphisés (porosité et accidents tectoniques ou de thermalisme), ou dans les diaclases et fractures de roches d'origine magmatique (rhyolite, latite, dacite). Ce sont ces événements magmatiques, accompagnés d'un métamorphisme de contact plus ou moins marqué et d'un hydrothermalisme, qui sont à l'origine des minéralisations. Les structures intrusives, selon les sites et les auteurs, sont qualifiés dans la littérature d'intrusifs, de "sub-volcanite", de "strato-volcans", de volcans...

Ce programme prévoit ainsi l'étude de la géodynamique d'une grande région minière, situant notamment les phases de métallogénèse dans des ensembles structuraux, en relation avec les événements magmatiques (hydrothermalisme notamment) et tectoniques qui ont contrôlé la formation des gisements. Cette étude chercherait donc à approfondir la connaissance des phénomènes générateurs des concentrations minérales à étain prédominant, mais aussi à wolfram, antimoine, plomb, argent, zinc... Il est possible qu'elle conduise à la définition de règles de prospection.

Le programme comprend deux grandes opérations : la première de géologie générale et de géodynamique, avec une attention particulière pour le magmatisme et la tectonique post-éocène; la seconde sur la métallogénie des concentrations polymétalliques en relation avec le contexte défini dans la première. Le développement des objets et justifications de ces opérations est présenté dans les fiches opération.

La géochimie des eaux et des sédiments fluviaux récents d'un bassin versant de cette région minière représenterait une opération distincte, plus orientée vers l'étude des possibilités de prospection régionale par des méthodes du type "stream sediments". Il convient toutefois de s'assurer qu'une telle étude n'a pas déjà été réalisée.

En fait, la tranche initiale des travaux, actuellement entreprise sur certains des sujets ci-dessus mentionnés (voir avancement des travaux), permettra une analyse générale et la mise au point du programme, notamment en ce qui concerne les aspects scientifiques, les produits appliqués espérés, la situation du programme parmi les études antérieures ou en cours, les organismes réellement intéressés, nos partenaires boliviens, les moyens...

8.2 Initiative du programme ORSTOM X Demande extérieure

9 PRODUIT SCIENTIFIQUE ATTENDU ET CONTRIBUTION AU DEVELOPPEMENT

- Réalisation d'une synthèse géodynamique d'une grande région minière, marquée par des événements magmatiques et tectoniques. Une telle étude constituerait une documentation très utile aux géologues des mines chargés de l'avancement de l'exploitation et aux prospecteurs.
- Contribuer à la connaissance des paragenèses métalliques hydrothermales et des altérations hydrothermales.
- Contribuer à la connaissance du contexte structural et géodynamique de dépôts polymétalliques et des relations métallogénèse-magmatisme, tectonique.
- Contribuer à la théorie des provinces métalliques; relations avec la tectonique des plaques.
- Cette étude cherchant à préciser le contrôle géodynamique des concentrations polymétalliques, pourrait conduire éventuellement à dégager des guides de prospection permettant l'extension des gisements actuellement exploités ou la découverte de nouveaux.

10 LIAISONS NON CONTRACTUELLES

- 10.1 Liaisons scientifiques durables : Mme VATTIN-PERIGNON, CNRS
Laboratoire de Géologie, GRENOBLE.

10.2 Liaisons scientifiques occasionnelles :

- 10.3 Liaisons avec le développement : Corporation Minière de Bolivie (COMIBOL);
Service Géologique de Bolivie (GEOBOL).

11 ETAT D'AVANCEMENT : EVENEMENTS MARQUANTS, PROBLEMES :

Les formations volcaniques de la Meseta de Morococala ont commencé à être étudiées tandis qu'un échantillonnage réalisé dans trois mines permettra une détermination préliminaire des paragenèses métalliques, en relation avec les grandes structures géologiques.

Le programme, tel qu'il avait été ébauché dans sa définition initiale, a pu être précisé en fonction des études antérieures disponibles et des premières observations de terrain.

Il semble toutefois qu'il y ait eu, au moment de la conception du programme et du lancement de sa phase préliminaire, une méconnaissance des études déjà réalisées par les Nations-Unies, GEOBOL, COMIBOL, des programmes en cours d'examen (PNUD), et des travaux actuellement effectués en Bolivie sur ces sujets. GEOBOL a notamment présenté au PNUD un projet très semblable à celui de la Convention ORSTOM-UMSA.

Il paraît en effet très important que nos travaux s'intègrent harmonieusement avec ceux qui sont réalisés en ce domaine en Bolivie, encore à plus forte raison, si nous recherchons par la suite l'intéressement d'organismes comme COMIBOL ou GEOBOL.

En ce qui concerne le projet d'opération n° 3, un fichier de 900 références bibliographiques (BRGM) relatives à la prospection hydro-géochimique vient d'être acquis.

Les événements d'ordre public bolivien qui sont intervenus au moment où commençaient les premières actions, n'ont pas facilité les relations avec les services en cause car les directions ont changé fréquemment. D'autre part, nous devons être assurés d'un minimum de fiabilité de nos projets pour entreprendre de telles démarches.

Les travaux sur le terrain ont été interrompus dès leurs débuts pendant plusieurs mois en raison des événements intervenus en juillet 1980. Par la suite, il a été laborieux d'obtenir de COMIBOL les autorisations temporaires pour séjourner dans les villages miniers et pour visiter les mines, en raison des changements très fréquents des directeurs, tant à La Paz que sur les mines. La contrepartie bolivienne n'a commencé à pouvoir participer vraiment au projet qu'au cours du dernier trimestre.

12 PUBLICATIONS :

DE PACHTERE (Ph.).- Etude du volcanisme acide miocène dans le secteur de la Meseta de Morococala, Cordillère Orientale bolivienne, Département d'Oruro. Présentation prévue à la RAST 1981.

13 CONCLUSION. ORIENTATION

Les travaux préliminaires 1980 ont contribué à mieux définir un programme répondant à des préoccupations importantes de l'exploitation minière bolivienne, et à préciser les moyens nécessaires, en accord avec ceux que l'on peut espérer disposer pour continuer sa réalisation. Après un début dans des conditions locales difficiles, il faut considérer que la phase d'évaluation préparatoire du programme devra se poursuivre.

Les contacts actuellement en cours devraient permettre de consulter prochainement les documents, plus ou moins confidentiels, que possèdent les organismes extérieurs (GEOBOL, COMIBOL) concernés par l'étude ou l'exploitation des gisements métalliques. Il sera alors possible de mieux définir les recherches les plus importantes à mener, tout en intégrant nos opérations parmi les projets boliviens, au niveau des connaissances déjà acquises ou des projets prévus par les organismes tels que GEOBOL, COMIBOL, susceptibles d'être les plus intéressés par cette action. Il paraît d'ailleurs difficile d'envisager le déroulement normal d'un tel programme sans l'appui total, et même la participation, de COMIBOL.

D'autre part, la réorganisation de l'Université actuellement en cours, devrait permettre de désigner nos partenaires extérieurs, au sein de la Convention actuelle, après le premier trimestre 1981.

Dans l'hypothèse où un développement du programme s'avérerait devoir être donné selon les grandes lignes actuelles, il conviendrait de prévoir l'affectation d'au moins deux géologues, l'un spécialiste en géologie structurale, tectonique et magmatisme général (voir opération n° 1, paragr. 9), l'autre en métallogénie, avant le départ de MM. Bonneton et De Pachtère (VSN) qui quitteront la Bolivie en juin et août 1961.

5.2 Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981
ORIUNO F.	Géologue- géophysicien	UMSA-IGL	1	11
SORIA A.	Géologue	Etudiant	1	11

5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom : / Lieu d'affectation : /

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Etablir la synthèse géodynamique d'une région minière de grande importance économique, afin de pouvoir situer, en liaison avec l'opération n° 2, les paragenèses métalliques dans différentes unités structurales :

1) Etude des principales unités géologiques structurales :

- a.- Stratigraphie, pétrographie, structure des terrains encaissants et minéralisés (principalement Paléozoïque), et tectonique antéoligocène inférieur;
- b.- Magmatisme et tectonique post-oligocène inférieur : différents types d'accidents tectoniques, structures et natures des "intrusifs" (sens large), métamorphisme, hydrothermalisme et volcanisme (type meseta).

2) Géodynamique à l'échelle de la zone, avec pour objectif le contrôle géodynamique des gisements polymétalliques (voir motivations économiques dans le développement du programme, chapitre 3.1).

6.2 Initiative de l'opération ORSTOM X Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

X	Recherche exploratoire	X	Recherche finalisée
	Appui scientifique	X	Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

- Réalisation d'une synthèse géologique et géodynamique d'une grande région minière de Bolivie.

- Contribution à la connaissance du contexte structural et géodynamique des dépôts polymétalliques hypergènes (étain prédominant).
- Contribution à la connaissance de la géodynamique d'une marge cordilleraïne.

7.3 Contribution au développement :

- Etude géologique de synthèse qui fait actuellement défaut aux géologues des mines ou aux prospecteurs.
- Recherche de guides de prospection de minéralisations pouvant contribuer à l'extension des gisements actuellement exploités ou à la découverte de nouveaux gisements.

8 ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus :

Les travaux n'ont porté, ces premiers mois, que sur le volcanisme miocène supérieur qui forme la meseta superficielle de Morococala. Une étude bibliographique du volcanisme andin a été réalisée. La photo-interprétation de la couverture aérienne et des images satellites a permis de dresser une carte provisoire (1/50.000è) de la tectonique et du volcanisme de la région de la Meseta de Morococala. Cette carte a été contrôlée et complétée lors de missions sur le terrain. Elle est accompagnée de coupes interprétatives. Les analyses des échantillons prélevés vont permettre de préciser la pétrographie des émissions pyroclastiques et d'en préciser les âges et la dynamique.

L'étude du Paléozoïque a débuté en cette fin d'année par une recherche bibliographique, un examen des photographies aériennes et une visite sur le terrain (E. Soria).

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

La fermeture de l'Institut dans le cadre duquel s'effectuent les travaux, puis l'impossibilité de réaliser des missions durant plusieurs mois par suite d'événements d'ordre public bolivien, a retardé le commencement des études de terrain jusqu'à fin octobre. En décembre, le début de la saison des pluies a à nouveau interrompu les travaux de terrain. La participation de la contrepartie bolivienne n'a pu devenir vraiment effective qu'en fin d'année.

9 CONCLUSION, ORIENTATION

En 1980, les observations ont été limitées aux formations volcaniques, datées d'environ 5 à 8 Ma, qui constituent la Meseta de Morococala.

Dans la phase préliminaire du programme, ces travaux paraissent suffisants car les minéralisations en cause semblent indépendantes de ces événements magmatiques. La métallogénèse serait en effet due à ceux, plus anciens, qui ont conduit à la mise en place d'"intrusifs" (19 à 22 Ma), accompagnés d'un métamorphisme local et d'un hydrothermalisme très marqué mais maintenant éteint. L'étude du volcanisme le plus récent, telle qu'elle a été menée aux alentours de Morococala, sera étendue durant le premier semestre 1981 à la Meseta de Los Frailes (région minière de Potosí), également de grande importance économique.

La contribution d'un tectonicien (A. Lavenu) à cette partie de l'opération, en janvier-février 1981, devrait permettre de préciser les schémas géodynamiques des événements éruptifs du Miocène supérieur. L'accent sera mis sur les relations entre les grandes unités volcaniques et les phases tectoniques.

Par la suite, les travaux devront porter sur le magmatisme plus ancien (oligo-miocène inférieur) et plus profond, ainsi que sur la tectonique d'ensemble, conjointement à l'étude du Paléozoïque encadrant. C'est en effet dans les terrains primaires métamorphisés (diaclasses, porosité en petit), ou ayant subi un hydrothermalisme accentué (altérations, clavos, masivos), et dans les accidents tectoniques (failles, dykes...) qui ont affectés ces terrains sédimentaires et les ensembles d'origine magmatique que ce sont concentrées les minéralisations.

