

L. DEHARVENG
UNIVERSITE PAUL SABATIER
LABORATOIRE DE ZOOLOGIE
ECOLOGIE DES INVERTEBRES TERRESTRES
118, Route de Narbonne
31062 TOULOUSE CEDEX FRANCE

Toulouse, le 20. I. 87

UNIVERSITE DE GRENOBLE 1
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE GIGNOUX
E 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL (76) 87.46.43

DON
P Tolou



Salut Roger

Li joint un exemplaire du rapport, qui
contrairement à ce que je t'avais dit n'avait
pas encore été envoyé à la bibliothèque FFS.
Un seul exemplaire, parce qu'il nous revient
très cher, et qu'il n'en reste plus beaucoup.
Par la même occasion, je t'envoie ~~un~~ ² tirés à
part sur ~~un~~ ^{des} coll. cavernicoles de France.
Je vois Besson bientôt, et lui dirai quelques
mots.

Bien amicalement

Loris

8-1985

F.F.S. BIBLIOTHEQUE
Arrivée le
003 87
Classement <i>Thaïlande</i>

EXPÉDITION

THAÏ-MAROS 85



ASSOCIATION PYRÉNÉENNE DE SPÉLÉOLOGIE

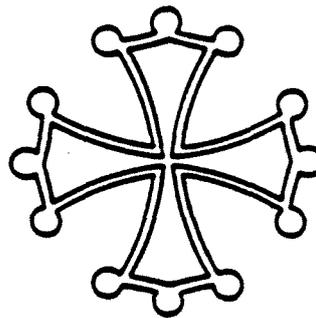
THAI-MAROS 85

RAPPORT SPELEOLOGIQUE ET SCIENTIFIQUE

Mai 1986

F.F.S. BIBLIOTHEQUE
Arrivée le
003 87
Classement

*" A tous ceux qui nous ont aidés ... et à tous ceux
malgré lesquels ce projet a réussi "*



F.F.S. - Analyse B.B.S.
26 / 1987
Faite par

Expédition organisée par l'Association Pyrénéenne de Spéléologie,
avec l'aide du Conseil Régional Midi-Pyrénées
et de la Fédération Française de Spéléologie.

ASSOCIATION PYRENEENNE DE SPELEOLOGIE

103, rue de la Providence - 31500 - TOULOUSE

FRANCE

Association Loi de 1901 à but non lucratif.

Imprimerie : COREP, 21 rue Vigerie - 31300 TOULOUSE

Dépôt légal : mai 1986

ISBN 2-906273-00-7

Editeur : A.P.S., 103 rue de la Providence, 31500 TOULOUSE

SOMMAIRE

PREFACE	p. 5	Michel BAKALOWICZ
1 INTRODUCTION	p. 6	François BROUQUISSE et Louis DEHARVENG
2 DEROULEMENT	p. 12	Dominique VIDAL et Anne BEDOS

RESULTATS SPELEOLOGIQUES THAILANDE

3 CATALOGUE	p. 17	Jean-Pierre BESSON
4 LE MASSIF DU DOI CHIANG DAO	p. 23	Louis DEHARVENG et François BROUQUISSE
5 LES KARSTS DE L'EST DE CHIANG MAI		Didier RIGAL et Louis DEHARVENG
6 LE KARST DE LA NAM LANG	p. 38	Laurent MAFFRE et Didier RIGAL
7 LES KARSTS DE PHANGNGA ET DE KANCHANABURI	p. 51	Laurent MAFFRE, Lucienne DEHARVENG et Philippe LECLERC

RESULTATS SPELEOLOGIQUES SULAWESI

8 CATALOGUE	p. 63	Jean-Pierre BESSON
9 LE SECTEUR DE KAPPANG ET LE RESEAU DE GUA SALUKKAN KALLANG	p. 68	François BROUQUISSE
10 LES CAVITES DES ENVIRONS DE BANTIMURUNG	p. 81	Louis DEHARVENG et Anne BEDOS
11 LE KARST DE MATAMPA	p. 96	Didier RIGAL et Anne BEDOS
12 PAYS TORADJA : LOKO MALILIN	p. 98	Jean-Pierre BESSON

KARSTOLOGIE

13 CADRE GEOLOGIQUE	p. 101	François BROUQUISSE
14 CLIMATOLOGIE	p. 119	François BROUQUISSE
15 HYDROLOGIE	p. 129	François BROUQUISSE et Didier RIGAL
16 HYDROGEOCHIMIE	P. 136	François BROUQUISSE et Michel BAKALOWICZ
17 GAZ CARBONIQUE	p. 144	Louis DEHARVENG et Anne BEDOS
18 SEDIMENTOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE	p. 153	Lucienne DEHARVENG

BIOLOGIE

19 CONSIDERATIONS GENERALES ET CATALOGUE	p. 164	Louis DEHARVENG Philippe LECLERC Bernard LEBRETON Jean-Pierre BESSON et Janine GIBERT
20 CONSIDERATIONS SUR LE PEUPLEMENT DES MILIEUX TERRESTRES	p. 174	Louis DEHARVENG et Philippe LECLERC
21 BREVES REMARQUES SUR LA FAUNE AQUATIQUE	p. 178	Bernard LEBRETON
22 THECAMOEBIENS	p. 180	Louis BONNET
23 ARACHNIDES	p. 181	Philippe LECLERC
24 ISOPODES	p. 186	Henri DALENS
25 COPEPODES	p. 188	Bernard LEBRETON et Bernard DUSSART
26 COLLEMBOLLES	p. 191	Louis DEHARVENG
27 COLEOPTERES PSELAPHIDES	p. 199	Clause BESUCHET
28 ALGUES	p. 199	Philippe LECLERC

ANNEXES

A1 ADMINISTRATIF	p. 200	François BROUQUISSE
A2 HEBERGEMENT, ALIMENTATION ET TRANSPORTS	p. 201	François BROUQUISSE
A3 EQUIPEMENT ET PROGRESSION	p. 204	François BROUQUISSE
A4 TOPOGRAPHIE	p. 206	François BROUQUISSE
A5 REPORTAGE	p. 208	François BROUQUISSE
A6 MEDICAL	p. 208	Dominique VIDAL
A7 BUDGET	p. 211	Laurent MAFFRE
A8 DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES ET BIBLIOGRAPHIE GENERALE	p. 212	François BROUQUISSE
REMERCIEMENTS	p. 215	

AUTEURS

Michel BAKALOWICZ (Laboratoire souterrain - CNRS - Moulis - 09200 - St. GIRONNS).

Anne BEDOS (A.P.S.)

Jean-Pierre BESSON (A.P.S.)

Claude BESUCHET (Museum d'Histoire Naturelle de Genève - route de Malagnou - GENEVE - SUISSE)

Louis BONNET (Laboratoire de Biologie Quantitative - UPS - 118 route de Narbonne - 31062 - TOULOUSE CEDEX)

François BROUQUISSE (A.P.S.)

Henri DALENS (Laboratoire d'Ecologie des Invertébrés Terrestres - UPS - 118 route de Narbonne - 31062 - TOULOUSE CEDEX)

Louis DEHARVENG (A.P.S.)

Lucienne DEHARVENG (A.P.S.)

Bernard DUSSART (CNRS - Laboratoire des Eyzies - 24620 - LES EYZIES DE TAYAC)

Janine GIBERT (A.P.S.)

Bernard LEBRETON (A.P.S.)

Philippe LECLERC (A.P.S.)

Laurent MAFFRE (A.P.S.)

Didier RIGAL (A.P.S.)

Dominique VIDAL (A.P.S.)

A.P.S., 103 rue de la Providence - 31500 - TOULOUSE.

PREFACE

Pendant trop longtemps, les spéléologues français ont limité leurs explorations au territoire national. A juste titre, dans la mesure où le karst français est riche, nous livrant chaque année un nombre respectable de nouvelles cavités et un kilométrage important de nouveaux conduits souterrains. Il y a une quinzaine d'années, alors que quelques équipes françaises s'éloignaient timidement de nos frontières, on pouvait lire les résultats d'expéditions lointaines, dans des revues polonaises, hongroises, italiennes et surtout britanniques.

La plupart de ces comptes-rendus révélait le caractère original de la spéléologie française par rapport à celle de nos voisins, à savoir la dissociation de plus en plus marquée entre d'une part l'exploration et d'autre part la collecte et l'interprétation scientifique de données destinées à comprendre la genèse et le fonctionnement du karst. Peut être parce que son évolution est plus poussée qu'ailleurs, la spéléologie en France a développé et perfectionné l'aspect sportif de l'exploration souterraine ; ainsi, l'activité scientifique s'en est progressivement dissociée au point que, lorsqu'elle apparaît dans les articles et comptes-rendus de spéléologues, elle n'est parfois qu'une mauvaise caricature de la recherche menée sur le karst.

Les équipes anglo-saxonnes nous avaient habitués à recevoir un grand nombre de mesures et d'observations variées permettant de décrire aussi bien l'environnement du karst (climat, géologie) que le karst lui-même (spéléométrie, hydrologie, géochimie, ...). C'est dans cet esprit que les responsables de l'expédition Thaï-Maros 85 et plusieurs de ses membres se sont préparés à étudier certains karsts du Sud-Est asiatique. En plus des démarches habituelles, qui vont de la recherche de documents à une reconnaissance de terrain par une équipe légère, une partie de l'équipe m'a demandé de l'accueillir au Laboratoire souterrain pour un stage préparatoire à son futur travail de terrain.

La préparation a porté sur la définition et la caractérisation hydrogéologique du karst et sur les méthodes hydrologiques et hydrochimiques d'étude. A partir de la connaissance actuelle du karst, à laquelle l'approche hydro-géologique nous a conduits, un programme de travail de terrain (choix des sites d'étude, observations, acquisition de données) a été établi. Un important matériel scientifique, tout à fait adapté, a été réuni pour mener à bien ce programme.

Dès à présent, il faut insister sur la récolte importante qui nous est présentée ici. Tout est encore loin d'être interprété et compris ; mais il faut reconnaître le grand intérêt de bon nombre de résultats. Pour ce qui est des aspects géologique et hydrologique, qui sont de ma compétence, nous apprenons que ces karsts présentent un fonctionnement et une structure identiques à ceux de nos régions. Si parfois la morphologie est particulière, définie par certains auteurs comme un "karst tropical", elle n'est le plus souvent pas différente de la morphologie classique. Ces résultats tendent à confirmer le rôle fondamental de la tectonique récente dans la mise en place de ces karsts à tourelles, comme l'avaient proposé B. Gèze et A. Mangin sur l'exemple de Cuba. De toute façon, les caractères hydrochimiques, et spécialement le CO₂, ne distinguent jamais ces karsts de ceux des régions tempérées. Simplement, il faut noter le rôle particulier joué par la couverture détritique importante, quand elle existe.

Enfin, et c'est probablement l'enseignement essentiel de ce riche compte-rendu, toutes les informations recueillies (géologie, hydrologie, hydrogéochimie, géomorphologie, zoologie) ont contribué et surtout vont contribuer à guider, à orienter l'exploration spéléologique et, par conséquent, à enrichir nos connaissances sur le milieu souterrain qui est le seul à nous offrir encore, et pour longtemps, des espaces vierges à découvrir et à comprendre. Que l'expédition Thaï-Maros 85 soit le prélude d'une longue série d'expéditions aussi enrichissantes.

Michel BAKALOWICZ
Chargé de Recherches au C.N.R.S.
Laboratoire souterrain du C.N.R.S.

1. INTRODUCTION

F. BROUQUISSE
L. DEHARVENG

Le rapport que nous publions aujourd'hui, 8 mois après le retour des derniers participants, représente en fait un double compromis :

- compromis sur son contenu entre la nécessité de publier rapidement nos résultats spéléologiques et scientifiques et le temps indispensable pour l'exploitation des nombreuses données acquises sur le terrain. Plusieurs années seront par exemple nécessaires en biologie pour identifier, décrire et classer les centaines de nouvelles espèces découvertes,

- compromis aussi sur la forme entre un simple compte rendu et un ouvrage que nous aurions souhaité plus attrayant, en particulier au niveau des documents photographiques, mais malheureusement incompatible avec nos ressources financières et le temps dont nous disposions.

Nous avons voulu malgré tout réaliser une publication conséquente essayant de répondre à trois objectifs :

- . satisfaire le public spéléo en consacrant une large part à la description des cavités et aux topographies,

- . apporter, en développant des annexes, toute une série d'éléments utiles à ceux qui souhaiteraient, eux aussi partir "là-bas".

- . enfin, vulgariser un nouvel apport scientifique, pour ceux dont l'horizon ne se limite pas à la seule facette sportive du monde souterrain, amateurs ou spécialistes. Ils trouveront ici les résultats provisoires du programme que nous avons essayé de mener à bien.

Nous avons jugé inutile dans ce rapport un développement sur les aspects géographiques et socio-économiques des régions abordées ; nous renvoyons pour cela à la bibliographie générale (Annexe 8).

Au-delà de chaque chapitre qui n'engage que ses auteurs, dont les points de vue pourront parfois apparaître différents sinon contradictoires, l'ensemble des membres a participé, peu ou prou, aux multiples activités de cette expédition. Malgré les motivations inégales ou les compétences nécessairement différentes, ces travaux restent l'oeuvre d'une équipe dont la diversité aura finalement fait la richesse et la réussite de ce projet.

* * *

1.1. - HISTORIQUE

A l'origine de ce projet, un noyau d'amis, spéléologues de longue date ; pour ceux restés jusqu'au bout, cette publication sera l'aboutissement de 2 ans 1/2 de préparation, 3 mois d'expédition et 7 mois de synthèse et rédaction.

Début 83, naissait l'Association Pyrénéenne de Spéléologie avec pour objectif un ambitieux projet qui prévoyait d'allier croisière et spéléologie. En effet, l'expédition devait sur 15 mois débiter en Indonésie pour se terminer en Nouvelle Guinée, s'appuyant sur 2 voiliers, moyens de transport privilégiés et instruments idéaux pour la prospection de zones karstiques éloignées de toute voie de communication.

La philosophie et l'esprit de ce projet, clairement définis dès le début reposaient sur quelques idées simples :

- permettre à des copains, simplement (mais réellement) motivés de participer à une entreprise dont un grand nombre aurait été exclu, selon les normes habituelles. La possibilité leur était donc offerte de prendre toute leur place dans ce projet dès lors qu'ils acceptaient de s'y investir sérieusement.

- contrairement à un état d'esprit fortement ancré en France, ramener des résultats spéléo et réaliser un programme scientifique ne nous semblaient pas contradictoires, mais complémentaires. Les résultats des expéditions spéléologiques anglo-saxonnes récentes témoignent d'ailleurs de l'efficacité de cette approche,

- regrouper d'abord des gens qui se connaissaient déjà et mettre à profit le temps de préparation pour construire un groupe cohérent. Dans cette optique, une formation complémentaire des participants fut assurée dans différents domaines : topo, technique, scientifique, etc...

- enfin, partir avec, au-delà du seul objectif spéléo, une ouverture d'esprit sur l'environnement géographique et humain des régions abordées.

Si le cadre de ce projet n'allait pas changer dans son esprit, par contre sa conception pratique allait beaucoup évoluer. En effet, l'enthousiasme des premières semaines passé, il fallut bien se rendre à l'évidence : l'entreprise que les participants du début, avaient voulue grandiose, nécessitait une lourde et contraignante préparation. Des raisons objectives, et des comportements nonchalants sinon désinvol-

tes allaient conduire, d'une part à un renouvellement progressif du groupe, d'autre part à une révision en baisse de nos objectifs. Il est d'ailleurs sociologiquement intéressant de constater que sur la trentaine de participants au démarrage du projet, seuls trois, dont deux des promoteurs le mèneront à terme, et que sur les 21 en lice en décembre 84, 7 s'évanouiront encore dans les 6 derniers mois précédant le départ...!

La réalisation de ce projet, ce sont des milliers d'heures de travail bénévole, de démarches, de recherches d'aides et de financement, donnant parfois lieu à des épisodes cocasses, comme celui de la réponse de la Mairie de Toulouse, nous affirmant, sans rire, que nous apporter une aide créerait un précédent !

Ce fut aussi la mise sur pied d'un programme scientifique selon une méthodologie consistant à envisager l'ensemble des facteurs intervenant au niveau du milieu karstique sans privilégier a priori l'un ou l'autre d'entre eux (dans la limite des compétences propres des participants).

Pourquoi le choix de la Thaïlande et de Sulawesi ? (Fig. 1.1).

En fait, trois raisons à cela :

- la présence de vastes karsts tropicaux, encore très mal connus,

- l'existence de quelques informations, notamment sur les secteurs de Chiang Dao en Thaïlande, et de maros à Sulawesi, montrant l'intérêt de mener un travail privilégié sur ces régions.

- l'intérêt biogéographique de ces régions pour les faunes souterraines et édaphiques.

Sur le plan scientifique, il s'agissait de conduire une étude pluridisciplinaire dans une optique intégrée, tout en sachant que la brièveté de notre séjour et les conditions locales ne pourraient bien entendu pas nous permettre un travail aussi approfondi qu'en France.

Les nombreux atterrissements, tractations et paperasseries sans nom avec l'Indonésie, nous ont amenés fin 84 à basculer le programme scientifique sur la Thaïlande sous peine de voir réduits à néant 2 ans de travail préparatoire. Les autorisations officielles auprès du National Research Council de Bangkok furent obtenues en trois mois, tandis qu'au jour du départ, le LIPI de Jakarta ne nous avait pas accordé le feu vert.

Mais le 27 juin 85, après avoir passé les trois derniers mois sur la brèche, eu des sueurs froides avec des billets d'avion non confirmés, et résolu en extrême pour le problème du frêt, nous nous envolions pour Bangkok sur le BAC 111 de la TAROM...

1.2. - MEMBRES DE L'EXPEDITION (tous sont spéléologues)

PARTICIPANTS	Profession	Age	Rôle principal dans l'expédition
BEDOS Anne	Etudiante en biologie - Toulouse	28	Spéléologie
BESSON Jean-Pierre	Chargé des questions scientifiques au parc national des Pyrénées Occidentales - Tarbes	45	Biologie (Terrestres)
BROUQUISSE François	Hydrogéologue - Toulouse	38	Co-responsable de l'expédition - Karstologie physique.
BROUQUISSE Karine	Scolaire - Toulouse	12	-
BROUQUISSE Odile	Infirmière - Toulouse	39	Médical
DEHARVENG Louis	Chargé de Recherche CNRS Laboratoire Zoologie - Toulouse	36	Co-responsable de l'expédition - Biologie (terrestres)
DEHARVENG Lucienne	Institutrice-étudiante en géologie Grenoble	27	Sédimentologie - Géomorphologie.
DUTIN Christine	Etudiante administration économique et sociale - Sarlat	23	Spéléologie
FOUCART Hubert	Analyste - programmeur - Paris	30	Spéléologie
GIBERT Janine	Enseignant - chercheur Laboratoire d'Hydrobiologie - Lyon	40	Biologie (Aquatiques)
LALLEMAND Jean-Michel	Animateur socio-culturel Carcassonne	24	Spéléologie
LEBRETON Bernard	Technicien Aquarium - Sarlat	25	Biologie (Aquatiques)
LECLERC Philippe	Documentaliste INSERM Paris	32	Biologie (Terrestres)
MAFFRE Laurent	Animateur socio-culturel - Cugnaux	23	Spéléologie. Trésorier
NAVARRO Sandrine	Enseignante - Paris	30	Spéléologie
RIGAL Didier	Hydrogéologue - Rodez	26	Hydrologie
VIDAL Dominique	Infirmière - Toulouse	26	Médical

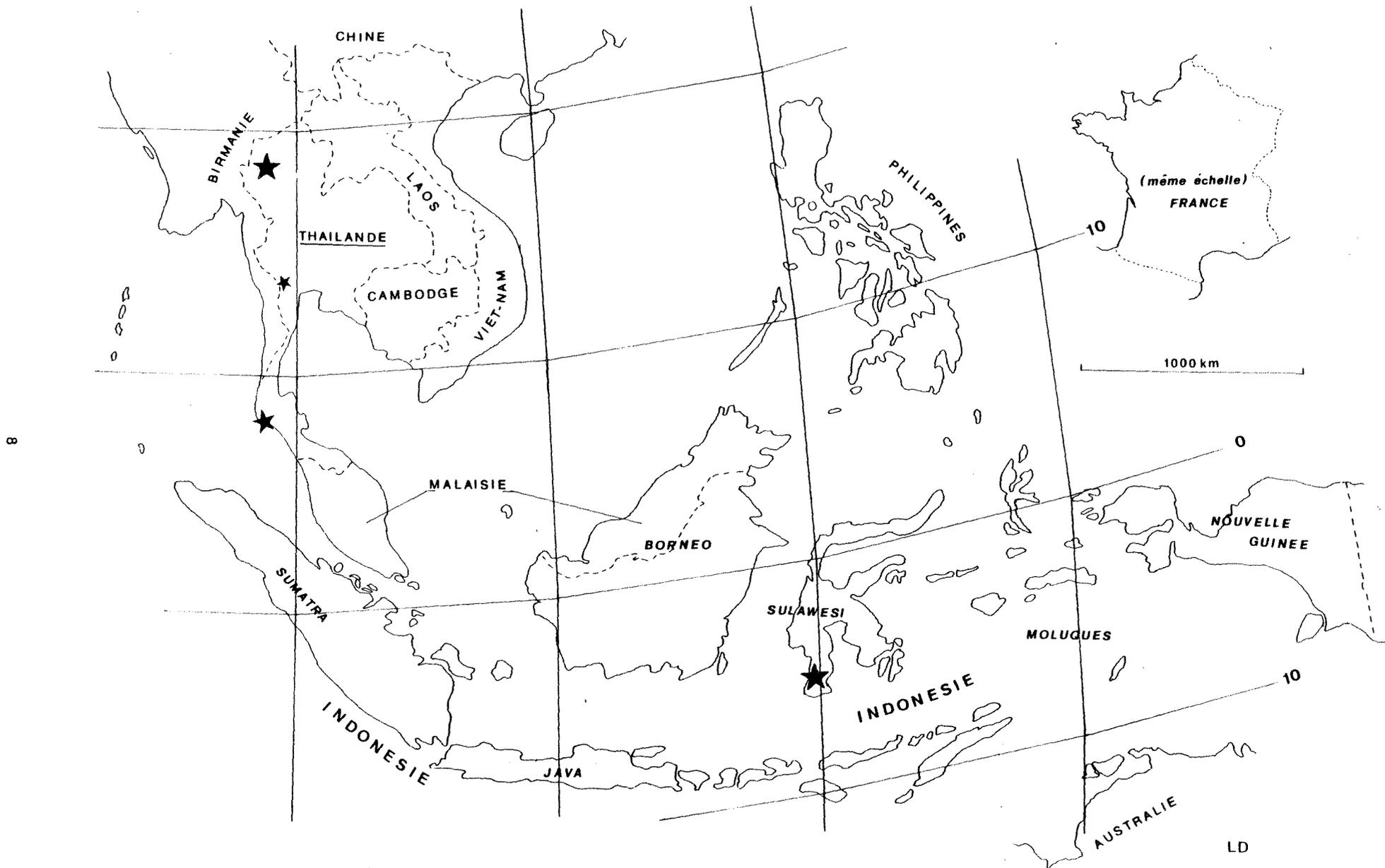


Fig. 1.1. - Asie du sud-est : Régions visitées par l'expédition Thaï Maros 85.

1.3. - LES RESULTATS SPELEOLOGIQUES

1.3.1. - Thaïlande

L'activité s'est partagée de façon sensiblement égale entre travail scientifique et recherches spéléologiques. Dans ce dernier domaine, les difficultés logistiques (saison des pluies, jungle inextricable, immensité des karsts), l'interdiction de certaines zones pour raisons d'insécurité (guérilla et bandidisme), et le gaz carbonique omniprésent dans les cavités de la Nam Lang, ont constitué autant d'obstacles à la prospection et à l'exploration souterraine.

Plus de 70 cavités développant au total 25 km ont été explorées dont près de 60 ont fourni 16 km de topographie. Elles se répartissent dans quatre zones karstiques : le massif de Chiang Dao, la région de Tham Klaeb Yai et le karst de la Nam Lang dans le nord-ouest du pays ; le karst de Phangnga dans le sud.

