

Le karst tropical humide. Essai de synthèse. L'exemple du Zaïre

Raymond MICHEL

Résumé

Une revue synthétique des recherches sur le karst tropical depuis le début du siècle montre les limites des connaissances de la morpho-climatogenèse karstique sous climat tropical humide. Une synthèse des connaissances des formations carbonatées du Zaïre a permis de distinguer quatre grandes régions karstiques : le Bas-Zaïre, le Shaba, le Kasai et la région Aruwimi-Ituri-Uele.

Abstract

A synthetic overview of the scientific work on the tropical karst since outset of this age shows the limits of climato-genetic karst geomorphology in the humid tropics. A synthetic knowledge of limestones geology and geomorphology in Zaïre allows to distinguish four broad karst regions : Bas-Zaïre, Shaba, Kasai and Aruwimi-Ituri-Uele region.

I. INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, les sujets de discorde se sont multipliés entre les partisans et les détracteurs de la géomorphologie climatique. La géomorphologie karstique n'a pas échappé à cette problématique.

Malgré l'importance des changements climatiques observés au Cénozoïque, plusieurs auteurs (JENNINGS, 1985; WILLIAMS, 1987) estiment que le climat n'est qu'un des nombreux facteurs de la morphogenèse karstique.

Au début du siècle, les géomorphologues (CVIJIC, 1893, 1918; MARTEL, 1900; PENCK, 1913), s'appuyant sur la description du karst dinarique, considéraient les formes et les processus karstiques comme azonaux. Tout au plus quelques auteurs (CHOLNOKY, 1928, 1932; DUDICH, 1932) admettaient-ils non pas des différences qualitatives mais des différences quantitatives concernant les processus de karstification existant sous différents climats.

DANES (1910) estimait que sous climat tropical humide (Jamaïque, Java), chaque forme karstique devait être replacée dans un simple contexte évolutif et que la nomenclature des formes karstiques pouvait être utilisée universellement sous n'importe quel climat.

C'est l'école soviétique de DOKUCHAEV (1883) qui, la première, introduisit le concept climatique pour décrire le karst des régions froides. Dès 1947, MAKSIMOVICH définissait le thermokarst (*frostkarst*) comme un pseudo-karst des régions de toundra.

Plusieurs auteurs (JENNINGS, 1985; NICOD, 1972) con-

sidèrent que l'école allemande (LEHMANN, 1936, 1954, 1956, 1960), s'appuyant sur une étude réalisée dans le karst de Java, fut à la base du développement de la géomorphologie climatique.

LEHMANN eut de nombreux adeptes : WISSMANN (1954), CORBEL (1955, 1959, 1961), GVOZDETSKY (1958), KLIMASZEWSKI (1958), BIROT (1958), RENAUULT (1959), SAINT-OURS (1959), GERSTENHAUER et SWEETING (1960), DOUGLAS (1964), MAKSIMOVICH (1964), VERSTAPPEN (1964), CHIKISHEV (1965). Depuis cette date, les théories de LEHMANN furent de plus en plus controversées.

PANOS et STELCL (1968) démontrèrent que plusieurs formes du karst cubain, attribuées par LEHMANN à des processus propres au climat tropical humide, pouvaient être facilement expliquées par la structure géologique.

BROOK et FORD (1976, 1978) estiment que le karst à tours, considéré par LEHMANN comme une forme caractéristique du climat tropical humide, s'observe également sous climat subarctique (N.W. Canada) et que ce type de karst est récent.

LÖFFLER (1977) dénonce la thèse de JENNINGS (1969) et attribue au karst de Nouvelle Guinée une origine structurale.

JENNINGS (1982) fait marche arrière par rapport à 1969 et attribue une origine structurale au karst à tours du N.E. du Queensland. Par contre, WILLIAMS (1978) considère le karst à cônes de la partie chaude de la Nouvelle-Zélande comme typique d'un climat tropical humide.

II LES DIFFERENTS TYPES DE KARST TROPICAL

A. Le karst de surface

Sous les Tropiques, les karsts de surface les plus spectaculaires et les plus variés se rencontrent dans les Antilles (Cuba, Jamaïque) et en Asie du S.E. (Chine du Sud, Nouvelle Guinée, etc.).

De tous les karsts dits climatiques, le karst tropical a été longtemps considéré comme le mieux individualisé. Ce qui a le plus frappé les premiers explorateurs, c'est la multiplicité des reliefs résiduels et, comme le signale Ex (1987), l'inversion des reliefs karstiques par rapport aux régions tempérées froides.

NICOD (1972) distingue :

— des karst *atypiques* (plateaux, dolines, vallées sèches), semblables à ceux observés dans les régions tempérées. L'exemple type est fourni par le karst de Floride où l'on observe des dolines (*Cenotes*) (CORBEL, 1959) profondes dont le fond est souvent occupé par un lac; celles-ci se sont développées dans des calcaires (Eocène, Miocène) dans lesquels une nappe phréatique alimente des résurgences et inonde les Everglades. Ce type de formes s'observe également en Afrique centrale, dans le Kwilu (RENAULT, 1959) et au Kasai (RAUCQ, 1956).
— des karst *typiques* dans lesquels il ne subsiste pas de surface de plateau.

On doit à LEHMAN (1936, 1954) et à l'avènement de l'école karstologique allemande la terminologie (*kegelkarst*, etc.) qui est généralement utilisée pour définir les formes "typiques" du karst tropical.

Le *kegelkarst* (karst à pitons, karst conique, *cone karst*) est caractérisé par des reliefs coniques dépassant plusieurs centaines de mètres de hauteur, entre lesquels s'étendent des dépressions profondes à fond plat qu'on appelle *cockpits* (SWEETING, 1968). Parfois ces dépressions ont une forme en plan étoilé car elles s'insinuent entre les collines (EK, 1987). Le calcaire affleure à la base où l'on observe souvent des demi-grottes creusées par la nappe d'inondation (MAC DONALD, 1976; SMART, 1981). Ces buttes coniques peuvent être transpercées par des grottes-tunnels (*hillfoot caves, fushöhlen*) (BROOKE, 1978) dont les plus tristement célèbres sont celles du Tonkin qui ont été empruntées par le Vietcong pour s'infiltrer près de Dien-Bien-Phu.

Le *kegelkarst* s'observe dans plusieurs régions tropicales: Yunnan, Mexique, Jamaïque ("cockpit country") (SWEETING, 1988), Bas-Zaïre (QUINIF, 1975) et Kwilu (RENAULT, 1959).

Le *turmkarst* (karst à tourelles, *tower karst*) semble résulter d'une évolution longue, voire d'un stade ultime et très développé du *kegelkarst*. Ainsi, en Chine, le *kegelkarst* du Yunnan fait place, vers l'est, au *turmkarst* du Guizhou et du Guangxi (EK, 1987). Mais YUAN (1981) a prouvé que les formes les plus typiques du karst à tourelle ont été construites dans des quartzites ! QUINIF (1985) considère

que le karst à tours du Bas-Zaïre s'est développé sous climat subaride. Actuellement, on admet généralement que la genèse de ce type de karst est plus dépendant de la structure que l'on ne croyait jadis.

Le *kuppen karst* (karst à mamelons, karst à *mogotes*) consiste en une multitude de collines à flancs généralement raides de plusieurs dizaines de mètres de hauteur, disposées de manière anarchique et mal individualisées (NICOD, 1972). Dans certaines régions de Porto Rico, on observe des reliefs en concombrs (*Pepinos*).

Dans les régions très humides (précipitations supérieures à 5 m/an), LEY (1980) a observé au Sarawak des *pinacles* de plusieurs dizaines de mètres de haut, parfois incisés de cannelures. Mais ce type de formes s'observe également dans le Yunnan (CHEN ZHI PING *et al.*, 1986).

Le karst à labyrinthes (*karstgassen*) consiste en de profonds couloirs influencés par la tectonique (failles, diaclases) (NICOD, 1972).

WILLIAMS (1972) distingue trois stades d'évolution du karst tropical :

- le karst à dolines (*doline karst*) où chaque doline perfore une surface (d'érosion, structurale) qui n'interfère pas avec ses voisines;
- le karst polygonal (*polygonal karst*) où la plus grande partie de la surface initiale a été attaquée par l'érosion. Les dépressions fermées se développent en favorisant la formation de collines résiduelles le long d'un réseau polygonal. WILLIAMS distingue plusieurs catégories : *cone karst, pinnacle karst, ali-gned karst*;
- les plaines karstiques (*plain karst*) où les surfaces planes occupant la plus grande superficie, entourent des collines résiduelles parfois de type tourelle.

BALAZS (1973) centre son étude sur l'analyse des reliefs résiduels en étudiant le rapport (d/a) entre le diamètre (d) de la base de chaque colline et sa dénivellation (a). Il distingue quatre types principaux :

- *Yangzhou* (d/a inférieur à 1,5) caractérisant le karst de Chine du Sud (Guangxi, etc.) avec des reliefs résiduels à pente forte (*tower karst*) de 100 à 300 m de haut et dont la densité est de 5 à 10/km².
- *Organos* (d/a compris entre 1,5 et 3) caractéristique de la Sierra de Los Organos (Cuba), appelé localement *mogotes*, à versants en pente faible, de 50 à 200 m de haut et dont la densité est de 15 à 20/km².
- *Sewu* (d/a compris entre 3 et 8) observé à Gunung Sewu dans le sud de Java, constitué de collines hémisphériques de 30 à 120 m de haut et dont la densité est de 15 à 30/km².
- *Tual* (d/a supérieur à 8) typique de Kaiketjil Island (Indonésie) avec des reliefs résiduels de 25 à 50 m de hauteur et une densité de 50/km².

B. Le karst souterrain

Même si certains massifs calcaires tropicaux dominent les plaines les plus peuplées du monde (Cuba, etc.), une grande partie de ceux-ci appartiennent au domaine de la forêt subtropicale (Sarawak, Nouvelle-Guinée, Zaïre) longtemps impénétrée et difficilement pénétrable.

"L'Asie du Sud-Est monopolise les plus grands karsts tropicaux de la planète" (MAIRE, 1980). En effet, Java (WALTHAM *et al.*, 1985), Bornéo (WALTHAM *et al.*, 1980; WILLIS *et al.*, 1982; CRABTREE et FRIEDRICH, 1982), la Nouvelle-Guinée (MAIRE, 1980, 1981; DELNATTE, 1987; GILLIESON, 1986; LAMMLI, 1987; MONTSERAT NEBOT, 1978), la Chine du Sud (Ex et GEWELT, 1985) et la Thaïlande (DEHARVENG et GOUZE, 1983) sont les régions tropicales humides où les récentes expéditions spéléologiques ont montré les plus grands réseaux karstiques souterrains.

En Afrique tropicale et au Zaïre en particulier, les formations carbonatées appartiennent presque exclusivement au Précambrien et elles n'ont pas la puissance observée en Asie. De plus, le karst du Zaïre est généralement un karst barré (Shaba, etc.) ou un karst couvert (Kasai). Bien que peu étendu, le réseau souterrain du karst zaïrois ne manque pas d'intérêt car il recèle par son orientation, ses niveaux d'érosion et de concrétion, des témoins de l'évolution tectonique et paléoclimatique de l'Afrique centrale.

C. Localisation des régions calcaires de la zone inter-tropicale

La zone intertropicale est constituée principalement de socles et de séries sédimentaires composées généralement de grès. Mais on observe aussi plusieurs affleurements calcaires importants.

En Asie, on distingue d'une part l'énorme étendue des calcaires permo-carbonifères de la Chine du Sud (CHEN ZHI PING et SWEETING, 1986) et d'autre part les calcaires tertiaires des arcs insulaires : Nouvelle-Guinée (VERSTAPPEN, 1954), Bohol-Philippines (URICH, 1989), Sarawak (WALL, 1972; SWEETING, 1980), Thaïlande (DEHARVENG et GOUZE, 1983; DELANNOY, 1981).

L'Amérique centrale est riche en affleurements calcaires d'âges variés (NICOD, 1972). Tantôt ils correspondent à des formations tabulaires comme celles rencontrées en Floride (CORBEL, 1959) et à Porto-Rico (BIROT, 1968), tantôt, comme à Cuba (LEHMANN, 1956), on observe des zones fortement plissées.

En Afrique, on connaît les calcaires du Précambrien (LEPERSONNE, 1973) et les calcaires secondaires et tertiaires du nord-ouest de Madagascar (Rossi, 1973, 1974). Mais ces derniers appartiennent au climat tropical sec.

III. LES REGIONS KARSTIQUES DU ZAIRE

Les formations calcaires du Zaïre appartiennent presque exclusivement aux terrains d'âge précambrien.

Suivant l'échelle ASGA, le Précambrien africain comprend *l'Archéen* (plus de 2,5 milliards d'années) et le *Protérozoïque* (entre 2,5 milliards et 600 millions d'années) se subdivisant généralement en :

- Précambrien inférieur (de 2,5 à 1,8 M.A.);
- Précambrien moyen (de 1,8 à 1 M.A.);
- Précambrien supérieur (de 1 Ma à 600 M.A.).