Pour ce qui concerne l'étude stratigraphique et structurale des terrains primaires, un élève bolivien qui avait commencé une étude sur ce sujet depuis décembre 1980, a entrepris une thèse au sein de l'Institut de Géodynamique.

D'autre part, pour l'étude pétrographique, géomorphologique, et surtout structurale des formations magmatiques et métamorphiques oligomiocène inférieur, et de la tectonique en général des zones étudiées, il serait très important de s'assurer de la collaboration déterminée d'un spécialiste de ces disciplines. Le volcanologue, compte-tenu des limites de sa spécialité, n'ayant pas voulu entreprendre cette partie de l'opération.

Enfin, pour ce qui concerne les formations volcaniques des Mesetas, il faut mentionner l'intérêt de connaître le volcanisme dans la Cordillère occidentale afin de se recaler sur le volcanisme des Andes, surtout étudié au Pérou, en prolongeant ces études en Bolivie.

FICHE OPERATION

- 1 1.1 Bolivie 1.2 Mission 1.3 1980
 OPERATION
- 1.4 690-2-100 N° d'inventaire ORSTOM du programme de rattachement.
1.5 N° d'ordre de l'opération dans le programme. : 2
1.6 / Eventuellement n° local de l'opération.
- 2 IDENTITE DE L'OPERATION n° thème
- 2.1 Intitulé : Métallogénèse des gisements polymétalliques 4420
 de la région minière de la Cordillère Orientale bolivienne.
- 2.2 Mots clefs : Métallogénie. Polymétalliques. Etain. Marge cordillé-
 raine. Magmatisme. Bolivie.
- 2.3 Intitulé du programme de rattachement : Magmatisme andin post-éocène
 et ses incidences sur les concentrations polymétalliques.
- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
- 3.1 Zone d'étude : Partie centrale de la bordure Ouest de la Cordillère
 Orientale.
- 3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Région minière d'Oruro-
 Potosí.
- 3.3 Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération :
 Mission ORSTOM, Casilla 3714, LA PAZ - Bolivie.
- 4 CALENDRIER
- 4.1 Année de début : 1980.
- 4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : indéterminée.
- 4.3 Année de remise des documents prévus : indéterminée.
- 5 EFFECTIF
- 5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération :
- | Nom et initiales du prénom | Discipline et/
ou spécialité | Qualité | Nombre de mois
1980 | 1981 |
|----------------------------|---------------------------------|---------|------------------------|------|
| BONNETON M. | Métallogénie | VSNA | 8 | 5 |
| LA VENU A. | Tectonique | CR | 0 | 1 |

5.2 Agents d'origine extérieure ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois 1980	1981
BLANCO M.	Géologue	UMSA	1	10
ORTUÑO F.	Géologue- géophysicien	UMSA-IGL	1	1

5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom : / Lieu d'affectation : /

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

L'épuisement des gisements métalliques boliviens, notamment d'étain, exploités depuis des décennies, entraîne la nécessité d'en découvrir de nouveaux ou de définir l'extension de ceux qui sont actuellement exploités. Il convient d'approfondir la connaissance des phénomènes générateurs des concentrations polymétalliques (wolfram, étain, antimoine, zinc, plomb, argent...), avec l'objectif d'en dégager éventuellement des guides de prospection.

L'objet de l'opération est ainsi d'étudier sur quelques gisements polymétalliques, à étain prédominant, les paragenèses minérales en relation avec les principales unités structurales et la géodynamique locale (liaison avec l'opération n° 1) :

- Définir les distributions des altérations hydrothermales et des minéraux métalliques, dans les laves, les intrusifs dans la porosité en petit des terrains de diverses natures, selon la zonation métamorphique, les voies préférentielles de circulations hydrothermales (veines, clavos...), les accidents tectoniques (dykes, failles, diaclases...);
- délimiter des ensembles structuraux de minéralisation, et retracer en liaison avec l'opération n° 1, la dynamique de l'hydrothermalisme et de la métallogénèse (phases de minéralisation).

6.2 Initiative de l'opération : ORSTOM X Demande extérieure.

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

X Recherche exploratoire	X Recherche finalisée
Appui scientifique	Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

- Connaissance des relations métallogénie-tectonique, magmatisme.
- Connaissance des paragenèses métalliques.
- Connaissance des provinces métalliques, relations avec la tectonique des plaques.

7.3 Contribution au développement :

- Etude de synthèse qui fait actuellement défaut aux géologues des mines et aux prospecteurs.
- Définition des métaux présents dans les minerais, exploités seulement pour un ou deux éléments selon les mines. Les paragenèses métalliques sont généralement peu connues des gérants des mines.
- Définition éventuelle de guides de prospection pouvant contribuer à l'extension des gisements actuellement exploités, ou à la découverte de nouveaux gisements.

8 ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus.

Une étude bibliographique sur les mines boliviennes et, à une échelle plus générale, sur les relations entre les gisements métalliques et le magmatisme, a été entreprise. Quelques mines ont été visitées. Un premier échantillonnage a été réalisé dans un groupe de trois mines de la région de Morococala. Les surfaces polies et les plaques minces qui seront réalisées sur ces échantillons devraient permettre un premier inventaire des paragenèses des minéraux les plus classiques, en fonction de grandes structures géologiques (types et âges) identifiées dans ces mines.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

La fermeture de l'Institut, dans le cadre duquel s'effectuent les travaux, puis l'impossibilité de réaliser des missions durant plusieurs mois, par suite d'événements d'ordre public bolivien, a interrompu les études de terrain de juillet à la fin octobre. La fermeture de l'Université a rendu impossible localement, la préparation des échantillons. L'accès aux mines et l'échantillonnage, ne peuvent être réalisés qu'après de laborieuses démarches. Les études géologiques déjà effectuées sur les mines, souvent confidentielles, ne sont pas toujours consultables et demandent de longues négociations pour qu'elles nous soient communiquées en totalité. La participation de la contrepartie bolivienne n'a pu devenir effective qu'en fin d'année.

9 CONCLUSION, ORIENTATION

L'étude des ~~minéraux~~ ^{minérales} ~~gèneses~~ ^{gèneses} métalliques, en relation avec les structures géologiques, va continuer en 1981, par l'examen des surfaces polies et des plaques minces qui sera réalisé sur un premier échantillonnage. Cet examen pourrait permettre également de montrer les possibilités de caractériser différentes phases de métallogénèse, en relation avec des épisodes tectoniques ou hydrothermaux.

Le programme de métallogénie sera précisé sur la base de ces premiers résultats et de l'étude bibliographique en cours de réalisation. Il conviendra notamment d'évaluer les résultats géochimiques et les rapports, plus ou moins confidentiels, en possession d'organismes extérieurs tels que COMIBOL et GEOBOL. Ce qui devrait pouvoir être effectué en début d'année 1981.

Dans l'hypothèse où un développement du programme s'avérerait devoir être donné selon les définitions présentes, il conviendrait de prévoir l'affectation d'un métallogéniste en remplacement de M. Bonneton (VSNA) qui doit quitter définitivement la Bolivie en juin 1981.

- nature de l'acte : Convention
- intitulé de l'acte : Convention
- date de prise d'effet : 13-3-79 - date de notification : idem
- durée de l'acte : 3 ans renouvelables - n° des opérations couvertes par l'acte : 1 et 2.

7 EFFETIF

7.1 Personnel ORSTOM et extérieur participant à l'exécution du programme :

Coordonnateur :

Opér. n° 1 : RIEU M., C.R. Péd. ORSTOM
RICO R., Ing. Agron. UMSS
AMURRIO J., Ing. Agron. UMSS

Opér. n° 2 : ESCHENBRENNER V., M.R. Péd. ORSTOM
VALENZUELA C., Ing. Agron. ERTS-GEOBOL.
QUIROGA J.C., Ing. Agron. ERTS-GEOBOL
VALENZUELA R., Ing. Geol. GEOBOL.

7.2 Mouvements du personnel ORSTOM pendant l'exercice écoulé (non des personnels et date des mouvements) :

Première affectation : RIEU M. : juillet 1970
ESCHENBRENNER V. : octobre 1979

Retour en France après achèvement des travaux :

RIEU M., septembre 1981.

Retour en France pour travaux complémentaires : /

7.3 Mouvements prévus de personnel ORSTOM : /

8 MOTIVATIONS

8.1 Objet et justification du programme :

Inventaire et caractérisation des sols d'un pays où les études pédologiques sont encore embryonnaires. Mise au point méthodologique avec utilisation des données LANDSAT.

8.2 Initiative du programme ORSTOM X Demande extérieure

9 PRODUIT SCIENTIFIQUE ATTENDU ET CONTRIBUTION AU DEVELOPPEMENT :

- Caractérisation et genèse des sols de Bolivie.
- Cartographie pédologique.
- Evaluation de l'apport des techniques de télédétection à la cartographie des sols.
- Contribution à l'inventaire des ressources en sols de la Bolivie réalisé par le programme ERTS-GEOBOL.

10 LIAISONS NON CONTRACTUELLES

10.1 Liaisons scientifiques durables : /

10.2 Liaisons scientifiques occasionnelles : /

10.3 Liaisons avec le développement : Corporación de Desarrollo de Cochabamba.

Asociación MISICUNI (Cochabamba)

11 ETAT D'AVANCEMENT : EVENEMENTS MARQUANTS, PROBLEMES :

Opération 1 en voie d'achèvement. Opération 2 en cours. Opération 3 conditionnée par l'exécution des 2 précédentes.

1er novembre 1979 : coup d'état.

17 juillet 1980 : coup d'état.

lesquels ont entraîné la désorganisation des services co-signataires de la Convention et le limogeage de leurs responsables.

Problèmes :

Incapacité de l'UMSS à engager le personnel technique de laboratoire propre à assurer le fonctionnement.

Conséquence du changement de Directeur du programme ERTS-CELSOL (décembre 1980), imprévisibles sur le déroulement normal du programme, surtout en ce qui concerne la mise en route de l'opération 3.

12 PUBLICATIONS : /

13 CONCLUSIONS. ORIENTATION :

L'instabilité chronique du lieu d'exécution du programme réduit sensiblement le rendement scientifique des travaux malgré l'intérêt évident de ce dernier.

Au cas où l'opération 3 ne pourrait être effectuée localement, il est à envisager d'exécuter les travaux correspondant avec l'aide du Service de Télédétection de l'ORSTOM.

14 DOCUMENTS A CONSULTER :

Programme défini, pour les vallées de Cochabamba, dans l'annexe à la Convention ORSTOM-UMSS-ERTS Bolivie (sept. 1978), et étendu à la zone de l'Altiplano central en accord avec les co-signataires de la Convention.

FICHE OPERATION

- 1 1.1 Bolivie 1.2 Mission 1.3 1980
OPERATION
- 1.4 N° inventaire ORSTOM du programme de rattachement 951-PG1
1.5 N° d'ordre de l'opération dans le programme 1
1.6 Eventuellement n° local de l'opération
- 2 IDENTITE DE L'OPERATION n° thème
- 2.1 Intitulé : Caractérisation et cartographie des sols 4621
de la vallée de Cochabamba.
- 2.2 Mots clefs : Sols. Caractérisation. Cartographie. Semi-aride.
Bolivie.
- 2.3 Intitulé du programme de rattachement : Caractérisation et carto-
graphie des sols de Bolivie.
- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
- 3.1 Zone d'étude : Bolivie.
- 3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Vallée centrale de
Cochabamba.
- 3.3 Adresse de l'Agent ou de l'équipe responsable de l'opération :
Casilla 1199, COCHABAMBA - Bolivie.
- 4 CALENDRIER
- 4.1 Année de début : 1978.
- 4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : 1980.
- 4.3 Année de remise des documents prévus : 1981.
- 5 EFFECTIF
- 5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre-mer ayant participé à l'opération :
- | Nom et initiales du prénom | Discipline et/
ou spécialité | Qualité | Nombre de mois
1980 | 1981 |
|----------------------------|---------------------------------|---------|------------------------|------|
| RIEU M. | Pédologie | C.R. | 9 | 9 |
- 5.2 Agents d'origine extérieur à l'ORSTOM ayant participé à l'opération :
- | Nom et initiales du prénom | Discipline et/
ou spécialité | Qualité | Nombre de mois
1980 | 1981 |
|----------------------------|---------------------------------|---------|------------------------|------|
| AMURRIO J. | Agron-Pédol. | Ing. | 5 | - |
| RICO R. | Agron Pédol. | Ing. | 5 | - |
- 5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le
cadre de l'opération :
- | Nom et initiales du prénom | Lieu d'affectation |
|----------------------------|--------------------|
| / | / |

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Réalisation d'une carte des sols pouvant être utilisée comme référence pour l'interprétation digitale des images LANDSAT, dans la zone géographique des vallées de la Cordillère Orientale bolivienne (végétation clairsemée).