Récemment encore, la plus longue cavité de Thaïlande publiée à ce jour, Tham Chiang Dao, topographiée sur 4.850 m par deux d'entre nous en 1981, dépasse aujourd'hui les 5 km : avec les prolongements découverts dans la grotte supérieure de Tham Ki Nok et la découverte de Tham Sia Dao, c'est un ensemble de près de 6 km qui se développe autour de l'exsurgence de Chiang Dao. A l'ouest du massif, la rivière souterraine de Tham Ban et Qui Haen a été topographiée sur 613 m.

Au nord de Chiang Dao, nous avons reconnu en bordure de l'immense karst de Tham Klaeb - Tab Tao plusieurs petites cavités ainsi qu'un système perte-résurgence de 1,2 km (pour plus de 2 km de développement total).

Le karst de la Nam Lang a l'ouest de Chiang Maï possède des rivières souterraines importantes, dont l'exploration en saison des pluies peut devenir extrêmement délicate. Nous y avons découvert d'assez nombreuses cavités, rendues impénétrables par les trop fortes teneurs en CO₂, à l'exception de deux d'entre elles : une perte de 700 m (arrêt sur difficultés respiratoires), et la grotte de Pha Mon, magnifique rivière souterraine suivie de sa perte à sa résurgence sur 3 km (pour 4 km de développement total).

Dans le sud enfin, le karst spectaculaire de la baie de Phangnga et des environs nous a livré plus de 4 km de galeries dont deux belles rivières souterraines (Tham Pong Chang, 1150 m et Tham Thong, 960 m).

1.3.2. - Sulawesi

Le karst de maros à Sulawesi (Célèbes), quatrième île d'Indonésie par sa superficie, constituait à l'origine notre objectif principal. Une expédition de reconnaissance de 20 jours avait été néanmoins maintenue, puisqu'en l'absence d'autorisation nous ne pouvions plus y aller que comme "simples touristes". Les résultats obtenus établissent l'intérêt exceptionnel de cette région : plus de 15 km de galeries découvertes et topographiées. La plupart des cavités reconnues sont des exsurgences et des grottes fossiles de 100 à 600 m de longueur, à galeries de moyennes à grandes dimensions, parfois bien concrétionnées. La

perte de Salukkan-Kallang nous a donné accès, après 2 km de grandes galeries et à - 150 m, à un collecteur débitant 400 l/s (en saison sèche) qui se développe dans d'énormes galeries (10x10 à 30x20 m). 8 km ont été topographiés dans ce réseau : arrêt par manque de temps. Durant la même période, une équipe de

Régions	Topographié (m)	Exploré (m)	Nombre de cavités
Chiang Dao Chiang Maï	5.493	13.018*	33
Nam Lang	6.112	6.672	24
Sud	4.493	4.753	18
Sulawesi	15.223	17.768	56
TOTAL	31.321	42.211	131

* Inclus les 7.430 m explorés et topographiés en 1981 par L. Deharveng et A. Gouze, et réexplorés en quasi-totalité en 1985.

Tab. 1.1 - Résultats spéléologiques.

	Exploré (m)	Topographié (m)
<u>THAÏLANDE</u>		
. Tham Chiang Dao	5.170	5.170 *
. Tham Pha Mon	3.989	3.989
. Tham Klaeb Yai	2.190	2.190
. Tham Pha Thaï	1.185	1.180 *
. Tham Pong Chang	1.150	1.150
. Tham Lot	1.080	580
. Tham Thong	960	960
. Tham Tab Tao	825	825 *
. Tham Ki Nok	695	695 *
. Tham Plaa	670	670
. Tham Ban Oui Haen	613	613
<u>SULAWESI</u>		
. Gua Salukkan Kallang	8.576	8.076
. Gua S22	780	780
. Gua S1	613	613
. Gua Patunuang 1	557	557
. Gua N1	550	550
. Gua Atas	535	535
. Gua K3	500	440

* Ces chiffres tiennent compte des relevés effectués en 1981 par L. Deharveng et A. Gouze.

Tab. 1.2 - Liste des cavités de plus de 500 m vues par l'A.P.S.

3 italiens avec lesquels nous avons collaboré sur le terrain a topographié 3,5 km dans une cavité de même gabarit située plus au nord du massif de Bantimurung.

1.3.3. - Synthèse

Les tableaux 1.1 et 1.2 récapitulent l'ensemble des résultats spéléologiques de l'expédition Thai Maros 85.

1.4. - LES RESULTATS SCIENTIFIQUES

L'originalité du projet en ce domaine résidait en deux points :

- associer étroitement à leur étude scientifique l'exploration spéléologique des cavités,
- mener dans une optique intégrée l'étude de karsts-cibles pouvant ultérieurement servir de références.

* En karstologie physique, nous avons mis sur pied, notamment avec l'aide de M. Bakalowicz du laboratoire souterrain du C.N.R.S. de Moulis, un programme s'appuyant sur une approche synthétique du karst. Les mécanismes fondamentaux de la karstification commencent à être bien connus. L'étude depuis déjà de nombreuses années sur des bassins versants expérimentaux a permis de modéliser la structure du karst et son fonctionnement. Il s'agissait donc pour nous d'essayer de ramener des données non pas de façon anarchique, mais selon une méthodologie précise, notamment en hydrologie et en chimie des eaux, ces données devant pouvoir être exploitées, comparées et replacées dans un cadre plus général.

* En biologie, l'importance de l'équipe (5 personnes) autorisait un programme relativement étoffé, prenant en compte simultanément les biotopes aquatiques et terrestres du karst profond et du karst superficiel. Le travail a été conduit dans une triple perspective (chap. 20) :

- + Etablir la structure élémentaire des biocénoses souterraines et édaphiques et évaluer leurs rapports mutuels, en saison des pluies (Thaïlande) et en saison sèche (Sulawesi).

- + Aborder l'étude de la spéciation en milieu tropical, par la comparaison des faunes de massifs karstiques voisins sur un territoire biogéographiquement homogène.

- + Replacer les données faunistiques collectées dans un contexte plus large en rapport notamment avec deux limites biogéographiques majeures de la planète : l'isthme de Kra au sud de la Thaïlande et la ligne Wallace à l'ouest de Sulawesi. Ce dernier travail n'a pu être que partiellement réalisé à cause des problèmes administratifs évoqués plus haut qui ne nous ont pas permis de mener à bien le programme biologique prévu sur Sulawesi.

* Il importe de replacer ce volet scientifique dans son cadre :

- une expédition qui a couvert beaucoup de terrain en peu de temps ; elle n'a donc permis qu'une investigation superficielle,
- des moyens réduits, un temps effectif de travail de terrain assez court dans un environnement tropical peu favorable.

Ce travail ne saurait donc être comparé à

une étude telle qu'on pourrait la mener dans nos régions.

Répondant à la nécessité d'obtenir des données en des lieux où celles-ci sont inexistantes, il constitue une reconnaissance scientifique préalable, -effectuée toutefois selon une optique précise-, pour des travaux ultérieurs plus pointus dans le sud-est asiatique.

1.4.1. - Thaïlande

* Un des intérêts scientifiques majeurs des karsts thaïlandais réside dans leur ancienneté présumée. Ils se développent en effet dans des calcaires d'âge permien exondés depuis le secondaire (chap. 13). Cependant nous ne possédions jusqu'à présent aucune donnée précise sur la karstification. Dans la grotte de Tham Pha Thai, les tufs rhyolitiques qui emplissent plusieurs galeries et que nous avons échantillonnés, apporteront peut être les premiers éléments d'information à ce sujet (chap. 18).

* L'essentiel de notre travail s'est concentré en un premier temps sur la grotte de Chiang Dao pour laquelle nous avons accumulé les données climatologiques (chap. 14), hydrologiques (chap. 15), physicochimiques (chap. 16 et 17), sédimentologiques (chap. 18) et faunistiques (chap. 19). L'étude intégrée de cette cavité -dont les travaux présentés ici ne constituent qu'une première ébauche- pourra ainsi servir de référence pour caler les résultats plus partiels réunis dans d'autres régions du pays.

La comparaison des premiers résultats conduit à avancer quelques hypothèses sur le massif du Doi Chiang Dao : un temps de transit des eaux lié à un colmatage partiel du karst ; une mise en place du système sans doute assez complexe comme en atteste l'étude des dépôts polyphasés de nature lithologique différente, de Tham Chiang Dao.

L'exploitation des données en hydrogéochimie met en évidence le rôle éminent de la couverture pédologique dans l'acquisition du chimisme des eaux. Enfin, la fréquence des cavités à CO₂ dans le karst de la Nam Lang est une donnée tout à fait nouvelle et originale.

* Parallèlement nous nous sommes attachés à caractériser plus sommairement d'autres ensembles karstiques, notamment du point de vue faunistique.

Dans ce dernier domaine, l'endémisme observé nous a permis d'avancer quelques hypothèses sur les déterminismes possibles de certains types de spéciation en régions tropicales (chap. 20 et 26).

* Le simple bilan des récoltes faunistiques constitue enfin un des résultats les plus intéressants acquis au cours de l'expédition. Les taxons (genres et espèces) nouveaux pour la science se comptent par centaines, avec notamment la découverte d'un poisson dépigmenté et microptalme.

1.4.2. - Sulawesi

Faute d'autorisation officielle nous n'avons pas eu la possibilité d'effectuer les mesures et

récoltes nécessaires. Néanmoins les simples observations que nous avons faites établissent l'intérêt exceptionnel de cette région.

* Au contraire de la Thaïlande, une grande partie de l'Indonésie a été et, est toujours, soumise à une tectonique active récente. Sulawesi en particulier résulte de la mise en place au Néogène de ses principales unités (chap. 13). Dans ces zones instables, l'étude, tant de la karstification que de la biogéographie présente un intérêt particulier.

* Les observations faunistiques, bien que réduites, ont révélé l'existence d'une faune souterraine bien caractérisée, qui n'est pas sans rappeler, au niveau des groupes zoologiques dominants, celle récoltée en Thaïlande (blattes, Oniscoïdea, diplopodes...). La présence d'un scorpion aveugle dans une des cavités explorées constitue la découverte zoologique la plus intéressante réalisée à Sulawesi.

* La prospection de surface et l'exploration souterraine nous ont permis de rassembler des éléments principalement d'ordre géomorphologique et structural, et de mettre en évidence le rôle joué dans le karst de maros par les dykes et filons-couches de roches intrusives (chap. 9 et 13).

1.5. - PERSPECTIVES

Cette première phase de notre projet initial, la plus importante, s'achève. Les résultats obtenus tant sur le plan spéléo que dans le domaine scientifique, sont venus

confirmer l'esprit et le travail de plus de 2 ans de préparation. C'est pour nous une satisfaction non négligeable.

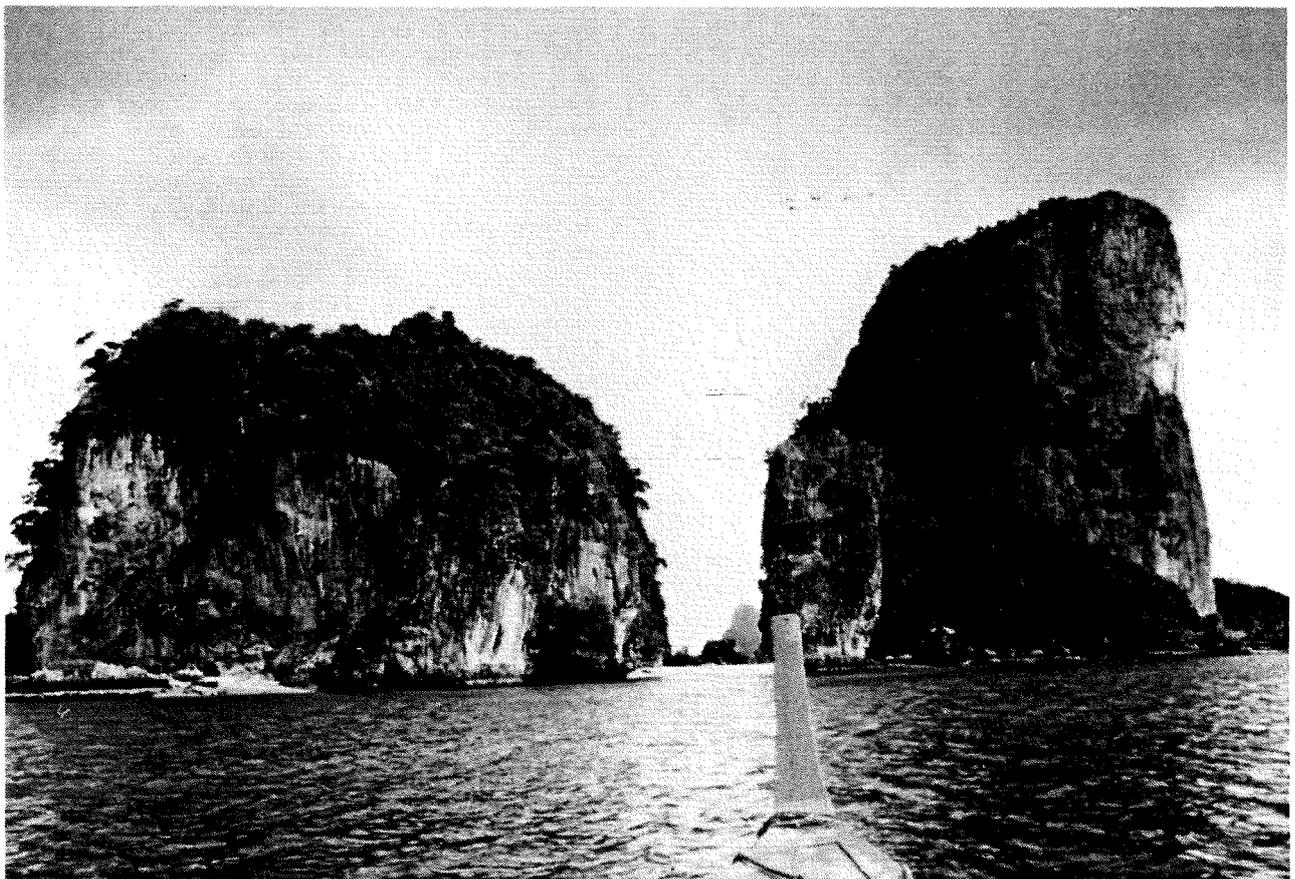
Néanmoins nous ne recommencerions pas, du moins dans les mêmes conditions. L'expérience a été fructueuse mais lourde à conduire. Trop souvent portée à bout de bras, elle n'a pu être menée à son terme que grâce à l'obstination d'une poignée d'entre nous.

Et maintenant ?

Pour ceux qui vont continuer, c'est d'ores et déjà le prochain départ, début juin pour la Thaïlande. La collaboration va se poursuivre avec des chercheurs de l'université de Chiang Maï ; les karst de la Nam Lang et du centre du pays feront l'objet des prochaines investigations, notamment en biologie. Ce sont aussi des contacts et des perspectives de travail concerté sur le sud-est asiatique avec des équipes anglo-saxonnes dont les conceptions sont proches des nôtres.

Dans la foulée nous poursuivrons sur l'Indonésie, où l'autorisation promise pour l'été prochain, lors de notre dernier passage à Jakarta, nous permettra, nous l'espérons, de réaliser enfin un programme cohérent de mesures et prélèvements sur le karst de Maros. L'exploration du système Gua Salukkan Kallang sera poursuivie. Enfin une reconnaissance aura lieu dans quelques grands karsts prometteurs des Moluques, encore vierges de toute recherche spéléologique...

* *



Phangnga (Ph. P. Leclerc)

2. DÉROULEMENT

D. VIDAL
A. BEDOS

2.1. - THAÏLANDE (Dominique VIDAL).

Paris, 6 heures du matin, le 26 juin 1985 : c'est le grand jour pour tous les participants (ou presque) de l'expédition THAI 85. En route vers la Thaïlande et ses sites karstiques que nous souhaitons de premier ordre. En attendant, c'est un convoi de véritables muletiers qui s'ébranle de Paris vers Bruxelles.

Après 16 h d'avion, nous débarquons au cœur de l'Asie, dans une de ses plus grandes métropoles : BANGKOK. Une chaleur lourde et humide s'abat sur nous. Puis c'est le bain de foule dans l'aéroport où se pressent les chauffeurs de taxis prévenants à l'excès. Nous avons récupéré nos sacs à dos et nous formons un impressionnant amas de personnes et de bagages.



Bangkok : Wat Phra Kaeo (Ph. D. Vidal).

Nous prendrons le bus pour rejoindre le centre ville. Les véhicules empruntent de larges artères enfumées par une multitude de diesels japonais en tous genres. Lors des arrêts au feu rouge qui durent en moyenne 6 à 7 mn nous sommes cernés de toute part par les motos, les tuk-tuks... Au feu vert c'est dans un même élan qu'ils démarrent tous gaz ouverts pour être parmi les chanceux qui vont pouvoir franchir le carrefour. Cela a pour conséquence de vous laisser sourd et à moitié asphyxié.

Enfin, c'est l'arrêt dans une petite rue bordée de maisons et de jardins. Tout y est étrangement calme et paisible. Nous sommes devant chez J.F. Séché qui va avoir la surprise du jour en nous accueillant. En effet, il s'attendait à voir tout au plus 4 ou 5 personnes, ce sont 11 qui s'écroulent sur son paillasson. Qu'à cela ne tienne, son hospitalité n'en sera que plus chaleureuse. Qu'il en soit ici, remercié, car ce pied à terre dans cette ville gigantesque fut pour nous tous un vrai havre où il était agréable de revenir. Chez lui nous ferons la connaissance d'un instituteur français, J.P. Daniel qui se propose de nous rejoindre avec son 4x4 à Chiang Dao histoire de pimenter ses vacances : une aubaine pour nous.

De menus détails réglés comme la récupération de 400 kg de fret et l'achat d'un baril de 50 kg de carbure, nous partons par le bus de nuit vers la 2^e ville du pays distante de 800 km : Chiang Maï, première étape vers notre point de chute réel : Chiang Dao, petit bourg à 70 km au nord de Chiang Maï vers Fang.

A Chiang Maï, nous voyons Mr. L. Gabau-de de l'Ecole Française d'Extrême-Orient, dont la connaissance du pays, de la langue et des gens nous sera très précieuse. Grâce à lui nous aurons un guide Thaï, Aley qui nous pilotera jusque dans les villages montagnards les plus isolés. Lequel nous rendra son tablier après 3 semaines de "crapahut" derrière ces touristes un peu trop spéciaux à son goût.

Chiang Maï a les dimensions plus humaines d'une petite ville de province. On s'y sent beaucoup mieux. L'atmosphère y est plus légère qu'à Bangkok, moins étouffante. Les rues sont animées par une circulation qui n'est pas aussi dense que dans la capitale, et par une profusion de boutiques et de restaurants.

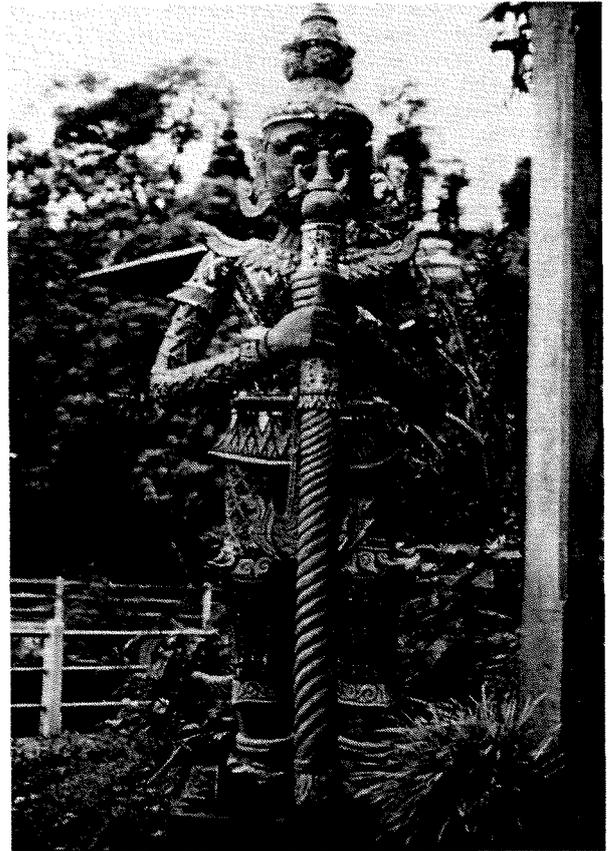
Départ pour Chiang Dao dans la foulée. Notre arrivée dans ce village construit de part et d'autre de la grand route ne passe guère

inaperçue. Nous nous installons dans un hôtel où se répartissent en chambres de 2 ou 4 hommes et matériel. Tout le long de la rue principale, une dizaine de petits "restau" où nous allons soigner notre image de marque en mangeant une fois chez l'un, une fois chez l'autre.

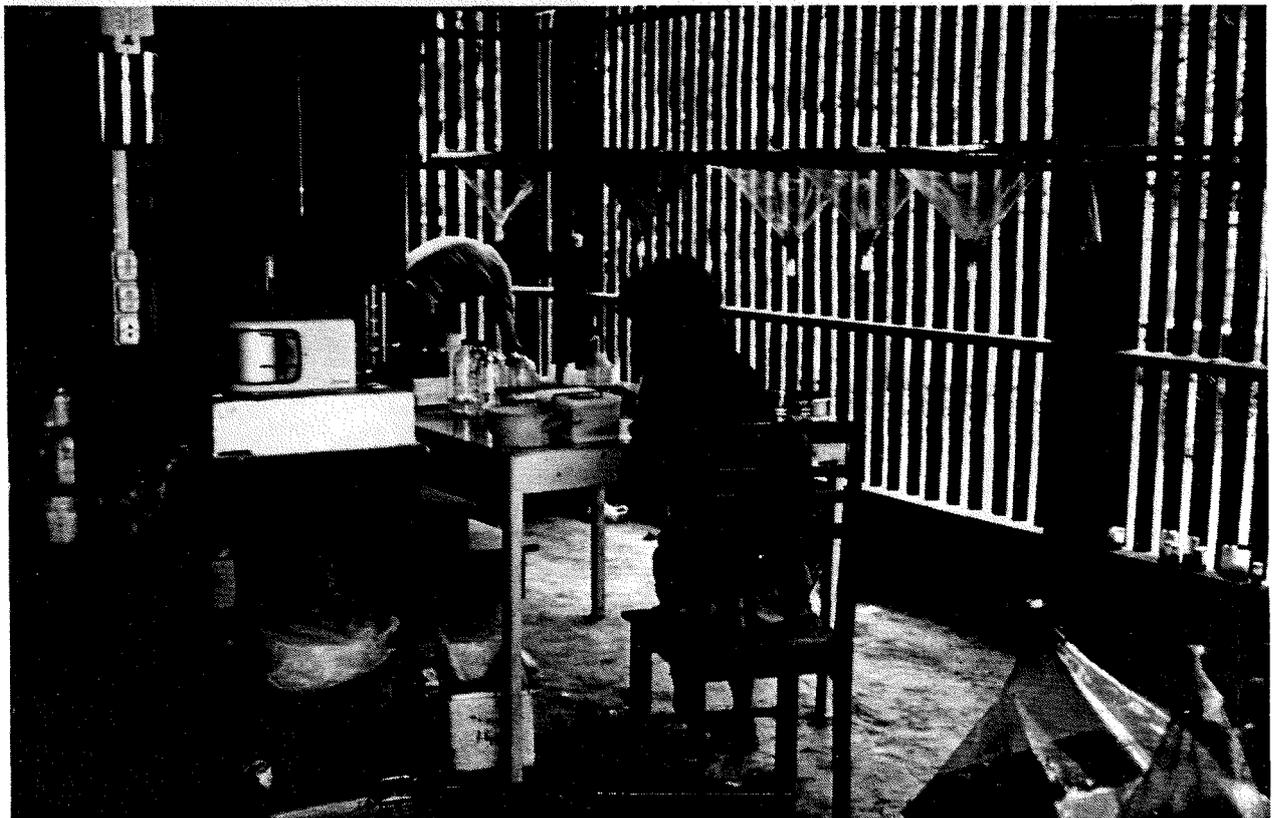
Le véritable théâtre des opérations est distant de 5 km que nous franchirons journalièrement en taxi. C'est la grotte de Chiang Dao située dans l'enceinte d'un temple, lieu de culte et de pèlerinage. Tous les jours nous montons le grand escalier couvert, gardé par deux imposantes statues de démons sous l'oeil goguenard des guides. Ceux-ci pour quelques baths accompagnent avec d'antiques lampes à pétrole les pèlerins dans le dédale des galeries. Là, éberlués ils se trouvent nez à nez avec une sorte particulière de chauve-souris rampante.

