

Sites géologiques en République de Djibouti, un patrimoine à protéger ...

Antoine Marie Caminiti
Docteur en Sciences de la Terre
Conseiller Technique au Ministère de l'Energie et des Ressources Naturelles

1. Résumé

Djibouti n'est pas dépourvue de sites particuliers ou exceptionnels. Elle est renommée par la splendeur de deux sites géologiques, celui du secteur du Ghoubbet - Lac Asal et celui du Lac Abbé.

De part leur position géographique, ces deux sites, situés dans le Triangle Afar, sont des laboratoires géologiques à ciel ouvert. Ils sont souvent pris en tant qu'exemples dans les livres scolaires et scientifiques pour expliquer la dérive des continents, la Tectonique des plaques, surtout au stade initial d'ouverture.

De tous les temps, ces sites n'étaient influencés que par les contraintes naturelles (climatiques, tectoniques, volcaniques) or depuis peu l'intervention de l'homme a fragilisé l'environnement de ces sites et notamment le Lac Asal, par une exploitation anarchique du sel.

Face à une dégradation du site "banquise Lac Asal", une action urgente est conseillée permettant à tous les acteurs de valoriser et de préserver ce site.

La création d'un organisme pour la protection du patrimoine géologique devra être mise en place et des procédures juridiques devront permettre la protection et la valorisation de ces sites.

Mots clés : Afar, Lac Asal, Lac Abbé, Djibouti, Environnement, Patrimoine, Législation.

2. Introduction

De nombreux pays ont pris conscience de la nécessité de préserver l'héritage de la Nature créant des parcs dont la plupart sont consacrés aux merveilles constituées par les roches et les paysages. Certains sont des lieux d'une intense activité géologique, avec plus de 200 geysers dans le Parc National de Yellowstone, ou de gisements fossilifères importants tels Petrified Forest aux Etats Unis d'Amérique ou Dinosaur Provincial Park au Canada. Les plus célèbres parcs nationaux se trouvent aux Etats Unis, tels que le Parc National du Grand Canyon, Monument Valley ou Death Valley (la Vallée de la Mort) (Mégrien, 1997). Historiquement, c'est le Parc National de Yellowstone qui fut le premier créé en 1872 en tant que parc naturel. Les deux sites choisis en République de Djibouti montrent des paysages formés et sculptés par la force de la Nature à ciel ouvert, or des formations équivalentes sont extrêmement difficiles à observer car généralement situées dans les fonds des océans, à des centaines de mètres sous les eaux.

Le premier secteur, situé entre le Ghoubbet et le Lac Asal, peut être inscrit comme « Parc National des volcans d'un Rift Actuel ».

Le deuxième secteur, celui des cheminées du Lac Abbé, comme « Parc National de fumeurs fossiles récents ». Certains parcs répondent aux normes définies par l'Union Internationale de la Conservation de la Nature (U.I.C.N., organisme patronné par l'UNESCO), mais pour des raisons socio-économiques dans un pays en voie de développement, des mesures plus souples devront permettre toutes les activités, scientifiques, touristiques et l'exploitation des ressources (minière et géothermique) avec la préservation de certaines zones (UNESCO, 1972).

3. Géographie

La République de Djibouti, située au débouchée de la Mer Rouge, couvre une superficie de 23 200 km². Elle est soumise à un climat semi - aride.

Le pays est constitué en grande partie par des roches effusives dues aux divers mouvements d'écartement de la croûte continentale.

D'immenses lignes de fractures Nord Ouest - Sud Est découpent le paysage et conduisent à l'amincissement de la croûte terrestre (Manighetti, 1993, 1995 et 1997). Ces bouleversements du sous-sol ont donné naissance à une alternance de plateaux peu élevés et de nombreuses dépressions alluvionnaires, Bâra Weyn, Bâra Yar (Grand et Petit Bara), plaines du Hanlé, du Gaggadé et des lacs à saumure concentrée (Lac Asal et Lac Abbé).

L'effondrement central, échancrure de 100km à l'intérieur des terres, occupé actuellement par le Golfe de Tadjourah, le Ghoubbet al Khârab, le Lac Asal puis par la dépression Alol, divise le pays en deux zones.

Le Nord présente, à l'Ouest et le long du Golfe de Tadjourah, des monts et des massifs variés et pittoresques, et à l'Est, une large plaine côtière parsemée de palétuviers. A la pointe Nord Ouest, le Moussa Ali élève ses pentes dénudées jusqu'à 2021 mètres. Plus au Sud, des montagnes verdoyantes, le massif de Goda avec sa forêt primaire du Day et les massifs du Mabla, échappent à l'ensemble aride du pays.

Le Sud du pays est jalonné par des dépressions parallèles limitées entre des falaises rectilignes. Ces dépressions régulières, issues d'anciens lacs asséchés, sont affaissées en escalier depuis l'Ethiopie pour atteindre le point le plus bas d'Afrique, le Lac Asal : 155 mètres sous le niveau de la mer.

4. Géologie

Située dans la grande dépression Afar, jonction de trois rifts majeurs, la République de Djibouti est caractérisée par une activité sismique permanente, par une activité volcanique irrégulière (dernière éruption volcanique, l'Ardoukôba, en novembre 1978) (Ruegg *et al.* 1980), et par un gradient géothermique supérieur aux valeurs moyennes du globe (Demange et Stieltjes, 1975).

L'ensemble du pays est recouvert par des empilements de trappes basaltiques entrecoupés par un volcanisme acide explosif à coulées visqueuses et dômes rhyolitiques.

La succession de ces épanchements volcaniques est identique en Ethiopie, en Erythrée et au Yémen.

La succession stratigraphique (Stieltjes, 1973, Barberi *et al.*, 1975, Varet et Gasse, 1978, Vellutini et Piquet, 1994) est la suivante :

- le soubassement affleure uniquement au Sud du pays, près de la ville d'Ali-Sabieh : il est constitué de roches sédimentaires d'âge Secondaire.
- les basaltes fissuraux anciens, basaltes Adoleï, d'âge compris entre 27 et 25 Ma (Millions d'années), se situent autour du môle mésozoïque d'Ali-Sabieh.
- les rhyolites d'Ali Adde (25 à 19 Ma) et des Mablas (14 à 10 Ma), correspondent à un magmatisme acide avec des coulées, des dômes rhyolitiques, des ignimbrites et des

tufs. Cette formation est bien répartie de chaque côté du Golfe de Tadjourah et son épaisseur est d'environ 400 mètres.

