

Lacs et paléoclimats à Madagascar

A Madagascar, un programme d'étude des lacs et des paléoclimats est en cours. Il est mené par l'Orstom, le Cnrs et le Cnre¹ dans le cadre de deux conventions de collaboration scientifique. Le programme "lacs et paléoclimats malgaches" se fixe pour objectifs prioritaires la constitution d'un fonds de connaissances nécessaires à la gestion des écosystèmes lacustres ainsi que la formation de spécialistes nationaux. Il comporte également plusieurs aspects de recherche fondamentale, particulièrement sur la paléoclimatologie et la paléohydrologie continentales.



Photo : Luc Ferry

**Retenue de
Tsiacompaniry et zone
de déboisement**

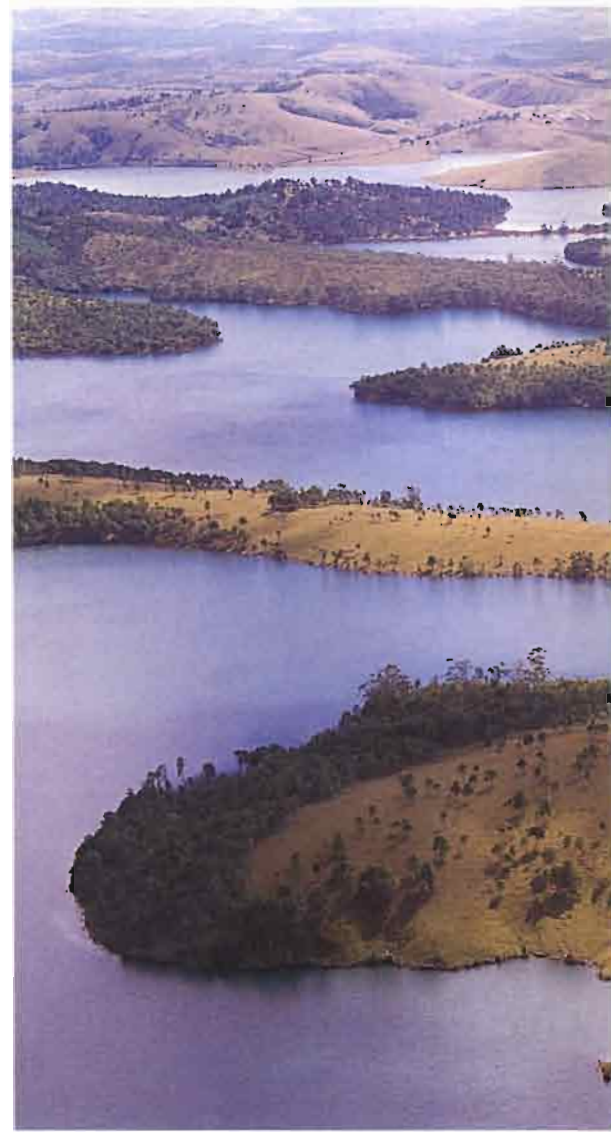
.....

Lac de Betafo



Photo : Luc Ferry

¹ Centre National de Recherche sur l'Environnement de Madagascar.



UNE RESSOURCE ENCORE SOUS EXPLOITÉE

Avec plus de 2 000 km² de superficie cumulée et une large répartition, les lacs malgaches constituent une ressource potentiellement importante, surexploitée par la pêche, mais encore peu utilisée dans les autres domaines : alimentation en eau des villes, agriculture, production hydroélectrique. Compte tenu de la répartition des précipitations sur la Grande Ile (350 mm/an à plus de 3 500 mm/an) et des contrastes saisonniers ainsi que de la forte croissance démographique, les problèmes d'alimentation en eau des villes et pour l'agriculture se feront plus aigus. On peut prévoir qu'à terme, les lacs, jusqu'alors peu étudiés, seront davantage sollicités. Excepté pour quelques lacs et retenues d'eau exploités pour l'agriculture ou pour la production électrique, peu de levés bathymétriques ont été réalisés et les suivis hydrologiques sont rares voire inexistantes. Il convient donc dès maintenant de les étudier pour les protéger et gérer leur future exploitation dans l'optique du "développement durable".