6.2 Initiative de l'opération ORSTOM X Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

X	Recherche exploratoire	Recherche finalisée
	Appui scientifique	Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Carte des sols (1/50.000^e - séries des sols) faisant apparaître le plus possible les relations avec les unités géomorphologiques identifiables sur les documents LANDSAT de la région.

7.3 Contribution au développement :

Formation de pédologues de terrains boliviens.

8 ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus :

Carte géomorphologique de la vallée centrale au 1/25.000^e, compilée avec la carte des sols existante au 1/20.000^e, le tout ramené au 1/50.000^e. Notice explicative en préparation.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

Pas de véhicules de terrain de juillet 1978 à mai 1979, et de décembre 1979 à mai 1980. Laboratoire d'analyses en cours d'organisation.

9 CONCLUSION, ORIENTATION :

Les problèmes de véhicule de terrain et de laboratoire d'analyses présentés par l'UMSS ont retardé énormément l'exécution de cette opération et l'ont réduite à une reconnaissance géomorphologique des vallées.

L'opération n° 3 ne pouvant être réalisée localement dans l'immédiat, la publication des résultats de la première opération est en préparation.

FICHE OPERATION

- 1
 - 1.1 Bolivie
 - 1.2 Mission
 - 1.3 1980
 - OPERATION
 - 1.4 N° d'inventaire ORSTOM du programme de
rattachement 951-PG1
 - 1.5 N° d'ordre de l'opération dans le programme 2
 - 1.6 Eventuellement n° local de l'opération /

- 2 IDENTITE DE L'OPERATION n° thème
 - 2.1 Intitulé : Caractérisation et cartographie des sols de l'Altiplano Central. 4621
 - 2.2 Mots clefs : Sols. Caractérisation. Cartographie. Semi aride. Bolivie.
 - 2.3 Intitulé du programme de rattachement : Caractérisation et cartographie des sols de Bolivie.

3. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
 - 3.1 Zone d'étude : Altiplano bolivien.
 - 3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Région de Challapata, 18°30'S; 67°00'W.
 - 3.3 Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération :
Casilla 1199, Cochabamba - BOLIVIE.

- 4 CALENDRIER
 - 4.1 Année de début : 1980.
 - 4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : 1981.
 - 4.3 Année de remise des documents prévus : 1981.

- 5 EFFECTIF
 - 5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre Mer ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois 1980	1981
ESCHENBRENNER V.	Pédologue	M.R.	11	
 - 5.2 Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre mois 1980	1981
VALENZUELA C.	Pédologie	Ing. UMSS	6	

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981

QUIROGA J.C.	Pédologie	Ing. UMSS	5	
VALENZUELA R.	Géologie	Ing. UMSS	1	

5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom : / Lieu d'affectation : /

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

- Inventaire, caractérisation et cartographie à 1/50.000^e des sols d'une région caractéristique de l'Altiplano Central.
- Travaux réalisés dans le cadre d'une convention (13 mars 1978), ORSTOM-GEOBOL (Programme ERTS)-UMSS (Université Majeure de Saint Simon).

6.2 Initiative de l'opération : ORSTOM X Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

X Recherche exploratoire	Recherche finalisée
Appui scientifique	X Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

- Connaissance de la nature et de la répartition des sols dans une zone écologique actuellement très mal connue.

7.3 Contribution au développement :

- Formation de pédologues de terrains boliviens.
- Contribution à la mise en valeur d'une zone potentiellement irrigable.

8 ETAT D'AVANCEMENT :

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus :

- Travaux de terrain réalisés : 4/5
- Analyses : 1/5
- 2 mois prospection terrain.
- Caractérisation morphologique des principaux types de sols et relations avec l'environnement.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

- Carences du laboratoire d'analyse de sols de l'UMSS.

9 CONCLUSION, ORIENTATION

L'achèvement de l'opération est conditionnée par l'obtention des résultats analytiques.

Toute opération ultérieure du même type ne peut être envisagée qu'après avoir résolu le problème du fonctionnement du laboratoire d'analyse des sols de l'UMSS.

FICHE PROGRAMME

1	1.1	Bolivie	1.2	Mission	1.3	1980
	1.4	951-PS2				
	1.5	CEB 02				

2 PROGRAMME

2.1 Intitulé : Analyse et simulation mathématique de la salinisation des sols dans les vallées de la Cordillère Orientale bolivienne.

2.2 Mots clefs : Salinisation. Modèle mathématique. Sols. Semi-aride. Bolivie

2.3 Contenu du programme :

Opération N°	n° de thème	Intitulé des opérations
1	4623	Modèle de calcul numérique et méthodes de mesures de paramètres hydrauliques des sols.
2	4613	Simulation de la salinisation de parcelles irriguées.
3	4516	Caractérisation de la géochimie des eaux superficielles et souterraines.

3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

3.1 Zone d'étude : Vallées de Cochabamba.

3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Vallée de Punata-Cliza, secteur de San Benito.

3.3 Adresse du responsable du programme : Michel RIEU

Casilla 1199 - Cochabamba, BOLIVIE

4 CALENDRIER

4.1 Année de début : 1978.

4.2 Année d'achèvement : 1981.

5 CONTROLE SCIENTIFIQUE

5.1 Comités Techniques : Pédologie-Géologie.

Autres : Laboratoire de Pédologie et Géochimie - Université Paul Sabatier, Toulouse.

6 ENGAGEMENTS PRIS PAR L'ORSTOM

- nom et sigle de l'organisme cosignataire de l'acte :
 - . Université Majeure de San Simon (U.M.S.S.).
 - . Programme ERTS Servicio Geológico de Bolivia-ERTS-GEOBOL.
- nature de l'acte : Convention.
- intitulé de l'acte : Convention.
- date de prise d'effet : février 1978.
- durée de l'acte : 3 ans renouvelables.
- date de notification : idem.
- n° des opérations couvertes par l'acte : 1 et 2.

7 EFFECTIF

7.1 Personnel ORSTOM et extérieur participant à l'exécution du programme :

Coordonnateur	RIEU M.	C.R. Pédologie-ORSTOM
Opér. n° 1	: RIEU M.	C.R. Pédologie-ORSTOM
	VALDES M.	Ing. Inform. UMSS.
Opér. n° 2	: RIEU M.	C.R.
Opér. n° 3	: MAGAT Ph. T.	Géologue-ORSTOM.

7.2 Mouvements de personnel ORSTOM pendant l'exercice écoulé (nom des personnels et date des mouvements).

Première affectation : RIEU M., juillet 78.

MAGAT Ph. juillet 80.

Retour en France après achèvement des travaux : RIEU M., septembre 81.

Retour en France pour travaux complémentaires : /

7.3 Mouvements prévus de personnel ORSTOM : /

8 MOTIVATIONS

8.1 Objet et justification du programme :

Prévision par modèle de simulation de l'effet d'eaux d'irrigation différentes sur les sols agricoles déjà salés et alcalinisés. De nombreux travaux d'aménagement sont en cours dans la zone étudiée afin d'étendre les zones agricoles irriguées. Le drainage est mauvais, l'ETP de 1 500 mm et les précipitations de 500 mm. Le danger d'extension de la salinisation des sols est réel.

8.2 Initiative du programme : X ORSTOM X Demande extérieure

9 PRODUIT SCIENTIFIQUE ATTENDU ET CONTRIBUTION AU DÉVELOPPEMENT :

Niveaux et types de salinisation prévisibles selon le type d'eau

utilisée par l'irrigation, dans le cas des pratiques culturales classiques de la région, au bout de une et/ou plusieurs années de cultures irriguées.

Un choix sur les infrastructures d'irrigation et de drainage pourra être effectué par les organismes locaux de développement en fonction de ces données.

10. LIAISONS NON CONTRACTUELLES

10.1 Liaisons scientifiques durables :

- Laboratoire de Pédologie et Géochimie - Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Programa de Investigación de Zonas Áridas y Semi-áridas de la Universidad de Chile, Santiago.

10.2 Liaisons scientifiques occasionnelles :

- Centro de Ecología y Recursos Naturales Renovables - Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

10.3 Liaisons avec le développement :

- Corporación de Desarrollo de Cochabamba.
- Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria.
- Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios.

11 ETAT D'AVANCEMENT : EVENEMENTS MARQUANTS, PROBLEMES :

Opération n° 1 achevée. Opérations n° 2 et n° 3 en cours. Gros problèmes d'analyses chimiques au laboratoire des sols et eaux de l'UMSS (manque de personnel technique, de budget de fonctionnement, méthodologies analytiques déficientes).

12 PUBLICATIONS

RIEU (M.), 1980.- Simulation mathématique des flux hydriques dans le sol et prédiction de la salinité dans les sols irrigués. Un modèle de calcul simple. In Proc. Congreso Internacional de Estudios de zonas áridas y semi-áridas. La Serena, Chile, 15-19 janvier 1980 (sous presse).

RIEU (M.), VALDES (M.) et RICO (R.), 1980.- Previsión de la salinización de los suelos de regadío. Bilingue Fr.-Esp., 208 p. Ediciones UMSS.

13 CONCLUSIONS. ORIENTATION

Programme très intégré dans les activités agricoles de la région (Cochabamba est considéré comme le grenier de la Bolivie). Bien que réalisé par ORSTOM et UMSS, CORDECO suit avec attention son développement et a recommandé la localisation des travaux de terrain en fonction de ses propres programmes.

14 DOCUMENTS A CONSULTER

Programme défini dans l'"Annexe à la Convention ORSTOM-UMSS-ERIS-Bolivie" (sept. 1978).

FICHE OPERATION

- 1
 - 1.1 Bolivie
 - 1.2 Mission
 - 1.3 1980
 - OPERATION
 - 1.4 N° d'inventaire OPSTOM du programme de rattachement 951-PG-2
 - 1.5 N° d'ordre de l'opération dans le programme 1
 - 1.6 Eventuellement n° local de l'opération.

- 2 IDENTITE DE L'OPERATION n° thème 4623
 - 2.1 Intitulé : Modèle de calcul numérique et méthodes de mesures des paramètres hydrauliques des sols.
 - 2.2 Mots clefs : Salinisation. Alcalinisation. Modèle mathématique. Sols. Semi-aride . Bolivie. Simulation. Irrigation.
 - 2.3 Intitulé du programme de rattachement : Analyse et simulation mathématique de la salinisation des sols dans les vallées de la Cordillère Orientale bolivienne.

- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
 - 3.1 Zone d'étude : Vallées de Cochabamba.
 - 3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Vallée de Punata-Cliza. Secteur de San Benito.
 - 3.3 Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération :
Casilla 1199, Cochabamba - BOLIVIE.

- 4 CALENDRIER
 - 4.1 Année de début : 1978.
 - 4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : 1981.
 - 4.3 Année de remise des documents prévus : 1982.