- les basaltes de Dalha, de 9 à 4 Ma, manifestations basiques, ont une épaisseur de 250 à 400 mètres et sont coiffés par des coulées acides, notamment des trachytes.
- les basaltes de la série stratoïde, de 4 à 2 Ma. Leur mise en place correspond à la manifestation volcano-tectonique la plus importante, de type basique puis acide, avec de nombreuses coulées basaltiques de type fissural formant entre 1000 et 1500 mètres d'épaisseur surtout vers l'Ethiopie.
- les basaltes du golfe, de 3 à 1 Ma. Leur mise en place est due à la pénétration de la ride océanique du Golfe d'Aden vers l'Ouest, provoquant l'ouverture du Golfe de Tadjourah.
- les séries volcaniques récentes, de 1 Ma à l'actuel. Elles correspondent à des manifestations d'un volcanisme fissural situé dans les vallées axiales, fossé d'effondrement d'Asal et de Manda Inakir, et d'une sismicité quasiment permanente.

L'océanisation comprise entre 3 Ma et l'Actuel, s'effectue progressivement d'Est en Ouest, depuis le segment Djibouti - Obock jusqu'au segment Ghoubbet-Asal.

5. Les principaux sites répertoriés

« Bâb el Mandeb, baie de l'Etoile, baie du Lac Salé, baie des Requins, îles du Diable, Dankalello, Ardoukôba, Asal, Ghoubbet al Khârab, Abbé Bad, autant de sites qui vous transportent à travers les récits des premiers aventuriers de la Corne d'Afrique et des souvenirs immuables de ceux qui les ont visités.

Sur ses 23 200 km², la République de Djibouti recèle des paysages puissants, tourmentés, des champs de basaltes chaotiques, des grandes failles déchirant la croûte terrestre, de nombreux cratères prêt à vomir leur liquide incandescent, des plaines infinies et des montagnes torturées.

Pour les uns, c'est un univers de cauchemar, de roches éclatées, sans ombre et sans eau avec un soleil inhumain, pour d'autres, c'est un laboratoire exceptionnel à ciel ouvert où les forces tectoniques ont façonnées un modèle type de frontière d'accrétion de la Tectonique des Plaques.

C'est ici, que deux plaques continentales, africaine et arabe, s'écartent de quelques centimètres chaque année pour former dans quelques millions d'années un océan, « l'Océan Afar ».

Des sites géologiques exceptionnels :

a) Fossé d'effondrement d'Asal :

Le fossé d'Asal est un rift actif dont l'origine est récente, moins d'un million d'années. Il englobe à l'Ouest le lac Asal et sa plaine de sel, et à l'Est le Ghoubbet al Khârab, baie magnifique quasiment close. Ces deux entités sont séparées par une barrière volcano-tectonique. C'est un bassin dissymétrique formé de gradins successifs abaissés les uns par rapport aux autres par des failles normales.

La morphologie de ce rift est typique, montrant de part et d'autre de la partie centrale une succession de panneaux effondrés. L'aire centrale est recouverte par des laves basaltiques actuelles, affectée par de nombreuses fissures sans rejet vertical ou de

faible ampleur et surtout constituée par une chaîne volcanique axiale, identique aux dorsales océaniques.

La plaine côtière du Ghoubbet, parsemée de nombreux cônes volcaniques, est constituée de coulées de laves chaotiques, épaisses de 4 m par endroits, avec des fronts déchiquetés.

De nombreuses fissures de direction Nord-Ouest - Sud-Est parcourent cet ensemble dont certaines ont dû jouer plusieurs fois et d'autres ont des rejets verticaux quasiment nul. Alignés sur ces fissures béantes, des cônes de scories sont souvent accolés par deux et sensiblement égueulés.

Les îles du Diable (Guinni Kôma et Ounda Kôma) et le massif allongé, Baddi Kôma, correspondent à des cratères d'explosion phréatique, explosion dite « cypressoïde ». Ce sont des volcans d'origine sous-marine, constitués de hyaloclastites de composition basaltique. L'île du Diable a une forme en « tas de foin » typique. Son cratère, comblé, est situé à l'Est de l'île. Cette asymétrie est due au vent dominant de l'Est (Stieltjes, 1973).

Le volcan le plus récent est l'Ardoukôba, jailli entre le 7 et le 14 novembre 1978, après une forte crise sismique (Demange *et al.* 1980).

Lors de son éruption, l'axe du graben s'est enfoncé de 80 cm et les bordures se sont soulevées de 15 cm. L'écartement global a été de 1,5 à 2 mètres.

b) Le Lac Asal : figure n° 1, les sites remarquables (Caminiti, 2000).

Le lac Asal, saphir - émeraude enchâssé dans son écrin de sel, de gypse et de basalte, est enfoncé à 155 mètres au dessous du niveau de la mer, endroit le plus bas d'Afrique.

Il se situe à une dizaine de kilomètres au Nord-Ouest du Ghoubbet al Khârab.

Il est constitué d'un lac de saumure (348 g/l de sels dissous) d'une superficie de 54 km² et d'une profondeur comprise entre 20 et 40 m, d'une « banquise » de sel en forme de croissant de 61 km² et d'une épaisseur maximale de 80 m. La croûte de sel surmonte le niveau du lac de 0,30 à 0,80 m (Stieltjes, 1973 ; Gasse, 1975 ; Gasse et Fontes, 1989 ; Perthuisot, 1980 ; Rouchy, 2001).

Des dépôts de gypse sont abondants autour et dans le lac. Le fond du lac est découpé en fossés structuraux (Langguth et Pouchan, 1975).

L'alimentation du lac en eau et en sels dissous se fait principalement à partir du réservoir marin, à la faveur d'un réseau de failles qui découpent longitudinalement le rift. Accessoirement, cet apport est complété par les venues hydrothermales localisées et par les oueds en crue.

Ces eaux, déjà fortement salées à leur arrivée dans le lac, se concentrent rapidement et déposent du gypse sur le fond du lac.

Au cours de leur circulation dans le lac, elles se concentrent encore par l'évaporation et le vent, et finissent par déposer leur sel, qui constitue la plaine salée.



