

PROJET : PALEOCLIMATS INTERTROPICAUX

(Géodynamique des climats intertropicaux en Afrique et en Amérique du Sud au cours des 18 derniers millénaires)

Présentation Générale,

Octobre 1982

--o--

par M. SERVANT*

A - SITUATION DU THEME DE RECHERCHES

1. INTRODUCTION

Les variations passées du climat constituent un thème de recherches commun à des nombreuses disciplines. En géodynamique externe, l'étude des sols, de l'érosion ou de l'altération des roches, et de la sédimentation des bassins océaniques et continentaux débouche sur une interprétation des environnements climatiques. En géophysique, la connaissance des changements du climat est nécessaire pour contrôler, sur des exemples anciens, l'analyse théorique du système Atmosphère/Océan/Continents/Cryosphère ; elle peut dégager les relations que l'on commence à discerner entre l'évolution de ce système et certains facteurs externes tels que les paramètres astronomiques, l'activité solaire, le champ magnétique ... En Anthropologie, c'est en replaçant l'évolution de l'Homme dans les changements d'origine climatique des environnements que l'on pourra en mieux comprendre les différentes étapes.

Au cours des deux derniers millions d'années, les environnements du globe ont connu de profondes modifications décelables à toutes les latitudes : dans les régions équatoriales, les forêts denses se sont dégradées à plusieurs reprises sur de vastes étendues ; les grands déserts tropicaux se sont périodiquement atténués ou déplacés en direction de l'équateur ; la surface des glaciers et des inlandis a été affectée par des variations de très grande amplitude. De tels changements impliquent une série complexe d'interactions entre les différents termes du système Atmosphère/Océans/Continents/Cryosphère. La mise en évidence de ces interactions, sur des exemples précis de l'histoire du globe, est nécessaire pour comprendre les mécanismes fondamentaux du climat.

2. LES VARIATIONS CLIMATIQUES DES 20 DERNIERS MILLENAIRES

Cette période correspond à un changement majeur de l'état du globe entre une extension maximale des glaciers et la situation interglaciaire actuelle. Ce changement, compliqué par des oscillations climatiques de courte durée (100 à 1000 ans) est enregistré, de manière continue, dans les glaces de l'Antarctique et de l'Arctique, dans les sédiments des océans et dans les dépôts du fond des lacs. On peut donc l'étudier dans de nombreuses régions. Les techniques modernes de datations permettent d'en situer les principales étapes avec une marge d'erreur satisfaisante. Une gamme très large de méthodes sédimentologiques, géochimiques et paléocologiques est disponible pour

* Membre du CICQUA / ICQUA / INQUA

définir les paléoenvironnements et permettre, par la confrontation des résultats spécialisés et l'analyse statistique, une interprétation climatique quantitative de ces paléoenvironnements.

La paléoclimatologie est donc en mesure de préciser les relations spatiotemporelles des changements climatiques à l'échelle du globe. Cet objectif se heurte cependant à l'absence d'un projet d'études systématiques dans les régions continentales de basses latitudes. C'est cette lacune que le programme se propose de combler.

Les recherches déjà réalisées soulignent l'ampleur des modifications ayant affecté les environnements intertropicaux au cours des 20 derniers millénaires :

- Les études géomorphologiques et palynologiques ont mis en évidence une dégradation sur de vastes surfaces de la couverture végétale à toutes les latitudes, principalement pendant la dernière époque glaciaire, ce qui implique d'importantes variations du cycle de l'eau (évapotranspiration), du cycle du carbone (biomasse) et de l'albédo continental.

- Les études micropaléontologiques et paléontologiques indiquent que des éléments d'une flore ou d'une faune tempérée ont colonisé les latitudes tropicales, ce qui implique un refroidissement très accentué. Cela est particulièrement apparent en Afrique de l'Ouest : des diatomées tempérées ont vécu dans les anciens lacs du Tchad avant 10.000 ans B.P. et, de manière plus atténuée, entre 10.000 et 2.000 ans B.P. ; des graminées tempérées ont été signalées dans les sédiments du lac Bosumtwi (Ghana) datés de plus de 8000 ans B.P. En Amérique du sud, une faune d'origine patagonienne a été découverte, dans le Nord argentin, dans des dépôts attribués à la dernière époque glaciaire.