L'Archéen, le Précambrien inférieur et moyen se caractérisent principalement par des séries métamorphiques et granitiques généralement tectonisées (BUFFARD, 1984). Seules deux formations carbonatées du Shaba : Kikosa (Précambrien inférieur) et Kibarien (Précambrien moyen) appartiennent à ce groupe.

Au Zaïre, on distingue quatre grandes régions karstiques carbonatées précambriennes :

- l'Ouest-Congolien du Bas-Zaïre;
- le Katanguien du Shaba;
- le système de la Mbuji-Mayi au Kasai oriental;
- le Lindien du Haut-Zaïre.

A ces terrains, il faut ajouter les travertins cénozoïques du Kivu, les cavités développées dans les grès calcaireux crétaciques (Wealdien) de la Cuvette et les formations carbonatées du Haut-Uele, que l'on attribue parfois au Lindien (LEPERSONNE, 1973).

Les phénomènes karstiques du Zaïre ont fait l'objet de plusieurs études descriptives. Citons par ordre chronologique : LEMAIRE (1901), SCHWETZ (1923, 1925), SCHWETZ et LOOD (1927), CABU (1935, 1936), CREPPE (1935), SLUYS (1947), FAES (1950), RUSCART (1951), HEUTS et LELEUP (1954), RAUCQ (1956, 1959), DUMONT (1960), OLLIER et HARROP (1963), ANCIAUX DE FAVEAUX (1965, 1976), MALEMBE NKOJI (1974), TSHIBIDI (1979), BUFFARD (1984), QUINIF (1985, 1986), QUINIF et DUPUIS (1989).

A. Le Bas-Zaïre

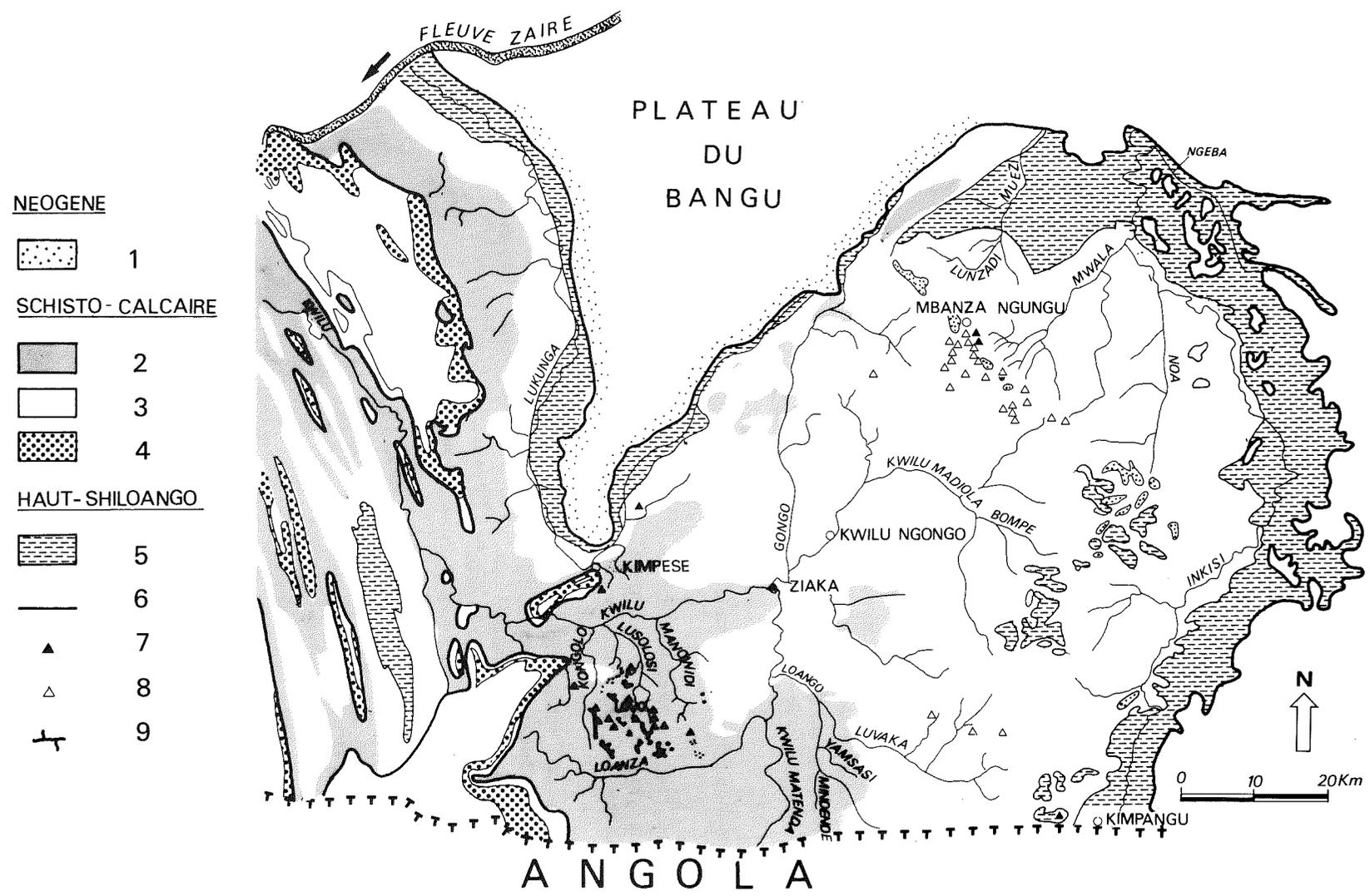
1. La géologie

A l'exception des terrains phanérozoïques de la région littorale, les formations carbonatées du Bas-Zaïre appartiennent au Précambrien supérieur (LEPERSONNE, 1973; CAHEN, 1978). Elles correspondent à l'Ouest-Congolien (Haut-Shiloango, schisto-calcaire) dont le groupe schisto-calcaire caractérise la principale région karstique du Bas-Zaïre (Fig.1).

L'échelle lithostratigraphique de ce groupe est la suivante :

. Faisceau de Ngandu (C IV)

- Schistes calcaireux rouges et calcaires argileux rouges ou roses;
- calcaires argileux rouges, calcaires bleu pâle.



R. MICHEL

Figure 1 : Le karst du Bas-Zaïre. 1. Sable du Kalahari supérieur (So); 2. Faisceau du Kwilu (CI); 3. Faisceau de la Lukunga (CII); 4. Faisceau de Sekelolo (Sh2); 5. Faisceau du Bangu (CIII); 6. Limite schisto-calcaire; 7. Grottes (LELEUP *et al.*, 1954); 8. Grottes (carte géologique, feuille de Ngungu); 9. Reliefs résiduels.

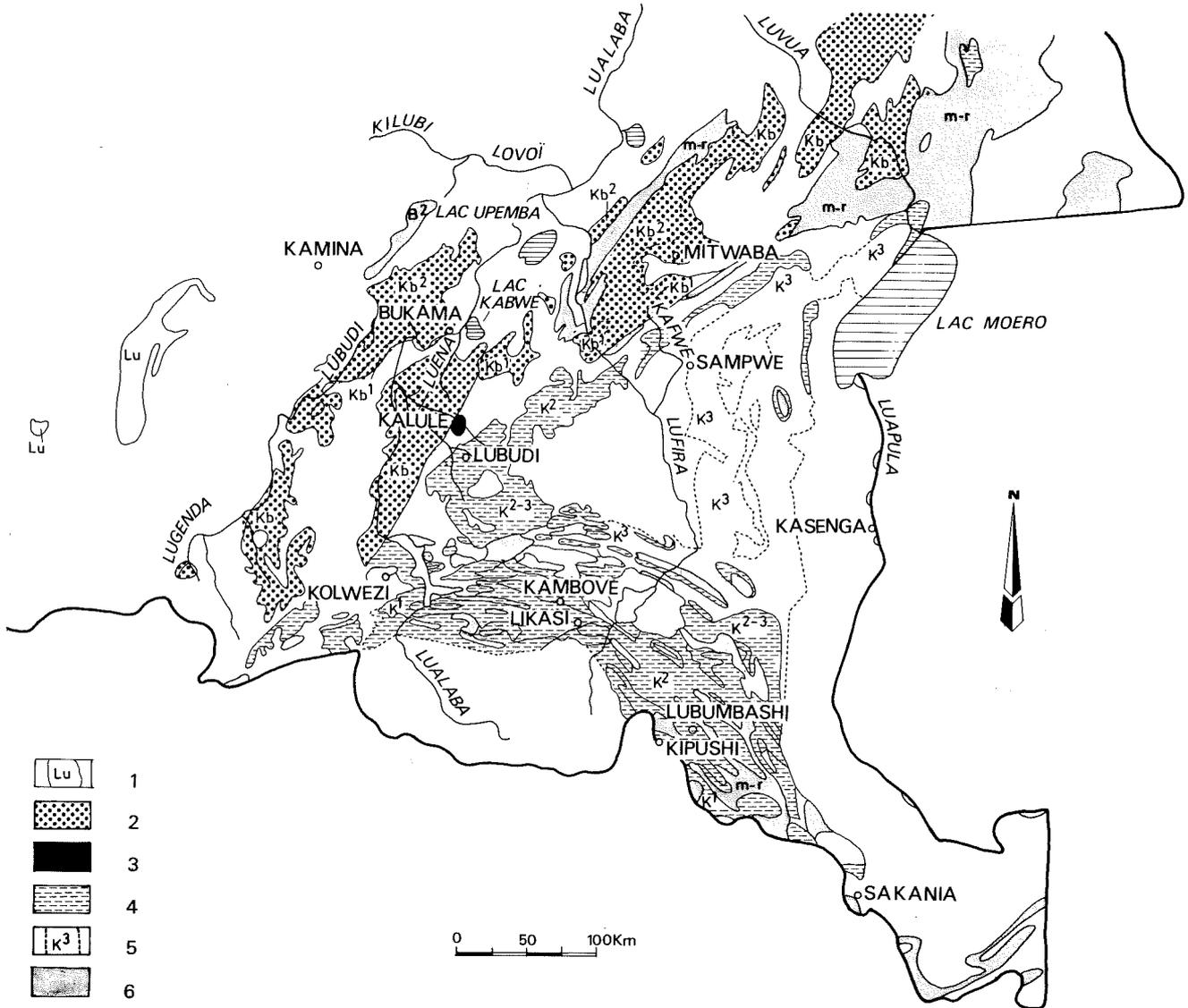


Figure 2 : Formations carbonatées du Shaba. 1. Formation de Luamba; 2. Kibarien (Kb), Kibarien inférieur (Kb1); 3. Ante Kibarien (Kikosa); 4. Kundelungu inférieur (K1); Kundelungu moyen (K2); 5. Kundelungu supérieur (K3); 6. Mwashya et Roan (m-r) - Remarque : B2 (cf légende Fig. 4).

. *Faisceau de Bangu (C III)*

- calcaires dolomitiques, dolomies, schistes et cherts (C5 sup, 6) ;
- oolithes de Kisantu (C₅b);
- calcaires dolomitiques (C5a);

. *Faisceau de la Lukunga (C II)*

- schistes et cherts (C₄c);
- calcaires, dolomies et cherts (C₄b);
- schistes et cherts (C₄a);

. *Faisceau du Kwilu (C I)*

- calcaires de la Luanza (C4);
- schistes, macignos et calcaires de Bulu (C2);
- dolomie rose et grise.

2. Le karst

Le bassin du Kwilu (Lovo, km 41) se caractérise par une morphologie karstique (*kegelkarst, turmkarst*) que l'on attribue généralement à la morphologie tropicale. On y observe aussi bien un karst à collines (versant convexo-concave à couverture meuble) qu'un karst à tours (abrupt en roche nue ciselé par des lapiaz à *tsingy*). QUINIF (1986) y voit une séquence évolutive dont le moteur des transformations doit être recherché dans les alternances paléoclimatiques. Ainsi, le karst à cônes observé aux altitudes les plus élevées serait formé sous climat équatorial tandis que le karst à tour observé aux altitudes les plus basses aurait été généré par un climat subaride.

La morphologie karstique souterraine du Bas-Zaïre a fait l'objet de plusieurs études descriptives (HEUTS et LELEUP, 1954; QUINIF, 1989).

HEUTS et LELEUP (1954) distinguent trois grands secteurs karstiques :

— Le secteur 1 comprend 24 grottes. La plupart de celles-ci appartiennent au bassin du Kwilu (rivières Gongo, Fuma, Luo, Kokosi) et se situent au sud de Mbanza-Ngungu.

— La presque totalité des grottes du secteur 2 (4 grottes) et du secteur 3 (17 grottes) appartiennent également au bassin du Kwilu mais elles sont formées dans deux massifs distincts, séparés par la plaine de la Loanza.

Les grottes de Mbanza-Ngungu ont été creusées dans le niveau C₄b du faisceau C II de la Lukunga; celui-ci affleure dans la plus grande partie du bassin du Kwilu.

Au fur et à mesure que l'on se dirige vers le S.O. (Angola), les niveaux C₃ et C₄, profondément érodés, n'existent plus que sous forme de reliefs résiduels. Les grottes de cette région sont creusées à la base ou à flanc de versant de ces îlots. Parfois, elles ont entamé légèrement le sommet de C₂.