Durant notre séjour, la grotte de Chiang Dao sera le lieu d'investigation privilégié de nos scientifiques : mesures de pCO_2 , analyses d'eau, observations de géologie, récoltes de cavernicoles, prélèvements de guano, jaugeages, etc... Nous rassemblerons par station l'ensemble des données et cela dans les différents réseaux (réseaux touristes, guano, sup. et inf...) avec les topos. La grotte se termine par des siphons que nous n'avons pu franchir.

Dans le village nous avons loué une maison entière avec son jardin. Lucienne, François, Louis, Jean-Pierre puis Anne l'ont aménagée en laboratoire de terrain. Des guirlandes de berlèses ornent tout le rez de chaussée tandis que les tamis et les sacs de sédimento de Lucienne pavent le jardin. C'est là que nous mettons à jour les observations quotidiennes. Un pluviomètre a été installé dans le jardin.



Tham Chiang Dao : Gardien du sanctuaire (Ph. D. Vidal).



Chiang Dao : Le laboratoire de terrain (Ph. L. Maffre).

Après nous être fait connaître de l'officier d'immigration nous obtenons l'autorisation de rayonner vers le Doï (montagne) et vers l'Est. J.P. Daniel est là avec son véhicule. Un petit groupe composé de nos spéléos de pointe (nos pionniers) Jean-Michel, Didier, Laurent et Aley, se détache pour aller prospecter la région Nord-Ouest vers la frontière birmane sur la route de Mae Hong Son. En fait, la découverte sur le bord de la piste en pleine jungle de la grotte (rivière souterraine) de Tham Pha Mon arrête là leur périple. Nous sommes à 80 km de Mae Hong Son, tout près du petit village de Sop Pong.

Ici, Didier, Laurent et Jean-Michel négocient la location d'une maison. Elle ressemble à nos anciennes échopes médiévales avec un comptoir et un auvent que l'on maintient ouvert à l'aide de grandes perches. Nous sommes donc constamment exposés à la vue de tous. Difficile de passer inaperçus dans ces conditions.

Entre 2 explorations de leur cavité, nos spéléos venaient se reposer quelques jours à Chiang Dao et prendre une bonne douche. Pendant ce temps nos voisins de Sop Pong croyant en toute bonne foi qu'ils étaient partis pour ne plus revenir, avaient entrepris de rentabiliser ce départ à leur profit en vendant ce qui restait d'affaires et de matériel dans la maison. Le choc créé par le retour inopportun, en pleine braderie, des 3 garçons fut -paraît-il- du plus bel effet. Tout rentra dans l'ordre sans problèmes et avec force sourires.

Quant à la découverte de la rivière, son exploration va donner quelques 4.000 m de topo. Le recensement des données s'étalera sur 15 jours et sera fait par différents groupes. D'autres gouffres et grottes retiennent l'attention et les ardeurs de nos spéléos qui, stimulés par ce premier succès, sillonnent la jungle en tout sens. Ainsi sur le plateau karstique de Ban Kut Samp Sip et près de Ban Tham Lot seront trouvés et explorés plusieurs cavités, telle Tham Plaa (700 m de topo), rivière souterraine où sera capturé le poisson cavernicole ramené en bouteille de whisky et vivant au laboratoire de Moulis.

C'est au cours du séjour dans cette région que Laurent et Philippe seront victimes avec Lucienne des seuls accès de fièvre tropicale constatés parmi nous. Les prélèvements ultérieurs faits en France confirmeront qu'il s'agissait de "Dengue".

De notre côté, nous entreprenons l'exploration du sommet du Doï qui ne donnera rien sinon quelques puits assez vite bouchés. Sur les flancs de la montagne à hauteur du village Lisu de Ban Oui Haen, une résurgence nous livrera 600 m de topo, une belle récolte de cavernicoles et le cadavre d'un indigène scalpé. Tandis qu'une équipe composée de Lucienne, Jean-Pierre et Hubert part pour le sommet, nous sommes 5 à prendre la direction du village Lisu de Ban Na Lao ; Karine, Philippe, François, Sandrine et moi. Nous retrouvons Aley au 1er village, abandonné là, à notre intention par le premier groupe.

Il nous conduit en 2 ou 3 h de marche vers un village plus isolé. Aux abords du village des débris colorés de poteries, de tissus, des grains de riz jonchent le sol des sentiers et des croisements. Ce sont les restes

de petits autels que les Lisus élèvent pour honorer leurs génies. Défense absolue d'y toucher. Seul le temps pourra en avoir raison.

Avant de voir les maisons, nous entendons des rires d'enfants mêlés au bruit frais d'une rivière.

Le village s'étale sur une butte qui descend jusqu'à la rivière. Aley nous mène à la maison d'un de ses parents (lointain). Nous ôtons nos chaussures et nous grimpons l'échelle qui mène aux pièces d'habitation. La maison est sur pilotis ; sous elle se réfugient basse-cour et cochons pour grapiller les miettes qui tombent après les repas.

La pièce où nous pénétrons, sans ouverture, est déjà plongée dans la pénombre. Au centre un foyer où couvent des braises jette un maigre éclat sur un vieil homme couché à la manière des fumeurs d'opium. Dans la soirée, il préparera sa pipe qu'il partagera avec Aley.

C'est la surprise pour tous ceux qui regagnent la maison après leur travail aux champs. Surprise de trouver installés chez eux de grands diables blancs. Karine avec son visage d'enfant et sa blondeur est l'objet des regards émerveillés des plus petits. Nous dormirons dans cette même pièce après y avoir mangé un repas frugal. François et Philippe passent leur nuit à essayer de caser leurs longues jambes.

De retour dans la plaine, à 27 km vers Fang, on découvre le système perte-résurgence de Tham Klaeb Yaï (plus de 2 km de topo). Dans cette longue galerie sinueuse, très régulière, ornée de banquettes de chaque côté, nous nous livrerons à une chasse au rat et à



Dans la jungle (Ph. D. Rigal).



Marché de Maros (Ph. D. Rigal).

la chauve-souris pour extirper à ces bestioles quelques uns de leurs parasites.

Groupe par groupe nous quittons Chiang Dao au gré des impératifs de retour de chacun, non sans escale à Phangnga, dans l'extrême sud du pays, qui nous révélera encore quelques belles grottes marines et topos mouillées, notamment les cavités de Tham Thong (960 m) et Tham Pong Chang (1150 m).

2.2. - SULAWESI (Anne BEDOS)

Jean-Pierre, Bernard, Christine et moi constituons le premier groupe qui, le 2 août, se rend à Jakarta, pour tenter d'obtenir auprès du LIPI les autorisations attendues depuis longue date. Peine perdue. On s'en passera donc, puisqu'en tant que touristes on a toutes les permissions. Entre deux départs, nous retrouvons la maison accueillante de Claude Mouret, où nous nous reposons des stress administratifs. 4 jours plus tard, nous quittons enfin la foule de la capitale par le train de nuit pour aller prendre le bateau hebdomadaire à Surabaya. Prendre les tickets aux guichets de la Pelni, c'est toute une affaire ! On ne fait pas la queue, on se presse par dizaines à celui qui aura le bras le plus long ! D'ailleurs les acheteurs sont exclusivement masculins. Des policiers avec casque et matraques sont là (pour maintenir l'ordre ?). Christine s'en est trouvée mal et Jean-Pierre n'était pas loin de croire à l'existence du CO₂ (cf. chap. 17). Enfin, de guichet en guichet, nos tickets se retrouvent entre nos mains, sans trop savoir comment.

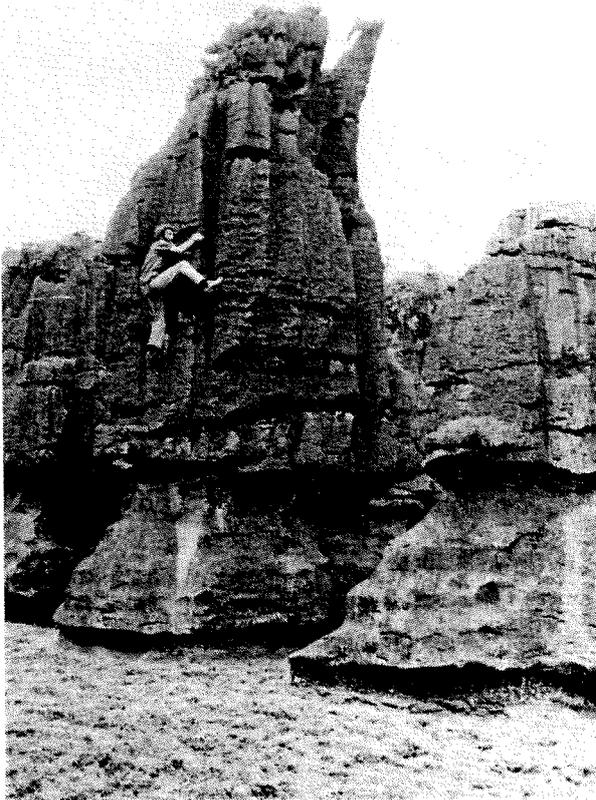
24 h de traversée sur un paquebot tout confort, et nous voilà enfin à Sulawesi. Arrive-

vée mémorable à Ujung Pandang : des dizaines de becaks (tricycles locaux) nous escortent jusqu'à notre hôtel, indifférents aux coups de matraques des flics. Le lendemain, après l'achat du carburant, nous repartons.

Bantimurung n'est qu'à 40 km de là ; nous y séjournerons dans un petit hôtel, au calme et au frais, à proximité de la résurgence grandiose de Bantimurung, et à l'ombre des hautes falaises du karst de Maros.

Louis, François, Didier nous y rejoignent dès le lendemain (11 août), par avion, grâce à des billets marchandés àprement auprès de la compagnie Mandala Airlines. Odile arrivera quelques jours plus tard. Première surprise, nous sommes attendus. Trois spéléos italiens nous ont devancés ; prévenus de nos projets par le Dr. Ko, ils nous reconnaissent avant même que nous nous soyons présentés. Il y a de la place pour tout le monde, nous collaborons. Venus très légers (certains n'avaient même pas apporté un casque), nous serons bien heureux de pouvoir leur emprunter une corde de 50 pour l'exploration de Gua Salukkan Kallang...

Qu'aurions-nous fait sans Baharuddin ? Baharuddin est un responsable local du parc national, guide pour chasseurs de papillons et parlant anglais. Il s'est pris subitement de passion pour la recherche des grottes de Maros, dans lesquelles il refuse toutefois de pénétrer. Chaque matin, il nous apportait au petit déjeuner une liste de cavités à aller voir, "to check". Nous montions dans le taxi (Jean-Pierre un peu après les autres), qui s'arrêtait chez un habitant du coin. Ce dernier (qui se transformait inévitablement, après être rentré chez lui et s'être muni d'une casquette, en garde du Parc National, d'où backshish obligatoire) nous menait à des grottes "sans fin",



Le karst résiduel de Soreang
(Ph. L. Deharveng)

souvent un peu courtes à notre goût. Cette prospection était toujours accompagnée de grands mouvements de foule, avec des dizaines de jeunes et de moins jeunes en escorte bruyante. L'enthousiasme était moins délirant pour pénétrer dans les cavités, mais à la sortie, plusieurs heures après, la foule était toujours là.

La plupart de nos prospections se sont déroulées dans cette chaude ambiance, du moins celles réalisées dans la vallée en pied de falaises. Une cinquantaine de grottes de 25 à plus de 700 m, ont été repérées et explorées de la sorte.

C'est encore dans les mêmes conditions que Baharuddin, dès le lendemain de notre arrivée, nous dénichait la perte de Gua Salukkan Kallang près du village de Kappang, cavité d'une toute autre dimension. Après un passage bas (le seul du réseau exploré), 2 km de rivière souterraine entrecoupés d'un puits de 60 m donnent sur un "collecteur géant" de 10 m de large coulant doucement dans une galerie de 15-20 m de diamètre.

François, Didier, Jean-Pierre et Odile topographient inlassablement, à raison d'un jour d'explo alterné avec un jour de repos ou de report. Depuis le fond la lumière est apparue en deux points qu'on a pu localiser sur la carte. Il ne restait plus qu'à partir à leur recherche. Nous nous en occupons avec Louis. Après 4 heures de prospection en pleine

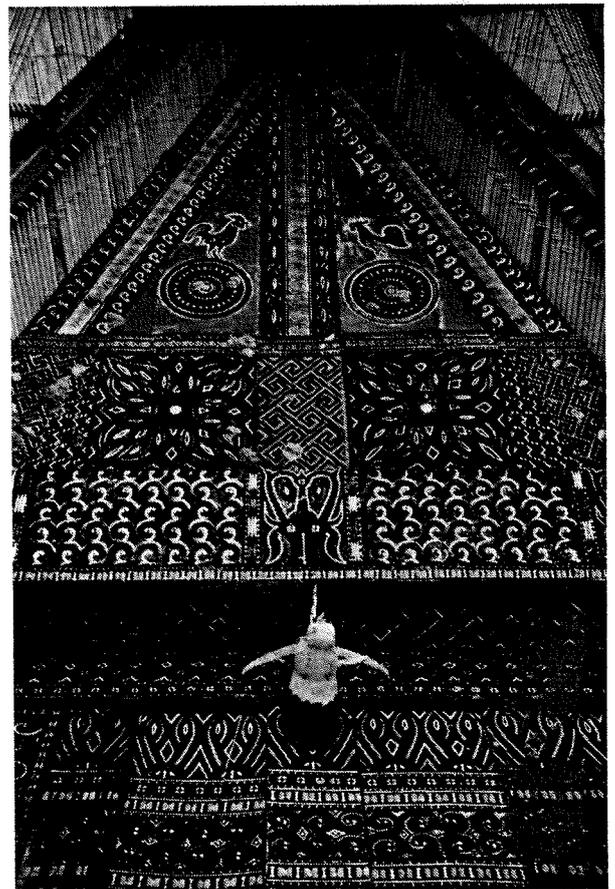
jungle, nous tombons sur un gigantesque gouffre camouflé par une végétation luxuriante ; il s'en exhale des nuages de vapeur que transpercent les rayons du soleil. On entend en s'approchant du bord un grondement sourd : c'est la rivière de Gua Salukkan Kallang qui coule 40 m plus bas.

L'exploration du réseau vers l'aval va pouvoir se poursuivre par cet accès direct qui court-circuite plusieurs kilomètres de galeries. Pendant que Jean-Pierre et Didier partent vers d'autres horizons en Pays Toradja, François, Odile, Bernard et Christine se lancent dans ce puits ; hélas, après 350 m de progression, une vasque bouillonnante délicate à équiper ne donnera accès qu'à un siphon, 250 m plus loin.

L'amont ne livrera pas non plus son secret, ça continue toujours aussi grand mais c'est le temps qui manque ! Ce sont tout de même 8 km de réseaux qui auront été topographiés en 8 séances, faisant de Gua Salukkan Kallang une des plus vastes cavités indonésienne...

28 août : retour sans encombre Ujung Pendang-Jakarta-Bangkok-Bucarest-Bruxelles. Didier, François, Lucienne et Louis restent à Bangkok pour quelques jours de plus. Jean-Pierre reste lui à Bucarest quelques heures de plus, ayant raté la correspondance. Retour échelonné pour les 4 de Bangkok ; le dernier à rentrer est François, juste après le coup d'état manqué contre le quartier général.

* * *



Fronton de maison Toradja (Ph. O. Brouquisse).

3. CATALOGUE THAÏLANDE

J.-P. BESSON

Cette présentation est une version simplifiée d'un catalogue beaucoup plus détaillé en cours de réalisation.

Ce catalogue comporte 79 phénomènes karstiques repérés ou explorés par L. Deharveng et A. Gouze en 1981 et l'expédition APS de l'été 1985.

Les cavités sont classées par "changwat" (découpage administratif équivalent au département). Les références cartographiques sont les références officielles (cf. Annexe A8). Certaines cartes au 1/50.000, citées dans le catalogue, n'ont pas pu être consultées ; elles sont alors placées entre parenthèses.

Signification des colonnes

1 : Code d'identification, utilisé dans les descriptions du rapport.

2 : Symboles BRGM (Symb.) définissant le type d'entrée, l'hydrologie de l'entrée et de l'intérieur (cf. Signes spéléologiques conventionnels. U.I.S. 1978).

3 : Toponymie : le nom adopté est :

- soit le nom local (transcription à peu près phonétique)

- soit un nom que nous avons attribué à la cavité, faute d'avoir pu déterminer le nom local. Dans ce cas le nom est placé entre guillemets.

Dans la mesure du possible nous avons donné à la cavité le nom du lieu-dit le plus proche, en adoptant l'orthographe de la carte topographique au 1/50.000.

Les notations suivantes sont utilisées :

Gr = grotte ; G = gouffre ; Sce = source ; Resurg = résurgence ; B = ban (village) ; T = tham (grotte) ; Hua Lao = cavité verticale (dans la région de MAE HONG SON) ; Nam Rue = source.

4 à 6 : Accès

4 : Nom du village ou du lieu-dit le plus proche indiqué sur la carte au 1/50.000 ou au 1/250.000. Si ce village n'est pas porté sur la carte topographique, il est placé entre parenthèses ; il est de toutes manières indiqué sur les cartes de localisation données pour les différentes zones karstiques.

5 : Distance à la cavité en km (depuis la "sortie" du village si ce dernier est allongé le long d'une piste, comme Ban Tham Chiang Dao).

6 : Direction depuis le lieu-dit ou le village.

7 à 11 : Coordonnées

Seules les cartes au 1/50.000 portent des coordonnées kilométriques. Les cartes au 1/250.000 ne permettent de calculer que les coordonnées en degré, minutes, centièmes.

L'altitude est relevée à l'altimètre THOMMEN (chiffre souligné) ou évalué d'après la carte. L'équidistance est de 100 m au 1/250.000 et de 20 m au 1/50.000.

Les colonnes 7 et 11 (+) indiquent la précision des coordonnées (7) et de l'altitude (11).

12 à 15 : Spéléométrie

12 : Développement total : tout ce qui a été reconnu, incluant la partie topographiée. Si la cavité continue le signe > précède le chiffre donné.

13 : Développement topographié.

14 : Dénivellation : par rapport à l'entrée ou à une entrée choisie arbitrairement comme référence.

15 : Degré de précision de la topographie (cf. Signes Spéléologiques conventionnels UIS 1978).

16 à 25 : Prélèvements, Mesures et Observations

16 à 23 : Intérieur de la cavité

16 : Φ : photos

17 : Aq : prélèvement de faune aquatique

18 : T : prélèvement de faune terrestre

19 : Gu : prélèvement de guano

20 : Os : ossements

21 : G : échantillons et observations, géologie-sédimentologie

22 : Pe : physico-chimie eau

23 : Pa : physico-chimie air

24, 25 : Extérieur de la cavité (environnement proche)

24 : B : Biologie

25 : Pc : physico-chimie.

*

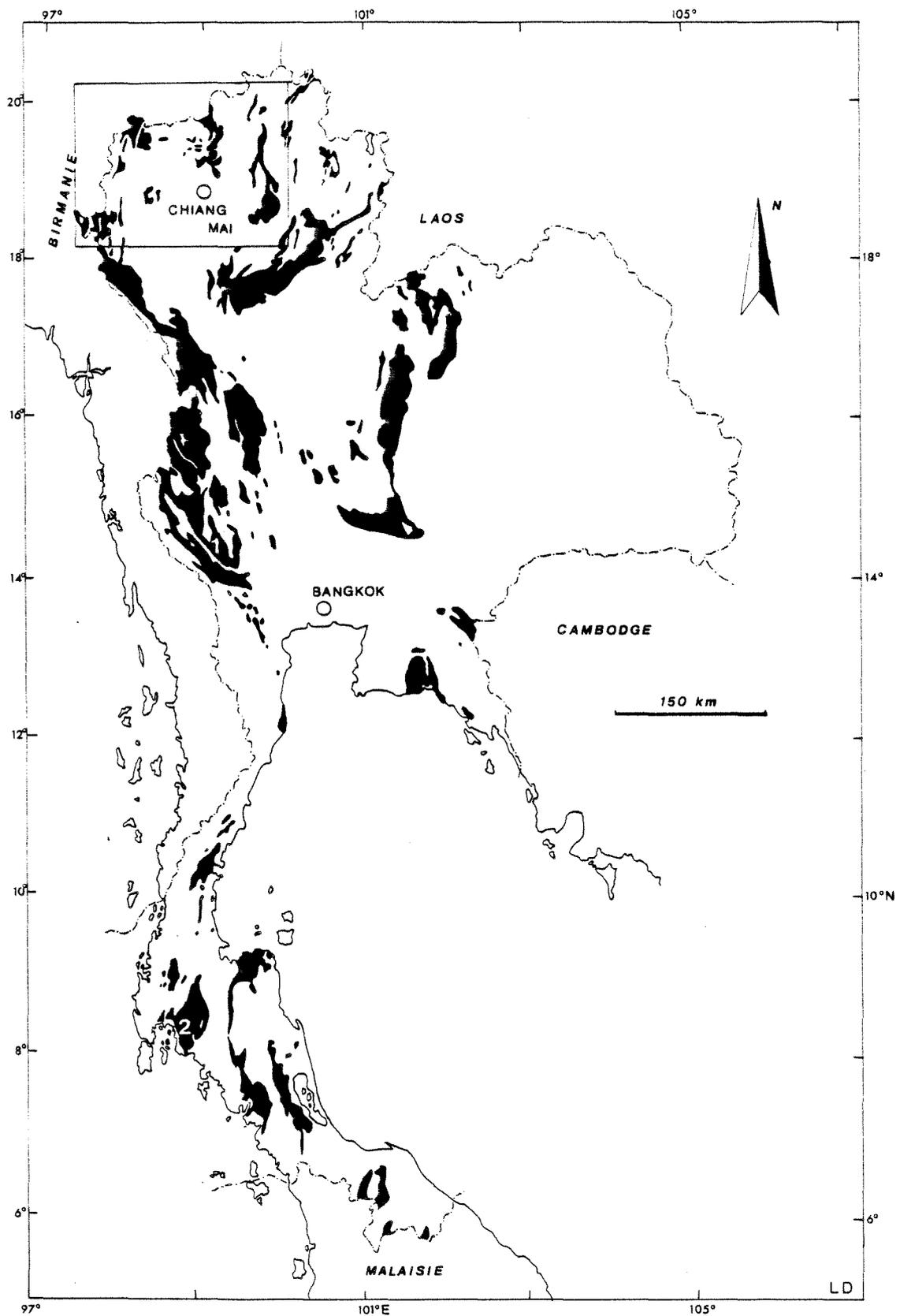


Fig. 3.1. - Régions calcaires de Thaïlande, d'après la carte "Mineral Resources of Thailand". 1977. Zones prospectées : Nord-Ouest (encart : cf. fig. 3.2) ; 1 : Kanchanaburi ; 2 : Phangnga.