- L'analyse des dépôts fluviaux des montagnes tropicales (massifs centraux sahariens, Andes boliviennes) a montré que les précipitations ont évolué entre une distribution saisonnière, comparable à l'actuelle, et une meilleure distribution au cours de l'année. Cette observation pose le problème des mécanismes saisonniers du climat tropical.

- L'analyse des oscillations des lacs révèle une forte instabilité des bilans en eau à l'échelle du millénaire. Ces oscillations sont synchrones, aux erreurs de datation près, sur de grandes unités géographiques (le Sahel par exemple). Des décalages chronologiques significatifs commencent cependant à se dessiner, par exemple entre la bordure ouest du continent américain (SW des U.S.A., Bolivie) et le sud du Sahara, sans que l'on puisse, pour le moment, déterminer s'ils sont liés aux données locales du contexte hydrologique ou à un mécanisme climatique plus général. L'interprétation de ces oscillations, pour une évaluation des paléoprécipitations, a été tentée dans diverses régions par le biais des modèles paléohydrologiques ou des modèles basés sur les bilans énergétiques régionaux (Ethiopie, Tchad, SW des U.S.A., Bolivie).

- Dans les hautes montagnes tropicales, les travaux palynologiques ont mis en évidence une élévation de l'ordre de 1000 m des étages de végétation depuis le dernier maximum glaciaire (~ 18.000 ans). Les associations des pollens, fossilisés dans les sédiments lacustres, posent cependant des problèmes d'interprétation encore irrésolus, notamment vers 8000 ans B.P. en Afrique Orientale (Ethiopie). Des études récemment effectuées dans les Andes montrent que la flore de diatomées des lacs glaciaires dégage des informations précises sur les modifications des paléoenvironnements en relation avec les variations de température.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 28718, ex 1

Cpte : B

- Les recherches sur les sédiments océaniques ont décelé des modifications des apports en eau par les fleuves et des apports en poussières ou en pollens d'origine continentale. Ces résultats sont en bon accord avec les observations faites en Afrique (par exemple, accentuation de la sécheresse aux basses latitudes pendant le dernier maximum glaciaire).

Ces données confirment l'intérêt d'une recherche systématique sur l'évolution des milieux et des climats continentaux au cours des 20 derniers millénaires :

- Les changements observés sont, de toute évidence, en relation avec les mécanismes planétaires du climat.

- A l'échelle régionale, on discerne que la confrontation des informations dégagées par diverses spécialités peut aboutir à une évaluation quantitative des paléoclimats.

- Les corrélations qui se dessinent entre des régions éloignées sont comparables aux "téléconnexions" que l'on commence à percevoir, à des échelles de temps beaucoup plus courtes (le mois ou l'année), dans les variations actuelles du climat de diverses parties du globe. Elles peuvent suggérer des scénarios empiriques qui participent, au niveau des hypothèses de travail, à une réflexion pluridisciplinaire sur la dynamique du climat.

Orientation bibliographique

- BENSON L.V., 1981.- Paleoclimatic significance of lake level fluctuations in the Lahontan Basin. *Quaternary Research*, 16, 390-403.
- BROWN K.S., ABISABER, 1979.- Ice Age forest refuges and evolution in the neotropics. *Paleoclimas*, Sao Paulo, 29 p.
- HASTENRATH S., 1981.- The glaciation of the Ecuadorian Andes, Balkema, ed., 159 p.
- HASTENRATH S., 1982.- Paleoclimate and water budget of tropical lakes (en préparation).
- MALEY J., 1976.- Essai sur le rôle de la zone tropicale dans les changements climatiques ; l'exemple africain. *C.R. Acad. S.*, 283, 337-340.
- NICKOLSON S.E., FLOHN H., 1980.- African environmental and climatic changes and the general atmospheric circulation in late Pleistocene and Holocene. *Climatic Change*, 2, 313-318.
- STREET A.F., GROVE A.T., 1979.- Global maps of lake levels fluctuations since 30,000 yr B. P., *Quaternary Research*, 12, 83-118.
- WILLIAMS M.A.J., FAURE H., 1980.- The Sahara and the Nile, Balkema ed., 607 p.