Les niveaux des grottes peuvent être raccordés à 4 niveaux d'aplanissement (CAHEN et LEPERSONNE, 1948). Les grottes les plus anciennes caractérisent la partie

orientale (Mbanza-Ngungu); elles correspondent aux niveaux P1 et P2. Par contre, la base des grottes de la région de Lovo se situe au niveau P3.

L'étude de HEUTS et LELEUP (1954) a porté sur la description biotopique de 45 grottes et a abouti aux conclusions suivantes :

- la concentration minimale en CO₂ des eaux souterraines augmente pendant la saison sèche. Celle-ci varie durant l'année entre 10 et 30 mg CO₂/l;

- la stabilité de la température des grottes (moyenne de 22°) est plus prononcée que dans les régions tempérées;

- l'humidité relative (95%) et la concentration des eaux (gours, etc.) en Ca(HCO₃)₂ est d'une importance capitale pour la vie des cavernicoles (troglobies terrestres). La concentration des eaux en Ca(HCO₃)₂ varie entre 250 et 480 mg/l; elle augmente en saison sèche.

Dans le sud de la République du Congo (Kouilou), il existe un vaste synclinal orienté NO-SE occupé par les plaines de Niari et du Nyanga. Celles-ci sont creusées dans les mêmes formations calcaires que celles observées au Bas-Zaïre, au Gabon et en Angola. RENAULT (1959) y a observé des reliefs à pitons, des vallées sèches, des dolines de grand diamètre et de faible profondeur, parfois occupées par un lac.

A proximité du Niari, quelque soixante cavernes ont été recensées. Elles se caractérisent par un réseau en labyrinthe développé à faible profondeur (RENAULT, 1959).

B. Le Shaba

1. La géologie

Les niveaux carbonatés du Shaba s'observent dès le Précambrien inférieur. Mais leur développement s'accroît dans les terrains du Précambrien moyen et supérieur (BUFFARD, 1984) (Fig.2).

Les seules formations du Précambrien inférieur correspondent à la formation anté-kibarienne de *Kikosa*. Situées au nord de Lubudi, ces formations carbonatées affleurent dans les dépressions synclinales des rivières Buyofwe, Kikosa, Kasandji et Diabulungo. Les rivières Diabulungo et Buyofwe ont un écoulement souterrain sur près de 800 m (BUFFARD, 1984).

Le Précambrien moyen (Kibarien) possède un niveau carbonaté de près de 100 m d'épaisseur qu'on peut observer dans la vallée de la rivière Lugenda, à l'ouest de Kolwezi. Il appartient au *faisceau de Katanta* (Kibarien supérieur) et comprend des calcaires et des calcaires dolomitiques à stromatolithes, parfois silicifiés. Vers le N.E., le faisceau de Katanta passe au *faisceau de Marungu* où on observe les calcaires de *Lusaka*. On a signalé également des intercalations de calcaires et de dolomies dans le Kibarien inférieur (LEPERSONNE, 1973).

Le Précambrien supérieur (Katanguien) comprend un ensemble sédimentaire tabulaire au N.E. et plissé dans le S.E. (arc plissé du Shaba). Il se subdivise en deux formations carbonatées) :

a. le *Roan moyen* se caractérise par des dolomies siliceuses gris-noir (*faisceau de la série des mines*). Les quelques cavités observées dans celles-ci recèlent des dépôts d'oxyde de cuivre et de cobalt ainsi que des concrétions de carbonate de cuivre (malachite, azurite). Le *Roan supérieur* (*faisceau de la Mofya*) comprend des dolomies et des calcaires.

b. le *Kundelungu* se subdivise en :

(1) Kundelungu inférieur qui comporte une formation carbonatée (formation de *Kakontwe*). Celle-ci ne se développe que dans l'extrême sud du Shaba. On peut y observer des grottes et les pertes de la rivière Lufundu (BUFFARD, 1984). Près de Likasi, les carrières de la cimenterie de Kakontwe ont recoupé plusieurs réseaux karstiques alignés sur les fractures N 20° à N 45° (BUFFARD, 1984).

(2) Le Kundelungu supérieur possède deux niveaux carbonatés :

Les dolomies de *Lusele* forment une ligne de cuestas que plusieurs rivières (Kakule, Lubudi, Lusele) franchissent en formant des canyons karstiques. Plusieurs grottes existent dans cette région; elles ont une morphologie qui est orientée par deux systèmes de diaclases orthogonaux (N 160°, N 65°). Plusieurs conduits latéraux recoupent des méandres (BUFFARD, 1984).

Les calcaires (oolithiques, à stromatolithes) de Lubudi sont situés au point de vue stratigraphique au-dessus de la formation précédente. Leur épaisseur augmente vers le nord du plateau de Bianco. Ces calcaires affleurent entre Mitwaba et Lubudi sous forme d'une deuxième ligne de cuestas dont le revers est incisé par les rivières Kibole, Lusele, Kanianga et Kafwe. Cette région se caractérise par un karst à tourelles (BUFFARD, 1984), à piliers (TSHIBIDI, 1979). Les pentes les plus fortes comportent des pinacles (BUFFARD, 1984). Les plus grands réseaux karstiques souterrains (Kiwakishi, etc.) appartiennent également à ces formations.

2. Le karst

L'existence de grottes et de troglodytes a été signalée dès 1887 sur le Mont Sombwe (massif des Kundelungu) (LEMAIRE, 1901). Mais les premières explorations systématiques des grottes du Shaba datent de 1958, année de la fondation de la Société spéléologique du Katanga. ANCIAUX DE FAVEAU (1965, 1976), son initiateur, a répertorié près de 20 sites de grottes, localisés dans les régions suivantes (Fig. 3) :

- Lubumbashi (grotte de Baya);
- Likasi (grottes de Kakontwe, de Pempéré);
- Lubudi (grottes de Kiantapo, de Kyamakonda, de Kandu, de Mpopola, de Mulonga, de Kyasala, de Lusolo et de Kaboyaboya);
- autres régions : grottes de Kondo (Kakanda), de Tshamakele (Mwela-Pande), du Mont Kibwe, de Kiwakishi, de Kasoma (Parc Upemba) et de Tshama-

lenge.

Comme nous l'avons signalé plus haut, les plus grands réseaux karstiques souterrains correspondent aux calcaires de Lubudi. La plupart des grottes sont localisées dans les calcaires à stromatolithes mais l'érosion a parfois entaillé les calcaires oolithiques sous-jacents (BUFFARD, 1984). Parmi ces réseaux souterrains, on peut citer :

- le complexe grotte de Kiwakishi-grotte Casteret (DUMONT, 1960) comportant près de 6 km de galeries disposées suivant un réseau en labyrinthe (N 60°, N 160°). Celui-ci est colmaté par d'importants dépôts argileux (BUFFARD, 1984). Les concrétions (gours, coulées stalagmitiques), abondantes, présentent des traces d'altération (DU MONT, 1960).
- la grotte Kiankoma, en aval des chutes Kiubo, sur la rive droite de la Lufira ;
- la grotte-tunnel de la Kanianga, longue de 600 m;
- les grottes de Kiantopo, situées au pied du contrefort nord du plateau de Bianco, célèbres pour leurs gravures rupestres (MORTELMANS, 1952).

Plusieurs grottes (Kiwakishi, etc.) ont servi de refuge aux populations locales lors des invasions Baluba de la fin du siècle dernier.

Les grottes du Shaba sont riches en animaux cavernicoles. A proximité de leur entrée, on a découvert des sépultures très anciennes (LEMAIRE, 1901; MORTELMANS, 1952).

C. Le Kasai

1. La géologie

Les formations carbonatées du Kasai appartiennent principalement au supergroupe de la Mbuji-Mayi (anciennement Bushimay) que l'on considère comme contemporain de la formation du Roan au Shaba (Fig. 4). Celui-ci est caractéristique de la région des rivières Mbuji-Mayi et Luilu mais il se prolonge également au Kasai occidental et au Shaba (formation de la Luamba).

La composition lithostratigraphique du supergroupe de la Mbuji-Mayi est la suivante (RAUCQ, 1970) :

Groupe BII

- calcaires variés, zonaires, brècheïdes ou construits, dolomitiques en bas (BII_c);
- dolomies grises à cherts divers, passant à des schistes à la base (BII_d);
- dolomies construites avec intercalations schisteuses (BII_c);
- roches calcaro-dolomitiques et argileuses claires, largement conglomératiques, souvent gypseuses, dolomies cherteuses en haut et en bas (BII_b);
- dolomies grises construites (BII_a).

Groupe BI

- schistes dolomitiques gris (BI_e);

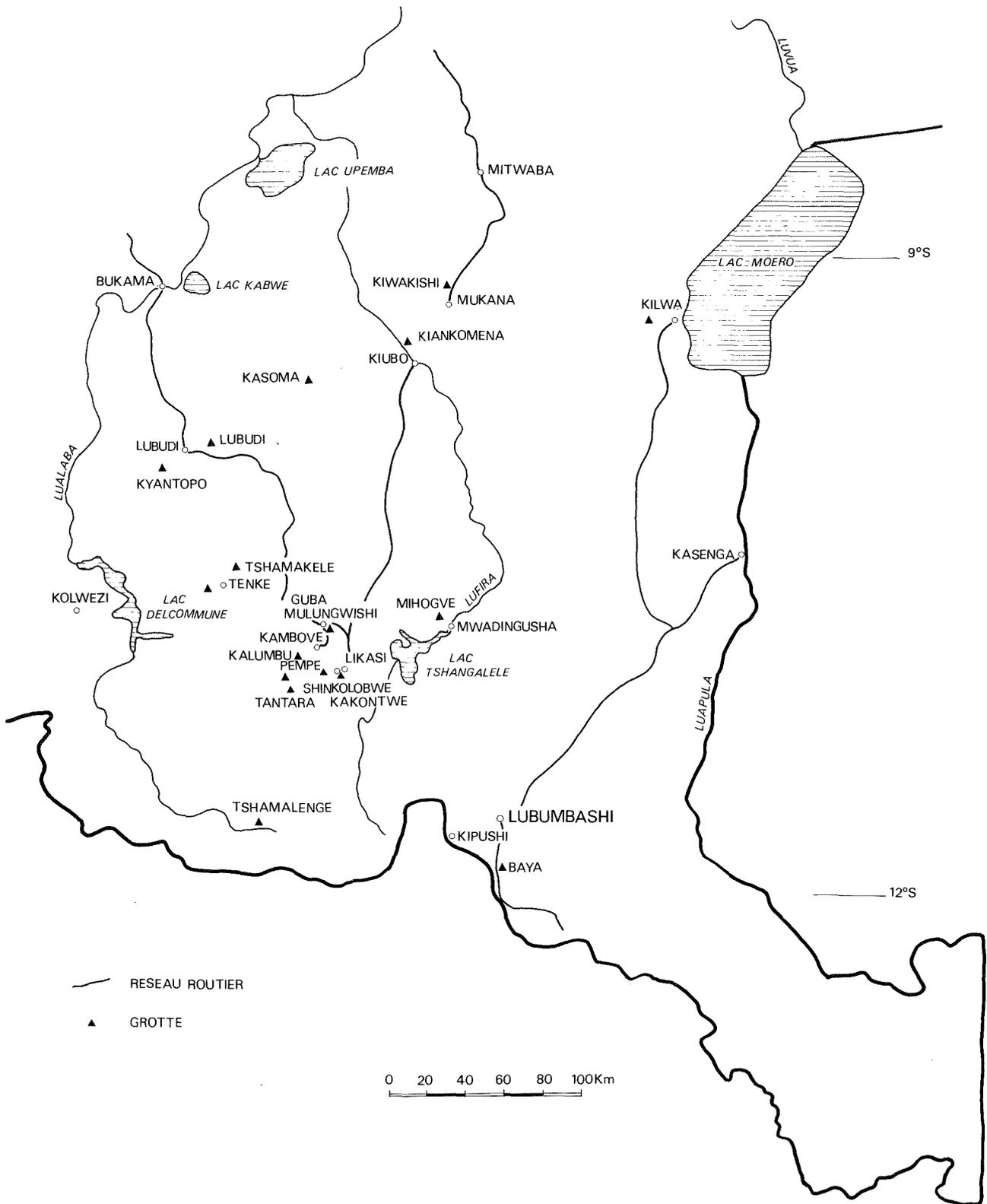


Figure 3 : Localisation des grottes du Shaba.