- 5 EFFECTIF
 - 5.1 Agents de l'OPSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981
RIEU M.	Pédologie	C.R.	9	9
 - 5.2 Agents d'origine extérieure à l'OPSTOM ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981
VALDES M.	Inform. (UMSS)	Ing.	7	-
RICO R.	Agron. (UMSS)	Ing.	7	-

5.3 Agents de l'OPSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom : / Lieu d'affectation : /

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Réunion et affinement des outils de travail nécessaires à la prévision de la salinisation des sols irrigués en zone aride.

6.2 Initiative de l'opération : X OPSTOM Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

Recherche exploratoire X Recherche finalisée
X Appui scientifique Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

- Programme Fortran permettant la simulation numérique des transferts de solutés dans le sol et de la mise en équilibre thermodynamique du système : sol solution et sol-atmosphère du sol.
- Dispositifs et méthodes de mesure de la conductivité hydraulique des sols et de la relation teneur en eau-succion.

7.3 Contribution au développement :

L'utilisation du programme de calcul permet d'estimer préalablement l'évolution saline d'un sol irrigué. L'incidence sur les études préliminaires aux travaux de mise en valeur des zones arides par mise en place d'une infrastructure d'irrigation peut être décisive.

8 ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus :

La simulation numérique des transferts de solutés est au point. Le programme de calcul d'équilibre thermodynamique est en cours d'adaptation. Les instruments et méthodes de mesure des propriétés hydrauliques des sols sont au point.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

Bonnes conditions de travail pour l'informatique. Carence de matériel de base pour la construction des appareils de mesure.

9 CONCLUSION, ORIENTATION

L'opération effectuée en pays en voie de développement, dans le cadre d'une mission relativement isolée, avec peu de moyens en hommes et en matériels, se développe dans des conditions satisfaisantes, mais à un rythme estimé trois à quatre fois plus lent qu'en France.

FICHE OPERATION

- 1
 - 1.1 Bolivie
 - 1.2 Mission
 - 1.3 1980
 - OPERATION
 - 1.4 N° d'inventaire ORSTOM du programme de rattachement. 951-PG-2
 - 1.5 N° d'ordre de l'opération dans le programme. 2
 - 1.6 Eventuellement n° local de l'opération

- 2 IDENTITE DE L'OPERATION n° thème
4613
 - 2.1 Intitulé : Simulation de la salinisation de parcelles irriguées.
 - 2.2 Mots clefs : Simulation. Salinisation. Modèle mathématique. Semi-aride . Bolivie. Irrigation.
 - 2.3 Intitulé du programme de rattachement : Analyse et simulation mathématique de la salinisation des sols dans les vallées de la Cordillère Orientale bolivienne.

- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
 - 3.1 Zone d'étude : vallées de Cochabamba.
 - 3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Vallée de Punata-Cliza. Secteur de San Benito.
 - 3.3 Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération : Casilla 1199, Cochabamba - BOLIVIE.

- 4 CALENDRIER
 - 4.1 Année de début : 1980.
 - 4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : 1981.
 - 4.3 Année de remise des documents prévus : 1982.

- 5 EFFECTIF
 - 5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ou spécialité	Qualité	Nombre de mois 1980	1981
RIEU M.	Pédologie	C.R.	9	9
 - 5.2 Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ou spécialité	Qualité	Nombre de mois 1980	1981
SANCHEZ G.	Agron. (UMSA)	Stag.	1	9

5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom : / Lieu d'affectation : /

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Mesures "in situ" et au laboratoire de la teneur en eau et chimie des sols irrigués afin de caler les calculs numériques de salinisation qui seront par la suite généralisés à des surfaces plus grandes.

6.2 Initiative de l'opération : X ORSTOM X Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

Recherche exploratoire	X	Recherche finalisée
Appui scientifique		Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Ensemble des données initiales permettant la simulation numérique de la salinisation des sols irrigués. Données finales de référence concernant l'infiltration d'une pluie et/ou d'une irrigation permettant de caler les calculs. Calculs généralisés de prévision de l'évolution saline des sols de la zone étudiée.

7.3 Contribution au développement :

Schémas prévisionnels d'évolution des sols irrigués en zone semi-aride mis à la disposition des développeurs et décideurs locaux.

8. ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus : Début des travaux.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération : /

9 CONCLUSION, ORIENTATION. /

FICHE OPERATION

- 1
 - 1.1 Bolivie
 - 1.2 Mission
 - 1.3 1980
 - OPERATION
 - 1.4 N° d'inventaire ORSTOM du programme de rattachement 951-PG-2
 - 1.5 N° d'ordre de l'opération dans le programme 3
 - 1.6 Eventuellement n° local de l'opération

- 2 IDENTITE DE L'OPERATION
 - 2.1 Intitulé : Caractérisation de la géochimie des eaux superficielles et souterraines.
 - 2.2 Mots clefs : Hydrochimie. Semi-aride . Bolivie. Eaux superficielles. Nappes souterraines.
 - 2.3 Intitulé du programme de rattachement : Analyse et simulation mathématique de la salinisation des sols dans les vallées de la Cordillère Orientale bolivienne.

- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
 - 3.1 Zone d'étude : Vallées de Cochabamba.
 - 3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Vallée Centrale, vallée de Punata Cliza et vallée de Sacaba.
 - 3.3 Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération :
Casilla 1159, Cochabamba - BOLIVIE.

- 4 CALENDRIER
 - 4.1 Année de début : 1980.
 - 4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : 1981.
 - 4.3 Année de remise des documents prévus :

- 5 EFFECTIF
 - 5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois 1980	1981
MAGAT Ph.	Géologie	Technicien	5	10
 - 5.2 Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois 1980	1981
GUTIERREZ E.	Agron. (UMSS)	Ingénieur	5	

5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom : / Lieu d'affectation : /

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Cadre géochimique des dépôts évaporitiques actuels dans les vallées. Caractérisation des eaux susceptibles d'être utilisées par l'irrigation.

6.2 Initiative de l'opération : ☒ ORSTOM ☐ Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

☒ Recherche exploratoire ☒ Recherche scientifique
☐ Appui scientifique ☐ Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Cartes de faciès et de salinité et indications sur l'évolution des caractères géochimiques des eaux superficielles et souterraines.

7.3 Contribution au développement :

Travaux venant compléter les études hydrogéologiques déjà réalisées dans la région en 1974-1975.

8 ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus :

Campagne de prélèvements de l'été 1970 terminée, analyses en cours.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

Problèmes de laboratoire, résultats analytiques nécessitant une critique très détaillée.

9 CONCLUSION, ORIENTATION :

En une seule année, on doit se limiter à une caractérisation générale sans pouvoir aboutir à l'établissement d'un bilan précis.

Ce bilan pourrait faire l'objet d'un programme plus complet d'une durée appropriée avec des moyens (hydrologiques) adéquats.

6 ENGAGEMENTS PRIS PAR L'ORSTOM

- nom et sigle de l'organisme cosignataire de l'acte : Université Majeure de San Andrés (U.M.S.A.).
- nature de l'acte : accord (convenio).
- Intitulé de l'acte : Convention entre l'Université Majeure de San Andrés (UMSA) et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (OPSTOM) pour la réalisation de programmes conjoints de recherches.
Avenant à la Convention signée par l'Université Majeure de San Andrés et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.
- date de prise d'effet : Convention 2 février 1978; avenant, le 26 février 1978 et le 2 avril 1980.
- durée de l'acte : 4 ans, avenants 2 ans.
- date de notification : idem.
- n° des opérations couvertes par l'acte 1 à 4.

7 EFFECTIF

7.1 Personnel OPSTOM et extérieur participant à l'exécution du programme :

Coordonnateur : LAUZANNE L., puis LOUBENS G.

Opér. n° 1 : COLLOT D., VSNA puis allocataire.
KORIANNA F., étudiante UMSA.
GARCIA L., étudiante UMSA.

Opér. n° 2 : LAZZARO X., VSNA puis allocataire, puis élève OPSTOM.
ARCE C., Chef du Département de Chimie de la Faculté des Sciences Pures et Naturelles, et son équipe.

Opér. n° 3 : REPELIN R., chercheur OPSTOM.
TAMAYO B., professeur à l'UMSA.
PINTO J., étudiant à l'UMSA.
ALTAMIRANO C., étudiant à l'UMSA.

Opér. n° 4 : LAUZANNE L., chercheur OPSTOM.
LOUBENS G., chercheur OPSTOM.
HERBINET P., technicien OPSTOM.
SARMIENTO J., élève à l'UMSA.
OSCRIO F., élève à l'UMSA.

7.2 Mouvements de personnel ORSTOM pendant l'exercice écoulé (nom des personnels et date des mouvements).

Première affectation : COLLOT D. : 1ère affectation 15 septembre 1979
retour en France 15 avril 1980
travaux en France mai-juin 1980

LAZZARO X. : 1ère affectation 1er décembre 1979
retour en France 15 mai 1980.
travaux en France en cours, en même temps que stages divers en tant qu'élève ORSTOM

REPELIN R. : 1ère affectation 22 octobre 1980

LAUZANNE L. : 1ère affectation 12 janvier 1980
retour en France 10 avril 1980
travaux en France en cours

LOUBENS G. : 1ère affectation septembre 1979

7.3 Mouvements prévus de personnel ORSTOM :

Congés 1981 pour REPELIN, LOUBENS et HERBINET. Poursuite des travaux en France pour LAUZANNE. Fin des travaux pour COLLOT D. et LAZZARO X.

8 MOTIVATIONS

8.1 Objet et justification du programme :

Le lac Titicaca est un très grand lac d'altitude (3.600 m) aux rives densément peuplées dont l'importance est grande pour la Bolivie et le Pérou. Son étude hydrobiologique, qui fait suite aux études hydrochimiques et hydrophysiques menées de 74 à 79, est entreprise en abordant les aspects les plus importants : macrophytes, phytoplancton, zooplancton, poissons.

8.2 Initiative du programme X ORSTOM X Demande extérieure

9 PRODUIT SCIENTIFIQUE ATTENDU ET CONTRIBUTION AU DEVELOPPEMENT :

Il s'agit de rassembler un ensemble de données et de résultats élaborés qui constitue une première approche pour la compréhension de l'écosystème lacustre et qui peut permettre un aménagement plus rationnel des ressources vivantes du lac, surtout en ce qui concerne les poissons. En ce qui concerne les trois premières opérations, on disposera de la composition des peuplements et des valeurs atteintes par

les biomasses en fonction des principaux facteurs du milieu, ainsi que de premières évaluations de la production. En ce qui concerne les poissons, les principaux problèmes de systématique devraient être résolus et la biologie générale des principales espèces décrites, sauf peut-être pour la croissance car le problème de la détermination de l'âge n'est pas résolu.

10 LIAISONS NON CONTRACTUELLES

10.1 Liaisons scientifiques durables :

- Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Laboratoire de Puno (BUSTAMANTE).
- Laboratoire d'Anatomie Comparée de l'Université de Paris VII (MEUNIER F.).
- Laboratoire d'Ichtyologie Théorique et Appliquée, Muséum National d'Histoire Naturelle (Prof. DAGET).

10.2 Liaisons scientifiques occasionnelles :

10.3 Liaisons avec le développement :

La Société de Développement de la Province de La Paz (CORDEPAZ), a fourni une partie du matériel et reçoit en échange toutes les informations disponibles.

11 ETAT D'AVANCEMENT : EVENEMENTS MARQUANTS, PROBLEMES

L'état d'avancement est très variable selon les opérations. L'opération "macrophytes" est entièrement terminée et a donné lieu à la fourniture de 4 rapports dans le courant de l'année 80. L'opération "phytoplancton" est presque entièrement terminée. On attend la parution du rapport final pour les premiers mois de 1981. L'opération "poissons" est à peu près à mi-parcours. Les travaux sur le terrain devraient se terminer en septembre 1981 et l'exploitation finale des données en juin 1982.