3. SITUATION DU SUJET D'ETUDES DANS LES ACTIVITES DE COOPERATION

Prévision climatique. En accédant aux mécanismes majeurs du climat, les études paléoclimatiques s'intègrent dans les recherches pluridisciplinaires qui ont pour but de réunir les éléments nécessaires à la prévision

des changements du climat. Cet objectif est devenu vital pour tous les pays dont l'économie est fortement perturbée par les variations pluriannuelles du climat, particulièrement aux latitudes tropicales (sécheresses au Sahel et dans le Nord-Est du Brésil, par exemple).

Exploitation du milieu naturel. Les études paléoclimatiques démontrent que certains paysages se situent ou peuvent rapidement se situer en déséquilibre avec le climat actuel, ce qui impose la plus grande prudence dans les projets d'aménagement. La plupart des sols des régions intertropicales se sont élaborés dans des conditions climatiques différentes des conditions actuelles et sont de ce fait très sensibles aux actions de l'Homme (déboisement, surexploitation des pâturages, etc...). Les ressources en eaux souterraines des zones sèches se sont constituées pendant les périodes humides des derniers millénaires et ne sont donc pas entièrement renouvelables. Enfin, les recherches paléoclimatiques, en se localisant sur les formations géologiques superficielles, ont pour conséquence immédiate de dégager l'intérêt économique éventuel de ces formations (concentrations minérales des alluvions, accumulations de tourbes, etc...). Elles peuvent ainsi susciter et guider des opérations régionales de prospection.

Applications aux études anthropologiques. L'évolution de l'Homme a été largement contrôlée par les modifications du milieu naturel. En Afrique, ce sont ces modifications qui expliquent, au moins partiellement, la succession des civilisations préhistoriques. En Amérique, la pénétration de l'Homme sur le continent s'est réalisée à des époques pendant lesquelles les paysages étaient différents de ce qu'ils sont actuellement. La connaissance des environnements passés constitue une clef indispensable à l'analyse et à la compréhension de l'évolution de l'Homme, principalement dans les régions intertropicales où certains événements majeurs de cette évolution sont plus précoces qu'aux moyennes latitudes (Néolithisation).

Formation du personnel de recherche. Les programmes consacrés à la dynamique du climat s'appuient sur des méthodes et des techniques très diverses et permettent d'intégrer les recherches régionales dans une conception globale du problème. Ils sont de ce fait particulièrement mobilisateurs et encouragent la coopération internationale. Ils peuvent ainsi favoriser et renforcer les actions de formation, aussi bien sur le plan technologique que sur le plan scientifique général.

En résumé, et au-delà du sujet central qu'abordent les recherches paléoclimatiques, celles-ci peuvent susciter de nombreuses opérations spécifiques qui touchent directement aux préoccupations immédiates des pays concernés (mise en évidence de nouvelles ressources naturelles, évaluation des projets d'aménagements, connaissance d'un passé culturel, formation).

B - PRESENTATION DU PROGRAMME

Le programme se propose de reconstituer les modifications des environnements tropicaux au cours des vingt derniers millénaires et d'en tirer une interprétation climatique quantitative (évaluations de certains paramètres hydrométéorologiques). Les corrélations qui seront dégagées entre les variations des paléoenvironnements de diverses régions, actuellement situées dans des contextes climatiques différents, participeront à la compréhension des mécanismes fondamentaux du climat.

Parallèlement à cet objectif central, les applications du programme aux recherches pédologiques, préhistoriques ou à la prospection minière seront recherchées par coordination avec les équipes concernées, dans le cadre des accords de coopération scientifique actuellement en vigueur, notamment avec le Sénégal, le Brésil et la Bolivie. Elles donneront lieu à des opérations régionales qui seront programmées en fonction des nécessités et en marge du présent projet.

1. IMPLANTATION GEOGRAPHIQUE

L'objectif du programme nécessite que des études soient entreprises, simultanément et de manière coordonnée, dans plusieurs sites significatifs et une vaste unité géographique. D'où les implantations proposées, au Sud et au Nord de l'équateur, dans les hautes montagnes tropicales (Andes) et les grands bassins continentaux d'Afrique et d'Amérique du Sud. Les implantations sont par ailleurs envisagées en fonction des intérêts déjà manifestés par les pays concernés.

- *Dans le domaine actuel de la mousson ouest-africaine*, les études en cours au Ghana seront complétées par des études similaires au Sénégal. L'objectif est double : vérifier s'il y a ou non évolution parallèle du climat dans ces deux régions, situées à des latitudes différentes, replacer les variations climatiques de l'Afrique de l'Ouest dans les connaissances en cours d'acquisition sur l'évolution de l'Atlantique oriental.