Légende de la carte (figure 1) : Les sites remarquables de la région Ghoubbet - Asal

1. Canyon d'Adailé : secteur fortement tectonisé, failles conjuguées, blocs basaltiques basculés de la série stratoïde.
2. Panorama sur la dépression du Ghoubbet al Kharâb, la bordure orientale du Rift d'Asal et l'île du Diable.
3. Plaine côtière : chant de lave chaotique de Galae le, nombreuses failles verticales et normales associées à des cônes volcaniques.
4. Le « Petit Rift » de Disa le Mallo.
5. Bord supérieur du miroir de faille : vue sur l'ensemble de la chaîne volcanique axiale d'Ardoukôba et la plaine effondrée d'Andiddo.
6. Champ de lave de Bourile Bahari : lac de lave dans la caldeira du Sisale Kôma, nombreuses fumérolles et tunnels de lave.
7. L'« Inki Garrayto » petit cône de scories sur la crête de la chaîne axiale. Au sommet de son cratère, vue sur l'alignement des cratères ; au Sud-Ouest, la plaine d'Inki Garrayto déchirée par de grandes failles, l'alignement de deux Hornitos et des dépôts à diatomites et volcano-sédimentaires ; au Nord la plaine d'Andiddo, de nombreuses coulées basaltiques issues des différents volcans scellent de nombreuses failles en cascade et les dépôts lacustres. À mi-chemin menant à ce cône volcanique, un puits d'explosion gazeuse d'une dizaine de mètre de profondeur.
8. Belvédère : vue sur l'ensemble de la vallée axiale du Rift d'Asal.
9. Dômes volcaniques du Galé le Kôma et d'Hâhayta Kôma : nombreuses laves « cordées » et en « tripes ». A partir du pied du Gale le Kôma.

Point de départ d'un chemin pédestre qui mène à travers l'oued Inki Garrayto aux Hornitos, à l'Ardoukôba et à la Grande Faille du Manda.

10. Sources chaudes à l'embouchure de l'oued Kadda Garrayto, avec la présence de Potamides vivants broutant des cyanobactéries. L'accès se fait à partir d'une piste transversale en passant dans les plaines à palmiers doums, d'Ouda Garrayto et de Fanti Garrayto. Dans ces plaines, des dépôts lacustres sont bien développés recouvrant par endroit des calcaires d'origine hydrothermale en forme de boudins ou en forme de « cerveau ». De grandes failles, dont les parois verticales sont souvent recouvertes de draperies microbiennes attestant une origine subaquatique, découpent ces dépressions.
11. Sources chaudes de Korili, au pied du massif de hyaloclastites de Gale le Kôma, au Sud-Est du lac Asal. Ces sources chaudes sortant d'une roche poreuse sont à 80°C. Elles sont situées sur l'alignement d'une ancienne faille jalonnée plus au Sud par des travertins. Présence de petits poissons (*Aphanius dispar*).
12. Sur cette portion de piste :
 - série évaporitique (entre 8.400 et 5.400 ans).
 - gypse ancien (entre 5.400 et 2.000 ans) en forme de « Fer de Lance » et développement de gypse actuel au fond du lac. A cet endroit la salinité du lac est de 100 à 150g/l.
13. Banquise de sel : croissance cristalline du sel en cube, en cornet, en chevron, voire en forme de bille. L'épaisseur de ce dépôt salin est comprise entre 20m et 80m. La salinité du lac est de 348g/l.

c) Le lac Abbé, paysage lunaire égaré sur la Terre : figures n° 2, les sites remarquables (Caminiti, 2000).

Le Lac Abbé ou Abbé Bada, lac pourri, malodorant, car une odeur sulfureuse se dégage du lac et des fumerolles.

Il se situe à l'extrémité occidentale du grand bassin du Gobaad. Sa superficie est de l'ordre de 150 km² et s'étend à une altitude de 240 m. L'aridité actuelle du climat entraîne graduellement l'évaporation du lac. Jadis, le lac était alimenté directement par la rivière Awash et où des hippopotames, des crocodiles et de nombreux poissons chats vivaient dans une eau moins concentrée.

Le Gobaad, grande plaine, est un fossé d'effondrement très allongé, plus de 70 km de long et de 25 à 30 km de large d'orientation Est-Ouest et limité par d'anciennes failles formant des escarpements. Sur la rive occidentale du lac, en Ethiopie, un imposant volcan, le Daña Alé, domine le lac. C'est un volcan bouclier de nature basaltique de 25 km de diamètre avec un double cratère circulaire (Varet et Gasse, 1978).

Sur la rive orientale du lac, en République de Djibouti, un paysage unique au monde se présente avec des centaines de cheminées d'aspect ruiniforme formant un chapelet de travertins sur plusieurs kilomètres. Ces aiguilles déchiquetées s'élancent sur plusieurs dizaines de mètres. As Bahalto, la grande cheminée, a une hauteur approximative de plus de 20 m et un diamètre de 90 m.

Elles se sont formées dans l'ancien lac, il y a plus de 6 000 ans (Fontes et Pouchan, 1975).

Une odeur âpre et soufrée s'échappent des fumerolles, au sommet de certaines cheminées et à leur base des sources thermales de boue bouillonnante, d'une température comprise entre 80 et 100° C, rendent le sol instable.

L'origine de ces cheminées, monticules carbonatés, est étroitement liée à la présence de fractures et d'un microenvironnement particulier avec un apport de fluides hydrothermaux associés à des microbes, notamment des bactéries carbonatogènes qui, par ailleurs, donnent au lac ses caractéristiques biogéochimiques.

Pendant la saison fraîche, des milliers de flamants roses envahissent le rivage.

d) Le Petit et le Grand Bara :

Ces deux vastes étendues désertiques ne sont séparées que par un seuil basaltique. Ce sont des bassins fermés, constitués par une surface argilo-limoneuse correspondant à d'anciens fonds de lacs asséchés (Barrere *et al.* 1975). Les mirages y sont fréquents et des tourbillons de poussières ou "sorcières" se forment pendant les moments chauds de la journée.

Sur les bordures, des touffes d'herbes subsistent où de nombreux animaux domestiques et sauvages (gazelles) viennent y paître.

Le Petit Bara ou Bada Yar est plus sablonneux, avec formation de petites dunes.

Le Grand Bara ou Bada Wein est un grand fossé d'effondrement de plus de 30 km de long sur 12 km de large. Après une pluie, l'assèchement du sol provoque des fentes de retrait, sol craquelé ou mud cracks.