Retenue de
Tsiazompaniry

Photo: Luc Ferry

1 300 LACS ET ZONES HUMIDES INVENTORIÉS

Un premier inventaire de plus de 1 300 étendues d'eau libre (hors rivière) a été constitué à partir des cartes disponibles. Cet inventaire intègre probablement un nombre important de zones inondables qui auraient été cartographiées en période de hautes eaux. Chacune de ces zones humides a été codifiée et numérisée. Ce travail permet d'obtenir des résultats préliminaires sur le nombre, la répartition et la forme des lacs malgaches en vue d'en faire une classification. A partir de celle-ci, une quinzaine d'entre eux seront étudiés en détail dans les trois prochaines années (bathymétrie, hydrologie, hydrochimie, sédimentologie...).

Les lacs et les zones humides de Madagascar sont de diverses origines : lacs des plaines alluviales, lagunes et lacs côtiers, lacs d'origine volcanique et tectonique, plans d'eau artificiels. C'est sur le versant occidental, aux altitudes inférieures à 100 mètres, que l'on observe les plus fortes densités. Sur les Hautes Terres Centrales, ils sont relativement nombreux mais plus localisés.

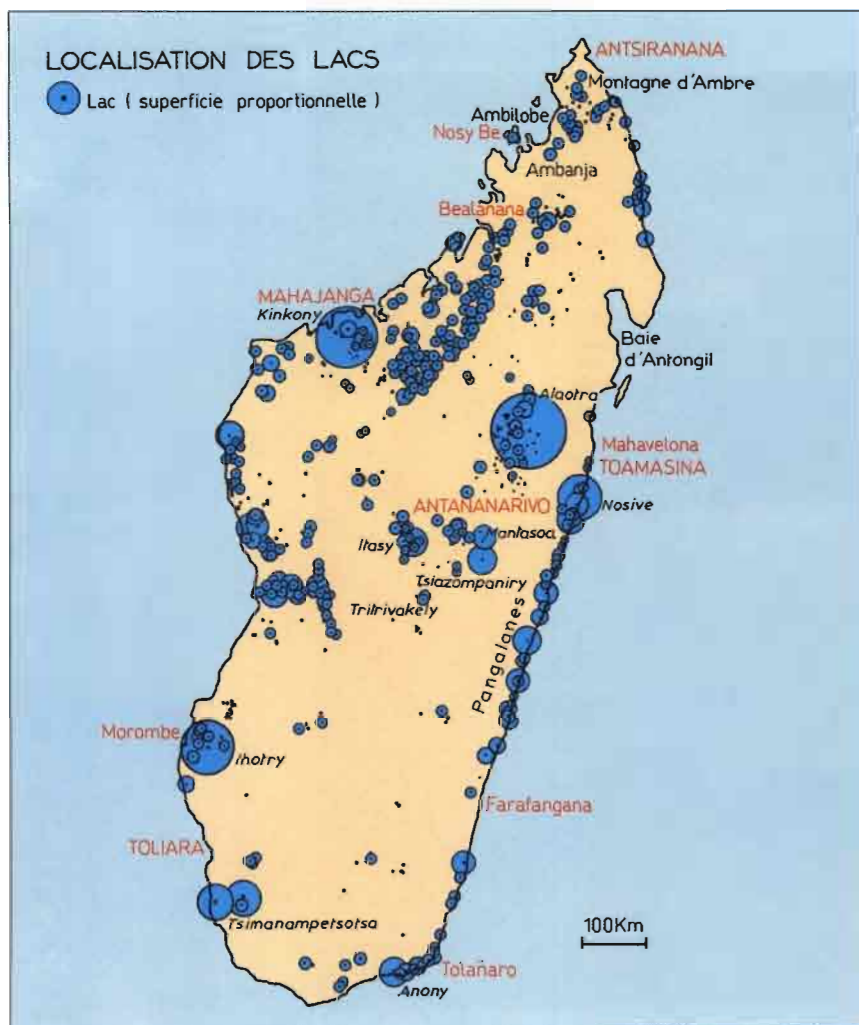
Lakes and paleoclimates in Madagascar

The Cnrs, Cnre and Orstom are running a research program on Madagascar's lakes and wetlands to gather the data required for better management of these water resources, to train Malagasy specialists in this field, and to conduct pure scientific research in paleoclimatology. One of the problems that have prompted this research is that erosion due to deforestation has led to rapid degradation and serious silting : Lake Alaotra, Madagascar's biggest lake, could disappear within fifty years. There are more than 1 300 lakes, pools and wetlands in Madagascar, covering a total of 2 000 km² in the rainy season. From the alluvial plains to the volcanic highlands, from coastal lakes and lagoons to artificial lakes, these stretches of water are of many different kinds, with a wide range of ecosystems. Part of the project is to search for clues to earlier climate changes in the lake sediments - information that may help scientists forecast future climate change. Sediment cores from Lake Tritivakely in the highlands cover the past 36,000 years ; ultimately, they