- *Sur la façade est de l'Amérique du Sud*, les recherches jusqu'à présent localisées sur les oscillations du niveau marin seront prolongées dans un but de reconstitution climatique à l'intérieur du continent. On espère ici déceler les relations entre le climat de la bande côtière et l'évolution de l'Atlantique occidental.

- *Dans le bassin amazonien*, le problème abordé est celui des modifications de la couverture végétale et de leurs conséquences sur l'albédo, le cycle de l'eau, le cycle du carbone, etc... Dans un premier temps, les recherches seront localisées dans la partie sud-équatoriale du bassin actuellement caractérisée, du point de vue météorologique, par une interaction très active des phénomènes polaires et tropicaux (advections d'air froid antarctique aux basses latitudes). Dans un deuxième temps, de nouvelles opérations sont envisageables aux latitudes tropicales nord (Guyane).

- *Dans les Andes Centrales (Bolivie)*, le programme abordera l'étude des variations du climat dans une haute chaîne tropicale, actuellement placée sous la dépendance des grands flux zonaux d'altitude de l'hémisphère austral (vents d'Ouest en hiver, vents d'Est en été). En raison de son altitude (6 000 - 7 000 m) et de son orientation méridienne, cette chaîne montagneuse est un des éléments essentiels, par effet orographique, du climat sud-américain. Une extension des recherches sur les hautes montagnes serait souhaitable en Equateur.

2. APPROCHES METHODOLOGIQUES

- *Carrotages dans les lacs*. - Les programmes d'intérêt paléoclimatique actuellement exécutés en Amérique du Sud et en Afrique de l'Ouest sont pour la plupart focalisés sur les dépôts et les sols facilement accessibles à

l'observation (terrasses lacustres, terrasses fluviatiles, moraines, etc...). Ils débouchent sur des interprétations capitales mais ponctuelles dans le temps. Aussi doivent-ils être impérativement complétés par des sondages dans le fond des lacs. Ce sont en effet les sédiments de ces lacs qui ont enregistré, de manière continue, les variations du climat.

- *Chronologie et datations*. - La chronologie des événements survenus au cours des vingt derniers millénaires ne pose pas de difficultés majeures. Les méthodes de datation par le ^{14}C , associées à des méthodes indirectes (analyse de varves, vitesse de sédimentation), permettent dans la majorité des cas une évaluation des âges avec une marge d'erreur satisfaisante. L'analyse paléomagnétique, utile pour des corrélations détaillées au sein d'un même bassin lacustre, est susceptible d'appuyer des corrélations sur de plus grands espaces géographiques.

- *Caractérisation de paléoenvironnements*. - Elle est réalisable à différentes échelles. A l'échelle d'un échantillon (sédiments lacustres, fluviatiles, etc...), on dispose d'une gamme très large de méthodes spécialisées telle que la palynologie, l'étude des diatomées, des ostracodes, la géochimie isotopique, la sédimentologie, etc... A l'échelle d'un paysage, la géomorphologie et la paléogéographie dégagent des données qualitatives ou semi-quantitatives sur l'érosion des versants, le creusement de rivières, les volumes en eau des anciens lacs, l'altération des roches, etc... Aucune de ces deux échelles ne peut être privilégiée en milieu continental sans prendre le risque d'une vision partielle et faussée des paléoenvironnements.

- *L'interprétation climatique des paléoenvironnements* passe par deux approches complémentaires. La première relève de l'analyse statistique : il s'agit en premier lieu de dégager les relations entre les paramètres hydro-météorologiques et certains aspects des environnements actuels (définis par ex. par les spectres de pollens, ou de diatomées des sédiments, la composition isotopique des carbonates, etc...) et en second lieu d'utiliser ces relations pour évaluer les paramètres hydrométéorologiques auxquels étaient associés les environnements anciens. Cette méthode doit toutefois être appliquée avec un esprit critique : il faut tenir compte que certains environnements actuels ne sont pas toujours en équilibre avec le climat (végétation relicte par ex.) et que certaines époques ont pu connaître des climats dont il n'existe pas d'équivalents actuels.