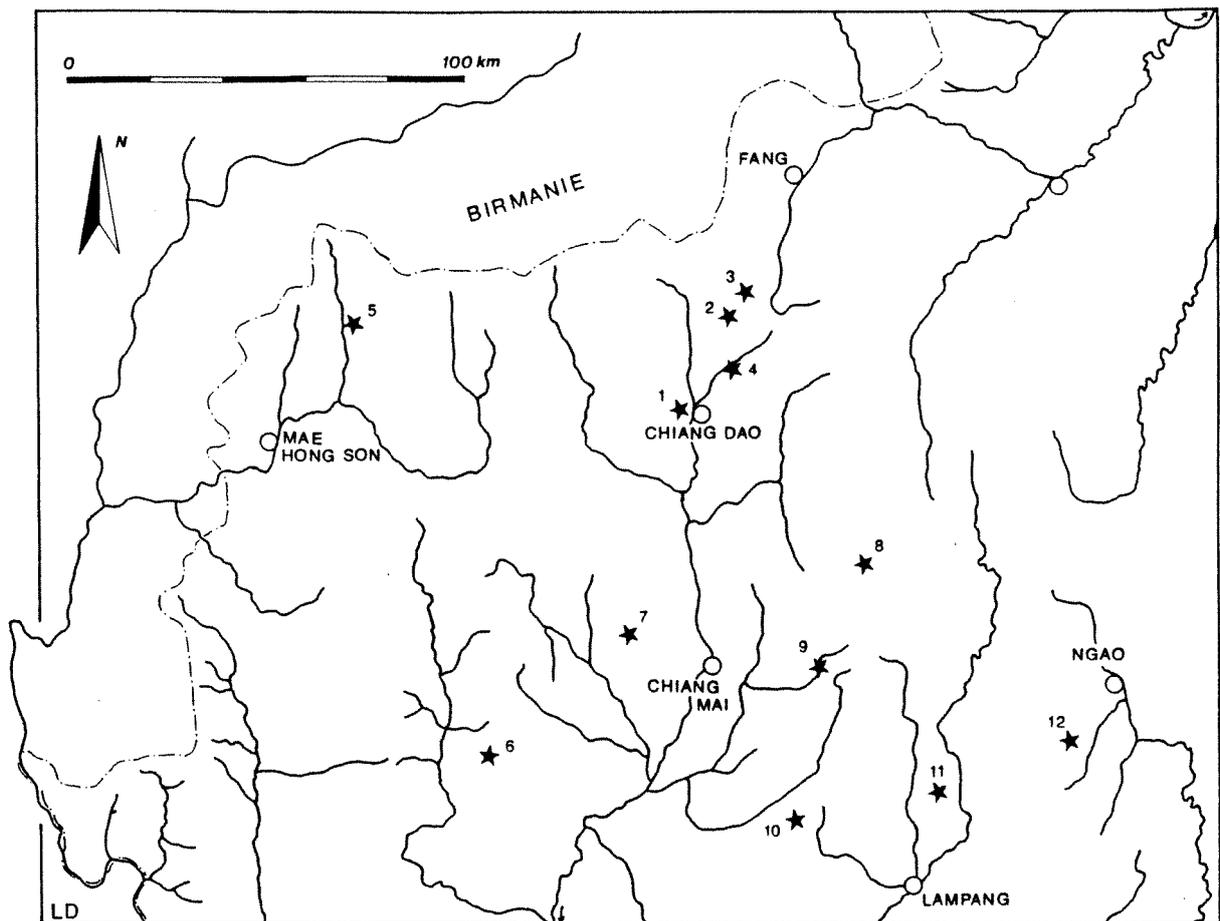


Fig. 3.2 - Région nord-ouest de la Thaïlande - Zones prospectées :
 1 : Doi Chiang Dao ; 2 : Environs de Tham Klaeb ; 3 : Environs de Tham Tab Tao ; 4 : Est de Chiang Dao ; 5 : Karst de la Nam Lang ; 6 : Doi Inthanon ; 7 : Doi Suthep-Doi Pui ; 8 : Mae Tho ; 9 : Ban On Luai ; 10 : Col du Doi Khun Tan ; 11 : Ban Pang Khab ; 12 : Tham Pha Thaï.



(Ph. K. Brouquisse).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
CODE	SYMB	TOPONYMIE	ACCES			COORDONNEES					SPELEOMETRIE			PRELEVEMENTS - OBSERVATIONS											
			Lieu-dit	Km	Dir.	±	Long.	Lat.	Alt.	±	DEV.		Dén.	o	INTERIEUR								EXT.		
											Tot.	Top.			Ø	Aq	T	Gu	Os	G	Pe	Pa	B	Pc	
Carte : 1:250.000 - NE 47-2 - AMPHOE CHIANG DAO CHANGWAT MAE HONG SON																									
Carte : 1:50.000 - 4547 III																									
MHS1	Π	"Gr. de la Pirogue"	B. Nam Phiang Din	2	W	0'2	97°50'71	19°13'44	180	30	> 30			- 5											
Carte : 1:50.000 - 4648 III - BAN MAE LANA																									
NAL10	⊙	"Perte impénétrable"	B. Mae Lana	2,2	ENE	0,02	420,20	2.167,37	940	10															+
NAL3	■	T. "Pi"	B. Sop Pong	2,2	WNW	0,05	420,70	2.158,90	600	30		30	0	2								+			+
NAL4	∩	T. "Ie"	B. Pang Mapha	1,9	ESE	0,05	420,15	2.159,25	650	30		80	+ 2	2											
NAL5	∇	T. "A1"	B. Pang Mapha	1	ESE	0,05	419,35	2.159,85	600	30	> 3		- 3										+		+
NAL7	V	Hua Lao "Hara Kiri"	B. Pang Mapha	2,2	WNW	0,05	416,65	2.161,25	700	20		12	- 12	2	+								+		+
NAL6	V	Hua Lao "Innomé"	B. Pang Mapha	1,9	WNW	0,05	417,00	2.161,00	680	20	> 10		- 10										+		+
NAL9	∩	T. "Tha Bo"	B. Mae Lana	1,5	SW	0,02	417,00	2.165,25	920	10		100	- 10	3											+
NAL8	V	"G. à CO" ₂	B. Mae Lana	2,7	SWS	0,2	416,7	2.163,8	960	30	> 2		- 2												+
Carte : 1:50.000 - 4648 II - DOI PHAK KUT																									
NAL11	⊙	"Perte Bendit 2"	B. Mae Lana	3,2	E	0,02	421,35	2.166,30	880	10															+
NAL12	⊙	T. "Bendit 1"	B. Mae Lana	3,8	E	0,02	421,85	2.166,30	900	10	> 100	100	- 6	4											+
NAL13	⊙	T. "Plaa"	(B. T. Lot North)	1,6	WNW	0,02	423,30	2.165,00	725	10	> 670	670	- 3	4			+	+							+
NAL14	∩	T. "B.T. Lot North"	(B. T. Lot North)	1,2	WNW	0,1	423,6	2.164,8	760	20		20	0	3											+
NAL15	⊙	T. Lot (perte)	(B. T. Lot North)	1,5	S	0,05	424,80	2.163,10	650	10		1.080	580	20	4	+									
NAL15	■	T. Lot (résurg.)	(B. T. Lot North)	2,1	SSW	0,1	424,45	2.162,5	630	10															+
NAL16	V	"G. à CO" ₂	B. Sop Pong	3,8	N	0,8	423,6	2.161,7	720	50	> 3		- 3												+
NAL1	∩	T. "In1" ²	B. Sop Pong	1,5	WNW		421,4	2.158,25	620	20		10	0	2											
NAL2	∩	T. "Axi"	B. Sop Pong	1,5	WNW		421,4	2.158,25	620	20		100	0	2											
NAL19	∩	T. "Pha Mon Sup"	B. Sop Pong	3,8	E	0,2	426,45	2.157,40	760	20		90	- 15	2											
NAL17	⊙	T. Pha Mon (perte)	B. Sop Pong	3,8	E	0,2	426,5	2.157,3	710	20															
NAL17	■	T. Pha Mon (résurg.)	B. Sop Pong	2,4	SE	0,1	424,5	2.156,2	620	20		3.989	> 90	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
NAL18	V	T. "Pha Mon bis"	B. Sop Pong	2,4	SE	0,2	424,6	2.156,15	640	20		15	- 15	3											
Carte 1:50.000 - 4647 IV - BAN HUAI PHA																									
NAL23	V	Hua Lao "Butagaz"	(B. Kut Sam Sip)									10	- 10	2											+
NAL24	∩	T. "Kut Samp Sip"	(B. Kut Sam Sip)	1	SW							100	- 30	2											
NAL25	V	Hua Lao "Kut Sam Sip"	(B. Kut Sam Sip)	0,3	NW						> 45	45	>- 40	2	+										

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Carte 1:50.000 - 4647 I - AMPHOE PAI																									
NAL20	∩	T. "Huai Hung 1"	B. Pang Mai Daeng	2	N		425,90	2.155,50	720			81	0	4			+	+					+	+	
NAL21	∩	T. "Huai Hung 2"	B. Pang Mai Daeng	2	N		425,90	2.155,50	740			50	0	3											
NAL22	∩	T. "Nam Rin"	B. Nam Rin	0,25	NW		426,10	2.152,00	860			30	- 5	2		+									
Carte 1:250.000 - NE 47-2 - AMPHOE CHIANG DAO CHANGWAT CHIANG MAI																									
Carte 1:50.000 - 4747 I - AMPHOE CHIANG DAO																									
CHD12	∩	T. B. Oui Haen	(B. Oui Haen)	1,2	NW	0,2	481,0	2.145,7	<u>840</u>	20		613	+ 17	4			+	+							
CHD4	∩	T. "Bae Bet"	(B. Na Lao)	1,2	SW	0,02	483,15	2.145,70	<u>1.030</u>	20		40	- 7	4			+	+			+				
CHD5	∩		(B. Na Lao)	0,8	S	0,1	484,0	2.145,75	1.150	50		15	+ 8	2											
CHD6	∩	"G. P3"	(B. Na Lao)	3	SE	0,02	485,50	2.143,85	<u>1.545</u>	10		29	- 29	2		+									
CHD7	∩	"G. P2"	(B. Na Lao)	3,5	SE	0,02	486,63	2.144,25	<u>1.635</u>	10		62	- 62	2			+								
CHD8	∩	"G. P1"	(B. Na Lao)	4,3	SE	0,02	487,20	2.143,90	<u>1.725</u>	10		104	- 55	4			+		+	+	+	+			
CHD9	∩	"Gr. Porc-Epic"	(B. Na Lao)	4,5	SE	0,05	487,35	2.143,57	<u>1.840</u>	10		15	+ 15	2											
CHD10	∩		(B. Na Lao)	4,6	SE	0,05	487,65	2.143,68	1.820	30															
CHD11	∩	"Gr. des Ongulés"	(B. Na Lao)	4,8	SE	0,05	488,00	2.143,77	1.900	30		10	+ 5	2											
CHD13	∩	T. Po Piong	B. T. Chiang Dao	1,2	NW	0,2	492,20	2.145,00	540	40															
CHD2	∩	T. Sia Dao	B. T. Chiang Dao	0,35	NW	0,1	492,75	2.144,55	465	10		116	- 2	4		+	+	+					+		
CHD1	∩	T. Chiang Dao	B. T. Chiang Dao	0,2	WNW	0,1	492,8	2.144,3	455	10		5.170	+ 30		4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
													- 13												
CHD3	∩	T. Ki Nok	B. T. Chiang Dao	0,5	W	0,1	492,55	2.144,25	550	20		695	+ 55		4	+	+	+		+			+		
													- 21												
CHD14	∩		B. T. Chiang Dao	1,1	N	0,02	492,95	2.145,25	480	10	10		0												
CHD15	∩	"Gr. du Bouddha blanc"	B. T. Chiang Dao	1,2	N	0,02	493,00	2.145,35	500	10		110	+ 7		4		+		+	+					
													- 4												
CHD16	∩	T. Pok Piong	B. T. Chiang Dao	0,9	N	0,02	493,07	2.145,17	500	10	> 90	90	+ 18		4										
CHD17	∩	T. Pok Soong	B. T. Chiang Dao	0,9	N	0,02	493,15	2.145,17	500	10	20		0												
Carte 1:250.000 - NE 47-3 - CHANGWAT CHIANG RAI CHANGWAT CHIANG MAI																									
Carte 1:50.000 - 4848 IV - AMPHOE FANG																									
FAN1	∩	T. Huai Bon	B. Huai Bon	3,5	NNW	0,1	519,6	2.209,5	<u>620</u>	10		25	+ 2		4										
													- 2												
Carte 1:50.000 - 4848 III - BAN THA																									
PHD5	∩	T. Pham Boa	B. Nam Hu	1,5	NE	1	501	2.171,5	650	50	> 150	150	- 20		2			+		+				+	
PHD4	∩	T. Ngam	B. T. Tab Tao	2	WSW	0,05	511,15	2.172,90	660	10		150	- 15		3			+	+					+	
PHD2	●	Nam Rue Luang	B. T. Tab Tao	1,7	WSW	0,05	511,40	2.173,00	590	10															
PHD3	●	Nam Rue Takhean	B. T. Tab Tao	1,3	WSW	0,05	511,70	2.173,30	590	10						+					+				
PHD1	∩	T. Tab Tao	B. T. Tab Tao	0,2	SW	0,05	512,70	2.173,65	620	10	> 825	825	50		4		+	+	+					+	
PHD7	∩	"Gr. à courant d'air"	B. T. Klaeb	2,9	N	0,1	506,8	2.164,6	660	10	50		0												
PHD6	∩	T. "Klaeb YaI"	B. T. Klaeb	2,9	N	0,1	506,8	2.164,6	660	10		2.130	> 20		4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
PHD6	∩	T. "Klaeb YaI"	B. T. Klaeb	1,8	N	0,1	507	2.163,75	640	10															
PHD8	∩	"Trou souffleur"	B. T. Klaeb	2,4	N	0,2	506,9	2.164,3	615		> 10		- 1											+	
PHD9	∩	T. Klaeb	B. T. Klaeb	0,3	N	0,02	507,00	2.162,15	610	10		176	+ 8		4	+	+		+	+		+			
													- 12												
PHD10	∩	T. "Spit"	B. T. Klaeb	3	SW	0,05	504,75	2.159,85	650	10		60	- 18		3			+						+	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
(Carte 1:50.000 - 4847 IV)																								
PHD11	∩	T. "Farangset"	B. Pang Mayao	9	NE	1'	99°08'	19°29'32	600	50		238	0	4			+		+					
PHD12	∩	T. "Pha Daeng"	B. Pang Mayao	8,5	NE	1'	99°08'	19°29'32	600	50		135	0	4			+							
PHD13	∩	T. "Aley"	B. Hoi Kron	0,05		1'	99°04'	19°18'	800	100		150	0	2			+		+					
PHD14	∩	"Gr. à gaz"	B. Hoi Kron	2-3	SW	1'	99°04'	19°18'	850	100		200	- 2	2									+	
Carte 1:250.000 - NE 47-7 - CHANGWAT LAMPANG																								
CHANGWAT CHIANG MAI																								
Carte 1:50.000 - 4846 IV - AMPHOE SAN SAI																								
ONL1	∩	T. Maung On	B. On Luai	2	WSW		525,45	2.076,85	510	20		335	- 38	4			+							+
CHANGWAT LAMPANG																								
(Carte 1:50.000 - 4945 IV)																								
PAK1	∩	T. Hoopasawan	B. Pang Kha				99°33'	18°29'	500			100	- 20	2			+	+						+
(Carte 1:50.000 - 4946 II)																								
PHT1	∩	T. Pha Thai	B. Pang Kho	1,2	SSW		99°54'	18°36'	400		>1.185	1.180	+ 25	4		+	+		+	+		+	+	+
Carte 1:250.000 - ND 47-7 - CHANGWAT SUPHAN BURI																								
CHANGWAT KANCHANABURI																								
KAN1	∩ □	T. Than Lot Yai	B. Tha Lam Yaf	4,1	WNW		99°17'54	14°40'	600	50		60		3		+								
KAN2	∩ □	T. Than Lot Noi	B. Tha Lam Yaf	2,1	W		99°18'56	14°40'	400	50		> 290	290	3		+	+		+	+				+
Carte 1:250.000 - NC 4714 - CHANGWAT PHANGNGA																								
CHANGWAT PHANGNGA																								
PHA1	∩	T. Kop	Wat Tham Kop				98°34'63	8°32'04	< 20			260	+ 15	4		+		+						
PHA2	∩ □	T. "Thong"	Wat Tham Kop	2	SW		98°34'10	8°31'10	< 20			960	>+ 5	4		+		+						+
PHA3	∩ □	T. Khao Tao	B. Khao Tao	11	WSW		98°35'11	8°28'57	< 20		> 340	340	0	3		+		+						
PHA4	∩	T. Ret	B. Khao Tao	11	WSW		98°35'18	8°28'70	< 20			260	0	4		+								
PHA5	∩	T. Sam	Phangnga	9	NE		98°32'73	8°27'88	< 20			90	0	4			+							+
PHA6	∩	T. Phra	Phangnga	6	NE		98°32'73	8°27'34	< 20		5		0				+							+
PHA7	∩ □	T. Poung Chang	Phangnga	5	SW		98°31'02	8°26'32	< 20			1.150	+ 3	4		+	+		+					+
PHA8	∩	T. Rusi	Phangnga	4,5	SSW		98°31'02	8°25'50	< 5			470	0	4		+		+						
PHA9	∩	T. Lot	Ko Talu				98°28'91	8°18'00	0		40		0			+								
PHA10	∩	T. "007"	Ko Ping Khan				98°30'3	8°16'2	< 5		15					+								
PHA11	∩	T. "Ko Phanak"	Ko Phanak				98°29'5	8°11'0	5		> 200		+ 15											
CHANGWAT KRABI																								
PHA12	∩ □	T. Thorani	Ao Luk	1,5	NE		98°44'25	8°23'04	< 20			150	+ 15	3		+	+	+						
PHA13	∩	T. Pi Huato	Ao Luk	8,2	WSW		98°41'45	8°22'77	< 10			80		3		+								
PHA14	∩ □	T. Lot TaI	Ao Luk	8	WSW		98°41'52	8°22'43	< 5			35	0	3		+								
PHA15	∩ □	T. Lot Na	Ao Luk	12,5	SW		98°40'98	8°20'73	< 20			248	0	4			+							
PHA16	∩	T. Rang Nok	B. Laem Sak	18	SSE		98°41'59	8°12'54	0			100	+ 10	3		+		+						

4. LE MASSIF DU DOÏ CHIANG DAO LES KARSTS DE L'EST DE CHIANG MAÏ

L. DEHARVENG
F. BROUQUISSE

Les cavités décrites dans cet article appartiennent à différentes unités karstiques que nous regrouperons sous deux rubriques :

- karst à l'est de Chiang Mai
- massif de Chiang Dao.

Seule cette dernière région a été prospectée de façon assez approfondie, encore que très partiellement.

4.1. - KARSTS A L'EST DE CHIANG MAÏ (Fig. 3.2)

Nous avons visité trois cavités à l'est de Chiang Mai, correspondant à trois unités karstiques indépendantes.

- Le karst de Ban On Luoi est un minuscule relief calcaire résiduel où se développe la belle grotte sanctuaire de Maung On.

- Le karst de Ban Pang Kha, voisin de Lampang, présente un relief à petites tourelles qui s'étend sur 17 x 2 km. Malgré son étendue, ce karst ne paraît guère intéressant (formes assez empâtées, faibles dénivelés). Plusieurs grottes nous ont été signalées, mais nous n'avons pu explorer que Tham Hoopasawan.

- Le karst de Pha Thaï. Il constitue une bande étroite de calcaires triasiques, longue de 70 km. La grotte de Pha Thaï, se trouve à son extrémité nord ; malgré ses belles dimensions, elle semble liée à un petit massif isolé (où la prospection s'avère difficile en raison du relief extrêmement chaotique), et ne permet pas de se prononcer sur le potentiel spéléo de la région.

ONL1 - Tham Maung On (Fig. 4.1). Près Ban On Luoi. Grotte sanctuaire fossile. Dév. : 335 m.

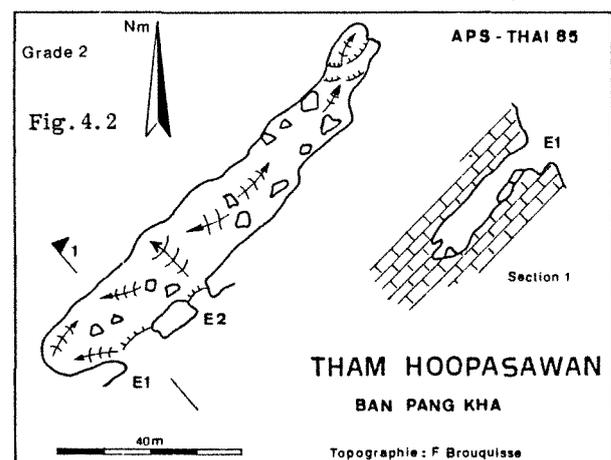
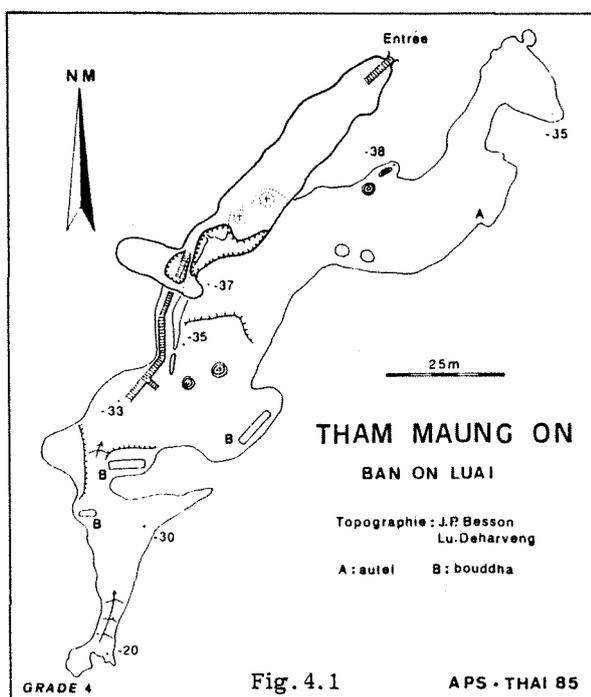
PAK1 - Tham Hoopasawan (Fig. 4.2). Près Ban Pang Kha. Grotte fossile descendante. Colmatage blocs et terre. Dév. estimé 100 m. Dén. estimé : - 20 m.

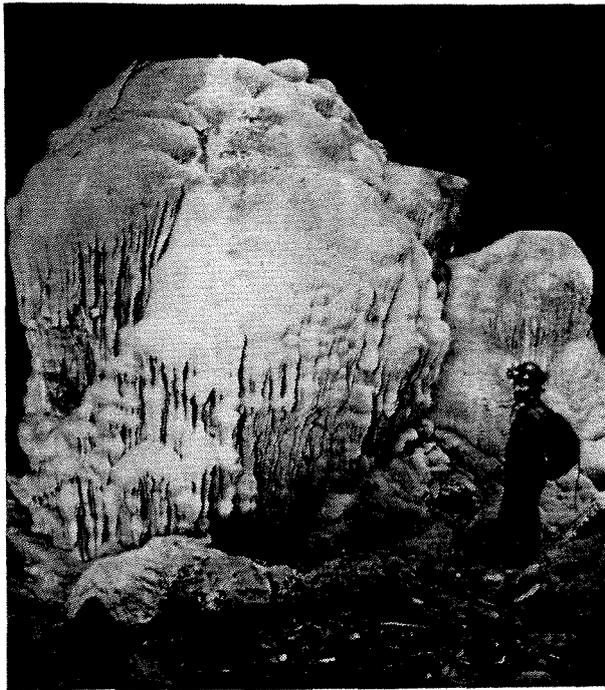
PHT1 - Tham Pha Thaï (Ph. 4.1 ; topo : cf. Chap. 17). Cavité constituée d'une grande galerie interrompue par plusieurs regards et effondrements. Un système labyrinthique de boyaux s'y greffe, rapidement inexorable à cause du CO₂. Dév. : 1180 m (topo. 1981).

4.2. - LE MASSIF DE CHIANG DAO (DOI CHIANG DAO) (Fig. 4.3)

Ce massif comprend une grande unité karstique centrale et quelques petits affleurements calcaires satellites. Nous avons reconnu ou exploré et topographié 17 cavités pour l'ensemble du massif, ainsi réparties :

massif principal : tham Chiang Dao, t. Sia Dao, t. Ki Nok, t. "Bae Bet", les gouffres





Ph.. 4.1 - Tham Pha Thaī (Ph. L. Deharveng)

P1, P2 et P3, et les grottes CHD 5, 9, 10 et 11 (soit 11 cavités) ;

. unité karstique de Ban Oui Haen : tham Ban Oui Haen ;

. unité karstique de Po Plong : tham Po Plong ;

. unité karstique de Pok Piong : tham Pok Piong, t. Pok Soong, "grotte du bouddha blanc" et grotte CHD 14 (soit 4 cavités).

Ces deux dernières unités karstiques n'ont aucun potentiel spéléo intéressant du fait de leur petite étendue. Il semblerait en être de même pour le karst de Ban Oui Haen, mais ici les grandes dimensions de la cavité justifieraient un contrôle sur le terrain de l'extension réelle de l'affleurement calcaire.

Par contre, le potentiel spéléo du Doi Chiang Dao proprement dit est très important. Le massif culmine à 2.200 m et l'émergence principale se trouve à 440 m ; l'axe est-ouest mesure près de 10 km. Dans les parties hautes, malgré les difficultés de progression dues à la végétation, trois dolines ont pu être explorées ; toutes trois donnaient sur des puits (P1, P2, et P3 de - 29 à - 62 m). Au niveau de l'émergence, tham Chiang Dao serait à revoir en fin de saison sèche.