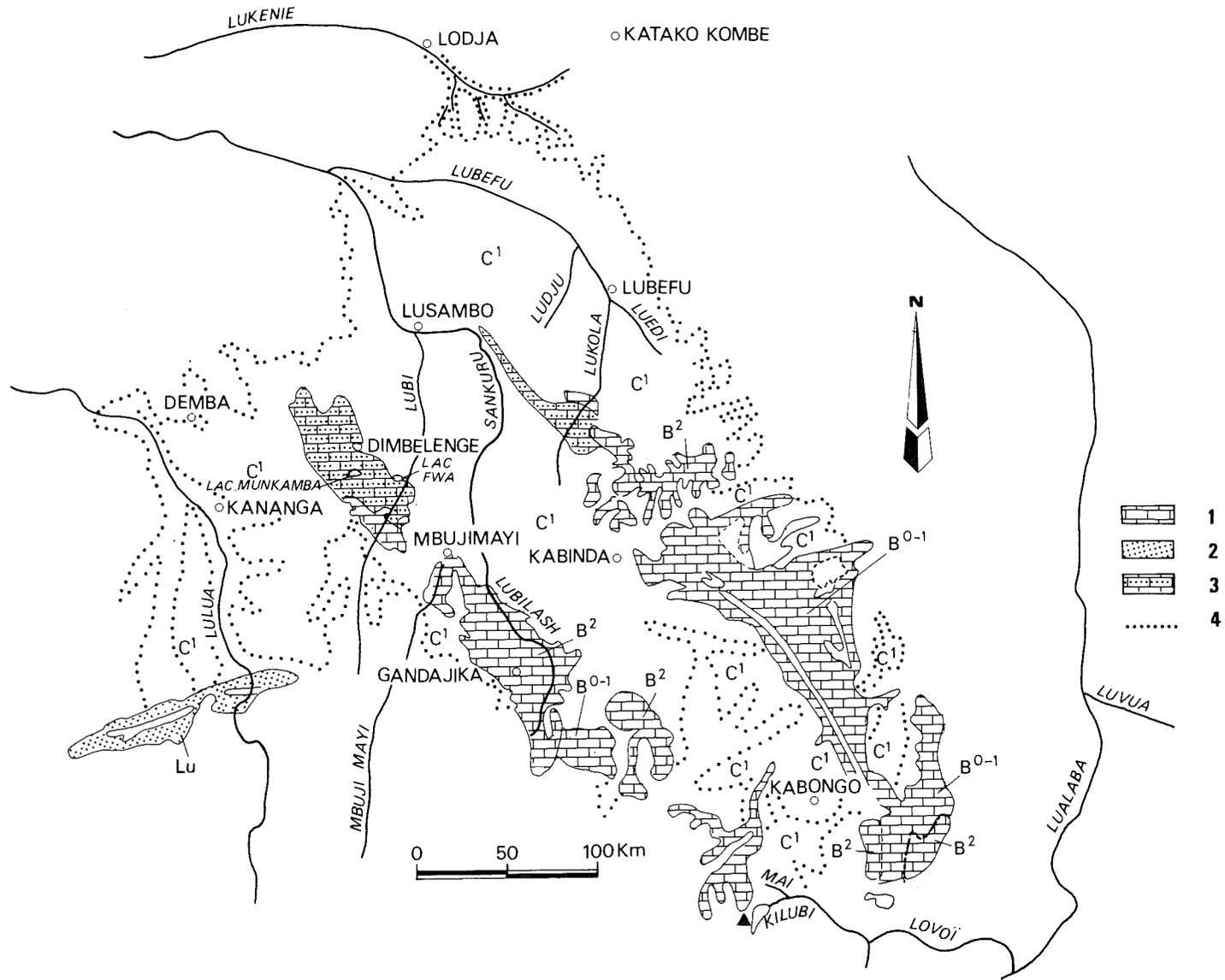


Figure 4 : Formations carbonatées du Kasai. 1. B2 Mbuji Mayi supérieure, B0-1 Mbuji Mayi inférieure et moyenne; 2. Lu Formation de la Lulua; 3. Mbuji Mayi supérieure sans recouvrement crétacique; 4. Limite du Wealdien (C1);

— grès et psammites rouges parfois dolomitiques (BI_d). La formation de la Luamba correspond à un faciès sud-occidental du Mbuji-Mayi. Il comprend un niveau carbonaté comprenant des calcaires silicifiés gris-noir, en bancs épais; des calcaires silicifiés bruns ou mauves.

La carte géologique au 1/200.000 (feuille *Dibaya*) signale la présence du complexe sédimentaire et volcanique de la *Lulua*. Le complexe est en contact par failles, au nord, avec le complexe granitique et magmatique de Dibaya et, au sud, avec le complexe métasédimentaire de Luiza. L'étude de DELHAL (1966) a montré, à l'ouest de la *Lulua*, la présence des roches carbonatées; celles-ci occupent le sommet de la formation sédimentaire. Elles se composent de dolomies, de calcaires dolomitiques de teinte gris ou rouge, de texture fine, souvent zonaire. On observe également des calcschistes et des calcaires silicifiés.

2. Le karst

Au Kasai, le supergroupe de la Mbuji-Mayi constitue une vaste cuvette à fond plat dont le flanc sud montre des affleurements depuis la Lubudi jusqu'au-delà de la Luembe. Le flanc nord ne présente que des occurrences sporadiques (RAUCQ, 1970) car il est en grande partie couvert par des sables d'origine éolienne.

On observe sur une bande NO-SE, longue de 250 km et large de 40 km, passant par Dimbelenge, Bakwanga et Gandajika, de vastes surfaces où, à l'exception des vallées les plus importantes, on n'observe que des vallées sèches et quelques ruisseaux disparaissant rapidement en aval de leur source. Ce phénomène est particulièrement net sur le versant de la rive gauche de la Lubilash, à hauteur du cours inférieur de la Mbuji-Mayi et du Luilu (RAUCQ, 1956).

A l'ouest de Lubi, s'étend une bande longue de 60 km et large de 30 km, rigoureusement aérique. Elle correspond au karst couvert signalé plus haut. On y observe des dolines de grandes dimensions (1 à 3 km de diamètre) et des lacs de dépressions karstiques dont les plus connus sont le lac Munkamba (5 km de long et 40 m de profondeur) et le lac Fwa. Le fond des dolines et des lacs ne constitue que les rares points d'affleurement de la roche dolomitique. Plusieurs résurgences existent dans la vallée de la Lubudi.

Quelques grottes ont fait l'objet d'une description. Signalons les grottes de la Kilubi (SCHWETZ, 1914), affluent de rive gauche de la Lovoiet, et les grottes de la Lufuishi (SCHWETZ et LOOD, 1927).

CREPPE (1936) a décrit une cavité parcourue par un petit ruisseau et creusée dans des grès tendres rougeâtres, à stratification entrecroisée. Située à Tseko-Saka, sur la rive gauche de la Lubefu, au confluent de la Ludju et du Tala, cette grotte se caractérise par trois grandes salles de plus de 1000 m² de surface et de 25 m de hauteur. Aucune concrétion n'y a été observée.

D'autres cavités ont été signalées par le même auteur

à Yanapoe et à Oma-Dikondo (à 80 km au nord de Samangua).

Les grès de Tseko-Saka doivent appartenir au Crétacique, plus précisément au Wealdien (C1). La carte géologique signale dans cette région des grès moyens souvent calcaires (macignos), rouges, mauves, avec litage entrecroisé par place. Nous nous trouvons donc en présence d'un karst en roche non calcaire.

A la vue de ces observations, il serait peut-être opportun d'étendre aux grès carbonatés du Crétacique la limite des zones karstifiables du Zaïre.

D. Région de l'Aruwimi-Ituri-Uele

1. La géologie

Cette région se caractérise par des terrains précambriens appartenant au *Lindien* (Fig. 5).

Le Lindien, est composé principalement de roches schisteuses et gréseuses, avec des intercalations de calcaires et de dolomies (VERBEEK, 1970).

Il se subdivise en trois unités ou trois séquences : *Aruwimi* (A), *Lokoma* (L) et *Ituri* (I). Seules les deux dernières contiennent des formations carbonatées (calcaires et dolomies).

Les formations carbonatées de la séquence de la *Lokoma* constituent des niveaux lenticulaires composés de dolomies et de calcaires roses, finement lités ou parfois oolithiques.

Sur l'Aruwimi, les bancs calcaires n'atteignent que quelques décimètres d'épaisseur tandis qu'ailleurs (rivière Edaie, Ituri, Lindi), les lentilles de dolomie et de calcaire, parfois oolithiques, peuvent avoir une épaisseur de 30 m.

Sur la Lualaba, les roches carbonatées constituent la plus grande partie de la séquence de la *Lokoma* (puissance de 500 m).

2. Le karst

C'est dans les calcaires de la *Lokoma* que l'on observe les grottes de l'Edaie et d'Opienge.

Les trois grottes d'Opienge sont situées à 3 km au nord d'Opienge (0°25' N, 27°15' E). Le site des grottes correspond à une série d'affleurements de type *tower karst*. La grotte principale (Androdème) a 40 à 50 m de long. Elle résulte de l'élargissement d'un réseau de fissures verticales orientées N.S. et E.W. (SLUYS, 1947).

La grotte Dumba est constituée de deux salles de près de 150 m² de superficie et de 3 à 5 m de hauteur. La base du réseau correspond à celle des calcaires siliceux sous-jacents. La circulation est entièrement souterraine. Aucune concrétion n'a été observée dans ces grottes (SLUYS, 1947).

Les formations carbonatées de la séquence de l'Ituri correspondent aux calcaires de la Lenda. On y distingue des calcaires et des dolomies gris en bancs épais,

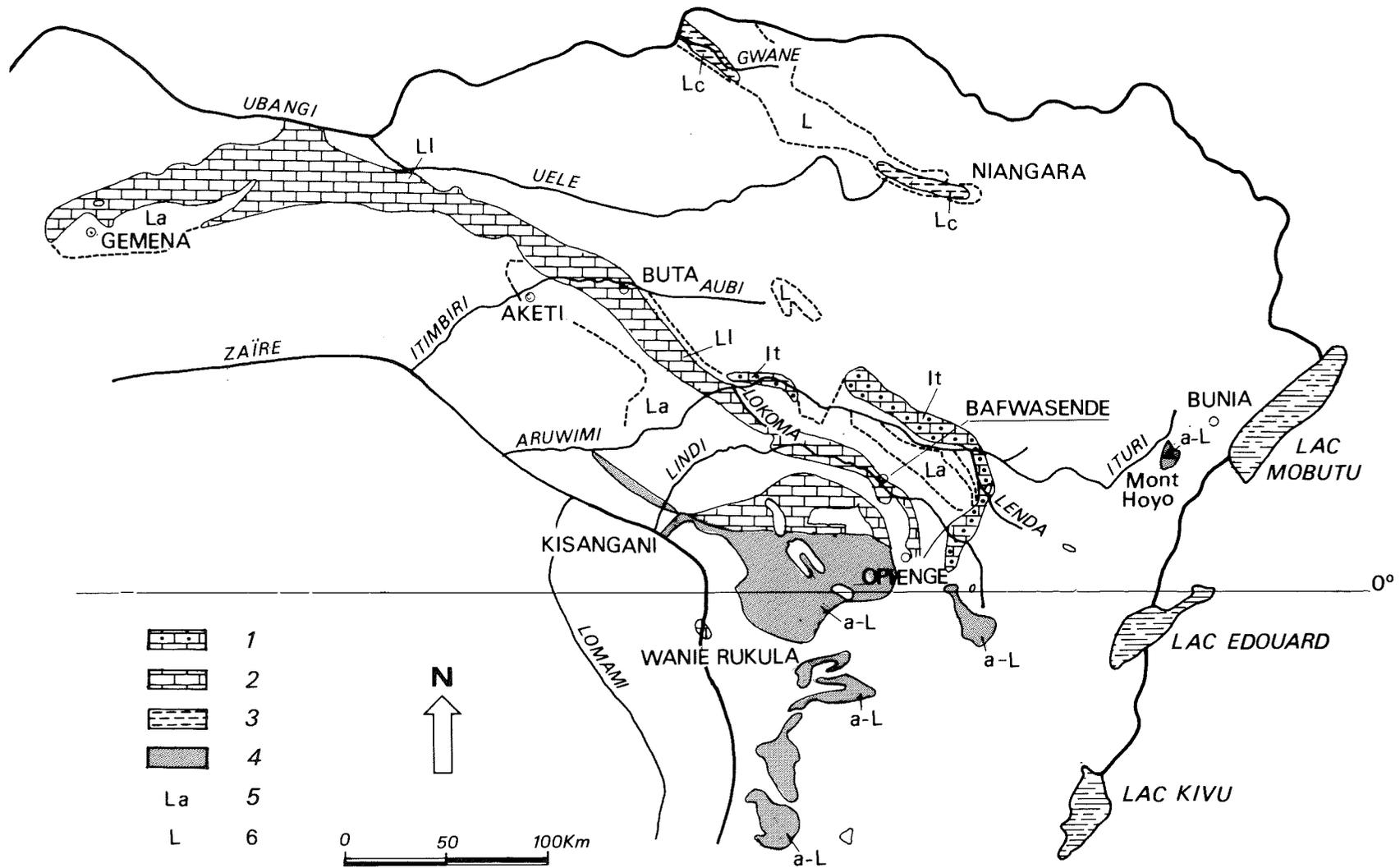


Figure 5 : Formations carbonatées du Lindien (N E du Zaïre). 1. Formation de l'Ituri; 2. Formation de Lokoma; 3. Lindien carbonaté indifférencié; 4. Aruwimi et/ou Lokoma; 5. Aruwimi; 6. Lindien indifférencié.

irrégulièrement stratifiés, localement oolithiques, plus ou moins silicifiés; à plusieurs endroits, on observe des bancs à stromatolithes (partie supérieure).