Les principaux problèmes rencontrés proviennent de la situation politique générale (le coup d'état du 1^{er} juillet a provoqué la fermeture de l'UMSA, le blocage d'une bonne partie du matériel d'hydrobiologie et l'arrêt des travaux pendant plusieurs mois); la faiblesse de la contre-partie bolivienne (le département de Biologie est de création récente et ne comporte aucun spécialiste hydrobiologiste); les difficultés dans la venue du matériel (le matériel que doit fournir la contre-partie bolivienne arrive avec de gros retards ou n'arrive pas).

12 PUBLICATIONS

COLLOT (D.), 1979.- Végétation aquatique du lac Poopó. Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 7 p.

COLLOT (D.), 1979.- Végétation aquatique de la vallée d'Hicchu-Kkota. Comparaison avec la vallée d'Ovejhuvo. Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 10 p. Doit être publié dans la Revue de l'Académie des Sciences de Bolivie (numéro spécial sur les lacs de la vallée d'Hicchu-Kkota).

COLLOT (D.), 1979.- Carte de végétation de la baie de Puno. Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 15 p.

COLLOT (D.), 1980.- Mesure de la production nette et brute des macrophytes par la méthode des bouteilles éclairées et obscures, puis dosage de l'oxygène produit et consommé. Etude bibliographique et améliorations proposées. Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 10 p.

COLLOT (D.), 1980.- Les macrophytes de quelques lacs andins (lac Titicaca, lac Poopó, lacs des vallées d'Hicchu-Kkota et d'Ovejhuvo). Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 115 p.

FRANC (J.), LAUZANNE (L.) et ZUNA (F.), 1979.- Algunos datos sobre las pesquerías de la parte oriental del Lago Titicaca Menor. Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 24 p.

LAUZANNE (L.) et FRANC (J.), 1980.- Las truchas de las lagunas del valle de Hicchu-Kkota. Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 21 p. A publier dans la Revue de l'Académie des Sciences de Bolivie.

LAZZARO (X.), 1980.- Etude du phytoplancton de la station de Chua : physicochimie, production primaire, peuplements. Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 50 p.

13 CONCLUSIONS. ORIENTATION

D'un point de vue pratique, les énormes difficultés rencontrées depuis le démarrage du programme en 1978 montrent que la signature d'accords avec différents partenaires ne peut assurer une marche normale des travaux. L'ORSTOM doit intervenir beaucoup plus massivement et rapidement, surtout au moment du démarrage des opérations, faute de

quoi celles-ci piétinent ou même ne se font pas (on parle d'écho-intégration pour l'estimation des stocks de poissons du lac Titicaca depuis environ 3 ans).

D'un point de vue scientifique, l'orientation générale actuelle paraît trop fondamentale. Certes tout rassemblement de connaissances constitue un progrès; cependant dans un pays disposant de faibles ressources, les recherches devraient être orientées davantage vers l'acquisition de connaissances risquant d'avoir un impact sur l'économie du pays (ressources piscicoles par exemple), ou permettant d'entrevoir une solution à des problèmes urgents (pollution par exemple). Dans le cas du programme relatif au lac Titicaca, nous proposons d'orienter les recherches vers l'aménagement des ressources piscicoles, et de ne traiter un problème relatif aux autres groupes taxonomiques que dans la mesure où cela paraît utile à cet aménagement, plutôt que de vouloir traiter systématiquement les différents ensembles d'êtres vivants présents dans le lac sans trop savoir à quoi cela peut servir pour l'économie du pays.

14 DOCUMENTS A CONSULTER

- NORTHCOTE (T.G.), 1979. -- A review of literature on the lake Titicaca system and its hydrobiological resources. Institute of Animal resource ecology, The University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- RICHERSON (P.J.), WIDMER (C.) and KITTEL (T.), 1971. -- The Limnology of lake Titicaca (Peru Bolivia), a large, high altitude tropical lake. Institute of Ecology, Public. n° 14, Un. of California, Davis, 117 p.
- BUSTAMANTE (E.) y TREVINO (H.), 1980. -- Descripción de las pesquerías en el Lago Titicaca. Instituto del Mar del Perú, Laboratorio de Puno, 62 p.

FICHE OPERATION

- 1
 - 1.1 Bolivie
 - 1.2 Mission
 - 1.3 1980
 - 1.4 N° d'inventaire ORSTOM du programme de rattachement 690-2
 - 1.5 N° d'ordre de l'opération dans le programme A1
 - 1.6 Eventuellement n° local de l'opération

- 2 IDENTITE DE L'OPERATION n° thème
5320
 - 2.1 Intitulé : Répartition, biologie et production des macrophytes aquatiques.
 - 2.2 Mots clefs : Titicaca. Macrophytes. Totorá. Schoenoplectus. Chara. Potamogeton. Biomasse. Production.
 - 2.3 Intitulé du programme de rattachement : Etude hydrobiologique du lac Titicaca.

- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
 - 3.1 Zone d'étude : Bassin des lacs Titicaca et Poopó (Bolivie et Pérou).
 - 3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Baie de Puno et Petit Lac (lac Titicaca), lac Poopó, lacs de la vallée d'Hicchu Kkota et de la vallée d'Ovejhujo.
 - 3.3 Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération :
Mission ORSTOM, Casilla 8114, LA PAZ - BOLIVIE.

- 4 CALENDRIER
 - 4.1 Année de début : fin 1979.
 - 4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : 1980.
 - 4.3 Année de remise des documents prévus : 1980.

- 5 EFFECTIF
 - 5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ou spécialité	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981
COLLOT D.	Hydrobiologie	VSNA puis allocataire	6	
 - 5.2 Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ou spécialité	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981
KORIAMA F.		Etudiante occasionnellement		
GARCIA L.		Etudiante occasionnellement		

5.3 Agents de l'OPSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom : / Lieu d'affectation : /

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

La végétation aquatique couvre environ le cinquième de la superficie du lac Titicaca. Elle joue un rôle capital, non seulement dans l'équilibre biologique du lac (frayères et nourriceries pour les jeunes poissons en particulier), mais aussi dans l'économie de subsistance des populations humaines périlacustres (nourriture du bétail, embarcations, matériau de construction);

6.2 Initiative de l'opération : X OPSTOM X Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération

X Recherche exploratoire X Recherche finalisée
X Appui scientifique X Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Ensemble de quatre rapports indiquant la répartition des principaux végétaux en fonction des principaux facteurs du milieu, précisant les principales associations végétales, les biomasses, et donnant des évaluations de la production dans le Petit Lac. Le dernier rapport comporte également une petite étude sur l'utilisation des plantes aquatiques.

7.3 Contribution au développement :

Ces travaux fournissent les données de base indispensable à la compréhension de l'écosystème constitué par la ceinture végétale des lacs de l'Altiplano et de l'exploitation qui en est faite. Celle-ci paraît bien adaptée aux possibilités de production.

8 ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus :

Travaux achevés en juin 1970.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

Travaux soumis aux difficultés habituelles, avec en outre une très faible participation de la contre-partie bolivienne (2 étudiants rarement disponibles).

9 CONCLUSION, ORIENTATION

Le travail accompli en peu de temps (20 mois) est considérable par rapport au personnel et aux moyens disponibles. L'opération doit être considérée comme hautement positive, sauf en ce qui concerne la participation bolivienne. Les travaux dans le domaine des macrophytes sont actuellement arrêtés. S'ils devaient reprendre ils devraient être envisagés sous l'angle des relations macrophytes-êtres vivants et en particulier macrophytes-poissons, car la ceinture végétale comporte de nombreuses frayères et nourriceries. D'autre part, il semble exister un antagonisme charas-poissons qu'il serait intéressant de mettre en évidence qualitativement et quantitativement.

FICHE OPERATION

- 1
 - 1.1 Bolivie
 - 1.2 Mission
 - 1.3 1980
 - 1.4 N° d'inventaire ORSTOM du programme de rattachement 6902
 - 1.5 N° d'ordre de l'opération dans le programme A7
 - 1.6 Eventuellement n° local de l'opération

- 2 IDENTITE DE L'OPERATION n° thème
 - 2.1 Intitulé : Biomasse et production phytoplanctonique 5320
 - 2.2 Mots clefs : Titicaca. Phytoplancton. Répartition. Peuplements.
B Biomasse. Production.
 - 2.3 Intitulé du programme de rattachement : Etude hydrobiologique du lac Titicaca.

- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
 - 3.1 Zone d'étude : Lac Titicaca.
 - 3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Petit Lac (Lago Menor ou Laguna Huifaimarca).
 - 3.3 Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération :
Mission ORSTOM, Casilla 9-14 - LA PAZ, Bolivie.

- 4 CALENDRIER
 - 4.1 Année de début : 1979.
 - 4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : 1980.
 - 4.3 Année de remise des documents prévus : 1981.

- 5 EFFECTIF
 - 5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981
LAZZARO X.	Hydrobiologie	VSNA puis allocat. puis élève ORSTOM	5	
 - 5.2 Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981
Département de Chimie de l'UMSA avec, à sa tête, ARCE C., jusqu'en juillet 80.				

5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom :	Lieu d'affectation :
LAZZARO X.	En stages divers en tant qu'élève ORSTOM.

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Compréhension de l'écosystème lacustre en ce qui concerne les niveaux trophiques inférieurs et la production de matière vivante.

6.2 Initiative de l'opération : X ORSTOM X Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

X Recherche exploratoire	X Recherche finalisée
X Appui scientifique	X Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Le produit n'a pas encore été fourni. Il existe un rapport intermédiaire fourni en juillet 80, actuellement inaccessible.

7.3 Contribution au développement :

- Aide à l'UMSA dans la formation de chercheurs et étudiants;
- pas de contribution directe pratique, mais la compréhension de l'écosystème lacustre est évidemment indispensable à son aménagement et sa protection.

8 ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus :

Travaux sur le terrain terminés en mai 1980.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

Travaux soumis aux difficultés habituelles.

9 CONCLUSION, ORIENTATION

En l'absence du produit final, la conclusion ne peut être que provisoire. On dispose d'un cycle complet de données (un peu plus d'un an) sur les variations selon la profondeur et les saisons des principaux facteurs physico chimiques (température, lumière, oxygène, principaux anions et cations), et sur les variations de la composition et de la biomasse des peuplements phytoplanctoniques du Petit Lac. Ces données permettront une meilleure compréhension du système lacustre.

Orientation : les travaux auraient pu être étendus au Grand Lac, mais deux équipes, l'une américano-péruvienne, l'autre canado-péruvienne, sont déjà au travail sur ces problèmes.

On peut remarquer, comme d'ailleurs pour l'opération "répartition, biologie et production des macrophytes aquatiques", que la durée de l'opération, correspondant à une affectation de VSNA, est trop courte pour être fructueuse en ce qui concerne la formation ou l'appui scientifique au personnel bolivien. Il faut en effet trouver ce personnel, ce qui prend souvent pas mal de temps, et ensuite l'appui cesse au moment où une véritable formation aurait pu peut-être avoir lieu.

FICHE OPERATION

- 1
 - 1.1 Bolivie
 - 1.2 Mission
 - 1.3 1980
 - 1.4 N° d'inventaire ORSTOM du programme de rattachement 690-2
 - 1.5 N° d'ordre de l'opération dans le programme A3
 - 1.6 Eventuellement n° local de l'opération

- 2 IDENTITE DE L'OPERATION n° thème
 - 2.1 Intitulé : Biomasse et peuplements zooplanctoniques. 5330
 - 2.2 Mots clefs : Zooplancton. Titicaca. Production.
 - 2.3 Intitulé du programme de rattachement : Etude hydrobiologique du lac Titicaca.

- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
 - 3.1 Zone d'étude : Bolivie.
 - 3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : Lac Titicaca.
 - 3.3 Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération :
Mission ORSTOM, Casilla 3714 - LA PAZ, Bolivie.

- 4 CALENDRIER
 - 4.1 Année de début : 1981.
 - 4.2 Année d'achèvement des travaux de terrain : 1982-1983.
 - 4.3 Année de remise des documents prévus : 1984.