should give similar data going back 100,000 years. So far, the samples have shown that

- up to 35,000 BP, the area consisted of peat bog with sedges ;
- from 35,000 to 19,000 BP, the lake was shallow and relatively nutrient rich, while the climate was cooler than at present ;
- between 19,000 and 15,000 BP (the time of the ice age in higher latitudes), with a climate colder and drier than today's, the lake was nearly dry ;
- substantial warming began around 15,000 BP, as shown by a decline in plants of the heath family ;
- the existing peat bog developed around 4000 BP.

Pollen analysis shows no sign of extensive natural forest in the area within the past 15,000 years at least, while the many fragments of charcoal found in the sediments show that wildfire was frequent even before humans settled on the island (probably less than 2000 years ago). Traces have been found of two volcanic eruptions near the lake, around 35,000 BP and 19,000 BP.



Pour en savoir plus

Arthaud F., Grillot J.-C., Raunet M., 1990. La tectonique cassante à Madagascar : son incidence sur la géomorphologie et sur les écoulements. *Can. J. Earth Sci.* 27, 1394-1407.

Besairie H., Collignon M., 1956. *Lexique stratigraphique international - Volume IV: Afrique - Fascicule 11 : Madagascar.* Congrès géologique international, commission de stratigraphie. CNRS.

Burgis M.J., Symoens J.J., 1987. Zones humides et lacs peu profonds d'Afrique - Répertoire. Editions de l'Orstom.

Burney D.A., 1987. *Pre-settlement vegetation*

changes at lake Tririvakely, Madagascar. In J.A. Coetzee Ed., *Paleoecology of Africa*, 18, p. 3577-381.

Chaperon P., Danloux J., Ferry L., 1993. *Fleuves et rivières de Madagascar.* Editions Orstom, Monographie hydrologique n° 10.

Gasse F., Cortijo E., Disnar J.-R., Ferry L., et al. 1994. A 36 ka environmental record in the southern tropics : Lake Tririvakely. *CR. Acad. Sci. Paris*, t. 318, série II, p. 1513 à 1519.

Kiener A., 1963. *Poissons, pêche et pisciculture à Madagascar.* CTFT, n°24.

Dans le sud à l'exception de la région de Tolanaro, les faibles précipitations ne permettent pas leur développement. Enfin, sur la côte est, on observe un chapelet de lagunes et de lacs côtiers. Outre les conditions climatiques, cette répartition est en relation avec le contexte géologique et tectonique : zone de contact entre le socle cristallin et les formations sédimentaires de l'ouest ; régions volcaniques de l'Itasy, de Bealanana, de la Montagne d'Ambre et de Nosy Bé ; secteurs tectoniquement actifs de l'axe Ambilobe-Ambanja, de l'Alaotra et d'Antananarivo.

Les lacs sont particulièrement sensibles aux activités humaines. A Madagascar, la déforestation des bassins versants et ses effets sur l'érosion prennent des proportions inquiétantes qui se traduisent au niveau de certains lacs par leur comblement. Selon des études récentes, les écosystèmes lacustres sont



Lac Andrahikiba

Photos - Luc Ferry

Lagos y paleoclimas en Madagascar

Orstom, el Cnrs y el Cnre llevan actualmente un programa de investigación que recoge la información necesaria para mejorar el aprovechamiento de los recursos acuáticos, ofrece capacitación a los especialistas malgaches en esta área y conduce investigaciones científicas especializadas en paleoclimatología. Un problema que ha obligado a los científicos a iniciar este programa es la erosión ocasionada por la deforestación que origina la rápida degradación de los suelos y la formación de grandes sedimentaciones: el lago más grande de Madagascar, el Alaotram, podría desaparecer en los próximos cincuenta años.