Le Lindien est localisé principalement le long d'une bande circulaire s'étendant de Kisangani à Gemena. Mais on observe également des formations lindiennes non différenciées (A-L) dans le Haut-Uele (Gwame) et dans le Haut-Ituri (Mont-Hoyo) (voir MICHEL, 1991).

Le milieu physique (forêt équatoriale) explique certainement le peu de connaissances que nous avons sur le karst de ces régions. Il semble qu'il existe des grottes près de Buta et de Gemena (grotte Hau) (VAN NOTEN, 1978). Malheureusement, nous n'avons pas pu vérifier ces informations.

IV. CONCLUSION

L'approche climatique des études karstiques a multiplié les recherches (CORBEL, 1959; MAIRE, 1981) sur l'impact des facteurs climatiques sur la dissolution karstique. Même s'il a été démontré (WHITE, 1980) qu'il existe une relation linéaire entre la dissolution (*denudation*) karstique et la quantité de précipitations, et même si la température a un effet indirect sur l'évaporation donc sur la quantité d'eau disponible, son influence est complexe et souvent difficile à cerner.

Les facteurs climatiques jouent un rôle important dans le développement du karst. Cependant, cette influence se manifeste indirectement par des interactions complexes avec d'autres facteurs tels que la $p\text{CO}_2$ dans le sol (DRAKE et WIGLEY, 1975; BROOK *et al.*, 1983), la densité et le type de végétation (acides organiques) (JAKUCS, 1977; SCHOELLER, 1962), etc.

De nombreux auteurs (LÖFFLER, 1977; PANOS et STELCL, 1968; JENNINGS, 1982; VERSTAPPEN, 1964) ont montré l'importance de la structure dans la morphogénèse karstique de climat tropical.

Il semble que tout comme dans les régions tempérées (Ex, 1969), la lithologie joue un rôle non négligeable car au Zaïre (Shaba), les réseaux souterrains semblent plus développés dans les calcaires à stromatolithes que dans les calcaires oolithiques.

Plus de 50 ans après l'étude de LEHMANN (1936) sur le *kegelkarst* de Java et après de multiples comparaisons morphoclimatiques (TRICART et CAILLEUX, 1972; BUDEL, 1982), la majorité des géomorphologues admettent qu'il existe au niveau des paysages karstiques des différences suivant les régions climatiques.

BROOK et FORD (1976, 1978) et JENNINGS (1982, 1985) insistent sur les limites de climato-génèse karstique et se demandent si on n'a pas trop vite oublié les théories de DAVIS (1899, 1930) et de ses plus fidèles adeptes (GRUND, 1914; CVIJIC, 1918) concernant l'évolution polycyclique du karst.

En effet, plusieurs travaux récents (PALMER et PALMER, 1975; SONG, 1981; REN *et al.*, 1982) ont montré que

l'évolution de certains karsts tropicaux était liée aux cycles d'érosion de surface définis par Davis.

Il semble que le facteur temps (âge) a dû jouer un rôle important dans l'évolution du karst du Zaïre car le karst du Bas-Zaïre (QUINIF, 1985) et le karst du Haut-Zaïre (Mont-Hoyo) ont subi plusieurs variations paléoclimatiques depuis sa naissance (fin Tertiaire?). C'est pourquoi, concernant l'évolution du karst tropical humide, nous partageons les idées de JENNING (1985) et nous proposons, pour le karst du Zaïre, une *évolution polygénétique* dans laquelle la structure, les variations paléoclimatiques et, dans certains cas (Bas-Zaïre) (QUINIF, 1985), l'encaissement des cours d'eau, ont été les principaux moteurs.

V. REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement C. EK qui nous a conseillé dans la rédaction de ce travail.

VI. BIBLIOGRAPHIE

A. Le karst tropical

- AUB, C., 1969. The nature of cockpits and other depressions in the karst of Jamaica. *Proc. 5th Int. Cong. Speleol.*, M15 : 1-7.
- BARRY, F. *et al.*, 1977. The Aguas Buenas Caves, Puerto Rico. *Geology Hydrology and Ecology with special reference to the Histoplasmosis Fungus. N.S.S. Bull.*, 38 (1) : 1-16.
- BATTISTINI, D., 1971. Le littoral du paléokarst de la presqu'île de Narinda. *Bull. Ass. Géogr. franç.*, 391-392 : 343-347.
- BALAZS, D., 1971. Intensity of the tropical karst development based on cases of Indonesia. *Karszt és Barlangkutatas*, Budapest.
- BALAZS, D., 1973. Relief types of tropical karst areas : 16-32 in *Symposium on Karst morphogenesis*. (Ed.) JAKUCS L., Attila Jozsef University, Szeged.
- BALAZS, D., 1976. Karst regions of southern Africa. *Karszt és Barlang.*, 1-2 : 29-38.
- BELKOWSKA, G., 1988. Doliny systemu rzeki Trangire (Tanzania). *Czas. Geogr.*, 59 (2) : 283-300.
- BIROT, P., CORBEL, J. et MUXART, R., 1968. Morphologie des régions calcaires de Porto-Rico. *Mémoires et documents*, 4 : 335-392.
- BOULVERT, Y. *et al.*, 1988. Sur l'existence de paléocrypto-karsts dans le bassin de l'Oubangui (R.C.A.). *Karstologia*, 11-12 : 49-60.
- BROOK, G.A. and FORD, D.C., 1976. The Nahanni North Karst : A question mark on the validity of the morphoclimatic concept of karst development. *Proc. 6th Int. Cong. Speleol.*, 2 : 43-57.

- BROOK, G.A. and FORD, D.C., 1978. The origin of labyrinthine and tower karst and the climate conditions necessary to their development. *Nature*, 275, 5580 : 493-496.
- BROOK, G.A., BURNEY, D. and COWART, J., 1990. Desert palaeoenvironmental data from cave speleothems with examples from Chihuahuan, Somali-Chalbi, and Kalahari deserts. *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 76 : 311-329.
- BROOKE, D.B., and WALTHAM, A.C., 1978. *Caves of Mulu*. Royal Geographical Society.
- BROWN, M. and FORD, D., 1973. Caves and ground water patterns in a tropical karst environment : Jamaica. *Am. J. Sc.*, 273 : 622-633.
- CHEN ZHI PING, SONG LIN HUA and SWEETING, M.M., 1986. The pinnacle karst of the Stone Forest, Lunan, Yunnan, China : An example of a subjacent karst. *Anglo French Karst Symposium*, 1983, GBR, Norwich : Geo Books : 597- 607.
- CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES, 1976. *Karst in China*, Shanghai People's Publishing House.
- COOKE, H.J. and VERHAGEN, B., 1977. The dating of cave development, an example from Botswana. *Proc. 7th Int. Cong. Speleol.*, 122-123.
- CORBEL, J., 1955. Note sur les karsts tropicaux. *Rev. Géogr. Lyon*, 30 : 49-54.
- CORBEL, J., 1959. Karsts du Yucatan et de Floride. *Bull. Ass. Géogr. franç.*, 282-283: 2-14
- CRABTREE, S. and FRIEDERICH, H., 1982. The caves of the Bau district, Sarawak. *Cave Sc.*, 9 : 83-93.
- CROWTHER, J., 1978. The Gunong Gajah-Tempurong massif, Perak, and its associated cave system, Gua Tempurong. *Malayan Nature Journal*, 30 : 1-13.
- CROWTHER, J., 1982. Chemical erosion in tower karst terrain. Kinta valley, Peninsular Malaysia. *Anglo-French Karst Symposium*, 1983, GBR, Norwich : Geo-Books : 427-441.
- DANES, J.V., 1910. Die Karstphänomene im Goenoeng Sawoe auf Java. *Tijdschrift Kon. Ned. Aardrijksk. Genoot.*, 27 : 247-260.
- DANES, J.V., 1914. Karststudien in Jamaïca. *Sitz. B. Kon. Böhm. Ges. des Wissensch.*, 29 : 1-72.
- DAVIS, D.G., 1980. Cave development in the Guadelupe Mountains : a critical review of recent hypothesis. *Bull. Nat. Spel. Soc.*, 42 : 42-48.
- DAY, M.J., 1957. Environment and resources in the Hummingbird karst of Central Belize. *Occasional Paper Series n°1. The University of Wisconsin - Milwaukee*, Department of Geography, 1571.
- DAY, M., 1976. The morphology and hydrology of some Jamaïcan karst depressions. *Earth Surf Proc.*, 1 : 111-129.
- DAY, M., 1978. Morphology and distribution of residual limestone hills (mogotes) in the karst of northern Puerto Rico. *Bull. geol. Soc. Amer.*, 89 : 426-432.
- DAY, M., 1979. Surface roughness as a discriminator of tropical karst styles. *Z. Geomorph. Suppl. Bd.*, 32 : 1- 8.
- DAY, M., 1979. The hydrology of polygonal karst depressions in northern Jamaica. *Z. Geomorph., Suppl. Bd.*, 32 : 25-34.
- DAY, M. 1982. The influence of some material properties on the development of tropical karst terrain. *Trans. Brit. Cave Res. Ass.*, 9 : 27-37
- DAY, M., 1983. Doline morphology and development in Barbados. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, 73 (2) : 206-219.
- DAY, M., 1984. Predicting the location of surface collapse within karst depressions : a Jamaïcan example. *In Sinkholes : their geology, engineering and environmental impact*, BECK B.F. (Ed.) : 147-151. Rotterdam, Balkema.
- DAY, M. 1986. Slope form and processes in cockpit karst in Belize. *Anglo French Karst Symposium*, 1983, GBR, Norwich : Geo Books : 363-382.
- DEHARVENG, L., 1980. *Spéléologie aux Philippines*, 44 p.
- DEHARVENG, L. and GOUZE, A., 1983. Caves and karst of Chieng Mai Region (Thaïland). *Karstologia* n°2 : 55-60.
- DELANNOY, J.J., 1981. Un karst de moyenne montagne : les plateaux de Bilanktaung (Thaïlande). *Revue Géogr. alpine*, 69 (4) : 593-605.
- DELNATTE, E., 1987. Expédition Kandrian 1986 (Papouasie, Nouvelle Guinée), île de Nouvelle Bretagne, province Ouest. *Spelunca*, n°27 : 26-33.
- DILL, R., 1977. The Blue Holes - geologically significant submerged sink holes and caves of British Honduras and Andros, Bahamas Islands. *Proc. 3th Int. Coral Reef Symp. Miami Florida, 2 Geology*, 238-42. Miami, Florida.
- DRAKE, J. and WIGLEY, T., 1975. The effect of climate on the chemistry of carbonate groundwater. *Water Resource Res.*, 11 : 958-962.
- DREUX, D., 1974. Grottes tropicales du Guatemala. *Ann. Spéléol.*, 29 (1) : 41-46.
- DUNKERLET, D., 1983. Lithology and microtopography in the Chillagoe Karst, Queensland, Australia. *Z. Geomorph.*, 27 : 191-204.
- EK, C., GEWELT, M. and ZHANG SHOUYUE, 1989. Carbon dioxide content of caves sediments and cave airs in China. *Proc. of the 10th Internat. Congress of Speleology, 1* : 63-64.
- ENJALBERT, 1967. *Les montagnes calcaires du Mexique et du Guatemala*. A. Colin, Paris.
- FAUSTINO, L.A., 1932. The development of karst topography in Philippines Islands. *Philippine J. Sc.*, 25 :