- 5 EFFECTIF
 - 5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois 1980	1981
REPELIN R.	Zooplancton	Chercheur	2	10
 - 5.2 Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois 1980	1981
TAMAYO B.	Biologiste	Professeur	0	11
PINTO MENDIETA J.	Biologiste	Etudiant	0	11
ALTAMIRANO C.	Biologiste	Etudiant	0	11
 - 5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom : /	Lieu d'affectation : /

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Première évaluation spatio-temporelle du potentiel trophique pélagique d'un lac d'altitude au niveau du second maillon de la chaîne alimentaire et relations avec le necton.

6.2 Initiative de l'opération : ORSTOM X Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

X Recherche exploratoire	Recherche finalisée
X Appui scientifique	X Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Contribution à la connaissance des ressources biologiques du plus grand lac d'altitude du monde.

7.3 Contribution au développement :

Aménagement de l'exploitation et mesures de protection des ressources biologiques (poissons) du lac Titicaca.

8 ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus :

Préparatifs en cours. Elaboration du programme de travail.
Bibliographie.

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

Délais importants dans l'acheminement du matériel et difficultés dues à la fermeture de l'Université pour une période indéterminée.

9 CONCLUSION, ORIENTATION

Les travaux se trouvant dans leur phase préparatoire, il n'est pas possible de se prononcer, pour le moment, sur la richesse zooplanctonique du lac.

Compte tenu des moyens de travail, limités pour l'instant, des délais très importants nécessaires à l'importation du matériel scientifique indispensable et d'un personnel d'exécution très réduit, il convient de noter qu'il sera très difficile de respecter le calendrier proposé ci-dessus.

L'expérience acquise et les méthodes nouvelles, mises au point au cours des travaux, pourront être utilisées à l'étude d'autres étendues lacustres.

5.2 Agents d'origine extérieure à l'OPSTOM ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981
SARMIENTO J.	Hydrobiologie	Etudiant	12	12
OSORIO F.	Hydrobiologie	Etudiant	12	12

5.3 Agents de l'OPSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom :	Lieu d'affectation :
LAUZANNE L.	Laboratoire d'Ichtyologie Théorique et Appliquée Muséum National d'Histoire Naturelle

6 MOTIVATIONS

6.1 Objet et justification de l'opération :

Résolution des problèmes de systématique et connaissance de la biologie générale des principales espèces de poisson du lac Titicaca, premier pas vers un aménagement des ressources piscicoles du lac.

6.2 Initiative de l'opération : X OPSTOM X Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

X Recherche exploratoire	X Recherche finalisée
X Appui scientifique	X Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Connaissance de la biologie générale (abondance, répartition, sexualité et reproduction, alimentation, croissance) des principales espèces de poissons du lac Titicaca.

7.3 Contribution au développement :

Possibilité d'adopter une réglementation permettant une exploitation plus rationnelle des stocks de poissons du lac Titicaca.

8 ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus :

Les travaux sur le terrain se termineront en septembre 81. Une première exploitation des données est faite au fur et à mesure permettant d'orienter les sorties suivantes. De nombreuses données sont disponibles sur l'abondance et la répartition étudiées grâce à une série de filets maillants, la sexualité et la reproduction. Au point de vue de la systématique, la révision des *Orestias* du lac Titicaca

est en cours. De grosses difficultés sont rencontrées pour la détermination de l'âge, les pièces squelettiques ne montrant pas d'annulus. Ces difficultés obligent à essayer, en 1981, une autre méthode, les marquages.

3.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

Les conditions d'exécution de l'opération ont été rendues très difficiles par la situation générale régnant en Bolivie (troubles politiques entraînant en particulier la fermeture de l'UMSA depuis le 17-7-80, une bonne partie du matériel devenant inaccessible), et le retard extraordinaire dans la livraison du matériel, en particulier des filets de pêche commandés en 1978, arrivés à la fin de 1979 à La Paz et actuellement toujours bloqués en douane. Le travail se fait avec une série incomplète et réduite fournie par l'ORSTOM, dont une partie a d'ailleurs été volée au cours d'une sortie sur le grand lac.

9 CONCLUSION, ORIENTATION .

Après l'exploitation finale des données prévue pour la période septembre 1981-juin 1982, on disposera d'un premier corps de données sur les principales espèces de poisson, qui devra être approfondie par la suite au point de vue de la dynamique des populations. Les deux étudiants boliviens, qui ont déjà participé avec nous à l'ensemble de l'opération, pourront assurer la suite de ces travaux à l'issue d'un complément de formation en France en 1982 et 1983.

STICKE PROGRAMME

- 1 1.1 Bolivie 1.2 Mission 1.3 1980
1.4
1.5
- 2 PROGRAMME
- 2.1 Intitulé : Etude de la maladie de Chagas. Typage enzymatique des souches boliviennes de Trypanosome conqi et des populations de triatomas infestans (respectivement agent et vecteur de la maladie).
- 2.2 Mots clefs : Chagas, isoenzymes, trypanosomes, triatomas. Bolivie.
- 2.3 Contenu du programme :
- | Opération n° | n° de thème | Intitulé des opérations |
|--------------|-------------|-------------------------------|
| 1 : | 8122 | Etude de la maladie de Chagas |
- 3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
- 3.1 Zone d'étude : toute la Bolivie.
- 3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : zone d'infestation chagassique (approximativement en dessous de 3.000 m d'altitude).
- 3.3 Adresse du Responsable du Programme : Docteur Yves CARLIER, I.S.B.A.
La Paz.
Monsieur Michel ROCHE, ORSTOM -
La Paz.
Professeur BENGHERARD, Faculté
des Sciences - ORSAY.
- 4 CALENDRIER
- 4.1 Année de début : 1980.
- 4.2 Année d'achèvement : indéterminée.
- 5 CONTROLE SCIENTIFIQUE : CARLIER (Y.), génétique, CNRS - GIF/YVETTE.
SOLIGNAC (M.), génétique, CNRS - GIF/YVETTE.
Professeur NEI, génétique, HOUSTON (Texas).
- 5.1 Comités Techniques : Entomologie Médicale.
Autre : /

6 ENGAGEMENTS PRIS PAR L'ORSTOM :

- nom et sigle de l'organisme cosignataire de l'acte : Instituto Boliviano de Biología de Altura (I.B.B.A.).
- nature de l'acte : échange de lettres.
- intitulé de l'acte :
- date de prise d'effet : juin 1979.
- durée de l'acte : indéterminée.
- date de notification :
- n° des opérations couvertes par l'acte : 1

7 EFFECTIF

7.1 Personnel ORSTOM et extérieur participant à l'exécution du programme :

Coordonnateur : TIRAYENC M., Entomologiste médical ORSTOM.

Opér. n° 1 : CAPEJA L., Etudiante biochimie IERA.

CARTOU H.L., Chargée de recherche CNRS. GIE/YVETTE.

SOLIGNAC H., Maître-assistant, Centre RASPAIL.

7.2 Mouvements de personnel ORSTOM pendant l'exercice écoulé (nom des personnels et date des mouvements).

Première affectation : TIRAYENC M., février 1980, LA PAZ.

Retour en France après achèvement des travaux : /

Retour en France pour travaux complémentaires : congés décembre 1980 - février 1981. Mission prévue à l'Institut Prince Léopold - ANVERS.

7.3 Mouvements prévus de personnel ORSTOM : /

8 MOTIVATIONS :

8.1 Objet et justification du programme :

L'étude morphologique est insuffisante pour différencier les "souches" de parasites. L'analyse biochimique (isoenzymes) a révélé l'existence de nombreux "types" au sein d'une même espèce. L'importance de ces "types" en épidémiologie est sans doute considérable. L'analyse de ces données est pour l'instant très empirique.

Pour l'étude des insectes vecteurs, les isoenzymes permettent :

- de distinguer les "espèces jumelles" (espèces différentes de même aspect morphologique) :
- de caractériser les populations locales d'une espèce (par exemple estimer l'importance des migrations).

8.2 Initiative du programme ORSTOM X Demande extérieure

9 PRODUIT SCIENTIFIQUE ATTENDU ET CONTRIBUTION AU DEVELOPPEMENT

Il est tenté une nouvelle approche (analyse génétique) du typage enzymatique des protagonistes. Toutes les recherches sur ce sujet concernant les triatomés (insectes vecteurs) sont des travaux principaux.

Ces méthodes récentes permettent une nouvelle approche épidémiologique de la maladie de Chagas en Bolivie, le pays le plus infecté d'Amérique Latine.

L'accent est mis sur la formation de chercheurs boliviens : rédaction d'une thèse universitaire par CAREJA Lourdes; au cours d'entomologie médicale à la Faculté de Médecine à l'institut de Parasitologie.

10. LIAISONS NON CONTRACTUELLES :

10.1 Liaisons scientifiques durables :

- Institut National de Santé (INLASSA). Docteur René ANGLES, chef du Laboratoire de Parasitologie.
- CARIOU (M.L.), génétique. CNRS, GENEVE.
- SOLIGNAC (M.), Centre de Génétique, Boulevard Raspail.

10.2 Liaisons scientifiques occasionnelles : /

10.3 Liaisons avec le développement.

11 ETAT D'AVANCEMENT : EVENEMENTS MARQUANTS, PROBLEMES.

1. Triatomés :

Le premier but est, grâce aux élevages, d'élucider de façon certaine, la génétique formelle des lois enzymatiques. C'est chose faite pour quatre d'entre eux. Ce travail est de longue haleine du fait de la reproduction lente des triatomés (une génération en 200 jours).

Avec les résultats obtenus, on compare entre elles les populations boliviennes de Triatomés. Les premières données semblent montrer d'importantes différences entre plaine et altitude (absence de migrations ?). Ces résultats cependant demandent à être confortés par l'étude de nombreuses populations.

2. Trypanosomes

Les dix souches étudiées à ce jour se rangent en au moins deux catégories fort différentes l'une de l'autre, bien que ne présentant pas de dissemblances morphologiques. Ces différentes souches vont être maintenant étudiées par les immunologistes de l'Institut Pasteur de Lille travaillant avec l'ISBA (Mademoiselle Frédérique BRENIERE, Monsieur Jean-Loup LEWISSE, Docteur Yves CARLIER co-directeur de l'ISBA).

12 PUBLICATIONS :

- 1) TIBAYRENC (M.), 1980. - Note préliminaire sur les isoenzymes de Triatoma infestans (Hemiptera, Reduviidae), vecteur majeur de la maladie de Chagas en Amérique Latine. Cah. ORSTOM, Sér. Ent.Méd.Parasitol. 12 (1) : 71-73.
- 2) TIBAYRENC (M.), 1980. - Application of the calculations of genetic distances for enzymatic typing of flagellates. Possibility of a natural systematics. Cah. ORSTOM, in Press.
- 3) TIBAYRENC (M.), CARIOU (M.L.) et CARLIER (Y.), 1980. - Données de génétique formelle pour 4 loci enzymatiques chez Triatoma infestans (Hemiptera, Reduviidae). Cah. ORSTOM, in Press.
- 4) TIBAYRENC (M.), CAREJA (L.), CARIOU (M.L.), SOLIGNAC (M.) et CARLIER (Y.), 1980. - Typage enzymatique de 10 souches boliviennes de Trypanosoma cruzi. Essai d'interprétation génétique. Cah. ORSTOM, in Press.

13 CONCLUSIONS. ORIENTATION :

Le travail cité montre que l'utilisation d'une seule technique relativement peu coûteuse permet d'aborder des problèmes variés, concernant tous les maillons d'une chaîne épidémiologique. Ceci a été l'occasion d'une collaboration peu fréquente entre recherche fondamentale (ORSTOM, GUYVETTE) et appliquée (ORSTOM-ISBA, Institut Pasteur de Lille).