Existen más de 1,300 lagos, lagunas y áreas pantanosas en Madagascar, cubriendo un área de 2,000Km² durante la época de lluvias. Estas extensiones de agua: planos aluviales, regiones volcánicas, lagos de la costa, las lagunas y lagos artificiales, presentan muy diversos ecosistemas.

Parte del proyecto consiste en buscar pruebas en los sedimentos del lago que demuestren la existencia de cambios climáticos anteriores (información que ayudará a los científicos a predecir cambios climáticos futuros). Los sedimentos del lago Trivakely en los alti-

planos de Madagascar podrían revelar información hasta de 100,000 años atrás. Hasta ahora, las muestras han revelado que hasta 35,000 años AC, en la región había turberas y juncias; del 35,000 al 19,000 AC el lago era poco profundo y relativamente rico en nutrientes, aunque el clima era más frío que el actual; entre 19,000 y 15,000 años AC (periodo de la era glacial en las latitudes altas) el clima era frío y más seco que ahora y el lago estaba prácticamente seco; hubo un calentamiento alrededor del 15,000 AC; la turbera que existe hoy en día data de unos 4,000 AC. El análisis de polen no indica la existencia de grandes extensiones de selvas en el área durante esos 35,000 años. La abundancia de carbón en los sedimentos del lago indica frecuentes incendios naturales aún antes de la llegada del hombre. Se han encontrado rastros de dos erupciones volcánicas cerca del lago Trivivakely (alrededor del 35,000 y 19,000 AC respectivamente).

Para Madagascar, el conocimiento de los paleoclimas contribuirá a entender mejor la evolución de su fauna y flora durante los últimos milenios pudiendo establecer así una jerarquía en materia de erosión natural.

soumis à une dégradation rapide et le plus grand lac malgache, le lac Alaotra, pourrait disparaître d'ici cinquante ans.

LES LACS, EXCELLENTS TÉMOINS DES PALÉOCLIMATS

Compte tenu de leur nombre et de leur diversité et notamment de la présence de lacs de cratère peu perturbés, l'étude des lacs malgaches permettra de mieux connaître l'évolution climatique de cette partie de l'Océan Indien pour laquelle les paléodonnées sont encore insuffisantes en milieu continental. Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un programme scientifique sur la compréhension des facteurs régissant les changements du climat de la planète, avec pour but *in fine* de prévoir son évolution future.



Lac de Betafo

Cette étude et celle des paléoclimats sont complémentaires. Elles permettent de comparer l'évolution à long terme des lacs par rapport à leur dynamique actuelle (fonctionnement hydrologique, processus de comblement). L'analyse des sédiments lacustres devrait permettre d'établir des ordres de grandeur en matière d'érosion naturelle pendant la période précédant l'arrivée de l'Homme à Madagascar qui est actuellement estimée à moins de 2 000 ans BP. Par ailleurs, la connaissance des paléoclimats

contribuera à une meilleure compréhension de l'évolution de la faune et de la flore malgaches pendant les derniers millénaires.

36 000 ANS D'HISTOIRE HYDROCLIMATIQUE

Sur les Hautes Terres de Madagascar, un sondage de 40 mètres de profondeur a été réalisé dans le lac de cratère de Tritrivakely. Son étude multidisciplinaire fait intervenir plusieurs équipes de recherche de divers



blable à l'actuelle occupe le site. Le lac est hydrologiquement voisin de son état actuel mais l'abondance des Ericacées témoigne d'un climat plus froid ;

- un lac peu profond et relativement riche en éléments nutritifs s'installe vers 35 000 ans BP et se maintient jusque vers 19 000 ans BP sous un climat plus froid que l'actuel ;
- entre 19 000 ans BP et 15 000 ans BP, période qui correspond au dernier maximum glaciaire des hautes latitudes, le climat est froid, plus sec qu'aujourd'hui et le site est proche de l'assèchement ;
- un réchauffement important s'amorce dès 15 000 ans BP. Il est marqué notamment par le déclin des Ericacées ;
- la tourbière actuelle s'installe vers 4 000 ans BP.