CHD1 - Tham Chiang Dao (Fig. 4.4 ; ph. 4.2., 4.3, 4.4).

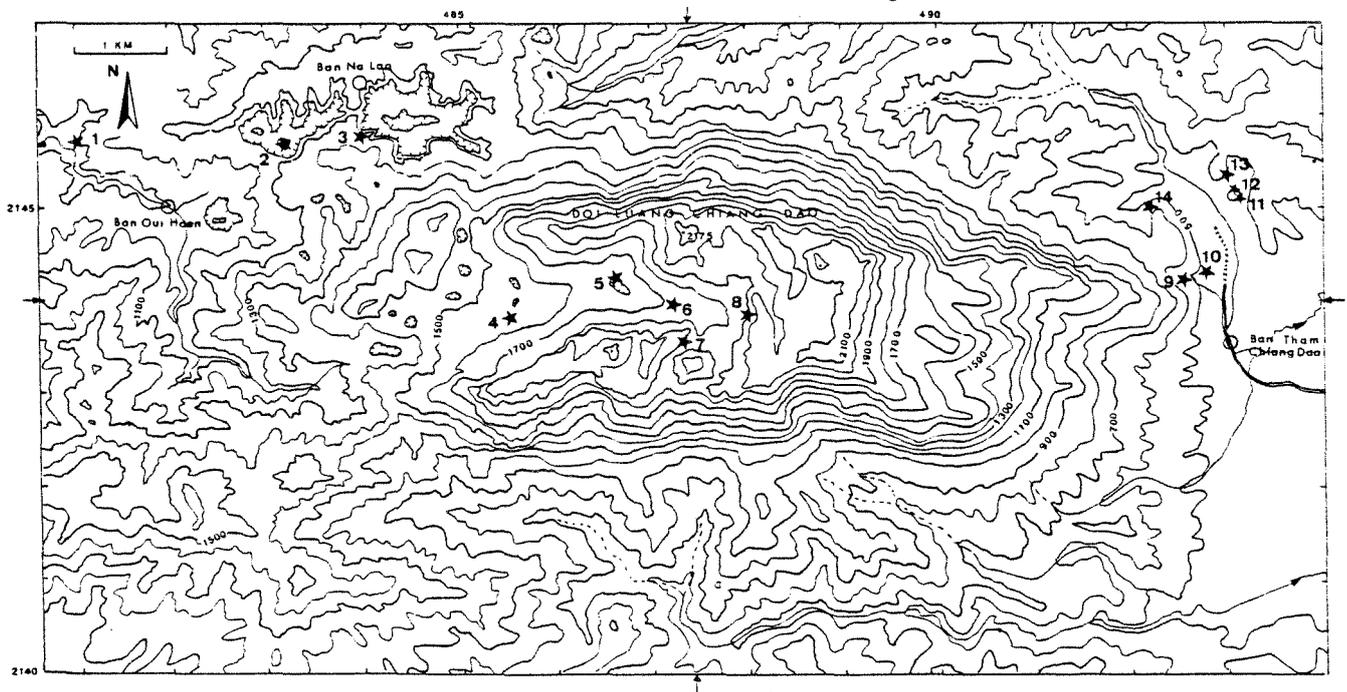
Accès : à partir du village de Chiang Dao, une route goudronnée de 5 km mène directement à la grotte. On accède à l'entrée principale par un escalier couvert qui débute à proximité de la source.

Historique : Tham Chiang Dao est une grotte sanctuaire très connue en Thaïlande, dans laquelle de nombreux pèlerins défilent chaque jour. Plusieurs équipes spéléologiques ont mené des explorations dans cette cavité, notamment l'équipe australienne de John Dunkley (1984, comm. pers.) et une équipe américaine (R. Rigg, 1984). Deharveng et Guoze ont réalisé en 1981 et publié en 1983, une première topographie sur 4.850 m. En 1985, la saison des pluies ne nous a pas permis d'explorer les éventuelles continuations repérées en 1981 dans le réseau actif. Quelques nouveaux passages ont cependant été découverts au fond du réseau Guano, dans le réseau Supérieur et dans le réseau Touristes portant le développement total à 5.170 m.

Description

Les galeries de Tham Chiang Dao se déve-

Fig. 4.3 - Localisation des cavités du Doi Chiang Dao. 1:tham Ban Oui Haen; 2:tham Bae Bet; 3:CHD5; 4,5,6:P3, P2,P1; 7:grotte du porc-épic 8:grotte des ongulés; 9:tham Ki Nok; 10:tham Chiang Dao,tham Sia Dao; 11:tham Pok Soong; 12:tham Pok Piong; 13:grotte du Bouddha Blanc; 14:tham Po Plong.



THAM CHIANG DAO

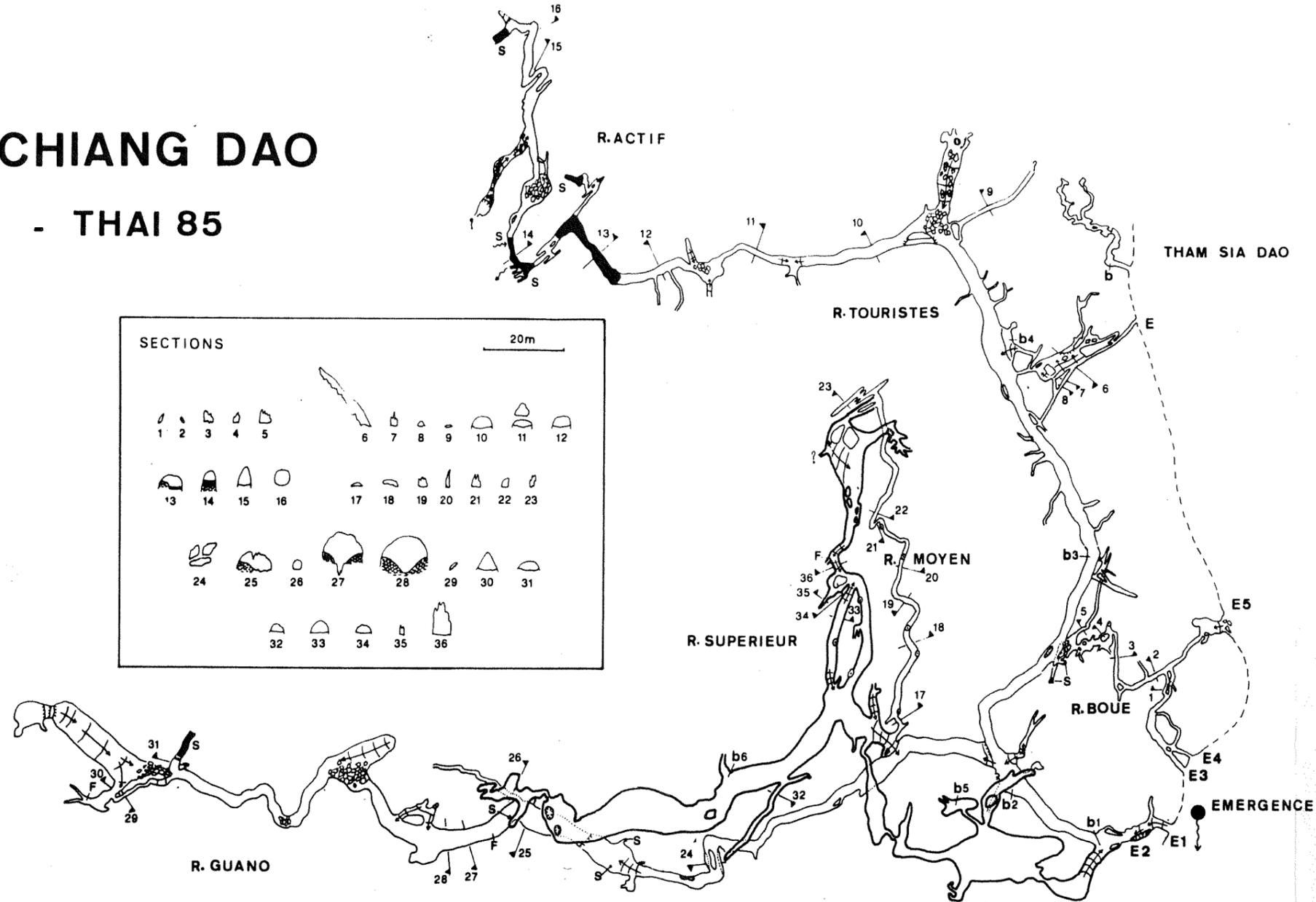
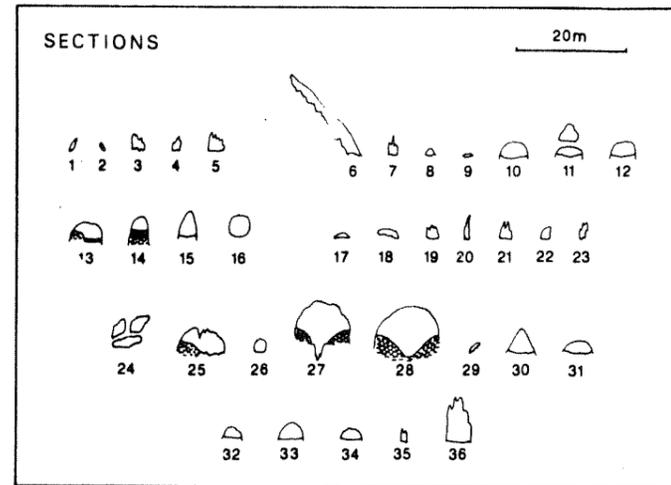
APS - THAI 85

Topographie :

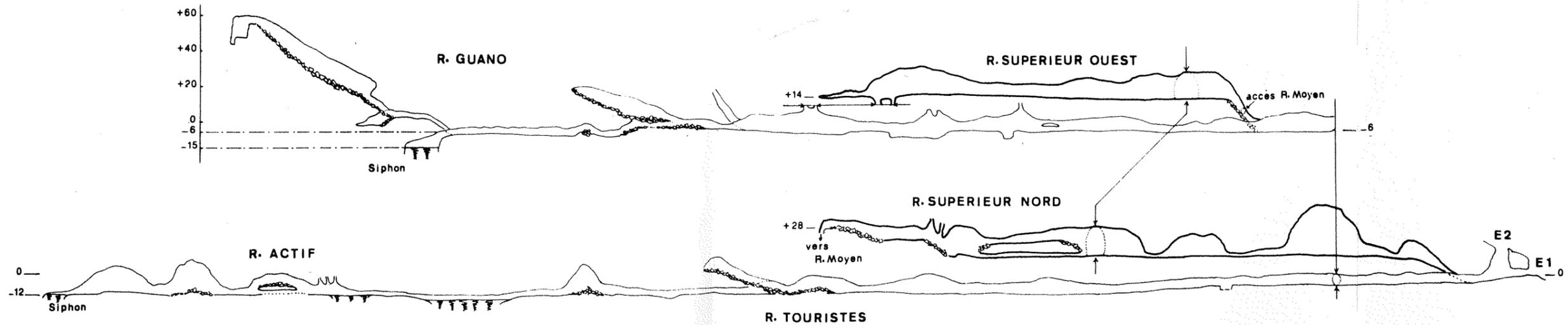
L. DEHARVENG 1981-1985
 A. GOUZE 1981
 A. BEDOS 1985

Grade 4

S : alphon
 F : flaqué, gour



PLAN et COUPE





Ph.. 4.2 - Tham Chiang Dao - Escalier couvert menant à l'entrée principale (Ph. L. Maffre)

loppent à peu près horizontalement sur deux niveaux principaux et suivant deux directions privilégiées : S-N et E-O. Nous décrirons successivement les 7 réseaux de la cavité.

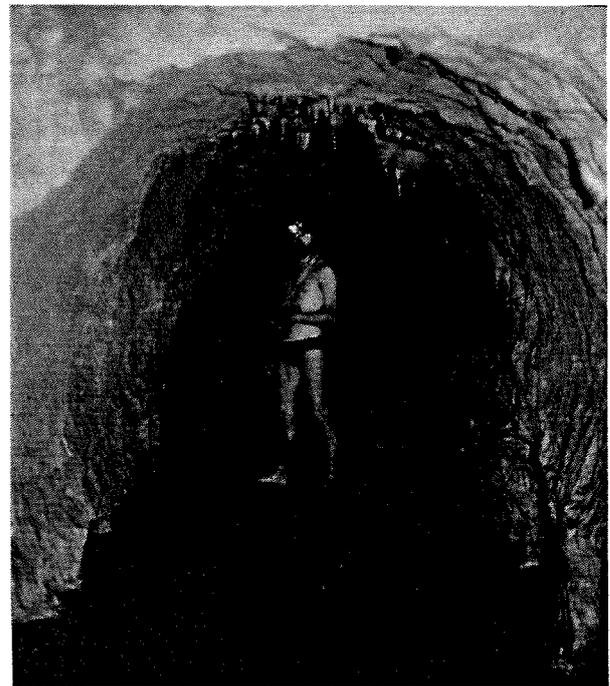
* Réseau Touristes : ce réseau est partiellement aménagé (jusqu'en T15) pour les visites touristiques et les pèlerins. Il s'agit d'une grande galerie (section 3-6 x 3-10 m) abondamment concrétionnée. Plusieurs diverticules latéraux donnent rapidement sur des siphons étroits. 65 m après le point B4 se trouve une salle remplie d'éboulis ; à ce niveau, alors qu'une grande galerie ascendante et un laminoir horizontal continuent plein nord sur environ 50 mètres (arrêt sur éboulis et étroiture), la galerie principale se dirige vers l'ouest jusqu'au "lac des touristes".

* Réseau du Bouddha couché : découvert en 1985 sur les indications d'un chauffeur de taxi, il se présente comme un complexe de petites galeries ascendantes organisées autour d'une grande salle centrale. Ce réseau se développe entre le réseau Touristes et la falaise à l'est de la cavité, au pied de laquelle débouche un des boyaux explorés, non loin de Tham Sia Dao.

* Réseau Boue : au niveau de T16', un passage étroit donne accès à un ensemble de petites galeries souvent argileuses qui débouchent sur l'extérieur : sorties E3, E4, E5, situées un peu plus haut et au nord-est de l'exsurgence.

* Réseau Actif : le franchissement d'une première nappe d'eau (Lac des touristes) donne accès à une série de conduits plus

étroits et érodés. Le cours actif du ruisseau n'est en fait accessible que sur une dizaine de mètres (siphon en amont comme en aval). Le cours d'eau a ici un débit qui est loin de correspondre à celui de l'exsurgence. Après ce conduit exigu (voûte mouillante en juillet 1985), on retrouve des couloirs de grandes



Ph. 4.3 - Tham Chiang Dao

Dans le réseau actif (Ph. L. Maffre)

dimensions qui viennent buter sur un siphon terminal.

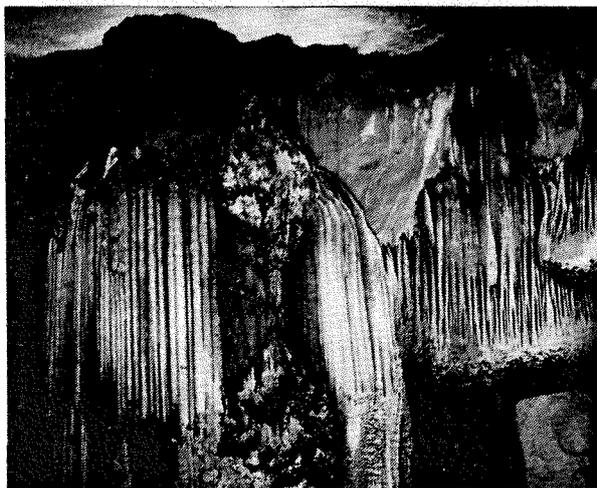
* Réseau Guano : en T16, une grande galerie donne accès au réseau Guano. Elle se poursuit sur 500 m avec une largeur de 5 à 15 m pour 5 à 20 m de haut. Les concrétions sont rares. D'énormes bancs d'argile se sont accumulés de part et d'autre du lit (à sec) d'un petit ruisseau souterrain. Plusieurs regards débouchent sur un niveau inférieur noyé que l'on retrouve au fond du réseau où un ressaut de boue donne sur un siphon situé 1 à 3 m plus bas. Le 4 août, le siphon a dégorgé, l'eau s'écoulant pendant quelques heures dans la galerie. En 1981, le niveau du siphon était au contraire nettement plus bas (évalué à l'époque à -10 m par rapport à la galerie, mais nous étions en saison sèche). La remontée de l'énorme galerie terminale du réseau nous a enfin donné accès en 1985 à un puits (P12) colmaté où l'on note une petite arrivée d'eau.

* Réseaux Supérieur et Moyen : c'est un ensemble complexe de galeries qui se développent 10 à 30 m plus haut que les autres réseaux de la cavité, tout en suivant les deux directions majeures (sud-nord et est-ouest). On y observe une succession de grandes salles richement concrétionnées avec des regards sur le réseau Guano. La portion sud-nord est formée de galeries de moindres dimensions disposées sur 2 niveaux superposés ; la petite galerie inférieure (réseau Moyen) présente de nombreuses cheminées aveugles.

Remplissages, géomorphologie : une étude plus approfondie des remplissages et de la morphologie des conduits est présentée par ailleurs dans le chapitre 18.

Biologie : de nombreuses récoltes ont été effectuées dans cette cavité. La faune terrestre y est très diversifiée. Une étude écologique et biocénétique de la cavité sera publiée ultérieurement.

Intérêt, potentiel : quelques départs restent à explorer, en particulier la galerie située 60 m avant le siphon terminal de l'actif, où nous nous sommes arrêtés sur un puits en



Ph. 4.4 - Tham Chiang Dao - Dans le réseau Supérieur (Ph. A. Gouze)



Ph. 4.5 - Tham Sia Dao - Statue du Bouddha (Ph. L. Maffre)

haut d'une zone ébouleuse. La zone des siphons serait également à revoir en fin de saison sèche. Le potentiel spéléo de la cavité apparaît très important ; la résurgence et la grotte sont en effet à 440 et 455 m d'altitude, le massif qui les alimente culminant à plus de 2.200 m.

Spéléométrie

Développement : 5.170 m

Dénivelé : - 15 m., environ + 55 m

Extension plane : grand axe : 616 m ;
petit axe : 458 m.

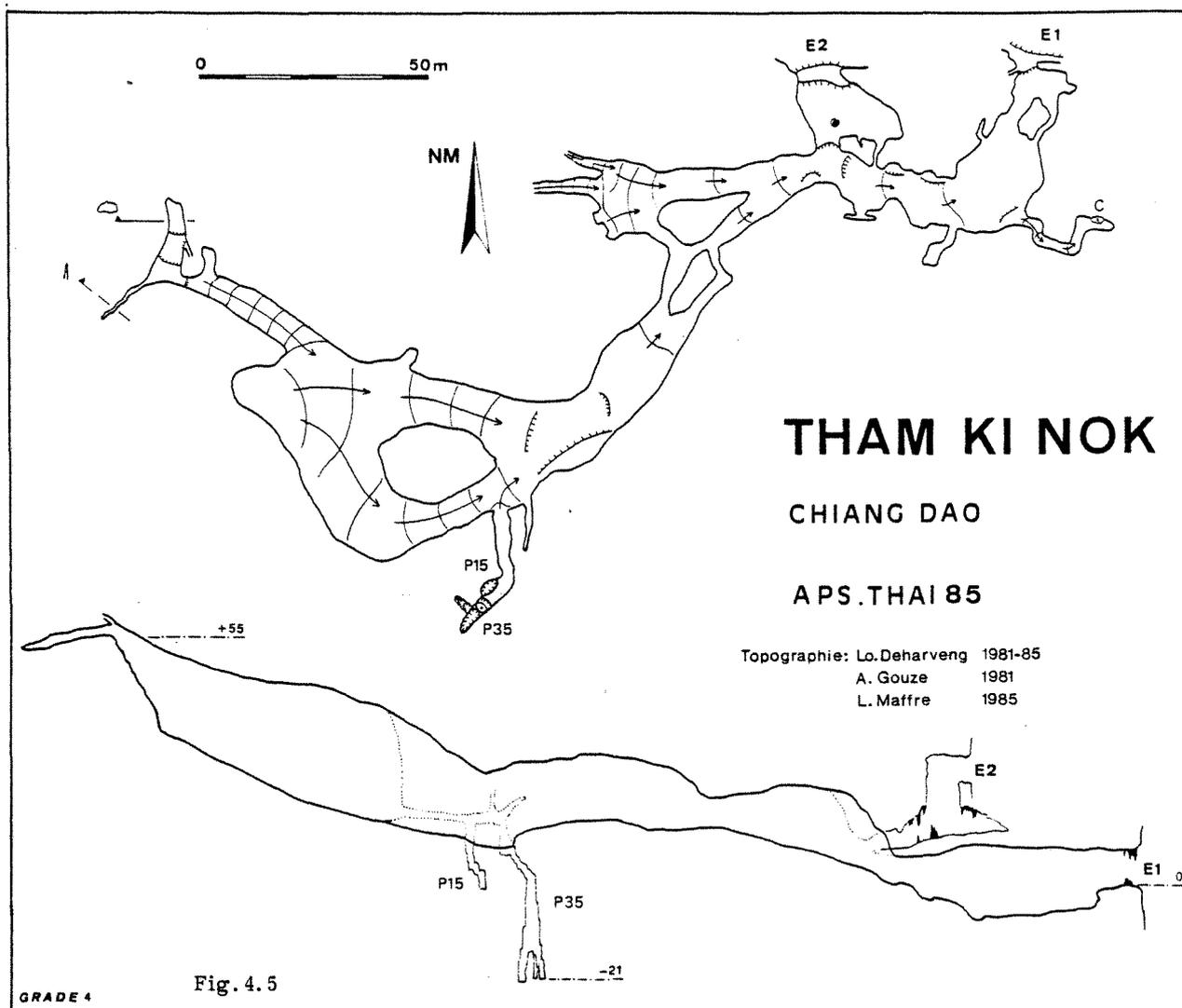
CHD2 - Tham Sia Dao (= grotte du Tigre)
(Fig. 4.4 ; ph. 4.5).

Cette petite grotte s'ouvre en haut d'un escalier derrière les temples de Ban Tham. La galerie d'entrée est ornée d'un petit autel et d'un bouddha replet. Les galeries suivantes sont subhorizontales ou descendantes, petites et très concrétionnées. Bien que s'approchant très près de tham Chiang Dao (une vingtaine de mètres), elles ne jonctionnent pas avec cette dernière cavité. Dans l'unique échantillon faunistique récolté à tham Sia Dao, nous avons trouvé une araignée aveugle qui ne semble pas exister dans Tham Chiang Dao.

Dév. : 116 m. Dén. : environ - 2 m.

CHD3 - Tham Ki Nok (= Grotte supérieure de Chiang Dao in Deharveng et Gouze, 1983).
(Fig. 4.5).

Accès : on atteint cette cavité en 20 minutes de marche par un sentier escarpé et glissant qui part derrière les temples de Ban Tham Chiang Dao. L'entrée se trouve dans une petite barre calcaire, environ 200 m au-dessus



de la grande grotte de Chiang Dao. Une vire équipée d'une rampe de bambous permet d'y accéder.

Description, historique

La majeure partie de la grotte est constituée de vastes galeries ascendantes sèches à sol couvert de guano. Une première topo avait été levée en 1981 (in Deharveng et Gouze, 1983). En 1985, nous avons poursuivi l'exploration et levé une topographie sommaire de deux zones de la cavité :

- dans la partie sud, deux puits (P15 et P35) colmatés,
- dans la partie ouest, quelques diverticules, atteints après une petite escalade. L'atmosphère qui y régnait (chaleur étouffante, sol et parois noircies, avec serpent en prime) nous a incités à arrêter l'exploration, bien qu'un départ existe en hauteur (accès par bambou pourri déjà en place).

Guano : le guano de Tham Ki Nok, où existent de grandes colonies de chauves-souris, semble avoir été activement exploité, comme en témoignent les excavations et tranchées dépassant parfois 1,5 m de profondeur que l'on rencontre un peu partout dans la cavité. Les couches superficielles de guano noirâtre passent progressivement en profondeur à des phosphates grisâtres pulvérulents.

Faune : bien que la cavité soit partout sèche, on y rencontre en abondance des coléoptères (qui volent autour des lampes) et des araignées. Par contre, nous n'avons récolté aucune des espèces hygrophiles de Tham Chiang Dao (isopodes, diplopodes ou collemboles).