La deuxième approche réside dans l'élaboration de "scénarios" météorologiques capables de donner une explication cohérente aux données disponibles sur les paléoenvironnements. Cette approche est évidemment limitée par l'état des connaissances sur la météorologie tropicale. Elle peut cependant dégager des hypothèses de travail fort utiles pour maîtriser et critiquer l'interprétation climatique quantitative. On sait, par exemple, que les advections d'air polaire aux basses latitudes constituent un mécanisme potentiel de refroidissement et de modification du régime des précipitations. De la même façon, les déplacements méridiens des masses d'air tropicales sont à l'origine de précipitations dans les zones sèches ou arides et ont pu jouer un rôle important dans l'atténuation des déserts tropicaux. Nous proposons donc des recherches d'appui sur ce problème particulier des échanges directs de masses d'air entre les hautes et les basses latitudes, et cela en Amérique sud-équatoriale où les phénomènes s'expriment de manière très apparente. Les recherches pourront ultérieurement s'insérer dans un programme focalisé sur la dynamique actuelle du climat.

C - OPERATIONS PROPOSEES POUR 1983-1984

1. ANDES CENTRALES ET PIEDMONTES AMAZONIENS (BOLIVIE)

Les Andes centrales (15-20° latitude sud) offrent une grande diversité de milieux en fonction de l'altitude, depuis les glaciers, au-dessus de 5 000 m, jusqu'aux piémonts amazoniens ou pacifiques. Dans cette région, les bases d'un programme paléoclimatique ont été établies par l'ORSTOM en collaboration avec ses partenaires boliviens :

- Une étude limnologique détaillée de quelques lacs de montagne (4 000-5 000 m) des lacs Titicaca et Poopo et une analyse géochimique des lacs salés de l'Altiplano a dégagé une solide référence pour l'interprétation des paléo-environnements. L'inventaire des diatomées, des spectres polliniques et des sédiments en fonction de l'altitude, de la topographie et de l'hydrochimie, est très avancé et commence à faire l'objet de traitements statistiques.

- Les études géologiques et géomorphologiques ont défini quelques points de repère dans l'évolution de paléoenvironnements depuis 20 000 ans, notamment l'âge des plus hauts niveaux lacustres et de quelques avancées glaciaires. Elles ont aussi mis en évidence des modifications des régimes hydrologiques et donc de la distribution des précipitations au cours de l'année.

- L'analyse des sédiments holocènes a permis de tester l'intérêt en altitude de la palynologie et de l'étude des diatomées pour la reconstitution des paléo-températures et de la géochimie isotopique pour l'interprétation des bilans en eau.

- Des recherches géomorphologiques faites sur le piedmont amazonien (17° sud, altitude : 300 m) ont mis en évidence des périodes de dégradation de la forêt dense, entre 7000 et 5000 ans B.P. et entre 4000 et 2000 ans B.P. La forêt actuelle ne s'est installée que vers 1500 ou 2000 ans avant nos jours.

- Une analyse préliminaire des situations météorologiques (cartes synoptiques de surface et radiosondages de La Paz) a suscité un premier scénario paléoclimatique.

Les résultats permettent d'envisager la poursuite des recherches dans trois directions :

- Analyse détaillée des oscillations glaciaires (moraines), des modifications du régime des écoulements superficiels (sédiments fluviatiles, morphogénèse des versants), études complémentaires sur la dégradation de la couverture végétale (chronologie des dunes éoliennes en Amazonie).

- Analyse des séries sédimentaires continues par prélèvement de carottes dans le fond des lacs situés à différentes altitudes. Les carottes seront limitées dans un premier temps à une tranche de 6 m de dépôt.

- Etude détaillée de quelques séquences météorologiques et analyse des variations pluriannuelles des paramètres hydrométéorologiques sur 3 ou 4 stations synoptiques, une attention particulière étant accordée à la distribution annuelle des précipitations.