- 203-212.
- FERMOR, J., 1972. The dry valleys of Barbados : a critical review of their pattern and origin. *Trans. Inst. Brit. Geogr.*, 57 : 153-165.
- FISH, J.E., 1977. *Karst hydrology and geomorphology of the Sierra de El Abra and the Valles -San Luis Potosi region, Mexico*. Unpublished Ph. D. thesis, McMaster University.
- FLATHE, H. und PFEIFFER, D., 1965. Grundzüge der Morphologie, Geologie und Hydrogeologie im Karstgebiet Gunung Sewu/Java (Indonesien). *Geol. J.*, 83 : 533-562.
- FORD, D., 1978. Chillagoe - a tower karst in decay. *Trans. Brit. Cave Res. Ass.*, 5 : 61-84.
- GALAN, C., 1986. Cavidades de Argentina; un resumen. *Bol. Soc. Venezolana*, 22 : 21-28.
- GALE, S., 1986. The hydrology development of tropical tower karst : an example from Peninsular Malaysia. *Anglo - French Karst Symposium*, 1983, GBR, Norwich, Geo Books : 443- 459.
- GELLERT, J., 1962. Der Tropenkarst in Südchina im Rahmen der Gebirgsformung des Landes. *Verh. dt. Geogr. Tags*, 33 : 376-384.
- GERSTENHAUER, A., 1987. Kalkrusten und Karstformenschatz auf Yucatan (Mexico). *Erdkunde, Bonn.*, 41 (1) : 30-37.
- GERSTENHAUER, A. and SWEETING, J., 1960. Zur Frage des absoluten Geschwindigkeit von Kalkkorrosion in verschiedenen Klimaten. *Z. Geomorph.*, suppl. Bd. 2.
- GLAZEK, J., 1966. On the karst phenomena in North Vietnam. *Bull. Acad. pol. Sc.*, 14 : 45-50.
- GILLIESON, D., 1985. Geomorphic development of limestone caves in the Highlands of Papua New Guinea. *Z. Geomorph.* N.F. 29 (1) : 51-70.
- GILLIESON, D., 1986. Cave sedimentation in the New Guinea Highlands. *Earth Surface Proc. and Landforms*, 11 : 533-543.
- GILLIESON, D., 1987. Tropical caves in retrospect and prospect. *Progr. Phys. Geogr.*, 11 (4) : 511-532.
- GOOSEN, H., 1982. Der Schatz der Cango-hollen (The treasure of the Cango caverns). *Sudafrikanisches Panorama*, 128 p.: 8-11.
- GUENDON, J.J. et Nicod, J., 1987. Karstification sous couverture, comparaison entre karst tropical actuel et paléokarst. *Ann. Géog.*, 157: 557-563.
- GURNEE, R., 1962. The caves of Guatemala. *Nat. Speleo. Soc.*, 18 : 20-24.
- GUTOT, J.L., 1990. Les principales cavités du Massif de Toro-Toro, Andes tropicales de Bolivie. *Spelunca*, 37 : 25-28.
- HILL, C., 1981. Speleogenesis of Carlsbad Caverns and other caves of Guadelupe Mountains. *Proc. 8th Int. Cong. Speleol.*, 1 : 143-144.
- HILL, C., 1987. Geology of Carlsbad Caverns and other caves of the Guadelupe Mountains, New Mexico and Texas. *N.M. Bureau Mines et Miner. Resources, Bull.* 117, 150 p.
- JENNINGS, J., 1969. Karst of the seasonally humid tropics in Australia : 149-158 in *Problems of Karst denudation*, STEECL, O. (Ed.) Institute of Geography, Brno, Czechoslovakia.
- JENNINGS, J., 1972. The character of tropical humid karst. *Z. Geomorph.*, 16 (3) : 336-341.
- JENNINGS, J., 1976. A test of the importance of cliff-foot caves in tower karst development. *Z. Geomorph.*, Suppl. Bd., 26 : 92-97.
- JENNINGS, J., 1982, Karst of northeastern Queensland reconsidered. Tower karst Chillagoe Club, *Occasional Paper n°4* : 13-52.
- KARST TROPICAUX ET DE MONTAGNE. *Bull. Ass. franç. Karstol.*, 1981, n°9, 82 p.
- LAMMLI, R., 1987. Expedition Chiapas 1986 (Papouasie, Nouvelle Guinée). *Spelunca*, 57 : 38-45.
- LANDMANN, M., 1985. Poljebäden und Kegelkarst im Lluidas Vale (Jamaica). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 108 : 175-183.
- LASERRE, G., 1954. Notes sur le karst de la Guadeloupe. *Erdkunde*, 8, 115-118.
- LAVERTY, M., FRIEDERICH, H. and WALTHAM, A., 1980. Water chemistry of Gunung Mulu Park including problems of interpretation and use. *Geogr. J.*, 146 (2) : 226-232.
- LEHMANN, H., 1936. Morphologische studien auf Java. *Geogr. Abh.*, Ser., 3, 9, 114 p.
- LEHMANN, H., 1954. Der tropische Kegelkarst auf der Grossen Antillen. *Erdkunde*, 2 : 130.
- LEHMANN, H., 1954. Das Karstphänomenen in den verschieden Klimazonen. *Erdkunde*, 8 : 112-139.
- LEHMANN, H., 1956. Karstmorphologische, geologische und botanische studien im der Sierra de Los Organos, auf Cuba. *Erdkunde*, 10 : 185-204.
- LEHMANN, H., 1960. La terminologie classique du karst sous l'aspect critique de la morphologie climatique moderne. *Rev. Géogr. Lyon*, 35 (1) : 1-6.
- LEY, R.G., 1977. The influence of lithology on Marine Karren. *Ab. zur Karst un Höhlenkunde*, Reihe A. *Spelologie* 15 : 81-100.
- LEY, R.G., 1980. The pinnacles of Gunung Api. *Geogr. J.*, 146: 14-21.
- LIN J., ZHANG, Y and HUANG, Y., 1988. Karst distribution in East China as infered from sediment analysis : an outline. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 111: 193-195. *Geomorphology of Papua New Guinea*. Australian National University Press, Canberra.
- LOWE, D. and GUNN, J., 1986. Caves and limestones of the islands of Tongatapu and Ena, Kingdom of Tonga. *Cave Sc.*, 13 (13) : 89-103.

- LUNDBERG, J., 1977. Analysis of the form of Rillenkarrren from the tower karst of Chillagoe, North Queensland, Australia. *Proc. 7th Int. Cong. Speleol.* : 294-296.
- MAC DONALD, R., 1976. Limestone morphology in south Sulawesi, Indonesia. *Z. Geomorph., Suppl. Bd.*, 26 : 79-91.
- MAC DONALD, R., 1976. Hillslope base depressions in tower karst topography of Belize. *Z. Geomorph., Suppl. Bd.*, 26 : 98-103.
- MAC DONALD, R., 1979. Tower karst geomorphology in Belize. *Z. Geomorph., Suppl. Bd.*, 32 : 35-45.
- MAC DONALD, R., 1985. Tower karst geomorphology in northern Borneo. *Z. Geomorph.*, 29 (4) : 483-495.
- MCFARLANE, M.J. and TWIDALE, C., 1987. Karstic features associated with tropical weathering profiles. *Z. Geomorph., Suppl. Bd.*, 64 : 55-72.
- MAKSIMOVICH, G., 1964. *Karst Afriki. Hidrogeologiya i Karstovedeniye* (2nd ed.) Perm.
- MAIRE, R., 1980. Le karst de la forêt pluvieuse des M. Nakanai, Nouvelle Guinée. *Bull. Ass. Géogr. franç.*, 472: 325-331.
- MAIRE, R., 1981. Synthèse hydrogéologique et karstologique, in *Rapport établi pour les expéditions spéléologiques françaises en Papouasie*, Nouvelle Guinée. *Spelunca suppl.*, n°2, 48 p.
- MANFRED, L., 1976. Remarks on a special cone karst occurrence in northern Thailand. *Erdkunde*, 30 (4) : 303-305.
- MARESCAUX, G., 1973. Les grottes du Gabon nord oriental; un karst dans l'oxyde de fer et la silice. *Bull. Ass. Géogr. franç.*, 410: 607-618.
- MARKER, M., 1976. Note of some South African pseudo-karst. *Bol. Soc. Venezolana de Espeleologia* 7 (13).
- MARKER, M., 1980. A system model for karst development with relevance for Southern Africa. *S. Afr. geogr. J.*, 62 (2) : 151-163.
- MARKER, M., 1981. Aspects of the geology of two contrasted South African karst areas. *Trans. Brit. Cave Res. Ass.*, 8 (1) : 43-51.
- MARKER, M., 1982. Aspects of Namib geomorphology : a doline karst. *Palaeoecology of Africa and of the Surrounding Islands and Antarctica*, 15 : 187-199.
- MARKER, M., 1983. Karst development of the Alexandria limestones, E. Cape Province, South Africa, *Z. Geomorph.*, 27 (1) : 21-38.
- MARTINI, J., 1979. Karst in black reef quartzite near Kaapshoop, Eastern Transvaal. *S. Afr. Geol. Surv. Ann.*, 13 : 115-128.
- MARTINI, J. and KAVALLIERIS, I., 1976. The karst of the Transvaal (South Africa). *Int. J. Speleol.*, Netherl., 8 (3), 23 p.
- MEYERHOFF, H.A., 1933. *Geology of Puerto Rico*. Monograph of the University of Puerto-Rico, Series B, n°1 : 169-171.
- MIOTKE, F., 1973. The subsidence of the surface between mogotes in Puerto-Rico, east of Arecibo. *Caves and Karst*, 15 (1) : 1-12.
- MONROE, W.H., 1966. Formation of tropical karst topography by limestone solution and reprecipitation. *Carrib. J. Sc.*, 6 : 1-7.
- MONROE, W.H., 1974. Dentritic dry valleys in the cone karst of Puerto Rico. *J. Res. U.S. geol. Survey*, 2 (2) : 159-163.
- MONROE, W.H., 1980. Some tropical landforms of Puerto-Rico. *Geol. U.S. Surv.*, 1159, 39 p.
- MONTSERAT NEBO, A., 1978. Expedicio espeleologica Papu-Nova Guinea 1978. *Espeleolegere*, 30 : 637-679.
- MORA, S., 1987. Les régions karstiques de Costa Rica et leur contexte géologique. *Karstologia*, 10 : 25-32.
- MOURET, C. et al., 1984. The karst of Sagada Mountain, Luzon, Philippines. *Nor. Geogr. Tidskr.*, 38, 3-4, 206.
- MOURET, C., 1985. Tataya en réseau karstique tropical de moyenne altitude, Sagada, Philippines. *Spelunca*, 20 : 31-33.
- MOURET, C., 1985. Typologie des gours du karst tropical de Sagada (Philippines). *Spelunca Mem.*, 14 : 113-126.
- MOURET, C., 1986. Phénomènes karstiques des marbres de Puerto-Galera, Muidoro oriental, Philippines. *Spelunca*, 24 : 17-19.
- MYLROIE, J. (Ed.), 1988. *Field guide to the karst geology of San Salvador Island, Bahamas*. San Salvador Is. Bahamas; College Center of the Finger Lakes.
- OSMATON, H., 1980. Patterns in trees, rivers and rock in the Mulu Park, Sarawak. Symposium on the Geomorphology on the Mulu Hills. *Geogr. J.*, 146: 33-44.
- PALMER, R. and HEATH, L., 1985. The effect of anchialine factors and fracture control on cave development below Eastern Grand Bahama. *Cave Sc.*, 12 (3) : 93-97.
- PANNEKOEK, A.J., 1948. Enige karstterreinen in Indonesië. *Tijdschr. Ned. Aardrijks Genoot.*, 65 : 209-214.
- PANOS, V. and STELCL, O., 1965. Problems of the conical karst in Cuba. *IV^e Congrès Intern. Spéléol.*, Ljubljana, 533-558.
- PANOS, V. and STELCL, O., 1968. Physiographic and geologic control in development of Cuban mogotes. *Z. Geomorph.*, 12 : 117-165.
- PFEFFER, K.H., 1969. Kalkrusten und Kegelkarst. *Erdkunde*, 22 : 320-326.
- PFEFFER, K.H., 1969. Charakter der Verwitterungsresiduen im tropischen Kegelkarst und ihre Beziehung zum Formenschatz. *Geol. Rundsch.*, 58 : 408-426.