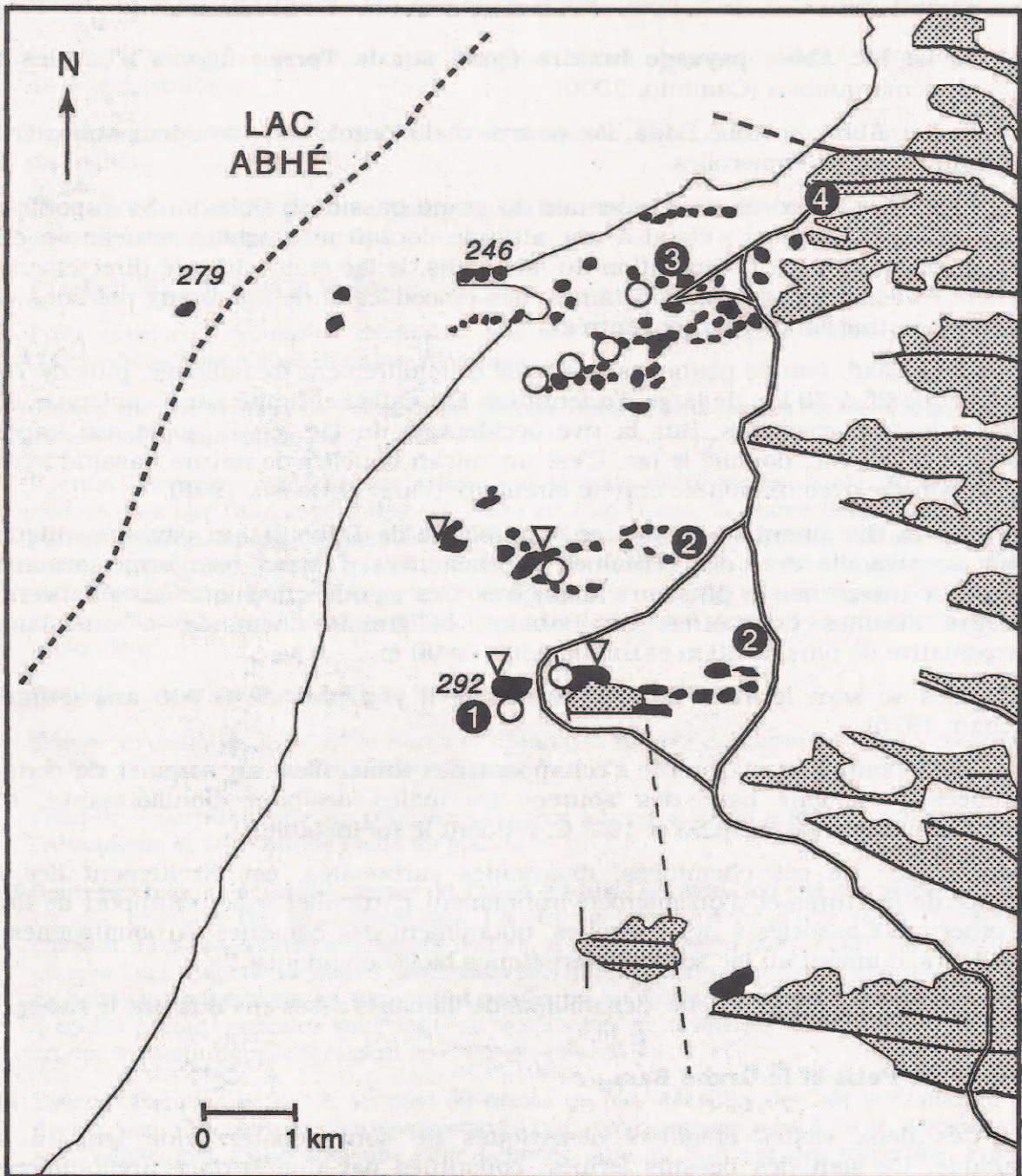


Fig. 2: Sites remarquables proches du Lac Abhé
d'après J. Demange et al., 1971, modifiée

- | | | |
|---|---------------------------|--|
| ① As Bahalto (Grande cheminée) | ▽ Fumerolles | ▨ Série stratoïde |
| ② Branches d'arbustes et touffes d'herbes fossilisées | ○ Sources thermales | □ Dépôts alluvionnaires éoliens et lacustres |
| ③ Grandes sources thermales (100°C) | — — — Failles et fissures | ⋯ Rivage actuel (?) |
| ④ Campement As Boley | ☾ Travertins | — Rivage en 1971 |

e) **Autres sites remarquables** : figure n° 3, emplacement des divers sites :

Handoga, Anâbo Kôma, Dankalelo, Asa Kôma, Barogali; les gravures rupestres de Dorra, Balho, Garrabayis, Grand Bara.

Sur tout le pays, des sites ponctuels devront être protégés, notamment les secteurs ayant livrés des vestiges paléontologiques, archéologiques, proto-historiques, pré-islamiques (Teilhard de Chardin *et al.* 1939 ; Ferry *et al.* 1981 ; Joussaume, 1989, 1995 ; Joussaume et Poisblaud, 2004 ; De Bonis et Geraads, 1990 ; Chabaillon, 1990 ; Poisblaud, 1999, 2004 ; Poisblaud *et al.* 2002 ; Berthelet, 2001).