Orientation bibliographique

- Evolution récente des hauts plateaux anciens en Bolivie. *Cah. ORSTOM, sér. Géol.*, vol. X, n° 1, 1978, 173 p.
- SERVANT - VILDARY S., 1980 - Altitudinal zonation of mountainous diatoms flora in Bolivia : application to the study of Quaternary, 6th *Symp. of Living and Fossil Diatoms, Budapest*, sept. 1980, *Acta Geologica Hungarica, special number* (sous presse).
- SERVANT M. *et al.*, 1981 - Variations du régime et de la nature des précipitations au cours des 15 derniers millénaires dans les Andes de Bolivie. *C.R. Acad. Sc.*, 292, 1209-1211.
- FIGUERIDO MONTEIRO C.A., 1969 - A frente polar atlantica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental de Brazil. *Monogr. Univ. Sao Paulo*, 1, 68 p., 40 fig. h.t.
- PARMENTER F.C., 1976 - A southern hemisphere cold front passage at the equator. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 57, n° 22, 1435-1438.
- SCHULEZEWSKI R., 1973 - La atmosfera boliviana, *UMSA*, 112 p., 40 fig. h.t. (La Paz, Bolivie).
- SERVANT M., VILLARROEL R. - Le problème paléoclimatique des Andes boliviennes et de leurs piémonts amazoniens au Quaternaire. *C.R. Acad. Sc., Paris*, 288, 665-668.

2. AFRIQUE DE L'OUEST (Ghana, Sénégal)

Les recherches, focalisées sur le Ghana et le Sénégal, permettront d'établir un relais entre les études faites dans le domaine océanique et l'intérieur du continent, notamment au sud du Sahara.

Elles se développeront à partir d'une expérience acquise dans une autre partie du domaine de la mousson, au Tchad et au Niger. Dans ces régions un programme pluridisciplinaire a été exécuté par l'ORSTOM et a dégagé une chronologie détaillée des modifications du climat depuis 30 000 ans. Les résultats, exposés en détail par trois thèses de Doctorat d'Etat et de nombreuses publications, concernent les variations de bilans en eau, l'évolution de la couverture végétale et l'étude des diatomées. De plus, en Afrique de l'Ouest, l'étude des altérations a débouché sur un modèle mathématique permettant de relier les paramètres géochimiques aux variations paléoclimatiques. Enfin, les recherches proposées pourront s'appuyer sur un programme, en voie d'achèvement, concernant la sédimentation pollinique actuelle sur un transect nord-sud en Afrique Nord équatoriale.

Au Sénégal, deux sites d'implantation sont proposés : le lac de Guiers et les dépressions interdunaires du littoral. Le premier site fournira des informations qui recouperont les données obtenues sur les sédiments océaniques au large du Sénégal et son étude pourra s'appuyer sur l'analyse détaillée du contexte actuel, hydrologique et hydrochimique, conduite depuis quelques années, dans le cadre d'un programme sur le fleuve Sénégal. Le deuxième site concerne d'épaisses accumulations de sédiments organiques favorables à l'analyse continue des paléoenvironnements régionaux depuis au moins

12.000 ans. Son étude se développera avec la collaboration des organismes sénégalais, sur la base d'une reconnaissance détaillée qui associe la prospection économique (exploitation des tourbes) et l'analyse des conditions d'accumulation de la matière organique. Elle bénéficiera, en outre, d'une expérience acquise, sur le plan technique et scientifique, par des recherches antérieures sur les mangroves.

Au Ghana, et après une étude des formations lacustres affleurantes du lac Bosumtwi (6°30' N), le prélèvement d'une carotte d'une vingtaine de mètres de longueur offre un matériel de choix pour l'analyse des modifications des environnements au cours des 20 ou 30 derniers millénaires. Le lac Bosumtwi se situe dans une forêt dense, et 70 km au sud de la limite de la savane. Son étude apportera des données importantes sur l'histoire du contact forêt/savane ; de plus la découverte récente de graminées tempérées dans les dépôts antérieurs à 8000 ans B.P., renouvelle largement les perspectives d'interprétation notamment pour une évaluation des paléotempératures.

Bibliographie complète pour l'Afrique intertropicale dans les ouvrages suivants :

- MALEY J., 1981.- Etudes palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l'Afrique nord-tropicale de 30 000 ans à l'époque actuelle. *Travaux et documents*, O.R.S.T.O.M., 586 p.
- SERVANT M., 1973.- Séquences continentales et variations climatiques. Evolution du Bassin du Tchad au Cénozoïque sup.. *Thèse Dr.es.Sc.*, Univ. Paris VI, 348 p.
- SERVANT-VILDARY S., 1978.- Etude des diatomées et paléolimnologie du bassin tchadien au Cénozoïque supérieur. *Travaux et documents* de l'ORSTOM, 2 t., 346 p.