- PHAM, K., 1985. The development of karst landscape in Vietnam. *Acta Geologica Polonica*, 35 (3-4) : 305-319.
- PITTMAN, T., 1978. Carbonate chemistry of groundwater from tropical tower karst in South Thailand. *Water Resource Res.*, 14 : 961-967.
- POUYLLAU, M., 1985. Les karst gréseux dans la Gran Sabana (Guyane vénézuélienne), *B.A.G.G.*, 4 : 269-283.
- QUELQUES RÉFÉRENCES SUR LES KARST TROPICAUX, 1981. *Bull. Ass. franç. Karst*, 9, 3 p.
- RENAULT, Ph, 1959a. Le karst du Kouilou (Moyen Congo, Gabon). *Rev. Géogr. Lyon*, 34 (4) : 305-314.
- RENAULT, Ph., 1959b. Processus morphogénétiques des karsts équatoriaux. *Bull. Ass. Géogr. franç.*, 282 : 15-26.
- REN MEIE, LIU ZHENZHONG, WAANG FEIYAN and YU JINBIAO, 1982. *The morphological characteristics of karst in China*. Nanjing University, Geography Dept., 24 p.
- RIGAL, D., 1987. Gua Salukkan Kallang, Karst de Maros Celebes Sud-Indonesie. *Spelunca*, 28 : 32-39.
- Rossi, G., 1973. Problèmes morphologiques du karst de l'Ankarana. *Rev. Géogr. Madagascar*, 23.
- Rossi, G., 1974. Note préliminaire sur le kegelkarst de la presqu'île de Narinda. *Comm. Congrès Soc. Sav., Besançon*.
- Rossi, G., 1974. Morphologie et évolution du karst en milieu tropical : l'Ankara (extrême nord de Madagascar). *Mém. et Doc.*, CNRS, nouvelle série, 15, Phénomènes karstiques : 279-298.
- Rossi, G., 1975. Aspects morphologiques du karst de Narinda. *Madag. Rev. Géogr.* 27 : 65-88.
- Rossi, G., 1975. Le karst de Narinda (Madagascar). *Bull. Ass. Géogr. franç.*, 428 : 299-308.
- Rossi, G., 1976. Karst et dissolution des calcaires en milieu tropical. *Z. Geomorph.* N.F., Suppl. Bd., 26 : 124-152.
- Rossi, G., 1978. Quelques aspects des rapports karst-structure en milieu tropical. *Rev. Géogr. alpine* : 337-348.
- Rossi, G., 1979. Quelques observations sur le CO₂ dans les sols tropicaux et leurs conséquences possibles sur la dissolution des calcaires. *Actes Symp. Int. Erosion karstique, V.I.S.*, Aix-en-Provence. Marseille, Nîmes, Mém. 1, A.F.K., 35-39.
- SAINT-OURS, J., 1959. Les phénomènes karstiques à Madagascar. *Ann. Spéléol*, 3-4.
- SAINT-OURS, J. et PAULIAN, R., 1953. Les grottes d'Antranoboka. *Public. O.R.S.T.O.M.*, Tananarive.
- SALOMON, J.N., 1979. Un karst argentin dans le gypse : la vallée du Rio Salado. *Rev. Géogr. alpine*. 66 (3) : 343-349.
- SILAR, J., 1965. Development of tower karst of China and North Vietnam. *Bull. nat. speL Soc.*, 27 : 35-46.
- SLAGMOLEN, A., 1986. Cuba - dessins rupestres et karst tropical. *Regards, Bel.*, 3 : 3-11.
- SLAGMOLEN, A., 1988. Réflexions sur la dénomination du karst tropical. *Regards, Bel.*, 3 : 12-13.
- SMART, P., 1981. Surface geomorphology : 43-44 in *Caves of Mulu*, EAVIS, A.J. (Ed.) Royal Geographical Society, London.
- SMART, P. and SMITH, D., 1976. Water tracing in tropical regions, the use of fluorometric techniques in Jamaica. *J. HydroL*, 30 : 179-195.
- SMART, P., WALTHAM, M., YANG and Y. ZHANG, 1986. Karst geomorphology of western Guizhou China. *Trans. Brit. Cave Res. Ass.*, 13 (3) : 89-103.
- SMITH, D.I., DREW, D. and ATKINSON, T., 1972. Hypothèses of karst landform development in Jamaica. *Trans. Cave Res. Grp. Gt. Br.*, 14 : 159-173.
- SONG, L., 1981. Some characteristics of karst hydrology in Guizhou plateau. China. *Proc. 5th Int. Congr. Speleol.*, 1 : 139-142.
- SONG, L., ZHANG, Y., FANG, J. and GU, Z., 1983. Karst development and the distribution of karst drainage systems in Dejiang, Guizhou Province, China, *J. Hydrol.*, 61 : 3-17.
- SPÉLÉO-CLUB ALBIGEOIS. Expédition Congo, 1984. *Spelunca*, 1986, 21 : 20-24.
- SUNARTADIRDJA, M.A. und LEHMANN, H., 1960. Der Tropische Karst von Maros und Nord Bône im SW Celebes. *Internat. Beitr. z. KarstmorphoL*, Z.F.M., Suppl. 2 : 29-65.
- SWEETING, M.M., 1958. The Karstland of Jamaica. *Geogr. J. London*, 184-199.
- SWEETING, M.M., 1979. Weathering and solution of the Melinau limestones in the Gunung Mulu National Park, Sarawak, Malaysia. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 103 : 53-57.
- SWEETING, M.M., 1980. The geomorphology of Mulu : an introduction. Symposium on the geomorphology of the Mulu Hills. *Geogr. J.*, 146: 1-7.
- SWEETING, M.M., 1986. Limestone landscapes of South China. *Geol. today*, 2 (1) : 11-16.
- SWINNERTON, A.C., 1929. The caves of Bermuda. *Geol Soc. Amer.*, 43 : 662-693.
- SZCZERBAN, E. y URBANI, F., 1974. Carsos de Venezuela. 4 : Formas carsicas en areniscas precámbricas del Territorio Federal Amazonas y estado Bolívar. *Bol. Soc. Venezolana IspeL*, 5 (1) : 27-54.
- THORP, J., 1954. The asymmetry of the Pepino Hills of Puerto Rico in relation to the Trade Winds. *J. Geol*, 32 (5) : 537-545.
- TRICART, J., 1968. Notes géomorphologiques sur la karstification en Barbade (Antilles). *Mem. Domcus. Cent. docum. cartogr. geogr.*, 4 : 329-334.

- TRICART, J., 1985. Quelques aspects du karst en Chine. *Karstologia*, 5 : 53-60.
- TRICART, J. et CARDOSA DA SILVA, T., 1960. La morne de Born Jesu de Lapa, un exemple d'évolution karstique dans un milieu tropical sec., *Z.F.M.*, 4 (1) : 29-42.
- TROLL, G., 1973. Beobachtungen von Tropenkarst in Thailand und Malaya. *Geogr. Z. Beih.*, 9-16.
- UHLIG, H., 1980. Man and tropical karst. *Southeast Asia Geo. J.*, 4 (1) : 31-44.
- UHLIG, G. 1986. Agricultural geography and geocology of karst regions in Southeast Asia (with special reference to Bohol - Philippines). *International Symposium of human Influence on Karst*, I.G.V. Yugoslavia, 13-157.
- URBANI, F., 1978. Les karsts gréseux du Vénézuéla, une spéléologie entre ciel et terre. *Spelunca*, 24- 28.
- URICH, P.B., 1989. Tropical karst management and agricultural development : example from Bohol, Philippines, 71 (2) : 95.
- VERSTAPPEN, T.H., 1954. Karstmorphology of the Star Mountains, Central New-Guinea. *Z.F.M.*, 1 : 40-49.
- VERSTAPPEN, T.H., 1960. Some observations on karst development in the Malay Archipelago. *J. Trop. Geogr.*, 14 : 1-10.
- VERSTAPPEN, T.H., 1964. Karst morphology of the Star Mountains (Central New-Guinea) and its relation to lithology and climate. *Z. Geomorph.*, 8 : 40-49.
- VERSTAPPEN, T.H., 1969. The state of karst research in Indonesia. *Problems of Karst Denudation*, Brno, 1969.
- Voss, F., 1970. Typische Oberflächenformen: tropischen Kegelkarst auf Philippinen. *Geogr. Zeitschr.*, 59 (3) : 214-227.
- WALEFFE, A., 1966. Phénomènes karstiques dans les quartzites du Mont Nkoma (Burundi). *Africa-Tervuren*, 12 (2) : 44-47.
- WALTHAM, A. and BROOK, D., 1980. Geomorphological observations in the limestone caves of Gunung Mulu National Park, Sarawak. *Trans. Brit. Cave Res. Ass.*, 7 (3) : 123-140.
- WALTHAM, A., SMART, P., FRIEDERICH, H. and ATKINSON, T., 1985. *Exploration of caves for rural water supplies in the Gunung*
- SEWU KARST JAVA. C.R. du Coll. int. de Karstol. appl. Liège, 1984, *Ann. Soc. géol. Belg.*, 108: 27-31.
- WILFORD, G.E. and WALL, J.R.D., 1965. Karst topography in Sarawak. *J. trop. Geogr.*, 21 : 44-70.
- WILLIAMS, P.W., 1972. Morphometric analysis of polygonal karst in New Guinea. *Bull. geol. Soc. Amer.*, 83 : 761- 796.
- WILLIAMS, P.W., 1978. Karst Research in China. *Trans. Brit. Cave Res. Ass.*, 5 (1) : 29-46.
- WILLIAMS, P.W., 1987. Geomorphic inheritance and the development of tower karst. *Earth Surf Proces. and Landf.*, 12 (5) : 453-465.
- WILLIS, R. *et al.*, 1982. The caves of Gunung Sewu, Java. *Cave Sc.*, 11 (3) : 119-153.
- WIRTH, K., 1978. Karsterscheinungen in den Basement- Marmoren Sud-West Nigerias. *Z. Geomorph.*, 22 (3) : 297- 309.
- WISSMANN, H., von, 1954. Der Karst der Humiden Heissen und Sommerheissen Gebiete Ostasiens. *Erdkunde*, 8 : 122- 129.
- YANG, M., 1982. The geomorphological regularities of karst water occurrences in Guizhou Plateau. *Carso-logica Sinica*, 1 (2) : 81-92.
- YUAN, D., 1981. A *brief Introduction to China's Research in Karst*. Institute of Karst Geology, Guilin.
- YUAN, D., 1985. New observations on tower karst. *Proc. First Int. Conf Geomorph.*, Manchester, p. 676.
- ZANS, U.A., 1951. On karst hydrology in Jamaïca. U.G.G.I., *Ass. Intern. Hydro. Sc.*, Brussels, 2 : 267-274.
- ZHANG, Z., 1980. Karst types in China. *Geogr. J.*, 4 : 541-570.

B. Le karst et la géologie du Zaïre

- ALEXANDRE, J. et ALEXANDRE-PYRE, S., 1987. La reconstitution à l'aide de cuirasses latéritiques de l'histoire géomorphologique du Haut-Shaba. *Z. Geomorph.*, Suppl. Bd., 64 : 119-131.
- ALEXANDRE-PYRE, S., 1971. Le plateau de Bianco (Kantanga). Géologie et géomorphologie. *Mém. Acad. roy. Sc. O.M.*, Cl. Sc. Nat. Méd., Bruxelles, N.S., 18-3.
- ANCI AUX DE FAVEAUX, M., 1965. Les grottes du Kantanga. *Bull. CEPSI*, Elisabethville, 68 : 77-85.
- ANCI AUX DE FAVEAUX, M., 1976. La léthargie chez les Chéridoptères cavernicoles de l'Afrique centrale. *Int. J. Spéleol.*, 8 : 291-303.
- BROOK, G.A., BURNEY, D. and COWART, J., 1990. Palaeoenvironmental data for Ituri, Zaïre, from sediments in Matupi Cave, Mt Hoyoy. *Virginia Mus. Nat. Hist. Memoir.*, 1: 49-70.
- BUFFARD, R., 1984. Séries carbonatées, karsts et formes spéléologiques du Shaba, République du Zaïre. *Karstologia*, 4 : 50-55.
- CABU, F., 1935. Rapport sur la note de M. Creppe : la grotte de Tséko-Saka. *Ann. Soc. géol. Belg.*, Publ. Relat. Congo Belge, 59 (2) : C 68.
- CABU, F., 1936. A propos des fouilles du professeur Raymond Dart aux grottes de Mumbwa. La succession des industries du Paléolithique supérieur et du Néolithique aux confins S.E. du Congo Belge. *Soc. roy. belge Anthropol.*, 51 : 205-214.