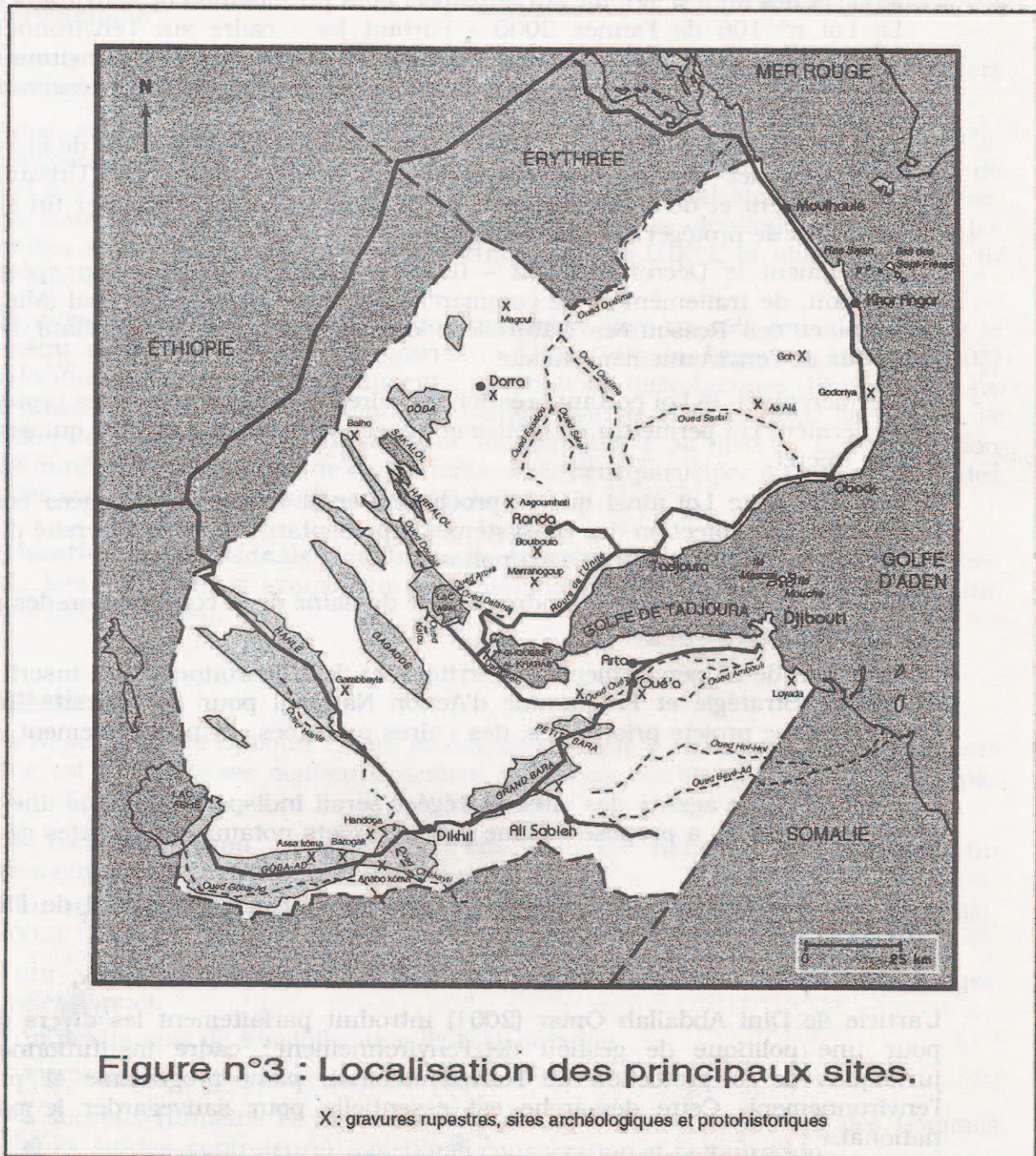


Figure n°3 : Localisation des principaux sites.

X : gravures rupestres, sites archéologiques et protohistoriques

6. Prévention - Initiatives Nationales :

Pour assurer la protection du milieu et la sécurité des populations, l'Etat a légiféré ou réglementé.

Le principe même de la prévention est d'empêcher les actions néfastes ou dangereuses.

- Le Décret n°86-050/PR/MCTT - Portant organisation de l'Office du Tourisme et de l'Artisanat, prévoit que l'ONTA a un service de protection des sites et de l'environnement.
- Importation et commercialisation du sel iodé, Décret n° 97-0189/PR/MS, proposé par le Ministère de la Santé et des Affaires Sociales (1997). Ce Décret précise que tout sel destiné à l'alimentation humaine, importé ou produit sur place sur toute l'étendue du territoire national, doit être iodé.
- La Loi n°66 de l'année 94 - Portant Code Minier (Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines), stipule sur le respect et la préservation de l'environnement.
- La Loi n° 106 de l'année 2000 - Portant loi - cadre sur l'environnement en République de Djibouti (Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme, de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire), est la seule à intervenir sur la préservation et la protection des paysages.
- Plus récemment, le Décret n° 2001- 0011 - Portant mise en place de la procédure d'étude d'impact environnemental (Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme, de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire), permet d'évaluer un site à son état initial et de protéger les zones sensibles.
- Récemment le Décret n° 2002 - 0226 - Portant réglementation spécifique de l'extraction, de traitement et de commercialisation du sel du Lac Asal (Ministère de l'Energie et des Ressources Naturelles), comporte un article spécifiant le respect rigoureux de l'environnement du site.
- Dernièrement, la Loi portant création des aires marines et terrestres protégées. Cette dernière Loi permettra de mettre en place une gestion des aires qui sera définie par un Décret.

Notons que cette Loi ainsi que le prochain Décret des aires protégées concernent uniquement la protection des écosystèmes représentatifs de la biodiversité du pays et surtout les espèces menacées d'extinction.

Elles devront, par la suite, s'étendre dans le domaine de la conservation des paysages et d'un environnement global.

La Direction de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement a inscrit, dans le document 'Stratégie et Programme d'Action National pour la Diversité Biologique' (2000), comme projets prioritaires, des « aires protégées » et principalement en milieu terrestre.

La création d'une agence des aires protégées serait indispensable dans une première phase. La D.A.T.E. a proposé comme autres projets notamment les sites géologiques désignés :

- le Lac Asal comme parc naturel et site du patrimoine mondial de l'Humanité (UNESCO).
- le Lac Abbé comme zone internationale de conservation des oiseaux.

L'article de Dini Abdallah Omar (2001) introduit parfaitement les divers domaines pour une politique de gestion de l'environnement : cadre institutionnel, bases juridiques de la protection de l'environnement, plan, programme et projets de l'environnement. Cette démarche est essentielle pour sauvegarder le patrimoine national.

Mais actuellement, il n'existe pas, à proprement parler, de droit du patrimoine géologique en République de Djibouti.

Les sites indiqués sont des ensembles naturels où la constitution du sous - sol est primordiale pour comprendre le relief, les eaux, les ressources minérales et l'utilisation de l'Homme du milieu naturel.

Les études scientifiques pluridisciplinaires et l'analyse des ensembles géologiques permettent de comprendre l'histoire géo-environnementale d'une région.

Claude Mégnién (1997) a bien décrit les sites géologiques exceptionnels « *L'ensemble des parcs forme un immense laboratoire d'observation et la variété de notre territoire est telle, qu'il assure une 'géodiversité' aussi importante que la 'biodiversité' de nos collègues biologistes* ».

Certaines disciplines scientifiques sont vouées à collaborer étroitement et notamment la géologie et la microbiologie, d'où le terme employé actuellement « **géomicrobiologie** ».