3. BASSIN AMAZONIEN ET FAÇADE EST DU CONTINENT SUD-AMERICAIN (Brésil)

Dans l'état actuel des connaissances géomorphologiques, pédologiques et palynologiques, deux sites d'études peuvent être envisagés :

- En Amazonie sud-équatoriale, dans le Para (serra de Carajas) des dépôts tourbeux, signalés dans un îlot de forêt dense, lui-même situé dans un couloir moins humide, peuvent avoir enregistré, en continu, les modifications des paléoenvironnements et en particulier les dégradations de la couverture végétale.

- Dans l'Etat de Bahia, des sites à tourbes actuellement prospectés dans un but économique, peuvent offrir un terrain de recherches favorable (carottages).

Le choix de ces sites mérite d'être confirmé et précédé par une étude des milieux actuels. De plus, et bien qu'un potentiel en chercheurs brésiliens existe, il y a lieu de prévoir une étape préliminaire d'un à deux ans pour la constitution des équipes. Les années 1983 et 1984 seront donc consacrées à cet objectif de reconnaissance et d'organisation. Parallèlement, il conviendra de mettre en place une opération d'appui dans le domaine météorologique, similaire à celle qui est entreprise en Amazonie bolivienne

(étude des advections polaires aux basses latitudes australes) et éventuellement une opération complémentaire sur la composition isotopique des précipitations. Dans le but de mieux préparer les interprétations palynologiques, il est également proposé de réaliser une étude de la sédimentation pollinique actuelle suivant un transect nord-sud qui pourra se situer au Brésil ou à l'Est des Andes (du sud de la Bolivie au Brésil).

4. AUTRES OPERATIONS SOUHAITABLES

Les implantations envisagées en Amérique du sud se situent exclusivement aux latitudes tropicales australes. Les recherches actuellement conduites par diverses équipes au Vénézuéla et en Colombie dégageront les informations qui sont indispensables dans le domaine tropical nord équatorial. Cependant, les actions de l'ORSTOM en Guyane et l'existence de programmes conjoints en Equateur pourraient permettre de nouvelles opérations dans ces deux régions. Une évaluation des possibilités sera faite en 1983.

D - PERSPECTIVES POUR LA PERIODE 1984-1988

BOLIVIE. Les opérations de terrain et de carottages seront achevées en 1984. Les recherches se poursuivront ultérieurement au niveau des études spécialisées de laboratoire (palynologie, étude des diatomées et des ostracodes, géochimie isotopique). Elles s'achèveront en 1987.

Néanmoins, et avant cette date, les premiers résultats obtenus en 1983-1984 permettront d'évaluer s'il y a lieu de réaliser des carottages plus profonds (20 à 30 m) dans le lac Titicaca. Ce lac compte parmi les sites peu nombreux dont la situation et l'épaisseur des sédiments sont favorables à la réalisation de sondages relativement profonds.

BRESIL. La programmation des recherches au-delà de 1984 est suspendue aux résultats de la phase de reconnaissance et aux moyens, principalement en chercheurs, qui pourront être dégagés.

SENEGAL. Comme en Bolivie, les opérations de terrain peuvent être terminées au début de 1984 et seront alors relayées par les seules analyses spécialisées (palynologie, étude des diatomées, éventuellement géochimie de la matière organique).

GHANA. Les études en cours sur la carotte du Bosumtwi (20 m) sont susceptibles d'être relayées par un sondage profond dont l'objectif est de reconstituer l'évolution des paléoclimats depuis au moins 1 million d'années. Les recherches sur ce sondage profond sont indépendantes du présent programme et sont envisagées dans le cadre d'un projet franco-américain en cours d'élaboration.

E - STRUCTURATION DU PROGRAMME

La première étape (1983-1984) pourra être réalisée dans le cadre des accords de coopération ou des contacts scientifiques existants. Les moyens

nécessaires sont dégagés pour 70 % environ et nécessitent un appui complémentaire dont une partie est sollicitée auprès du programme National d'Etudes du Climat (P.N.E.D.C.). Les actions de formation, dont il est hautement souhaitable qu'elles accompagnent cette première étape, devraient être programmées dès 1983 (bourses d'études, allocations de recherches).

La mise au point de l'ensemble du programme interviendra fin 1983, ou au plus tard début 1984. Les modalités d'exécution, et en particulier les structures assurant le suivi des opérations régionales et la coordination scientifique de l'ensemble, seront établies par concertation avec les différents pays intéressés (mise en place de comités régionaux et d'un comité de coordination dans lequel les équipes des différents pays devront être représentées).