- CAHEN, L. et LEPERSONNE, J., 1948. Notes sur la géomorphologie du Congo occidental. *Ann. Mus. roy. Congo belge*, Tervuren, Belgique, Sc. Géol., 1 : 1-95.
- CAHEN, L. and LEPERSONNE, J., 1967. The Precambrian of the Congo : Rwanda and Burundi in K. Rangkama, The Precambrian, 3, London. *Intersc. Publ.*, 143-290.
- CAMPREDON, R. *et al.*, 1986. Interprétation structurale de l'Afrique centrale à l'aide des données des images Landsat. *Pangea*, 6 : 6-16.
- CHOROWICZ, J. et MUKONKI, M., 1980. Les linéaments anciens, zones transformantes récentes et géotectonique des fossés de l'Est africain d'après la télédétection et la microtectonique. *Mus. roy. Afr. centr., Tervuren, Dept. Géol. Min., Rapp. ann.* 1979: 143-167.
- CREPPE, N., 1935. La grotte Tseko-Saka (Province de Lusambo, Congo Belge). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 59 (2) : C55-C67.
- DELHAL, J., LEPERSONNE, J. et RAUCQ, P., 1966. *Carte géologique du Zaïre au 1/200.000*. Note explicative de la feuille de Dibaya (S7/22). *Mus. roy. Afr. centr. et Serv. géol. Rép. Congo*.
- DEMUNCK, J. et al., 1959. Gravures et peintures dans la grotte de Mvangi. *Brousse*, 12 : 8-21.
- DUMONT, L., 1960. L'exploration des grottes de Kiwishi (Katanga). *Nat. Belg.*, 41 (5) : 197-207.
- DUMONT, P., 1971. *Révision générale du Katanguien. Le plateau de Bianco. Les phases précoces de l'orogénèse katanguienne*. Thèse Dr. Sc. géol. et minér., Univ. Libre Bruxelles, Fac. Sc. (inédit).
- FAES, M., 1950. Les grottes du Mont Homa (Irumu). *Touring Club du Congo Belge*, 17 (3) : 5-11.
- FRANÇOIS, A., 1987. Synthèse géologique sur l'arc cuprifère du Shaba (Rép. du Zaïre). *Bull. Soc. belge Géol.*, vol. hors série, 15-65.
- GOOSSENS, A., HACQUAERT, A. et SCHOEP, A., 1932. Recherches lithologiques sur les roches carbonatées du Katanga. *Ann. Mus. Congo belge, Min. Géol. Paléont.*, série 1 : Minér., T. 2, fasc. A, 103 p.
- HEUTS, M.J. et LELEUP, N., 1954. La géographie et l'écologie des grottes du Bas-Congo. *Ann. Mus. roy. Congo belge*, Tervuren, Belgique, Sc. zool., 35, 71 p., 12 pl.
- INTIOMALE, M., 1986. Classification des roches carbonatées et minéralisation Zn-Pb du Katanguien. *Ind. minér. mines carr.*, 8 : 361-366.
- LADMIRANT, H., 1971. *Carte géologique du Zaïre au 1/200.000*. Note explicative de la feuille Inkisi (S6/15-SB 33.10), 2^e éd. *Mus. roy. Afr. centr. et Serv. géol. Rép. Zaïre*.
- LELEUP, P., 1956. Description de deux grottes du Bas-Congo. *Notes biospéléologiques*, 11 (1) : 70-80.
- LEMAIRE, C., 1901. Grottes et troglodytes du Katanga. *La Géographie*, 4 : 321-339 et 403-418.
- LEPERSONNE, J., 1968. Etude photogéologique de la région du Mont des Homas, de la Luna et de la Loyo (Congo Nord-Oriental). *Mus. roy. Afr. centr., Dept. Géol. Min., Rapp. ann.*, 19-26.
- LEPERSONNE, J., 1971. Quelques nouvelles sur la géologie du Katanga septentrional. *Mus. roy. Afr. centr., Dept. Géol. Min., Rapp. ann.*, 90-93.
- LEPERSONNE, J. et TROTTEREAU, G., 1973. *Note explicative de la carte géologique au 1/200.000*. Dir. Serv. Géol. Zaïre, 66 p.
- MALEMBA NKOJI, 1974. *Contribution à l'étude des formes de type karstique de la région minière de Kipushi*. Mém. inédit. Fac. Sc. Lubumbashi, 1 vol., 34 p.
- MBULUYO, M. et LAVREAU, J., 1989. Apport de la télédétection à la connaissance de grands traits structuraux du Bassin du Haut-Ituri (N.E. Zaïre). *Mus. roy. Afr. centr., Tervuren, Dept. Géol. Min., Rapp. ann.*, 1987-1988, 165-172.
- MICHEL, R., 1991. *Le Massif du mont Hoyo ; karst et paléoenvironnement*. Mémoire de Maîtrise en géologie des terrains superficiels. Inédit. Université de Liège, 119 p.
- MORTELMANS, G., 1962. Archéologie des grottes Dimba et Ngovo (Région de Thysville, Bas-Congo). *Actes du IV^e Congrès Panafricain de Préhistoire et de l'Etude du Quaternaire, Section III Pré et Protohist.*, *Mus. roy. Afr. centr., Ann.*, in 8, Sc. Hum., 40, 422-423.
- OLLIER, C.D. and HARROP, J.F., 1963. The caves of Mount Hoyo, Eastern Congo Republics. *Nat. Speleol. Sc. Bull.*, 25 (2) : 73-78.
- ÏNIF, Y., 1985. Une morphologie karstique en zone intertropicale : les karsts du Bas-Zaïre. *Karstologia*, 6 : 43-52.
- QUINIF, Y., 1986. Genèse des karsts en pays intertropicaux : l'exemple du Bas-Zaïre. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 109: 515-527.
- ÏNIF, Y. et DUPUIS, C., 1985. Un karst en zone intertropicale : le Gunung Sewu à Java. Aspects morphologiques et concepts évolutifs. *Rev. Géomorph. dyn.*, 34 (1) : 1-16.
- QUINIF, Y. et DUPUIS, C., 1989. Morphologie et hydrologie d'un karst couvert : le réseau de Ziaka (Bas-Zaïre). *Karstologia*, 14 : 23-30.
- RAUCQ, P., 1956. Les lacs karstiques du lac Mukamba (Kasaï, Congo Belge) sont les points d'affleurement d'une nappe aquifère. *Bull. Soc. roy. belge Géogr.*, 80 (1-2) : 52-69.
- RAUCQ, P., 1959. Paysages géographiques du Kasaï. *Congo-Tervuren*, 5 (4) : 92-99.

- RAUCQ, P. *et al.*, 1977. *Carte géologique du Zaïre au 200.000. Note explicative de la feuille Mbuji-Mayi (S7- 23)*. Mus. roy. Afr. centr. et Serv. géol. Rép. Zaïre.
- ROBERT, M., 1940. Contribution à la géologie du Katanga : le système du Kundelungu et le système schisto-dolomitique. *Mém. Inst. roy. col. belge. Section Sc. nat. et méd.*, 6.
- RUSCART, D., 1951. *Les Homas du Mont Hoyo*. Ministère des Colonies.
- SCHEWETZ, J., 1923. Les grottes de la Kilubi. *Rev. gén. col. belge*, 1 (2) : 178-182.
- SCHWETZ, J., 1925. Les grottes de la Kilubi. Note supplémentaire. *Rev. gén. col. belge*, 205-208.
- SCHWETZ, J. et LOOD, F., 1927. Les gorges de la Luembe et les grottes de la Lufuishi. *Rev. gén. col. belge*, 1 : 551-565.
- SLUYS, M., 1946. Les lambeaux sédimentaires apparaissant dans l'Ituri oriental et sur les plateaux encadrant le lac Albert. *Bull. Serv. géol. Congo belge*, 2.
- SLUYS, M., 1947. La géologie de l'Ituri. Les grottes d'Opienge. *Bull. Inst. roy. col. belge*, 18 (3) : 806-821.
- SLUYS, M., 1947. Coupe à travers le fossé tectonique du lac Albert allant de l'Ituri et du Mont Homa à l'ouest jusqu'au plateau de Bunyoro à l'est. *Bull. Soc. belge Géol.*, 56 (1-2) : 254-264.
- TSHIBIDI NYAMA YA BADI, 1979. Aspects de la morphogenèse karstique en région tropicale humide à saison sèche (versant sud-est du plateau de Kibara, Shaba, Zaïre). *Géo-Eco-Trop.*, 3 (4) : 215-230.
- VAN DEN ABEELE, M., 1946. Contribution à la spéléologie congolaise. Les grottes des Monts des Homas. *Bull. Inst. roy. col. belge*, 17 (1) : 358-363.
- VAN DEN BRANDE, P., 1935. Etude lithologique des roches du système schisto-dolomitique du Katanga. *Ann. Serv. Mines Katanga*, 6.
- VAN NEER, W., 1984. Faunal remains from Matupi cave, an iron age and late stone age site in Northeastern Zaïre. *Meded. Kon. Acad. Wet. Lett. Sch. K. België. Kl. Wet.*, 46 (2) : 57-76.
- VAN NOTEN, F., 1977. Excavations at Matupi cave. *Antiquity*, 51 : 33-40.
- VERBEEK, T., 1970. Géologie et lithologie du Lindien (Précambrien supérieur au nord de la République démocratique du Congo). *Ann. Mus. roy. Afr. centr.*, 70, 309 p.
- WOHLENBERG, J., 1969. Remarks on the seismicity of East Africa between 4°N-12°S and 23°E-40°E. *Tectonophysics*, 8 : 567-577.
- C. Le karst : généralités**
- BALAZS, D., 1977. The optimal geo-climate provinces of karstification. In : *Proc. 7th Congres Speleol.*, Sheffield, 15-17.
- BIROT, P., 1954 Problèmes de morphologie karstique. *Ann. Géogr.*, 63 : 161-192.
- BÖGLI, A., 1956. Der chemismus der Lösungsprozesse und der Einfluss der Gesteinsbeschaffenheit auf die Entwicklung des Karstes. *Intern. Geographical Union. Report of the Commission on Karst phenomena*. Rio de Janeiro, p. 7.
- BÖGLI, A., 1980. *Karst hydrology and physical speleology*. Springer Verlag, Berlin, 284 p.
- BROOK, G.A. *et al.*, 1983. A world model of soil carbon dioxide. *Earth Surf. Proces. and Landf.*, 8 : 79-88.
- BUDEL, J., 1982. *Climatic geomorphology*, Princeton University Press.
- CHIKISHEV, A., 1965. *Tipy karsta Russkoy ravnini*. Nauka, Moskva.
- CHOLNOKY, J., 1928. *A Földfelszin formainak ismerete (Knowledge of earth relief forms)*. Budapest.
- CHOLNOKY, J., 1932. A mészkohegységek földrajzi jellemvonása (Geographical features of limestone mountains). *Földgömb*. Budapest.
- CORBEL, J., 1961. Remplissages de grottes et climats. *Symp. Int. di Speleologia*, Varenna-Como.
- CVIJIC, J., 1893. Das Karstphänomena. *Geogr. Abh.*, 3.
- CVIJIC, J., 1918. Hydrographie souterraine et évolution morphologique du karst. *Rev. Géogr. alpine*, 6 : 376-426.
- CVIJIC, J., 1960. *La géographie des terrains calcaires*. Monographie de l'Académie serbe des Sc. et des Arts, Belgrade, 341, 212 p.
- DOKUCHAEV, 1883. *The teaching of the zonality of nature*. St. Petersburg.
- DRAKE, J. and WIGLEY, T., 1975. The effect of climate on the chemistry of carbonate groundwater. *Water Resources Res.*, 11 : 958-962.
- DUDICH, E., 1932. *Az Aggteleki-cseppkobarlang és környéke (The Aggtelek stalactite Cavern and its environs)*. Budapest.
- EK, C., 1969. *Facteurs, processus et morphologie karstiques dans les calcaires paléozoïques de la Belgique*. Thèse de doctorat. Inédit. Université de Liège.
- EK, C., 1973. La dissolution du carbonate de calcium. Essai de mise au point. *Bull. Soc. géogr. Liège*, 9 : 55-87.
- EK, C., 1973. L'effet de la loi de Henry sur la dissolution du CO₂ dans les eaux naturelles. *Problems of the karst denudation*. Brno, 53-56.
- EK, C., 1986. Les remplissages des grottes. Concrétions et dépôts détritiques. Aperçu synthétique. *Jornadas sobre el karst en Euskadi*. San Sebastian : 77-104.
- EK, C., 1987. *Les phénomènes karstiques*. Notes de cours. Inédit. Université de Liège.

- Ex, C. and GEWELT, M., 1985. Carbon dioxide in cave atmospheres. New results in Belgium and comparison with some other countries. *Earth Surf Proces. and Landf.*, 10 : 173-187.
- FANIRAN, A. and JEJE, L., 1983. *Humid tropical geomorphology : a study of the geomorphological processes and landforms in warm climates*, GBR, Harlow : Longman Group Ltd, 431 p.
- FORD, D. and WILLIAMS, P., 1989. *Karst geomorphology and hydrology*. London, Unwin Hyman Ltd, 601 p.
- GÈZE, B., 1951. Cavités souterraines et dolines dans les roches non karstiques. *Ann. Spéléol.*, 6 (2-3) : 61-66.
- GRUND, A., 1914. Der geographische Zyklus im Karst. *Ges. Erdkunde*, 52 : 621-640.
- GVOZDETSKY, N., 1958. *Regionalnoe karstovedeniye*. MOIP, Moskva.
- JAKUCS, L., 1977. *Morphogenetics of karst regions*. Adam Hilger, Bristol Ed., 284 p., 100 fig.
- JENNINGS, J., 1985. *Karst geomorphology*. New York, Basil Blackwell, 293 p.
- KLIMASZEWSKI, M., 1958. Neue Ansichten über die Entwicklung des Karstes. *Geographische gläd Geogr.*, 30, 3.
- MAKSIMOVICH, G., 1947. Tipy karstovikh javleniy. *Tezisi dokl. Molotovs. Karst. Konf*
- MAIRE, R., 1980. Eléments de karstologie physique, *Spelunca*, spécial, 3, 56 p.
- MONROE, W.H., 1970. A *glossary of karst geomorphology*. U.S. Geological Survey, Water-Supply paper 1899-K, 26 p.
- MURRAY, A. and LOVE, W., 1929. Action of organic acids upon limestone. *Ann. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, 13 : 1467-1475.
- NICOD, J., 1971. La teneur en anhydride carbonique des atmosphères des grottes. *Bull. Ass. Géogr. franç.*, 389-390: 247-261.
- NICOD, J., 1972. *Pays et paysages calcaires*. Coll. Sup., P.U.F., Paris, 244 p.
- PENCK, A., 1913. Die Formen der Landober flache und Verschiebungen der Klimgürtel. *Sitz. Ber. d. Preuss. Akad. d. Wiss.*, 4.
- RENAULT, Ph., 1970. *La formation des cavernes*. Coll. "Que sais-je?", Paris, P.U.F., 127 p.
- RENAULT, Ph., 1971. La teneur en anhydride carbonique des atmosphères des grottes. *Bull. Ass. Géogr. franç.*, 389-390: 241-245.
- ROQUES, H., 1967. Chimie des carbonates et hydrogéologie karstique. *Mémoires et Documents du Centre de Recherche et de Documentation cartographiques*. C.N.R.S., 4 : 113-141.
- SCHOELLER, H., 1962. *Les eaux souterraines*. Paris, Masson, 642 p.
- SWEETING, M.M., 1972. *Karst landforms*. London, Mc Millan, 362 p.
- TRICART, J. et CAILLEUX, A., 1972. *Introduction to climatic geomorphology*. London, Longman.

Adresse de l'auteur : Raymond MICHEL
 Laboratoire de Géographie physique
 Université de Liège
 Place du 20, Aout, 7
 B-4000 LIEGE