Depuis plus de 3,5 milliards d'années, les bactéries ont prospéré dans divers environnements de la planète, même les plus extrêmes.

Ainsi, au Lac Asal où les eaux sont à forte teneur en chlorure de sodium (NaCl), des archéobactéries halophiles y vivent. Dans les lacs sodiques, riches en carbonate de sodium et à des pH proches de 10, comme le Lac Abbé, les haloalcaliphiles y prospèrent. Près des sources thermales, d'autres types de bactéries se développent, ce sont les thermophiles (entre 60 et 80°C) ou les hyperthermophiles (100°C et plus) (P. Soléty, in Lagny et Michel, 2003).

Le monde microbien, ou l'écosystème microbien, joue un rôle considérable sur le façonnement de la surface du globe terrestre (J.C. Gall, in Lagny et Michel, 2003) (biostabilisation microbienne des sédiments, laminations microbiennes, biodégradations microbiennes, biocorrosion microbienne, biominéralisation microbienne), participe à la fossilisation des organismes, participe d'une manière active ou favorise la précipitation de divers minéraux, de sulfures de divers métaux et peut participer à la dépollution des eaux et des sols (biodépollution) (Lagny et Michel, 2003).

« **La déclaration internationale des droits de la mémoire de la Terre** » a été publiée en 1991, lors du premier symposium international sur la protection du patrimoine géologique (S.G.F., 1994).

7. Perspectives

La République de Djibouti est un musée scientifique à ciel ouvert. Son patrimoine géologique est une richesse malheureusement non renouvelable qu'il faut protéger par l'appareil judiciaire.

La meilleure façon, de protéger ces espaces naturels et d'assurer un développement durable, est la mise en place :

- d'un statut juridique pour la protection du patrimoine géologique (cf. P. Billet, 2002).
- d'une infrastructure : création d'un organisme, d'un comité scientifique professionnel.
- d'un programme de sensibilisation de la population
- d'une campagne éducative dans les écoles

Des moyens humains et matériels sont indispensables, formation des hommes (prospecteurs, guides, contrôleurs), logistique, conservation et restauration.

L'Office du Tourisme (O.N.T.D.), le Ministère de l'Education Nationale et la Direction de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (D.A.T.E.), devront être les acteurs principaux de l'engagement fondamental des lois de la Nature.

8. Conclusion

La République de Djibouti est loin d'être démunie de personnel compétent sur le plan juridique.

Une volonté politique des autorités doit être assurée, ainsi qu'une volonté des personnes en charge de la protection de l'environnement devra participer largement à l'éducation de nos enfants.

La préservation et la mise en valeur des espaces naturels sont capitales pour le futur de nos enfants.

Ces deux sites sont non seulement des paysages offerts aux géologues, aux chercheurs, aux touristes et à ceux qui aiment la Nature, mais surtout des espaces à conserver pour la mémoire de nos ancêtres et la transmission intacte aux générations futures.

« Cette terre ne nous est pas donnée par nos parents. Elle nous est prêtée par nos enfants. »

Proverbe massai

Sans limiter les activités d'extractions du sel et socio-économiques du Pôle Lac Asal, les divers départements ministériels, les sociétés privées et les chercheurs devront œuvrer ensemble afin de trouver les solutions les mieux adaptées.

La conservation du patrimoine national ne doit pas se limiter à des mesures administratives, mais des programmes éducatifs pour les enfants, ainsi que pour le grand public, permettront une meilleure compréhension de l'histoire de la Terre et de la valeur du patrimoine scientifique.

Ainsi, le classement des zones décrites en République de Djibouti permettra de mieux préserver la mémoire de la Terre dans ce monde inerte et celle de l'histoire de l'Homme dans cette partie de l'Afrique.

9. Remerciements

Je remercie Roger Joussaume d'avoir bien voulu relire le manuscrit. Ses critiques ont été tenues compte. Cet article a bénéficié de discussions fructueuses avec Benoît Poisblaud et Roger Joussaume, lors de leurs nombreuses missions effectuées sur le territoire.

Je remercie Jean Paul Berger pour la réalisation des cartes.

10. Bibliographie

Barberi F., Ferrara G., Santacroce R., Varet J., 1975. Structural evolution of the Afar triple junction. In *Afar depression of Ethiopia, Pilger and Roster, Eds.*, Schweizerbart, Stuttgart, p. 38 - 54.

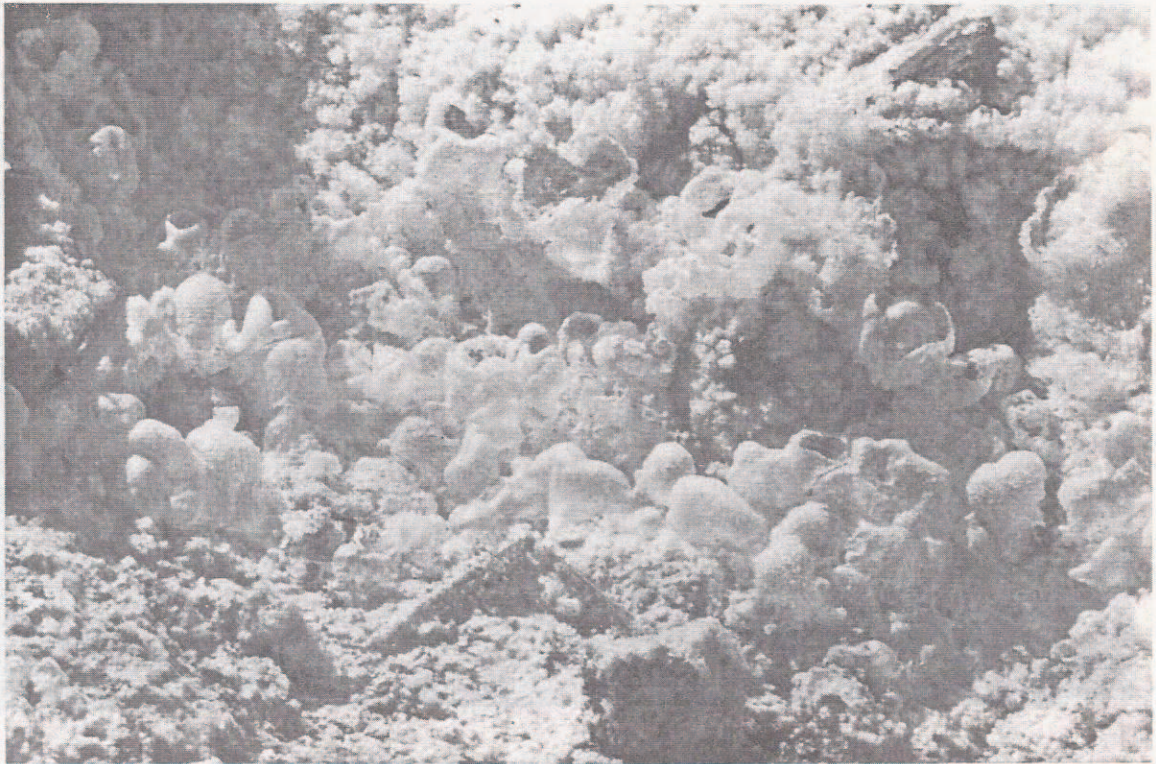
Barrere P., Boucarut M., Clin M., Moussie C., Muller J., Pouchan P., Thibault C. et Weidmann M., 1975. Carte géologique du TFAI : feuille d'Ali Sabieh. Université de Bordeaux III et CEGD Eds.