Potential : le seul passage non exploré, au fond de la cavité, est probablement sans intérêt (aucun courant d'air bien qu'il soit assez étroit).

Spéléométrie

Développement : 695 m
 Dénivelé : + 55, - 21 m
 Extension plane : grand axe : 222 m, petit axe : 117 m.

CHD4 - Tham "Bae Bet" (Fig. 4.6).

Petite perte dans éboulis à 45 mn de Ban Na Lao. On n'a aucune idée du point de résurgence des eaux.

Dév. : 40 m. Dén. : - 6 m. Bio : très nombreux diplopodes.

CHD5-9-10 et 11 : petites cavités fossiles. Accès depuis le col de Ban Na Lao.

Puits du Doi Chiang Dao (Fig. 4.7).

Ces 3 puits ont été découverts dans la

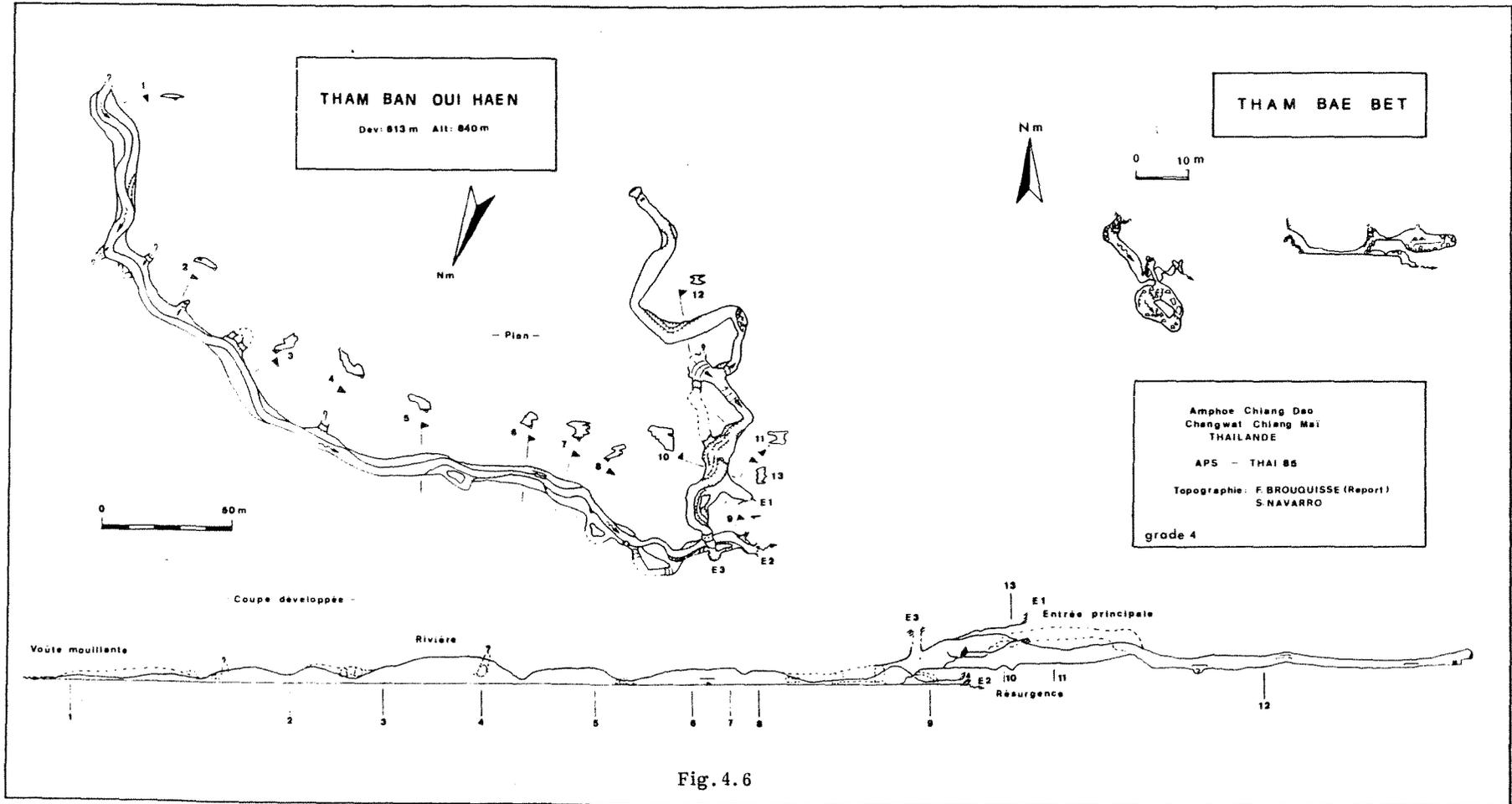
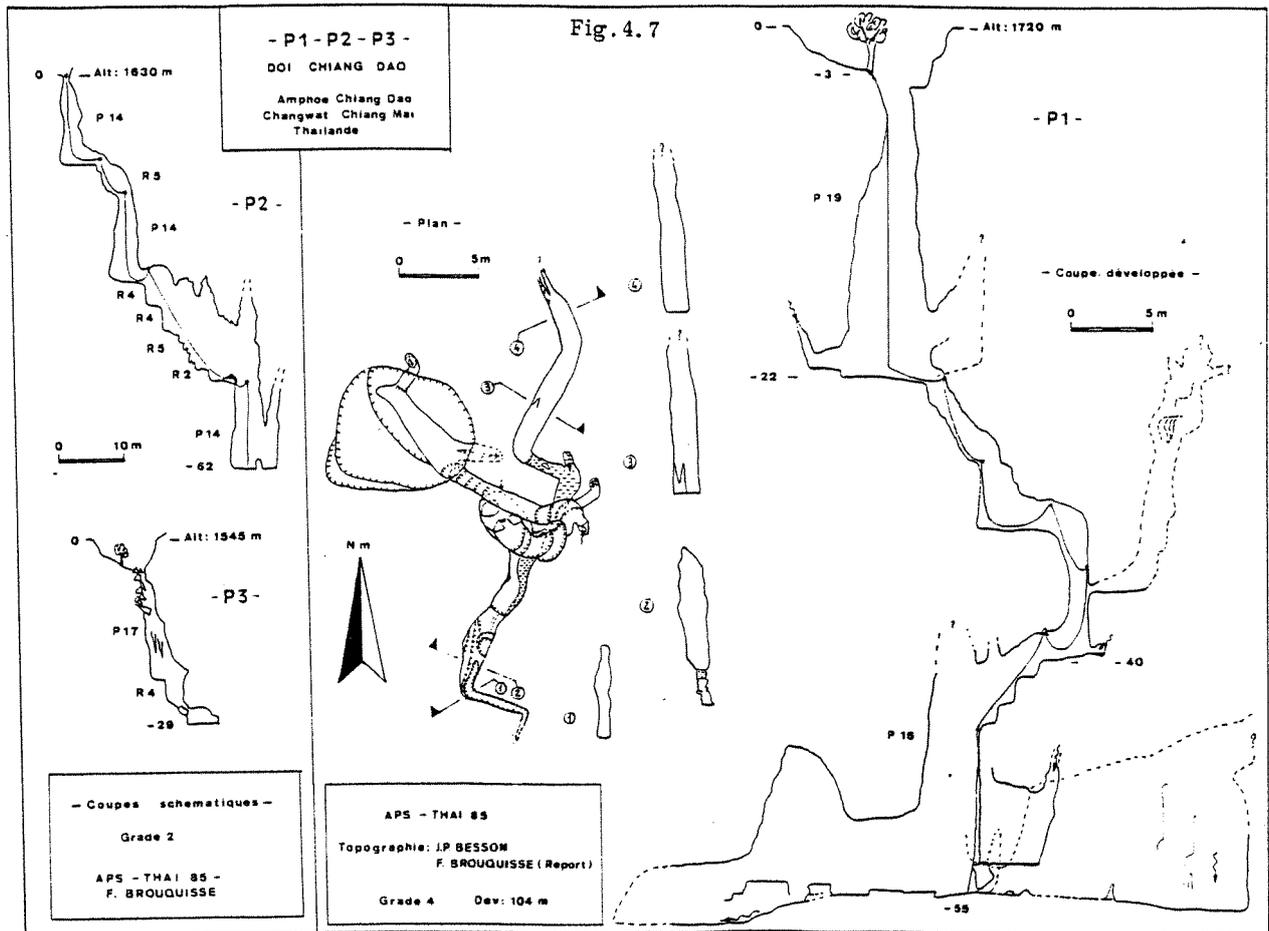


Fig. 4.6



grande combe supérieure du Doi Chiang Dao. Ils s'ouvrent au fond de dolines encombrées de végétation. Leur accès est difficile : 6 h de marche depuis l'entrée du Parc, 1200 m de dénivelé.

CHD6 - P3. Après désobstruction d'une étroiture dans une trémie terrestre instable, descente d'un P17 suivi de 2 ressauts. Colmatage terreux à - 29 m.

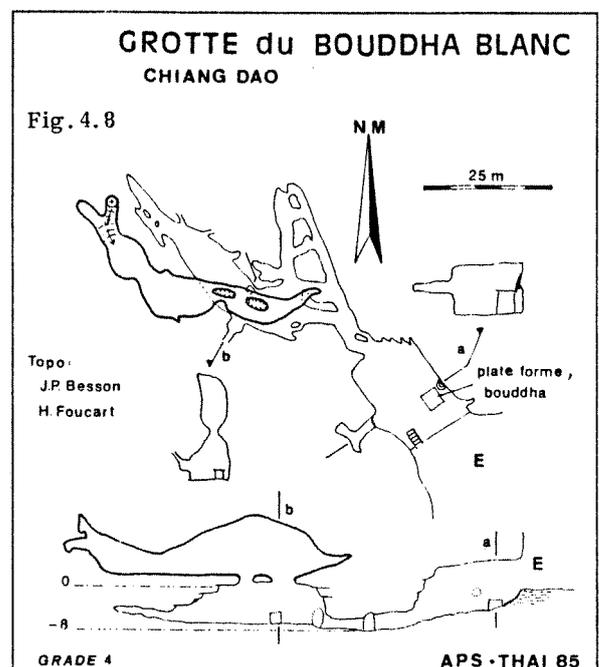
CHD7 - P2. Très beau gouffre : 3 puits (P14, P14, P15) séparés par des ressauts. Roche très corrodée à partir de - 35 m. Dén. : - 62 m.

CHD8 - P1. Il s'ouvre par un P19 suivi de quelques ressauts, puis d'un P16 et d'un méandre horizontal à - 55 m. A signaler un remplissage limono-sableux à pisolithes et des microcheminées de fée, et le piégage de milliers de pisolithes dans un gour en haut du P16. Température de l'eau et de l'air : 14°. Dév. : 104 m. Dén. : - 55 m.

CHD12 - Tham Ban Oui Haen (Fig. 4.6). Cette rivière souterraine est située près du village Lisu(1) de Ban Oui Haen à 6 h de marche de l'entrée du parc du Doi Chiang Dao. Connue des locaux, cette cavité à laquelle on accède par un porche en falaise comprend deux parties :

(1) Lisu = peuplade montagnarde du nord-ouest de la Thaïlande.

- une galerie où coule la rivière : celle-ci reconnue sur 350 m jusqu'à une voûte mouillante non franchie sort à l'air libre 15 m en contre-bas de l'entrée. Circulant sur un lit de galets, peu profonde, son débit est de quelques l/s.
- une galerie fossile, 5 à 10 m plus haut, colmatée au bout de 200 m par concrétionne-



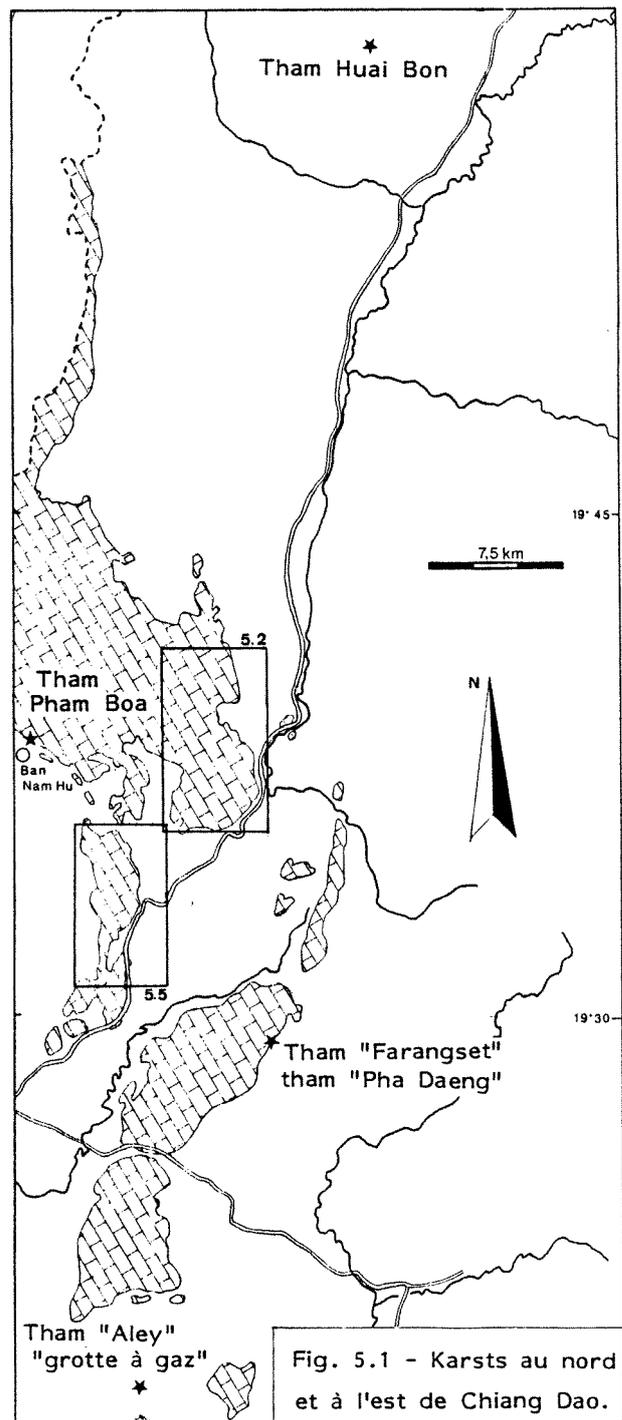
5. LES KARSTS DU NORD ET DE L'EST DE CHIANG DAO

D. RIGAL
L. DEHARVENG

L'immense région karstique du (ou des, car plusieurs sommets portent ce nom) Doi Pha Daeng, s'étend sur plus de 300 km² au nord et au nord-ouest de Chiang Dao jusqu'en Birmanie ; elle se prolonge vers le sud par de petits chaînons calcaires jusqu'au niveau et à l'est de Chiang Dao (fig. 5.1, 5.2 et 5.5). Nous avons exploré 12 cavités sur cette zone, auxquelles s'ajoute tham Huai Bon, petite grotte développée dans une enclave calcaire isolée près de Fang. Aucune des cavités reconnues ne donne accès aux circulations souterraines majeures, qui doivent être assez importantes au vu des deux grosses émergences vauclusiennes de Nam Rue Takhean et Nam Rue Luang. Nos prospections, réalisées en quelques points situés en bordure des grands plateaux karstiques, ne nous permettent pas de nous faire une idée précise sur le potentiel spéléo de cette zone.

FAN1 - Tham Huai Bon (Fig. 5.3 ; Ph. 5.1). Accès depuis Ban Huai Bon, près de Fang, grotte connue. Abri de 20 x 20 m à l'entrée pour moins de 15 m de profondeur. Peintures macabres.

Ph. 5.1 - Tham Huai Bon - Peintures dans la salle (Ph. L. Deharveng)



PHD1 à 4 - Grottes et sources près de Ban Tab Tao Sur la route de Fang à environ 50 km de Chiang Dao ; s'adresser aux bonzes de Tham Tab Tao.

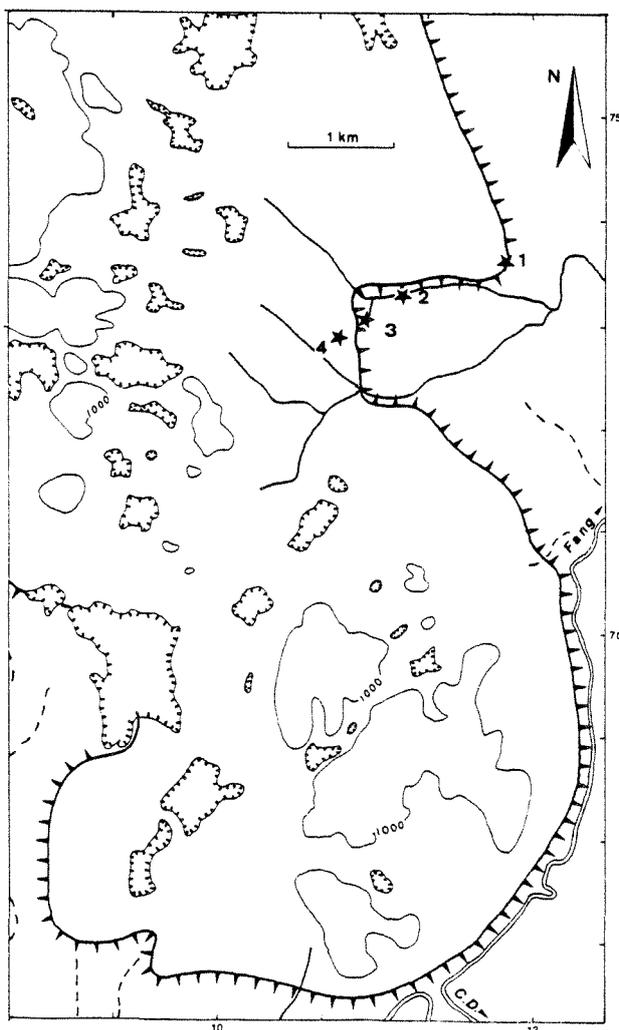
PHD1 - Tham Tab Tao. Cette vaste cavité topographiée en 1981 (Deharveng et Couze, 1983) est actuellement entièrement éclairée à l'électricité ! Le puits du fond de la grande salle n'a pas été descendu. Dév. : 825 m ; Dén. estimé : - 15 m, + 35 m. Faune très originale avec notamment pullulation d'Isopodes Armadillidae sur le guano.

PHD2 et 3 - Nam Rue Luang et Nam Rue Takhean (Ph. 5.2). Grosses sources vauclusiennes à griffons diffus. A noter les pCO_2 très importantes (10 %) dans les eaux à l'émergence de Nam Rue Takhean.

PHD4 - Tham Ngam (Fig. 5.4). Salle de grandes dimensions (100 m de long), avec éboulis et belles concrétions. Pas d'espoir de continuation. Dév. estimé : 150 m.

Fig. 5.2 - Cavités et karst des environs de Tham Tab Tao

1 : tham Tab Tao ; 2 : nam Rue Luang ;
3 : nam Rue Takhean ; 4 : tham Ngam ;
CD : Chiang Dao ; bords du plateau calcaire ;
dolines et dépressions.



Ph. 5.2 - Nam Rue Takhean (Ph. L. Deharveng)

PHD5 - Tham Pham Boa (Fig. 5.4). Continuer la piste qui passe devant Tham Klaeb Yaï ; à l'embranchement, prendre la piste de gauche sur environ 5 km. Cavité sèche. Non terminée. Dév. estimé : 150 m. Dén. estimé : - 20 m.

PHD6-Tham "Klaeb Yai" (Fig. 5.6 ; Ph. 5.3, 5.4).

Accès : depuis Chiang Dao, prendre la route de Fang jusqu'à Tham Klaeb (1/2 heure en taxi). Dépasser le hameau de 1 km jusqu'au premier croisement d'où part une piste en terre sur la gauche. Les entrées de tham "Klaeb Yai" se trouvent à gauche de cette piste au pied du Doi Pha Daeng.

Historique : cette cavité ne nous avait pas été signalée par les thaï locaux. Elle a été trouvée sur l'indice d'un minuscule lit de ruisseau à sec (porche de l'émergence) ; l'entrée amont fut découverte par hasard quelques jours plus tard au fond d'un cirque de rocher en très légère dépression (C. Dutin et B. Lebreton).

Description : tham "Klaeb Yai" est une cavité développée en bordure du Doi Pha Daeng, massif calcaire abrupt de 1234 m d'altitude. Elle correspond au cours souterrain d'un ruisseau (à sec lors de notre visite) d'origine inconnue. Il existe deux accès possibles à la cavité : au niveau de l'émergence, et par un regard situé 800 m en amont à vol d'oiseau. Tham "Klaeb Yai" est constituée de 4 parties bien distinctes :
une partie aval, galerie de petites dimensions qui va de l'émergence au ressaut R5.
un étage fossile situé quelques mètres plus haut et parallèle à la partie aval.

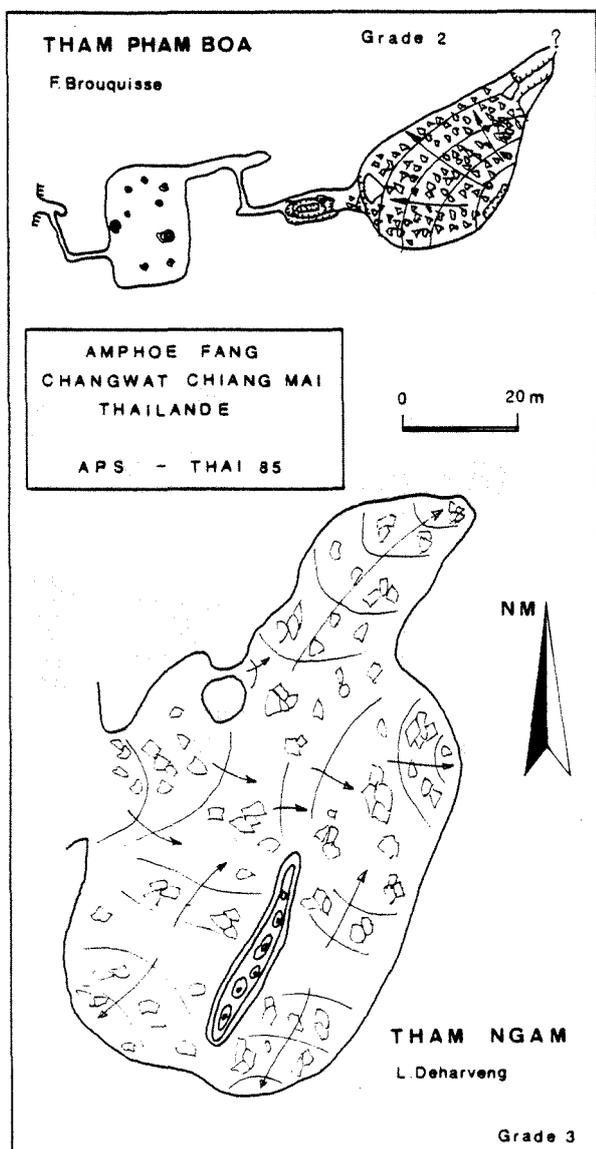
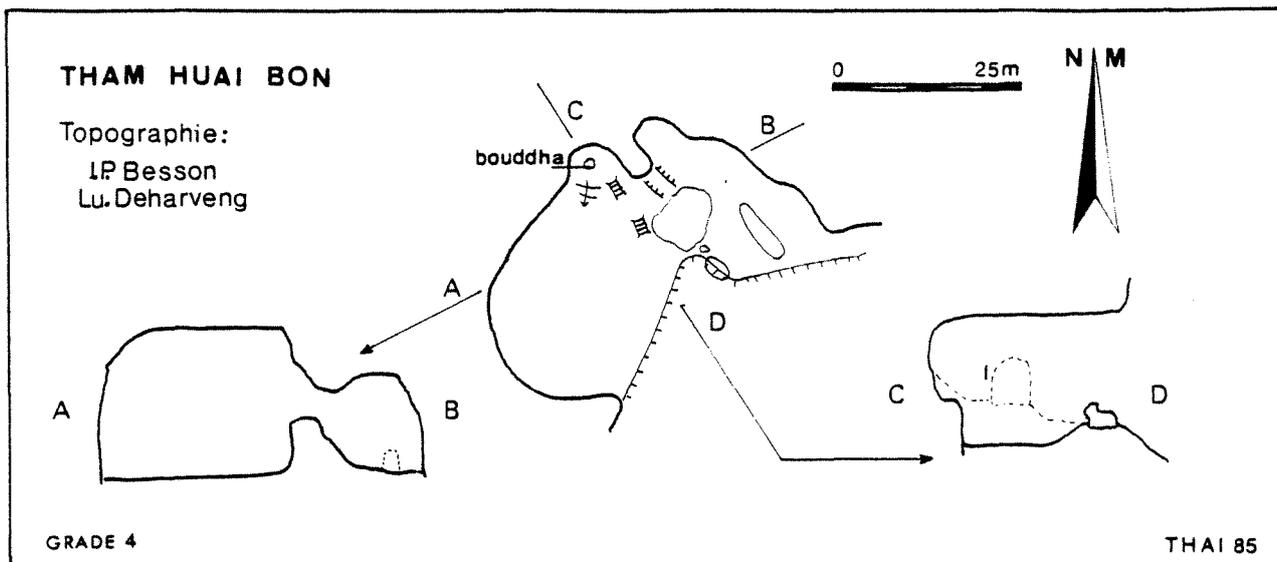
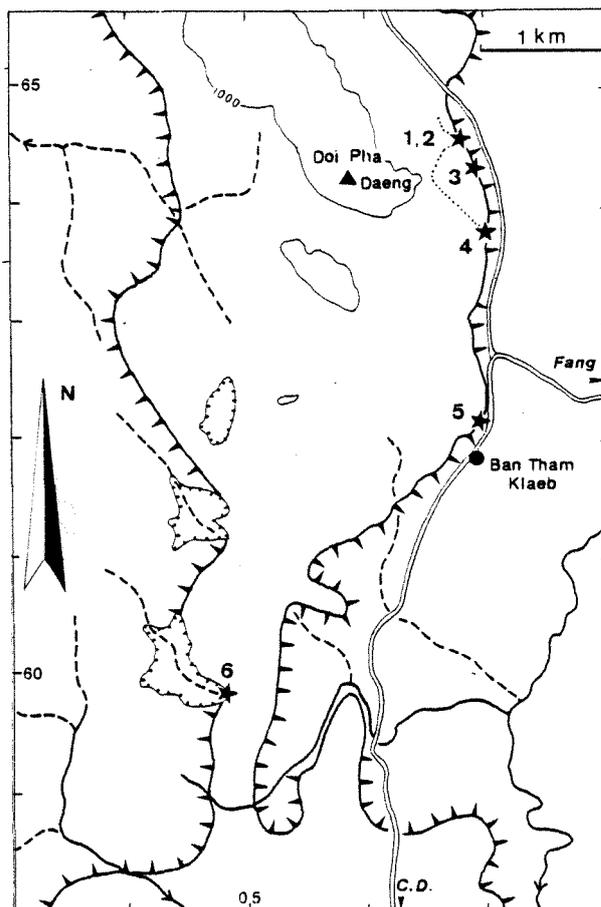


Fig. 5.5 - Cavités et karts des environs de Tham Klaeb,

1,2 : tham "Klaeb Yaī", entrée supérieure, et grotte PHD7 ; 3 : trou souffleur PHD8 ; 4 : tham "Klaeb Yaī", résurgence ; 5 : tham Klaeb ; 6 : tham "Spit" ; pointillés : tracé de tham Klaeb Yaī ; autres symboles : cf. fig. 5.2



une partie moyenne formée d'une grande galerie méandrique qui se développe du ressaut R5 à l'entrée supérieure (entrée 1).
une partie amont, au-delà de l'entrée supérieure.