Cette recherche de relativement longue haleine va maintenant porter sur de nombreuses populations boliviennes des vecteurs (triatomes) et de parasites (trypanosomes).

14 DOCUMENTS A CONSULTER :

- 1) Species complexes in insects vectors of diseases. Organisation Mondiale de la Santé. WHO/VBC/ .656. - WHO/OUCHO/77.131.
- 2) CHANCE (M.L.), SCHMID (L.F.), THOMAS (S.C.) and PETERS (W.), 1978.- The biological and serological taxonomy of Leishmania from the Aethiopian geographical region of Africa. Ann.Trop.med.Parasitol. 72 (6) : 533-542.
- 3) WILSON (A.C.), CARSSON (S.G.) and WHITE (T.J.), 1977.- Biochemical evolution. Ann.Rev.Biochem. 46 : 573-639.
- 4) TRAYET (M.), 1979.- Les isoenzymes et l'Entomologie médicale. Cah. ORSTOM, Sér. Entomol.Parasitol. 17 (4) : 249-256.

27

1	1.1 Bolivie	1.2 Mission	1.3 1980
	OPERATION		

1.4 N° d'inventaire ORSTOM du programme de rattachement

1.5	Nº d'ordre de l'opération dans le programme	1

1.6 Eventuellement n° local de l'opération

2 IDENTITE DE L'OPERATION n° thème

2.1 Intitulé : Etude de la maladie de Chagas. 3122

2.2 Intitulé :

Typage isoenzymatique des souches boliviennes de *Trypanosomes cruzi* et des populations de triatomes infestans (respectivement agent et vecteur de la maladie de Chagas).

2.3 Mots clefs : Chagas. Isoenzymes. Trypanosomes. Triatomes.

3 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

3.1 Zone d'étude : toute la Bolivie.

3.2 Localisation plus précise de la zone d'étude : zone d'infestation chagassique (approximativement en dessous de 3.000 m d'altitude).

3.3 Adresse de l'agent ou de l'équipe responsable de l'opération :

Michel TIBAYRENC, Mission OCEANO, Casilla 214,
La Paz, Bolivia.

CALENDRIER

4.1 Année de début : 1980.

Année d'achèvement des travaux de terrain : indéterminée.

4.3 Année de remise des documents prévus : 5 publications pour 1980.

5 EFFECTIVE

5.1 Agents de l'ORSTOM affectés Outre-Mer ayant participé à l'opération :

[illegible]

TISAYRENC (M.)	Entomologie médicale	Chargé de recherche	10	10

5.2 Agents d'origine extérieure à l'ORSTOM ayant participé à l'opération :

Nom et initiales du prénom	Discipline et/ ou spécialité	Qualité	Nombre de mois	
			1980	1981
CAREJA Lourdes	Biochimie	Etudiante 3è cycle	1	10
CARIOU (M.L.)	Génétique	Chargée de recherche	10	10
SOLIGNAC (M.)	Génétique	Maître- Assistant Faculté des Sciences Centre Raspail	10	10

5.3 Agents de l'ORSTOM affectés en France pour travaux complémentaires dans le cadre de l'opération :

Nom et initiales du prénom : / Lieu d'affectation : /

6 MOTIVATIONS :

6.1 Objets et justifications de l'opération :

L'étude morphologique est insuffisante pour différencier les "souches" de parasites. L'analyse biochimique (isoenzymes) a révélé l'existence de nombreux "types" au sein d'une même espèce. L'importance de ces "types" en épidémiologie est sans doute considérable. L'analyse de ces données est pour l'instant très empirique. Pour l'étude des insectes vecteurs, les isoenzymes permettent :

- de distinguer les "espèces jumelles" (espèces différentes à même aspect morphologique) ;
- de caractériser les populations locales d'une espèce (par exemple estimer l'importance des migrations).

6.2 Initiative de l'opération : X ORSTOM X Demande extérieure

7 PRODUIT ATTENDU

7.1 Nature de l'opération :

X Recherche exploratoire Recherche finalisée
Appui scientifique X Enseignement et formation

7.2 Produit scientifique :

Il est tenté une nouvelle approche (analyse génétique) du typage enzymatique des protozoaires).

Toutes les recherches sur ce sujet concernant les triatomés (insectes vecteurs) sont des travaux princeps.

7.3 Contribution au développement :

Ces méthodes récentes permettent une nouvelle approche épidémiologique de la maladie de Chagas en Bolivie, le pays le plus infecté d'Amérique Latine.

L'accent est mis sur la formation de chercheurs boliviens (rédaction d'une thèse universitaire par CAREJA Lourdes, cours d'entomologie médicale à la Faculté de Médecine et à l'Institut de Parasitologie).

8 ETAT D'AVANCEMENT

8.1 Travaux accomplis. Résultats obtenus :

1) Ont été dégagées les bases théoriques d'une approche génétique du typage enzymatique des protozoaires (publications 1 et 2).

2) La génétique formelle de 4 loci enzymatique de Triatoma infestans (insecte vecteur) a été élucidée, condition nécessaire à toute analyse des données (publication 3).

3) Des populations d'altitude et de plaine de Triatoma infestans ont été comparées, semblant montrer une absence de migration (publication 4).

4) Dix souches boliviennes de Trypanosoma cruzi (parasite) ont été typées, montrant d'importantes différences (publication 5).

8.2 Observations relatives aux conditions d'exécution de l'opération :

Le laboratoire de l'IBEA est très bien équipé. La collaboration avec les immunologistes de l'Institut Pasteur de Lille est très bonne.

9 CONCLUSION, ORIENTATION

Les manipulations proprement dites n'ont commencé que depuis 4 mois, les réactifs étant restés en douane longtemps.

Les résultats obtenus guident les recherches ultérieures .

- application des nouveaux calculs de distance génétique aux typages enzymatiques de protozoaires (intérêt surtout d'ordre général);
- étude d'autres populations d'insectes vecteurs pour confirmer ou infirmer l'absence de migration (intérêt surtout local).
- caractérisation de souches de trypanosoma cruzi provenant de tout le territoire bolivien (intérêt local et général).

En collaboration avec les immunologistes de Lille, relations entre les différences de types et les caractéristiques immunologiques des souches.

Ainsi, l'utilisation d'une seule technique relativement peu coûteuse permet-elle d'aborder des problèmes variés concernant tous les maillons de la chaîne épidémiologique de la maladie. Cette recherche permet une collaboration peu fréquente entre recherche fondamentale (généticiens du CNRS) et appliquée (ORSTOM).

2. PUBLICATIONS ET RAPPORTS

2.1 Publications et communications à des Congrès

GEOLOGIE

DE PACHTERE (Ph.).- Etude du volcanisme acide miocène dans le secteur de la Meseta de Morococala, Cordillère Orientale bolivienne, Département d'Oruro. Présentation prévue à la RAST 1981.

SERVANT-VILDARY (S.), 1980.- Diatomées actuelles et holocènes de la Cordillère Royale de Bolivie. Applications aux études paléoclimatiques. Symposium sur l'étude des diatomées, Budapest, septembre 1980, sous presse.

YBERT (J.P.), 1980.- Contribución al estudio del cuaternario del Altiplano boliviano. Análisis palinológico del corte holoceno del río Chiarjajuirá, 13 p. A présenter au Congrès latinoaméricain de Paléontologie. Porto Alegre, avril 1981.

PEDOLOGIE

RIEU (M.), 1980.- Simulation mathématique des flux hydriques dans le sol et prédiction de la salinité dans les sols irrigués. Un modèle de calcul simple. In Proc.Congreso Internacional de Estudios de zonas áridas y semi-áridas, La Serena, Chile, 15-19 janvier 1980 (sous presse).

2.2 Publications dans les collections ORSTOM

GEOLOGIE

BALLIVIAN (O.), RISACHER (F.), 1980.- Los salares del Altiplano boliviano. Métodos de estudio y estimación económica (soumis au Président du Comité Technique pour publication dans Travaux et Documents de l'ORSTOM).

LAVENTU (A.), 1980.- Origine et évolution du lac Titicaca. Mission ORSTOM, La Paz.

HYDROBIOLOGIE

COLLOT (D.), 1979.- Végétation aquatique du lac Poopó. Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 7 p.

- COLLOT (D.), 1979.- Végétation aquatique de la vallée d'Hicchu-Kkota. Comparaison avec la vallée d'Ovejhujo. Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 10 p. Doit être publié dans la Revue de l'Académie des Sciences de Bolivie (numéro spécial sur les lacs de la vallée d'Hicchu-Kkota)
- COLLOT (D.), 1979.- Carte de végétation de la baie de Puno. Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 15 p.
- COLLOT (D.), 1980.- Mesure de la production nette et brute des macrophytes par la méthode des bouteilles éclairées et obscures, puis dosage de l'oxygène produit et consommé. Etude bibliographique et améliorations proposées. Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 10 p.
- COLLOT (D.), 1980.- Les macrophytes de quelques lacs andins (lac Titicaca, lac Poopó, lacs des vallées d'Hicchu-Kkota et d'Ovejhujo). Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 115 p.
- FRANC (J.), LAUZANNE (L.) et ZUNA (F.), 1979.- Algunos datos sobre las pesquerías de la parte Oriental del lago Titicaca Menor. Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 24 p.
- LAUZANNE (L.) et FRANC (J.), 1980.- Las truchas de las lagunas del valle de Hicchu-Kkota. Rapport Mission ORSTOM, La Paz, 21 p. A publier dans la Revue de l'Académie des Sciences de Bolivie.

ENTOMOLOGIE MEDICALE

- TIBAYRENC (M.), 1979.- Les isoenzymes et l'Entomologie médicale. Cah. ORSTOM, sér. Ent.méd.Parasitologie, 17 (4) : 249-256.
- TIBAYRENC (M.), 1980.- Note préliminaire sur les isoenzymes de Triatoma infestans (hemiptora, Reduviidae), vecteur majeur de la maladie de Chagas en Amérique Latine. Cah. ORSTOM, sér. Ent.Méd.Parasitol., 18 (1) : 71-73.
- TIBAYRENC (M.), 1980.- Application of the calculations of genetic distances for enzymatic typing of flagellates. Possibility of a natural systematics. Cah. ORSTOM, in press.

TIBAYRENC (M.), CARIOT (M.L.) et CARLIER (Y.), 1980. - Données de génétique formelle pour 4 loci enzymatiques chez *Triatona infestans* (Hemiptora, reduciidae). Cah. ORSTOM, in Press.

TIBAYRENC (M.) et CARLIER (Y.), 1980. - Comparaison isoenzymatique de deux populations boliviennes (altitude et plaine) de *Triatona infestans* (Hemiptora, reduciidae).

TIBAYRENC (M.), CAREJA (L.), CARIOT (M.L.), SOLIGNAC (M.) et CARLIER (Y.), 1980. - Typage enzymatique de 10 souches boliviennes de Trypanosoma cruzi. Essai d'interprétation génétique. Cah. ORSTOM, in Press.

2.3. Publications dans les collections extérieures à l'ORSTOM

GEOLOGIE

BADAUT (D.), RISACHER (F.), PAQUET (H.), EBERHART (J.P.) et WEBER (F.), 1980. - Néofonnation de minéraux argileux à partir de frustules de Diatomées - le cas des lacs de l'Altiplano bolivien. C.R. Acad.Sc., Paris, t. 289, série D, 1191-1193.

PEITIG (S.L.), JONES (B.F.) and RISACHER (F.), 1980. - Geochemistry and evolution of brines at Salar de Uyuni, Southwestern Bolivia (titre provisoire). Chemical Geology (sous presse).

PEDOLOGIE

RIEU (M.), VALDES (M.), RICO (P.), 1980. - Previsión de la salinización de los suelos de regadío. Bilingue Fr-Esp., 203 p., Ediciones UMSS.