Berthelet, A., 2001. La préhistoire ancienne en République de Djibouti. *Rev. Sciences et Environnement.*, ISERST, n°14, pp. 19 - 28.

Billet P., 2002. La protection du patrimoine géologique - Guide juridique, 2002. *Cahiers Techniques*, n° 67, Droit et Police de la Nature, 148 p., Editions L'ATELIER technique des espaces naturels, France.

- Caminiti A.M. , 2000.** *Le fossé d'Asal et le lac Abbé, deux sites géologiques exceptionnels en République de Djibouti.* Editions Couleur Locale, Djibouti, 132 p.
- Chavaillon, J., 1990.** Un siècle de recherches préhistoires en République de Djibouti. *Rev. Sci. Tech. ISERST*, n°3, pp. 17 - 28.
- De Bonis, L. et Geraads, D., 1990.** Vertébrés fossiles du Quaternaire de la République de Djibouti. *Rev. Sci. Tech. ISERST*, n°3, pp. 13 - 16.
- Dini Abdallah Omar, 2001.** L'environnement à Djibouti : Naissance d'une politique. *Rev. Sciences. et Environnement, ISERST*, n°13, pp. 27 - 33.
- Demange J., Stieltjes L. et Varet J., 1980.** L'éruption d'Asal de novembre 1978. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), t. XXII, n°6, p. 837 - 843.
- Demange J. et Stieltjes L., 1975.** Géologie de la région sud-ouest du TFAI. *Rapp. BRGM*, série 2, section IV, n° 2, p. 83 - 119.
- Direction de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (D.A.T.E.), 2000.** Stratégie et Programme d'Action National pour la Diversité Biologique. Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme, de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, République de Djibouti, 160 p.
- Esteve L., 1997.** Les parcs nationaux et régionaux - un objectif commun : Valoriser et protéger notre espace : les parcs nationaux. *Géochronique*, n°62, p. 12.
- Ferry, R., Grau, R. et Bouvier, P., 1981.** L'archéologie à Djibouti, *Archéologia*, n° 159, pp. 46 - 63.
- Fontes J.-C. et Pouchan P., 1975.** Les cheminées du lac Abbé (TFAI) : stations hydroclimatiques de l'Holocène. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 280, série D, p. 383 - 386.
- Fuchs J.-P., 1997.** Les parcs nationaux et régionaux - un objectif commun : Valoriser et protéger notre espace : les parcs naturels régionaux. *Géochronique*, n°62, p. 12.
- Gasse F., 1975.** *L'évolution des lacs de l'Afar central (Ethiopie et TFAI) du Plio-Pléistocène à l'actuel.* Thèse Dr. Et., Université Paris VI, 406 p.
- Gasse F. et Fontes J.C., 1989.** Paleoenvironnements and paleohydrology of a tropical closed lake (lakeAsal, Djibouti) since 10, 000 yr B.P. *Paleogeogr., Paleoclim., Paleoecol.*, 69, p. 67 - 102.
- Lagny Ph., Michel J.C., 2003.** Les bactéries. *Géochronique*, n°86, p. 13 - 35.
- Langguth H.R. et Pouchan P., 1975.** Caractères physiques et conditions de stabilité du lac Assal (T.F.A.I.). In *Afar depression of Ethiopia, Pilger and Roster, Eds.*, Schweizerbart, Stuttgart, p. 250 - 258.
- Joussaume, R., 1989.** Gravures rupestres en République de Djibouti. *Rev. Sci. Tech. ISERST*, n°2, pp. 105 - 129.
- Joussaume, R., dir., 1995.** - *Tiya - L'Ethiopie des mégalithes ; Du biface à l'art rupestre dans la Corne d'Afrique ;* Edition chauvinoises. Art rupestre, p. 38-63.
- Joussaume, R et Poisblaud, B., 2004.** Art rupestre en République de Djibouti. *Rapport de mission M.E.A.*, 7 janvier - 6 février 2004, 8 p et 11 fig.
- Manighetti I., 1997.** Quand l'Arabie décide d'en finir avec l'Afrique ... L'Afar, dernière attache entre deux continents avant l'ouverture d'un océan. *LA RECHERCHE*, n°298, p.62- 67.
- Manighetti I., 1995.** En décembre 1975 dans la Recherche « L'Afar, un point chaud de la géophysique », relu vingt ans plus tard par Isabelle Manighetti. *LA RECHERCHE*, n°282, p97.
- Manighetti I., 1993.** *Dynamique des systèmes extensifs en Afar.* Thèse de Doctorat ; *Tectonique et Géodynamique*, Université de Paris VI, 240 p.