* La partie aval.

Elle débute par un couloir étroit et bas qui devient progressivement plus haut que large. Après une galerie un peu méandrique d'environ 150 m, on arrive dans une étroite diaclase rectiligne longue de 120 m.

On progresse ensuite dans une succession de passages alternativement larges et bas (2-4 x 0,3-0,6 m) et étroits et hauts (0,5-1 x 4-8 m), sur un sol de sable et d'argile humide. En X, un passage supérieur donne accès à un court étage fossile (non détaillé sur le plan) communiquant par des regards avec la galerie principale. Après 50 m dans une haute diaclase, on arrive dans une petite salle encombrée de blocs (Y), point de départ de l'étage fossile décrit plus loin. Le dernier passage bas (K) débouche dans un conduit de dimensions croissantes (jusqu'à 15 m de haut) dont la partie inférieure reste toutefois étroite. Entre I et J, les flancs de cette grande galerie peuvent être escaladés dans un système de fissures et de galeries incomplètement explorées ; on trouve à ce niveau d'importantes quantités de guano, de nombreuses chauves-souris et quelques serpents. La cavité, jusqu'alors orientée NW, prend une direction NNE. Après 50 m de progression, on butte sur une cascade concrétionnée à sec (R5) qui marque la fin de la partie aval de Tham "Klaeb Yai".

* L'étage fossile

On l'atteint à partir de la petite salle Y par une galerie remontante. Une escalade de 4 m à l'aide d'un lasso est nécessaire pour prendre pied dans le niveau fossile. Le conduit est alors spacieux (souvent 4 x 4 m). A trois reprises, des coulées stalagmitiques obturent partiellement le passage et doivent être escaladées. On note la présence d'une cheminée avec un léger ruissellement. Après un dernier ressaut de 5 m, la galerie se termine sur des boyaux rapidement impénétrables.

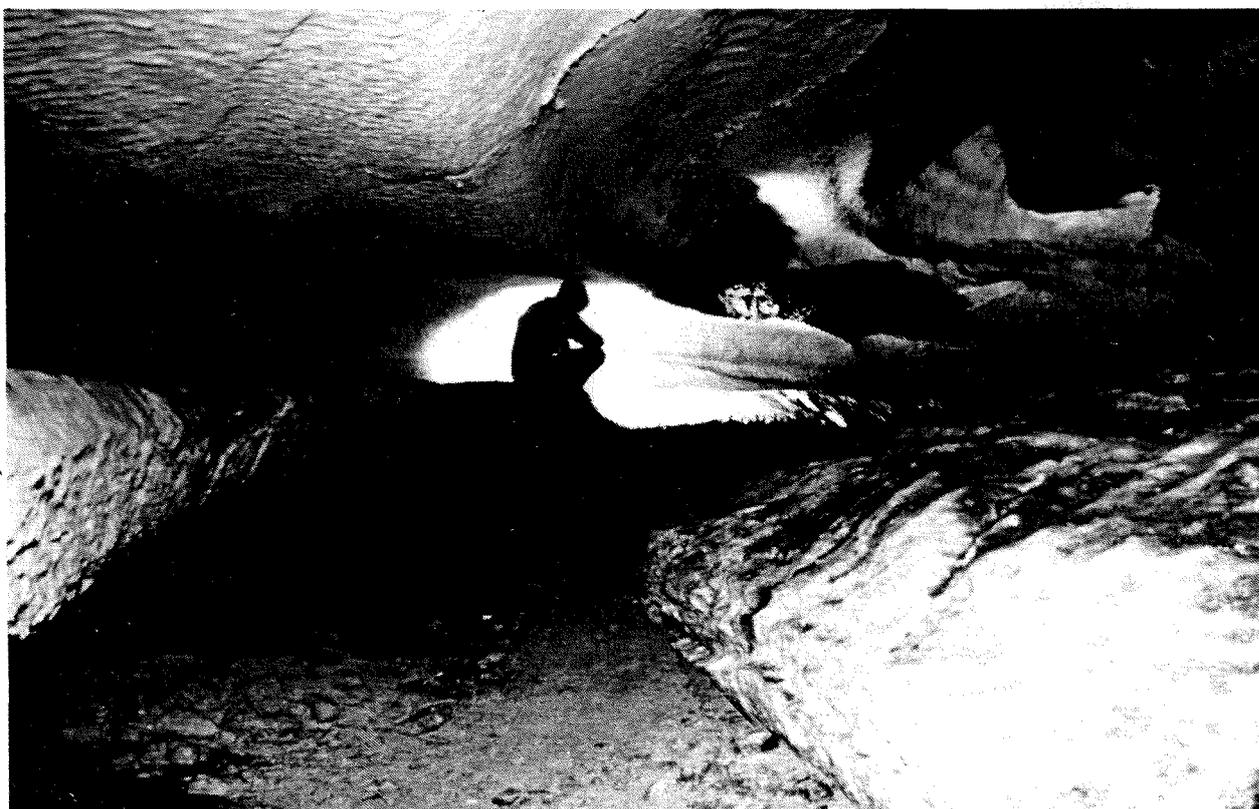
Cet étage fossile, situé sensiblement au niveau des grandes galeries de la partie moyenne (décrite plus loin) semble en être le prolongement. Il vient se superposer à l'étage actif temporaire souvent assez étroit.

* La partie moyenne et la partie amont

L'entrée supérieure (entrée 1 du plan) s'ouvre en pied de falaise par un large laminoir permettant de descendre sur des blocs jusqu'au lit à sec d'un cours d'eau souterrain 15 m plus bas. A partir de là s'offrent deux possibilités de progression : vers l'amont, ou vers l'aval.

Vers l'aval (partie moyenne de la cavité), on circule dans une vaste galerie formant de larges méandres superposés et décalés. La direction générale est SW pendant 200 m, puis SSW pendant 160 m environ. Le sol est constitué de gros galets, avec ça et là quelques laisses d'eau. Les chauves-souris sont assez nombreuses. Cette grande galerie débouche sur deux ressauts successifs, le second (R5) donnant accès à la partie inférieure de la cavité. Une étude plus complète de la morphologie et des remplissages de cette partie moyenne est présentée par ailleurs (chap. 18).

L'amont correspond sans doute à un af-



Ph. 5.3 - Tham Klaeb Yai - Méandre de la partie moyenne (Ph. F. Brouquisse)

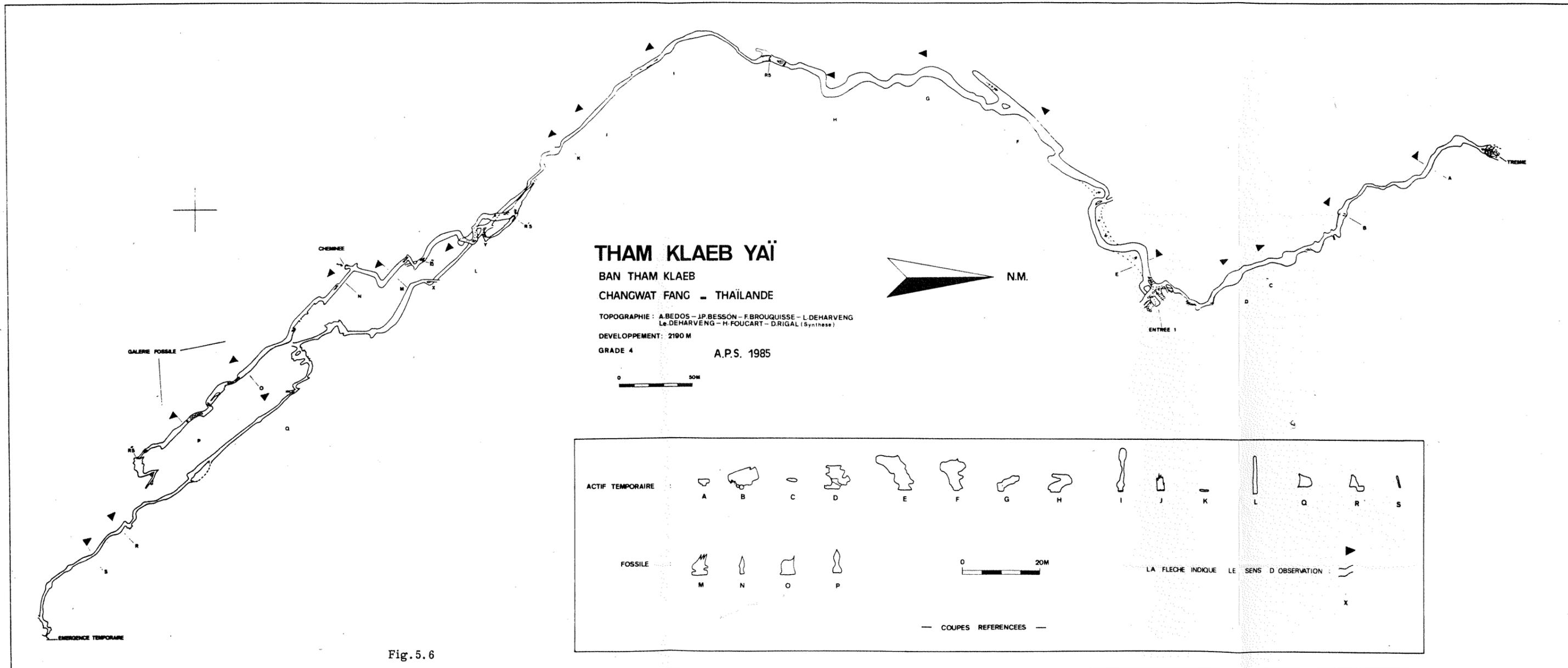


Fig. 5. 6



Ph. 5.4 - Tham Klaeb Yaï - Anastomose en plafond et placage latéral (Ph. F. Brouquisse)

fluent de la rivière principale. De pente faible, il se développe sur 300 m avec des sections allant de passages bas (1,5 x 0,5) à des élargissements (7 x 7 m), avant d'être obstrué par une trémie de surface. Cette galerie suit la faille majeure contrôlant le bas de la falaise (N 330) ; de forme asymétrique, sa rive droite est généralement constituée par la roche en place tandis que le toit et l'autre paroi se sont creusés dans les blocs éboulés de la faille. Semi-actif, cet affluent peu concrétionné présente des vagues d'érosion des cailloutis peu roulés, quelques remplissages argilo-terreux et banquettes de petits galets surcreusées. Il constitue en fait maintenant l'alimentation principale de la rivière après le colmatage de l'amont immédiat de cette dernière sous la dépression extérieure de pied de falaise correspondant à l'entrée 1.

Perspectives : il y a peu d'espoir de continuation dans tham "Klaeb Yai", du fait notamment qu'aucun affluent ou conduit n'arrive du coeur du massif sur la galerie principale ; le système de drainage souterrain du Doi Pha Daeng (qui mesure 6 x 2 km) reste en fait à découvrir.

Topographie : A. Bedos, J.P. Besson, F. Brouquisse, Lo. et Lu. Deharveng, H. Foucart, D. Rigal.

Spéléométrie

Développement : 2190 m

Dénivelé : + 20 m par rapport à l'émergence.

Extension plane : grand axe : 1040 m, petit axe : 284 m.

PHD7 et 8 - Petites cavités liées au système de tham "Klaeb Yai"

La grotte PHD7 est située tout près de l'entrée supérieure de tham "Klaeb Yai" ; elle est constituée de diaclases se recoupant à angle droit, et parcourue par un courant d'air notable également à revoir. Dév. estimé : 50 m.

Le trou souffleur PHD8 situé entre les deux entrées le tham "Klaeb Yai" a été exploré sur quelques mètres entre des blocs, serait à poursuivre.

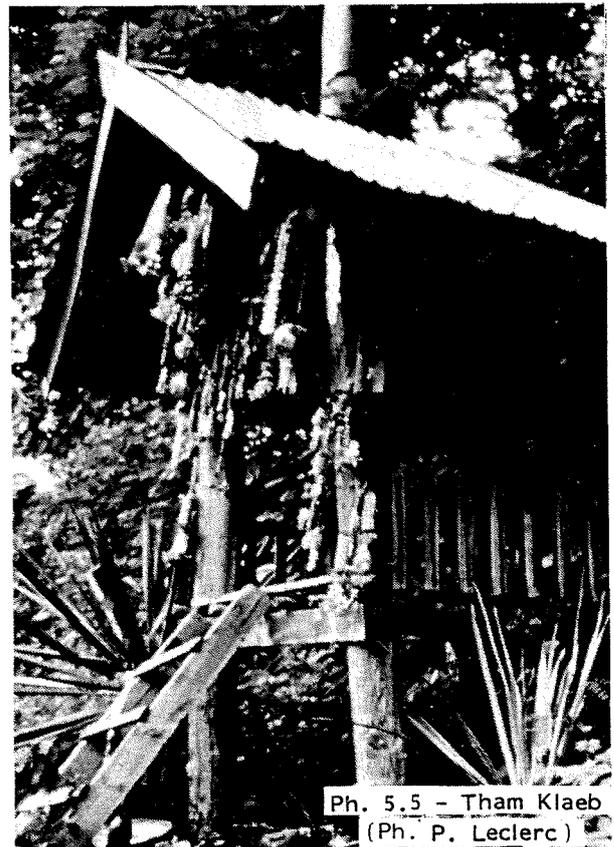
PHD9-Tham Klaeb (Fig. 5.7 ; Ph. 5.5).

Située à côté du village du même nom sur la route Chiang Dao-Fang. Petite grotte fossile à caractère religieux. Elle s'ouvre par un porche sur diaclase oblique s'élargissant en une grande salle (15 m de diamètre, 10 m de haut) d'où part une galerie principale d'une centaine de mètres et quelques diverticules. Elle occupe une grande partie du piton calcaire isolé dans lequel elle se développe. En plusieurs endroits, des racines d'arbre sont visibles en plafond.

Les restes de remplissages de limons et cailloutis observés jusque dans les plafonds indiquent une phase de décolmatage après un épisode de comblement quasi total. Dév. : 176 m. Cavité terminée.

PHD10 - Tham Spit (Fig. 5.8). Accès : route Chiang Dao-Fang, 2 km avant tham Klaeb, 1 heure de marche vers l'ouest, doline indiquée sur la carte au 1/50.000.

Perte en fond de doline. Arrêt sur siphon. A revoir en saison sèche. Dév. estimé : 60 m ; dén. estimé : - 18 m.



Ph. 5.5 - Tham Klaeb (Ph. P. Leclerc)