L'étude pollinique ne révèle pas l'existence de grandes forêts naturelles sur la région depuis au moins 15 000 ans. L'abondance des fragments de charbon de bois dans les sédiments témoigne de la fréquence des incendies naturels bien avant l'installation de l'Homme sur l'île. Plusieurs niveaux de projections volcaniques ont été traversés. Une éruption volcanique très proche du lac Tritrivakely a été identifiée vers 35 000 ans BP, une autre vers 19 000 ans BP.

L'étude de l'intégralité du sondage de Tritrivakely jusqu'à 40 mètres devrait permettre de remonter jusqu'à au moins 100 000 ans ■

Luc Ferry et Christian Depraetere
 Département "Eaux Continentales" - UR
 "Dynamiques, enjeux et usages des hydrosystèmes régionaux"
Françoise Gasse
 Cnrs URA "Processus et Archives Sédimentaires"
Laurent Robison
 Centre National de Recherche sur
 l'Environnement (Madagascar) - Département
 "Systèmes Aquatiques et Côtiers"



Photo : Luc Ferry

**Barrage de
Tsiacompaniry**

Une étude appliquée : Le cas de la retenue de Sahamaloto

La retenue de Sahamaloto a été réalisée vers 1955 en vue de l'irrigation d'un grand périmètre rizicole de la bordure Ouest du lac Alaotra. Une étude de l'Orstom réalisée en 1985 a montré qu'en moins de 30 ans cette retenue a perdu plus d'un tiers de sa capacité en passant de 21 millions de m³ à 14 millions. Elle a également révélé le danger

d'un isolement possible de la partie amont du lac par progression d'un cône de sédimentation au débouché de la rivière Sahamaloto qui l'alimente. C'est à la suite de l'étude de 1985 que d'importants travaux ont été réalisés sur cette retenue : rehaussement des digues, calage et installation d'une nouvelle tour de prise, renforcement de l'évacuateur de crue...

organismes. Les treize mètres supérieurs de ce sondage révèlent 36 000 ans d'histoire hydroclimatique.

Les datations au carbone 14, l'analyse granulométrique, la teneur en carbone organique total et l'indice d'hydrogène de la matière organique, l'analyse des diatomées et des pollens et les propriétés magnétiques des sédiments font apparaître cinq épisodes :

- avant 35 000 ans BP, une tourbière à Cypéracées sem-



PHOTO : LAC FERRY

Lac Itasy

Utilisation de l'eau des lacs

Alimentation en eau des villes

Mandroseza pour Antananarivo, Andrahikiba pour Antsirabe.

Agriculture

(alimentation des grands périmètres rizicoles)
Ambondromamy dans la région de Marovoay,

Sahamaloto, Antanifotsy, Ambodivato dans les régions de l'Alaotra et d'Andilamena.

Hydroélectricité

Retenues de la région d'Antananarivo : Antelomita, Mantasoa, Mandraka ; lac Itasy.

Régulation des débits

Tsiazompaniry dans la région d'Antananarivo.

Navigation

C'est à partir des lacs et lagunes de la côte Est qu'a été ouvert au début du siècle le canal des Pangalanes, voie d'eau navigable de près de 600 km reliant les villes

de Mahavelona et Farafangana. Les lacs du système des Pangalanes sont en communication permanente avec la mer par l'intermédiaire des estuaires des grands fleuves qui recoupent le canal.

Retenue de Tsiazompaniry

Des noms évocateurs...

Dans la langue malgache les noms ont pour la plupart une signification. Si les lacs malgaches sont peu connus, leurs noms peuvent donc donner de précieuses informations sur leurs caractéristiques (profondeur, qualité des eaux...), leur utilisation traditionnelle (pêche) ou les craintes qu'ils inspirent. Ils montrent souvent le caractère sacré

des lacs. Ainsi : Amparihivoay, le lac où il y a de gros crocodiles ; Matsaborifady, le lac tabou ; Andranoratsy, lieu où l'eau est mauvaise ; Andranomazava, lieu où l'eau est claire ; Amparihitsimisivody, le lac sans fond ; Amparihimangabe, le lac très bleu.



PHOTO : LAC FERRY

Ferry Luc, Depraetere Christian, Gasse F., Robison L.

Lacs et paléoclimats à Madagascar

ORSTOM Actualités, 1995, (46), p. 2-8. ISSN 0758-833-X