- Mégnién C., 1997.** Parcs naturels et géologie. *Géochronique*, n°61, p. 12.
- Ministère du Commerce du Transport et du Tourisme, 1986.** Décret n° 86-050/PR/MCTT - Portant organisation de l'Office du Tourisme et de l'Artisanat.
- Ministère de l'Energie et des Ressources Naturelles, 2002.** Décret n° 2002 - 0226 - Portant réglementation spécifique de l'extraction, de traitement et de commercialisation du sel du Lac Asal.
- Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines, 1994.** Loi n°66 de l'année 94 - Portant Code Minier.
- Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme, de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, 2004.** La gestion des aires protégées. *Espace, Bull. Inf. Sen. du MUHEAT*, n°7, p. 15 - 17.
- Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme, de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, 2001.** Décret n° 2001- 0011 - Portant mise en place de la procédure d'étude d'impact environnemental.
- Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme, de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, 2000.** Loi n° 106 de l'année 2000 - Portant loi - cadre sur l'environnement en République de Djibouti
- Ministère de la Santé et des Affaires Sociales, 1997.** Décret n° 97-0189/PR/MS : portant réglementation de l'importation et de la commercialisation du sel iodé.
- Perthuisot J.P., 1980.** Sites et processus de la formation d'évaporites dans la nature actuelle. *Bull. Cent. Rech. Explor. - Prod. Elf-Aquitaine*, 4, 1, p. 207-233.
- Poisblaud B., 2004.** Le site d'Asgoumhati (République de Djibouti) - "Les groupes du Ghoubbet à Djibouti". *Rapport de mission M.E.A.*, 7 janvier - 6 février 2004, 20 p.
- Poisblaud B., 1999.** *Les sites du Ghoubbet à Djibouti dans le cadre de la Préhistoire récente de l'Afrique de l'Est.* Thèse, université de Paris I, 2 vol., 460 p.
- Poisblaud B., Cros, J.P., Gniady, S. et Hanier, S., 2002.** 2ème mission archéologique dans le Ghoubbet (République de Djibouti). *Rapport de mission 2001 M.A.E.*, 28 p.
- Rouchy J.-M., 2001.** Environnements évaporitiques actuels. *Géochronique*, n°80, p15-18.
- Ruegg J.C., Lépine J.C. et Vincent C., 1980.** Sismicité et microsismicité de la dorsale de Tadjoura, tectonique et frontière de plaques. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), t. XXII, n°6, p. 947 - 923.
- Société géologique de France, 1994.** Actes du premier symposium sur la protection du patrimoine géologique, Digne - les - Bains, 11 - 16 juin 1991, S.G.F., mémoire n° 165, 276 p.
- Stietljes L., 1973.** *L'axe tectono-volcanique d'Asal (Afar central - TFAI).* Thèse, Doctorat de 3ème cycle, Université de Paris XI.
- Teilhard de Chardin, P., Breuil, H. et Wernert, P., 1939.** Les industries lithiques de Somalie Française. *L'Anthropologie*, t. 49, pp. 497 - 522.
- UNESCO, 1972.** Convention concernant la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel.
- Varet et Gasse, F., 1978.** Carte géologique de l'Afar central et méridional (Ethiopie et République de Djibouti). *CNRS éd.*, 125 p.
- Vellutini P. et Piquet P., 1994.** *Djibouti - Itinéraire géologique.* Mis. Fr. de Coopération et d'Action Culturelle à Djibouti, BCIMR et P.F.A. ed., 289 p., Djibouti.



· Fleurs de sel · Sources thermale de Korilli. Lac Asal



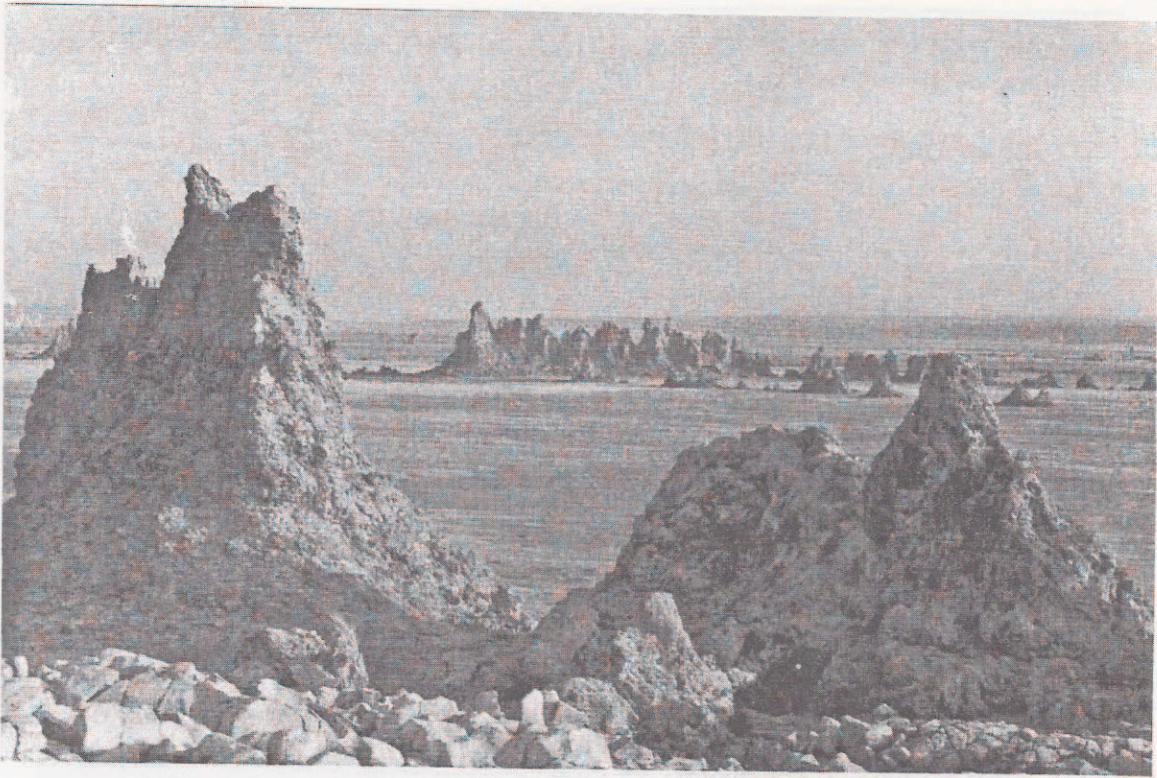
*Billes et galets de sel (halooïdes)
Lac Asal*



*Bovidés à très longues cornes
Site Grand Bara*



*Bovidés à gauche et autruches à droite
Site Garabbayis*



*Cheminée du Lac Abhé
Edifices carbonates déchiquetés ou fondus comme des bougies*



*Dans l'axe du Rift : édifice carbonaté de type
* Cerebroid Stromatolites **



*Rift d'Asal : vue de la banquise.
Premier plan : plage de sel avec vagues moutonnées dans un vert intense
dû au bactéries chlorophiliennes.
Second plan : le Rift : bombement asymétrique et escarpement en escalier*



*Dans l'axe du Rift, secteur Hâhayta kôma
Lave en ' Tripes '*