3 FICHE ENSEIGNEMENT ET FORMATIONS

1.1 Bolivie

1.2 Mission

1.3 1980

0410 CHARGES D'ENSEIGNEMENT

1. Organisme et pays demandeur : Université de Pau et Pays de l'Adour - Laboratoire de Géologie - France.
 - Chercheur responsable de l'enseignement : LAVENTJ Alain
 - Discipline : géologie (néotectonique).
 - Nature de l'enseignement : cours.
 - Niveau de l'enseignement : 2ème année DEUG.
 - Nombre d'heures professées : 4 h.
 - Nombre d'élèves : 40.
2. Organisme et pays demandeur : Université Majeure de San Andrés (UMSA), Bolivia.
 - Chercheur responsable de l'enseignement : SERVANT Michel.
 - Discipline : géologie.
 - Nature de l'enseignement : cours.
 - Niveau de l'enseignement : équivalent DEA.
 - nombre d'heures professées : 1 mois.
 - Nombre d'élèves ayant suivis cet enseignement : 3.
3. Organisme et pays demandeur : Université Majeure de San Andrés (UMSA), Bolivia.
 - Chercheur responsable de l'enseignement : COLLOT Daniel (VSN).
 - Discipline : hydrobiologie (macrophytes).
 - Nature de l'enseignement : cours et travaux pratiques.
 - Niveau de l'enseignement : 2ème année de faculté.
 - Nombre d'heures professées : 10 h.
 - Nombre d'élèves : 20.
4. Organisme et pays demandeur : Université Majeure de San Andrés (UMSA), Bolivia.
 - Chercheur responsable de l'enseignement : LAZZARO X. (VSN).
 - Discipline : hydrobiologie (phytoplancton).
 - Nature de l'enseignement : cours et travaux pratiques.
 - Niveau de l'enseignement : 2ème année de faculté.
 - Nombre d'heures professées : 10 h.
 - Nombre d'élèves : 20.

5. Organisme et pays demandeur : Faculté de Médecine de l'Université Majeure de San Andrés (UMSA) et Institut de Parasitologie - Bolivie.

- Chercheur responsable de l'enseignement : TIBAYRENC Michel.
- Discipline : entomologie médicale.
- Nature de l'enseignement : cours.
- Niveau de l'enseignement : étude de médecine.
- Nombre d'heures professées : 20 h.
- Nombre d'élèves : 30.

0420 FORMATION DES ELEVES

1.- Nom de l'élève : BLANCO Mario.

- Statut : élève UMSA.
- Discipline : géologie.
- durée du séjour : 5 mois.
- Thème de rattachement : sédimentologie continentale.
- Responsable scientifique : Michel SERVANT.
- Responsable local : Michel SERVANT.

2.- Nom de l'élève : ARGOLLO Jaime.

- Statut : UMSA.
- Discipline : géologie.
- Durée de séjour : 6 mois, puis formation en France.
- Thème de rattachement : sédimentologie continentale. Préparation d'une thèse UMSA.
- Responsable scientifique : SERVANT Michel.
- Responsable local : SERVANT Michel.

3.- Nom de l'élève : MANCILLA W.

- Statut : UMSA.
- Discipline : géologie.
- Durée de séjour :
- Thème de rattachement : sédimentologie continentale. Préparation d'une thèse UMSA.
- Responsable scientifique : SERVANT Michel.
- Responsable local : SERVANT Michel.

4.- Nom de l'élève : SORIA Eduardo.

- Statut : non ORSTOM.
- Discipline : géologie.
- Durée : 1 mois.
- Thème de rattachement : structure et évolution des marges cordillerales n° 4232.
- Responsable scientifique : LAVENU Alain - BALLIVIAN Oscar.
- Responsable local : ROCHE Michel.

5.- Nom de l'élève : SARMIENTO Jaime.

- Statut : non ORSTOM.
- Discipline : hydrobiologie.
- Durée de séjour : 11 mois.
- Thème de rattachement : ichtyologie, étude des pêcheries n° 5340.
- Responsable scientifique : LOUBENS Gérard.
- Responsable local : ROCHE Michel.

6.- Nom de l'élève : OSORIO Francisco.

- Statut : non ORSTOM.
- Discipline : hydrobiologie.
- Durée : 11 mois.
- Thème de rattachement : ichtyologie, étude des pêcheries n° 5340.
- Responsable scientifique : LOUBENS Gérard.
- Responsable local : ROCHE Michel.

7.- Nom de l'élève : ANTEZANA Jesús.

- Statut : non ORSTOM.
- Discipline : pédologie.
- Durée : 1 mois.
- Thème de rattachement : dynamique actuelle de l'eau et des solutés n° 4613.
- Responsable scientifique : RIEU Michel.
- Responsable local : ROCHE Michel.

8.- Nom de l'élève : CAREJA Lourdes.

- Statut : non ORSTOM.
- Discipline : entomologie médicale.

- Durée : 6 mois.
- Thème de rattachement : trypanosomiasés et vecteur n° 8122.
- Responsable scientifique : TIBAYRENC Michel.
- Responsable local : TIBAYRENC Michel.

0430 FORMATION DES STAGIAIRES

1.- Nom du stagiaire : ARGOLLO Jaime.

- Nationalité : bolivienne.
- Organisme demandeur : Université Majeure de San Andrés (UMSA).
- Objet et niveau du stage : préparation d'une thèse de 3ème cycle de sédimentologie. Complément de formation sur les alluvionnaires.
- Encadrement : . Laboratoire de Géologie du Quaternaire. CNRS.
. Faculté des Sciences de Luminy - MARSEILLE.
. M. Michel SERVANT - Professeur M. FAURE.
. B.R.G.M.
- Durée : 1 an.

2.- Nom du stagiaire : VARGAS Carlos.

- Nationalité : bolivienne.
- Organisme demandeur : Université Majeure de San Andrés (UMSA).
- Objet et niveau du stage : DEA et préparation d'une thèse de 3ème cycle sur la sédimentologie lacustre du lac Titicaca.
- Encadrement : . Laboratoire de Sédimentologie de la Faculté des Sciences de Bordeaux (Professeur TROST).
- Durée : 2 ans.

3.- Nom du stagiaire : RICO Raúl.

- Nationalité : bolivienne.
- Organisme demandeur : Université Majeure de San Simon (UMSS).
- Objet et niveau du stage : DEA et préparation d'une thèse de 3ème cycle en pédologie.
- Encadrement : . Laboratoire de Pédologie et de Géochimie de la Faculté Paul Sabatier, Toulouse (Professeur TARDY).
- Durée : 3 ans.

0440 FORMATION CONTINUE, RECYCLAGE DES AGENTS ORSTOM

- 1.- Nom : YBERT Jean-Pierre.
 - Discipline : géologie.
 - Spécialité : palynologie.
 - Organisme : Laboratoire de Palynologie d'Amsterdam - Hollande.
 - Thème de rattachement : paléoécologie (diatomées, pollens...) n° 4322.
 - Durée : 15 jours.
- 2.- Nom : LAVENTU Alain.
 - Discipline : géologie.
 - Spécialité : sédimentologie marine et continentale des formations secondaire et tertiaire du Sud-Ouest du Pérou.
 - Organisme : camp de terrain organisé par l'Université d'Arequipa, l'IEFA et l'OPSTOM - DERST - Affaires Etrangères.
 - Thème de rattachement : sédimentation continentale n° 4314, sédimentation marine n° 4315, structure et évolution des marges cordillerales n° 4232.
 - Durée : 15 jours.
- 3.- Nom : ROCHE Michel-Alain.
 - Discipline : hydrologie.
 - Spécialité : hydrochimie.
 - Organisme : Laboratoire d'Hygiène Municipale et d'Hydrobiologie régionale du Poitou Charente, La Rochelle.
 - Thème de rattachement : géochimie des nappes et des eaux superficielles n° 4332.
 - Durée : 2 mois.
- 4.- Nom : ROCHE Michel-Alain.
 - Discipline : hydrologie.
 - Spécialité : hydrochimie et aménagement des eaux.
 - Organisme : Agence financière de Bassin Rhin-Meuse-Metz.
 - Thème de rattachement : géochimie des nappes et des eaux superficielles n° 4332.

Pollution des Ecosystèmes n° 5400.

Aménagement des eaux n° 4521.

- Durée : 15 jours.

5.- Nom : ROCHE Michel.

- Discipline : hydrologie.

-- Spécialité : gestion administrative et scientifique d'une
Mission ORSTOM.

-- Organisme : ORSTOM, 24 rue Bayard - Paris.

- Thème de rattachement : Service administratif 0110
Administration de la recherche 0120.

- Durée : 20 jours.

6.- Nom : REPELIN Robert.

- Discipline : hydrobiologie.

- Spécialité : zooplancton, production secondaire, biomasse.

-- Organisme : station d'Hydrobiologie lacustre de l'INRA,
Thonon-les-Bains.

-- Thème de rattachement : zooplancton, zoobenthon et production
secondaire.

-- Durée : 15 jours.

THESES D'ETUDIANTS DANS LE CADRE DES TRAVAUX UMSA-ORSTOM

- ARGOLLO (J.), 1980.- Los piedemontes de la Cordillera Real, entre los valles de La Paz y de Tuní. Estudio geológico, evolución Plio-Cuaternaria. UMSA (Direction : M. SERVANT).
- BLANCO (M.), 1980.- Evolución Plio-Cuaternaria de la cuenca de Charaña - Cordillera Occidental de Bolivia - UMSA (Direction : M. SERVANT).
- FERNANDEZ (G.), 1980.- Evolución Cuaternaria de las cuencas lacustres del Sud-Oeste Boliviano, en la región de Mina Corina - UMSA. (Direction : L.A. RODRIGO).
- MANCILLA (W.), 1980.- Geología del Plio-Cuaternario de la Cuenca de Sacaba. UMSA (Direction : M. SERVANT).

TABLEAU RECAPITULATIF

ENSEIGNEMENT 1980

Organismes demandeurs	Pays	Chercheurs	Nature enseign.	Objet	Niveau	Heures prof.	Nombre élèves	Depuis quand
Lab. Géol. Fac. Pau	France	LAVENU A.	Conf.	Néotectonique	2 ^e an. DEUG	4	40	1980
Université Majeure San Andres UMSA	Bolivie	COLLOT D.	Cours	Hydrobio Macro- phytes	2 et 3 ^e an. fac.	10	20	1980
Université Majeure San Andres UMSA	Bolivie	LAZZARO X.	Cours	Phyto- plancton	2 ^e an. fac.	10	20	1980
Fac. Médéc. Inst. Paras.	Bolivie	TIBAYRENC M.	Cours	Entomo. Médic.	Labo.	20	30	1980
Université Majeure San Andres UMSA	Bolivie	SERVANT M.	Cours	Géol.	Equiv. DEA	1 mois	3	1979

FORMATION EN BOLIVIE EN 1980

Nom de l'élève	Statut	Discipline	Durée mois	Theme	Responsable scientifique	Responsable local
SORIA E.**	non ORSTOM	Géologie	1	Structure et évolution des marges cordilleraínes	BALLIVIAN O.	ROCHE M. A.
SARMIENTO J*	non ORSTOM	Hydrobio	11	Ichtyologie, étude des pêcheríes	LOUBENS G.	ROCHE M. A.
OSORIO P.	non ORSTOM	Hydrobio	11	Ichtyologie, étude des pêcheríes	LOUBENS G.	ROCHE M. A.
ANTEZANA J**	non ORSTOM	Pédologie	1	Dynamique actuelle de l'eau et des solutés	RIEU M.	RIEU M.
ARGOLLO J.	non ORSTOM	Géologie	5	Sédimentologies continentale	SERVANT M.	SERVANT M.
BLANCO M.	non ORSTOM	Géologie	5	Sédimentologies continentale	SERVANT M.	SERVANT M.
MANCILLA W.	non ORSTOM	Géologie	5	Sédimentologies continentale	SERVANT M.	SERVANT M.

* Payé partillement par ORSTOM (DGRST)

** Payé en totalité par l'ORSTOM (DGRST)