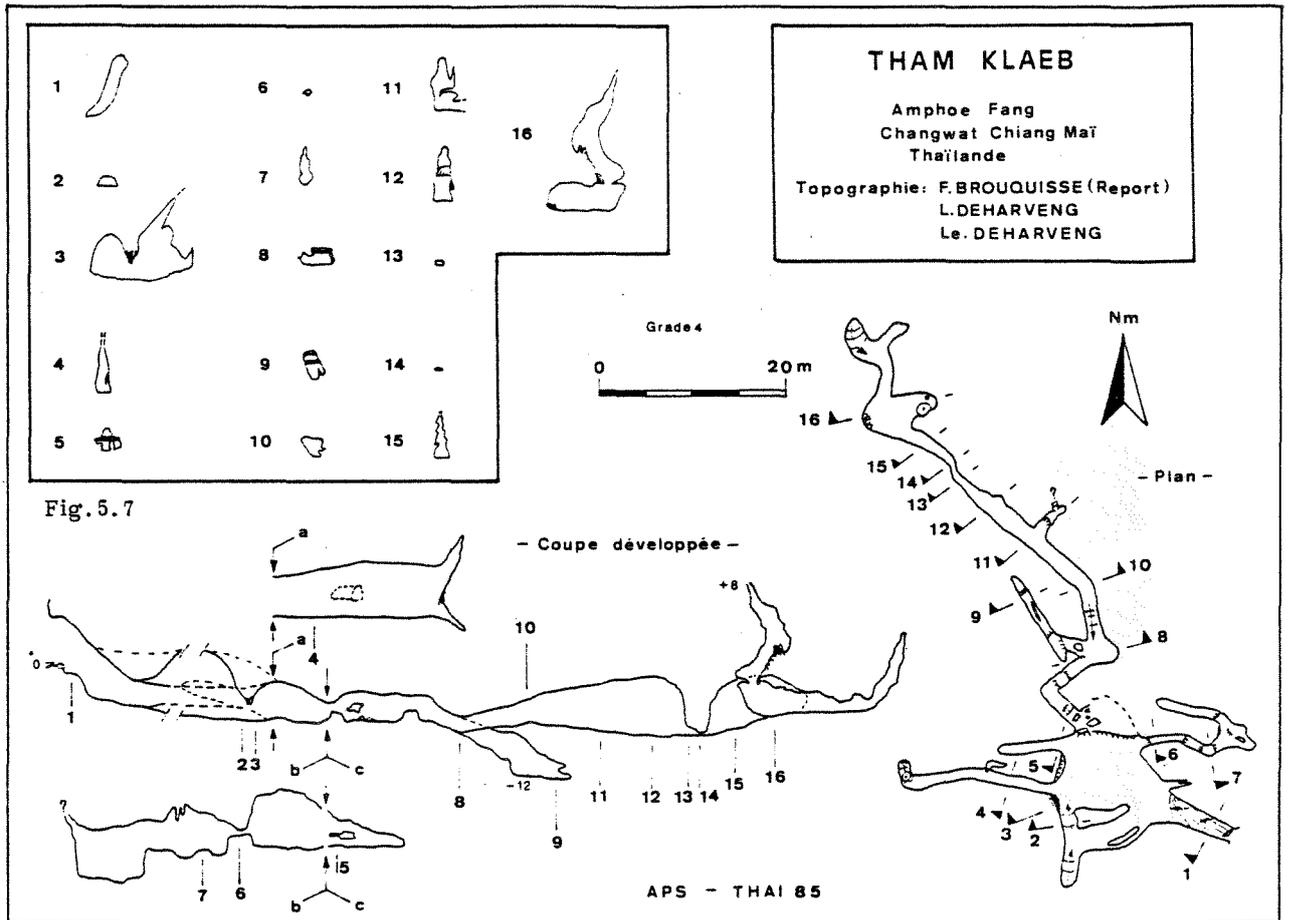


Fig.5.7

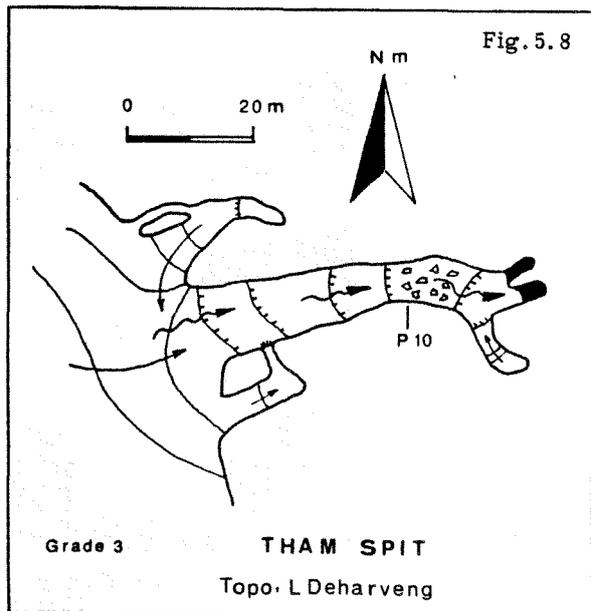


Fig. 5.8

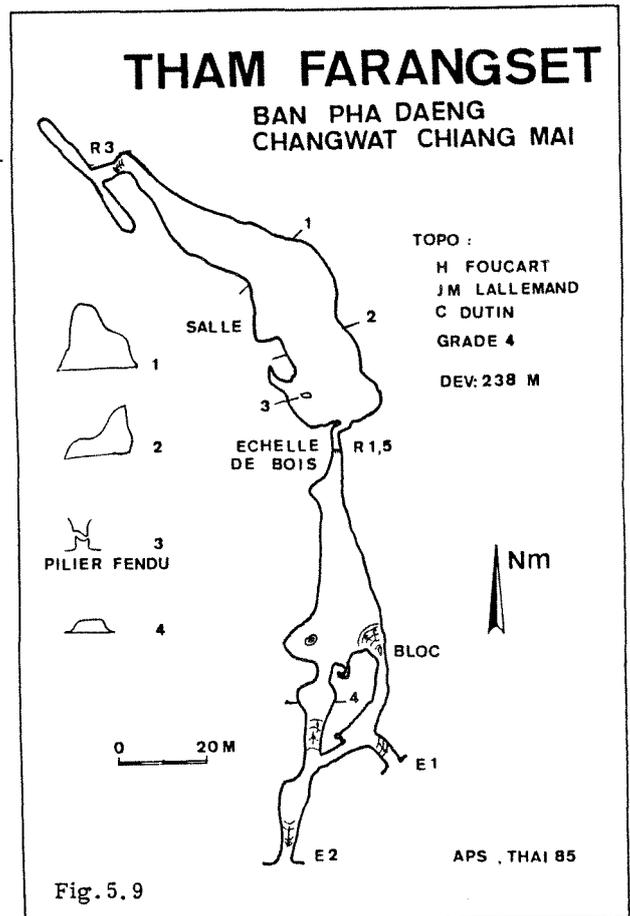


Fig.5.9

CAVITES A L'EST DE CHIANG DAO

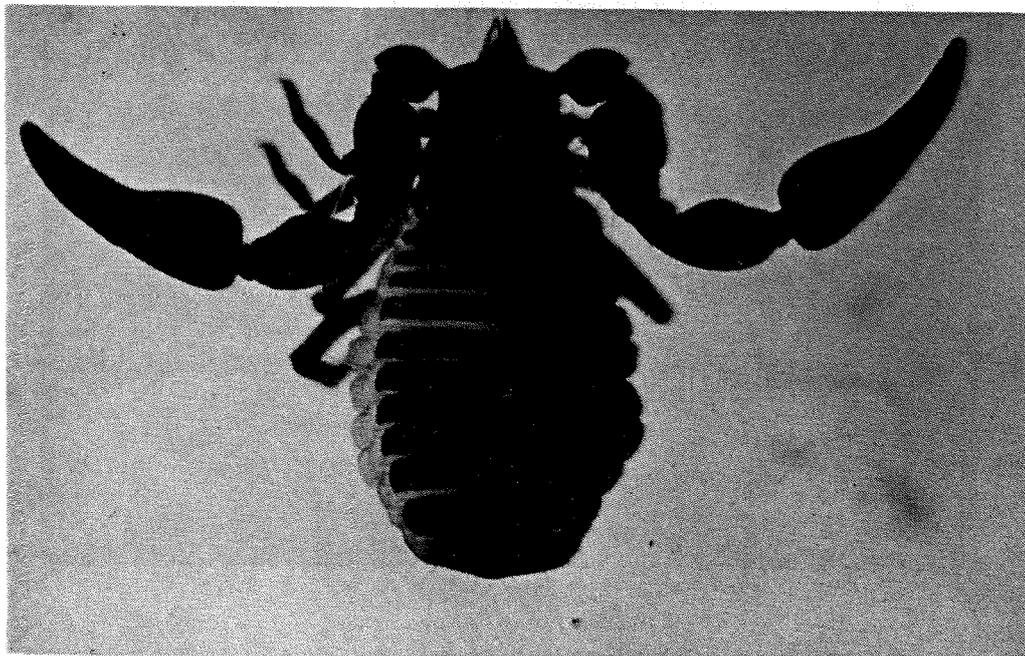
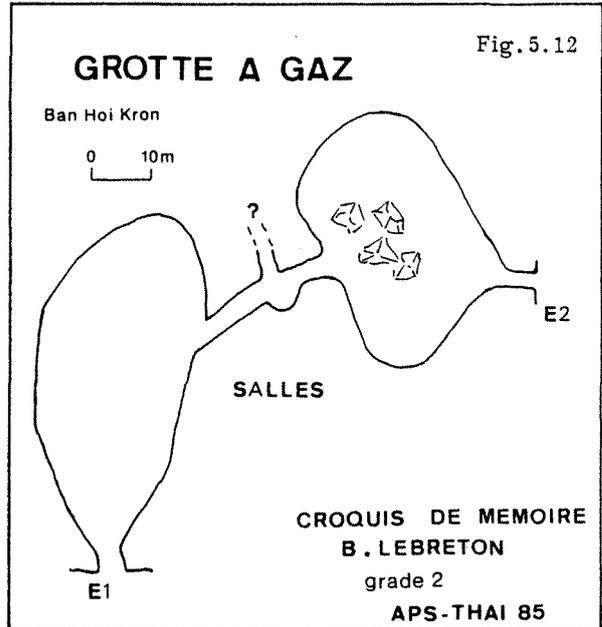
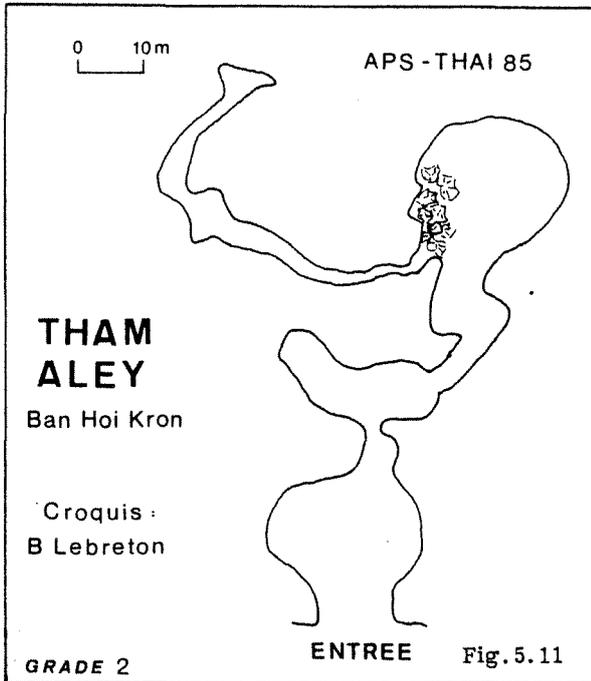
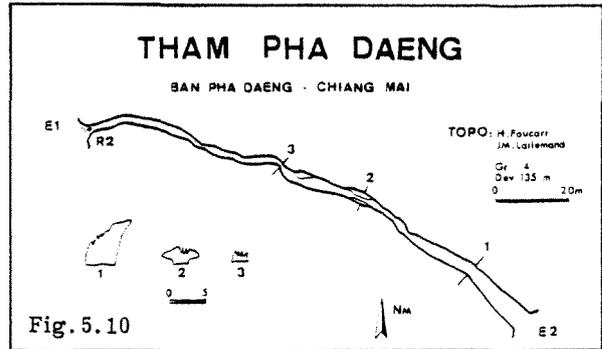
PHD11 - Tham "Farangset" (Fig. 5.9).
Grotte fossile. Dév. : 238 m.

PHD12 - Tham "Pha Daeng" (Fig. 5.10).
Traversée fossile. Dév. : 135 m.

PHD13 - Tham "Aley" (Fig. 5.11). Grotte
fossile donnant sur un labyrinthe, quelques
escalades mènent à une petite salle ; dans les

blocs de cette salle, une galerie vite colmatée.
 Dév. : environ 150 m.

PHD14 - "Grotte à gaz" (Fig. 5.12).
 Grotte fossile débutant par une vaste galerie qui donne sur une diaciase descendante. Arrivée à un carrefour, avec d'un côté un boyau non exploré à cause du CO₂, de l'autre une galerie qui débouche sur une grande salle concrétionnée (chauves-souris). De là, un passage permet d'accéder à une seconde sortie.
 Dév. : environ 100 m.



Ph.5.6 - Pseudoscorpion

6. LE KARST DE LA NAM LANG

L. MAFFRE
D. RIGAL

En se plongeant sur une carte de la région, la première chose qui saute aux yeux est le nombre considérable de dolines, d'effondrements ; il y en a des centaines, la plupart font plus d'un kilomètre... La "Nam Lang", rivière principale de la zone, se perd puis réurge par 2 fois (Fig. 6.1). Une étude plus approfondie permet de déceler d'autres pertes, d'autres résurgences... Que de promesses, sur une simple carte au 250.000 !!

La chose paraissait simple, et pourtant de nombreuses difficultés nous attendaient. Le premier obstacle fut psychologique : selon tous les gens informés de nos intentions (spéléos australiens, ressortissants français...) nous aurions à affronter successivement : bon nombre de bandits de grands chemins, plusieurs trafiquants d'opium, maints soldats du Kuo Min Tang, des agents de la CIA plus quelques guérilleros... En fait rien de tout cela (Ouf !).

Un problème, pas imaginaire celui-là, fut la présence de gaz carbonique dans bon nombre de cavités (cf. Chap. 17) ; aucun accident, mais fréquemment des malaises et des maux de têtes.

Le moyen le plus rapide pour se rendre dans cette région est de prendre l'avion jusqu'à Mae Hong Son au départ de Chiang Maï, puis la ligne régulière Mae Hong Son-Paï (bus ou taxi, 2 par jour). Il existe une ligne de bus Chiang Maï-Paï-Mae Hong Son, mais elle tient beaucoup du Paris-Dakar... Prendre le premier départ très tôt le matin pour avoir des chances d'arriver le soir même, sinon escale forcée à Paï.

Le karst se développe dans des calcaires permien ; il présente un relief assez empâté. Nos recherches se sont limitées aux environs de Sop Pong ; un raid de deux jours sur le haut plateau nous a laissés sur notre faim ; cette zone nous paraît très intéressante mais,



Ph. 6.1. - Environs de Sop Pong (Ph. L. Maffre)

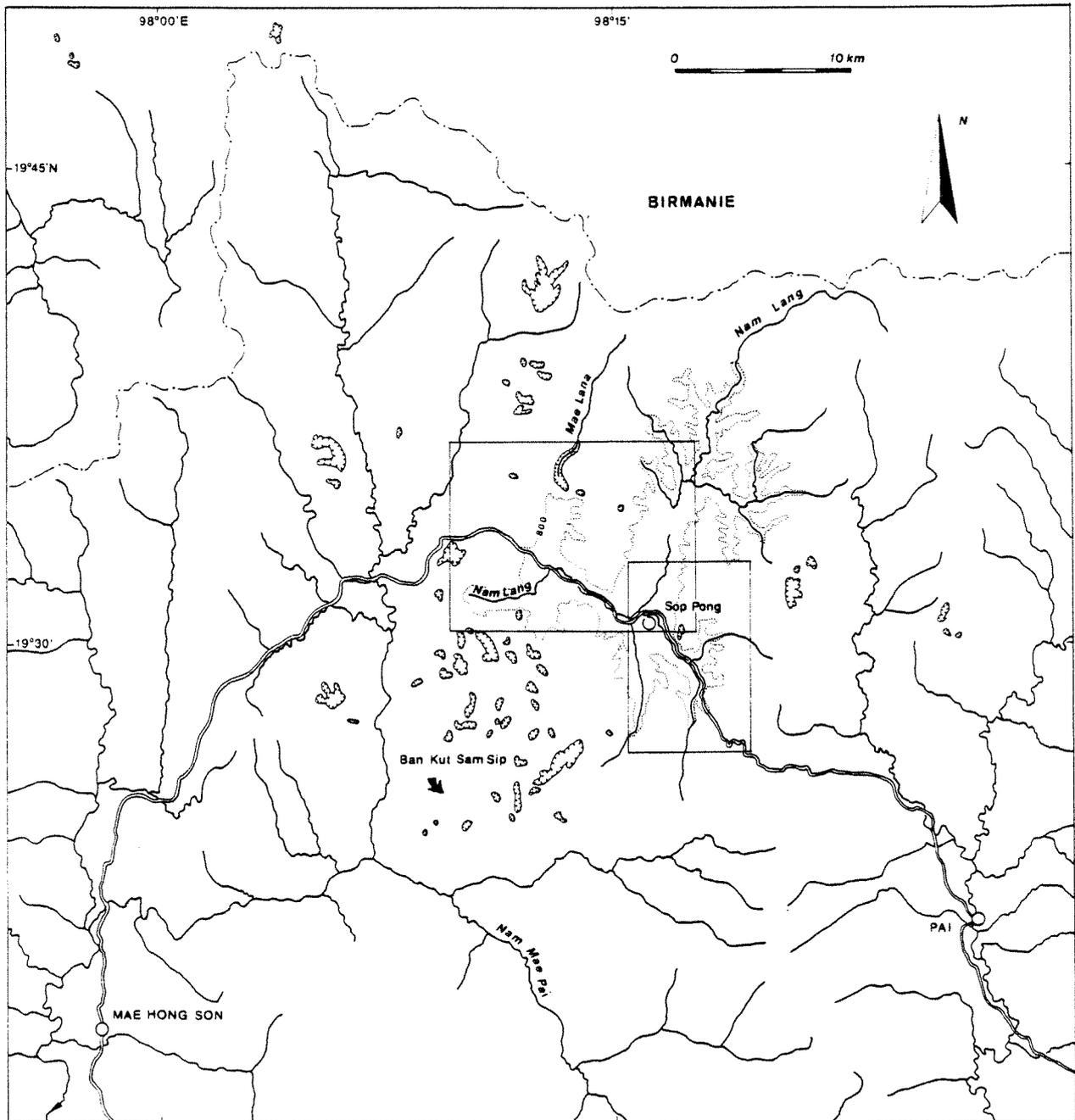


Fig. 6.1. - Karst de la Nam Lang (encarts : cf. Fig. 6.2. et 6.7)

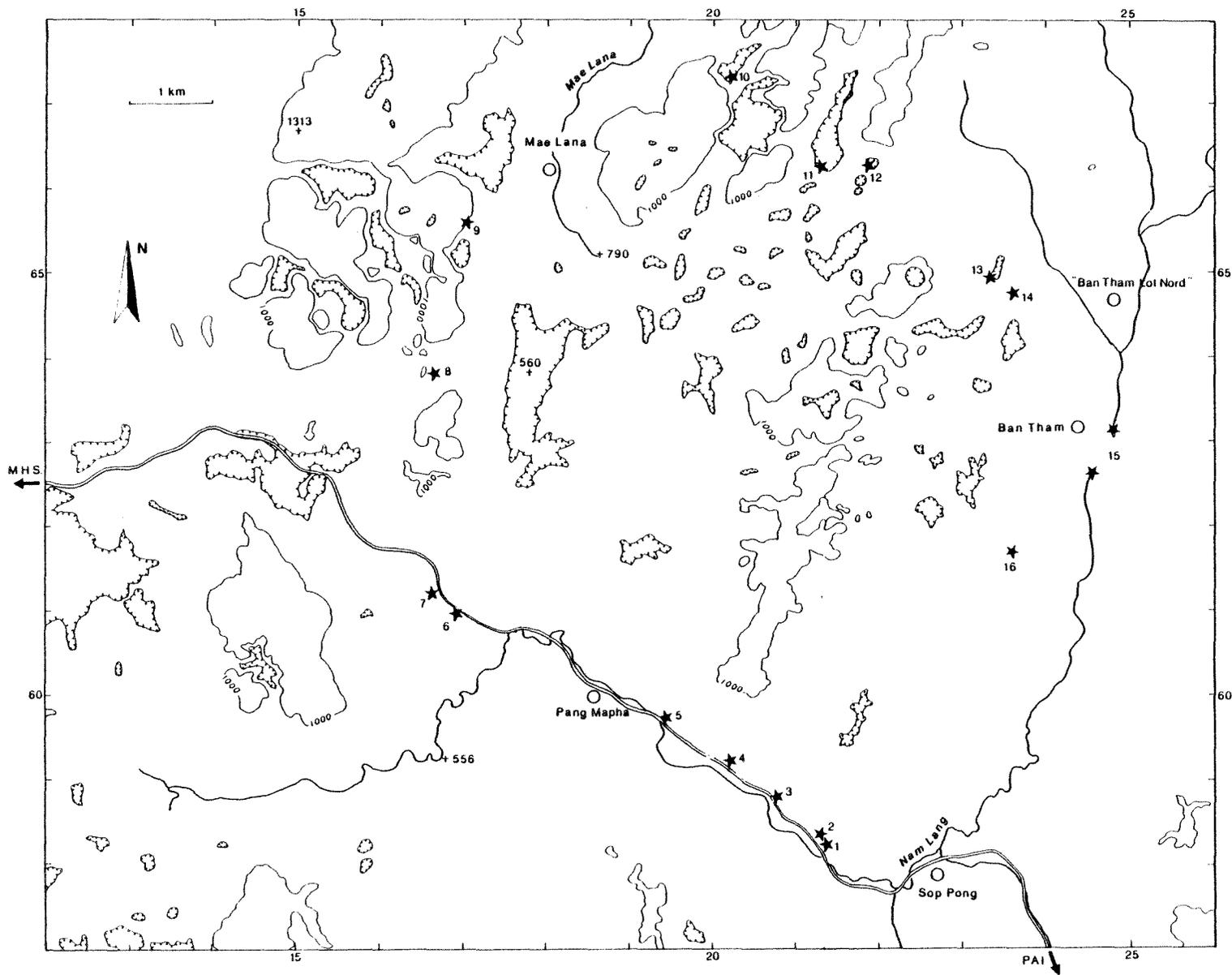


Fig. 6.2. - Cavités des environs de Sop Pong (Les n° sont ceux du texte)

hélas bien loin de tout. Le premier village, Ban Kut Sam Sip, est à 20 km, soit 5 heures et demi de marche de Sop Pong.

Bien que perdu au milieu de la jungle nord-thaïlandaise, Ban Sop Pong est un village fort agréable (la tension doit être différente au moment de la récolte de l'opium, principal revenu des tribus). Les rares magasins sont pourvus de tout : 2 restos sympas ; pour loger il est facile de louer (cf. : A-2), très facile aussi de se faire ensuite squatter...

A Ban tham, "Mister John" tient une guest-house sympathique, aucun problème pour manger, dormir et se faire comprendre si l'on parle l'anglais. Peu de problèmes également dans les tribus de montagnards ; rarement débordants d'enthousiasme, ils admettent quand même facilement de céder un coin de pailleasse auprès du feu, la salubrité laisse à désirer mais pas les relations humaines, faites votre choix !!!

MHS1 - "Grotte de la Pirogue". Birmanie, vallée de la rivière Paï. Non explorée.

NAL1 - Tham "Ini" (Fig. 6.3). Diaclase étroite qui après une dizaine de mètres de progression se pince et devient impénétrable.

NAL2 - Tham "Axi" (Fig. 6.3). On atteint les porches d'entrée (l:10m;h:6m) par une escalade facile. La grotte est formée de 4 salles reliées entre elles par un réseau de galeries. Dans la dernière salle au N.O, une diaclase aux parois rendues glissantes par le guano s'enfoncé dans la falaise.

Des cercueils, demi-troncs évidés d'environ 4 mètres de long, témoignent que cette grotte a servi, dans des temps plus anciens (plus de 10 siècles aux dires de certains) de cimetière.

NAL3 - Tham "Pi" (Fig. 6.3). Repérée depuis le pick-up lors de notre arrivée à Sop Pong, cette résurgence est explorée l'après-midi même.

La résurgence (0,5 x 1m) est impénétrable parce qu'obstruée par des racines. Sur sa droite une faille permet par un ressaut de 1,5 m de rejoindre le cours d'eau. Après une dizaine de mètres, celui-ci se termine sur un siphon. Un laminoir remontant devient impénétrable après 5 m de progression.

NAL4 - Tham "Ie" (Fig. 6.3). Petit système de galeries se développant sur une centaine de mètres.

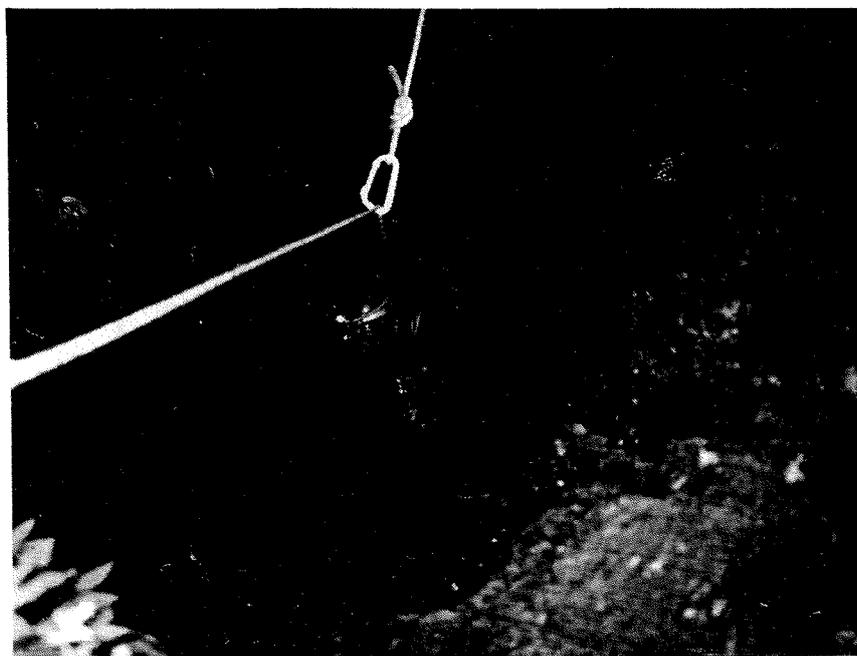
NAL5 - Tham "Ai". Résurgence à sec. Non explorée (CO2).

NAL6 - Hua Lao (innommé). Gouffre à CO2. - 10 m estimés.

NAL7 - Hua Lao "Hara-kiri" (Fig. 6.3 ; Ph. 6.2). D'après la population locale, nous devons trouver au fond de ce gouffre de 1000 pieds (soit environ 300 m), reliques de la dernière guerre, entre-autres cadavres, armes et même un trésor... jetés là par les japonais.

C'est donc confiant que nous amarrons une corde de 100 m autour d'un arbre, bien que les pierres jetées semblent s'arrêter sur un plancher une dizaine de mètres plus bas ; mais sans doute n'est ce qu'un palier donnant sur "le grand vide".

Un quart d'heure après notre arrivée, c'est sous le regard intéressé d'une dizaine de Thaï venus au spectacle, que la corde file dans le descendeur. Dix mètres plus tard... c'est fini. Le puits est obstrué par des débris végétaux, de bambous en particulier. La



Ph. 6.2. - Hua Lao "Hara-kiri" (Ph. L. Maffre)

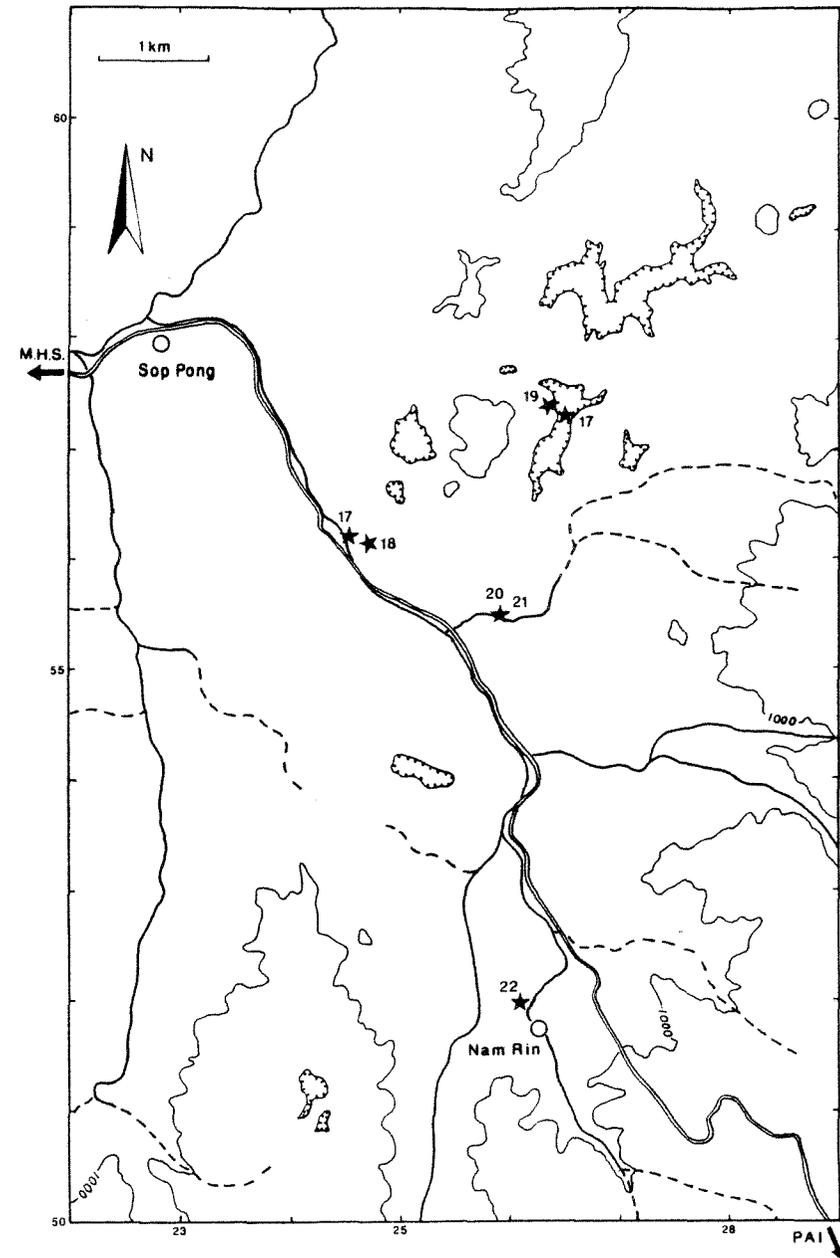
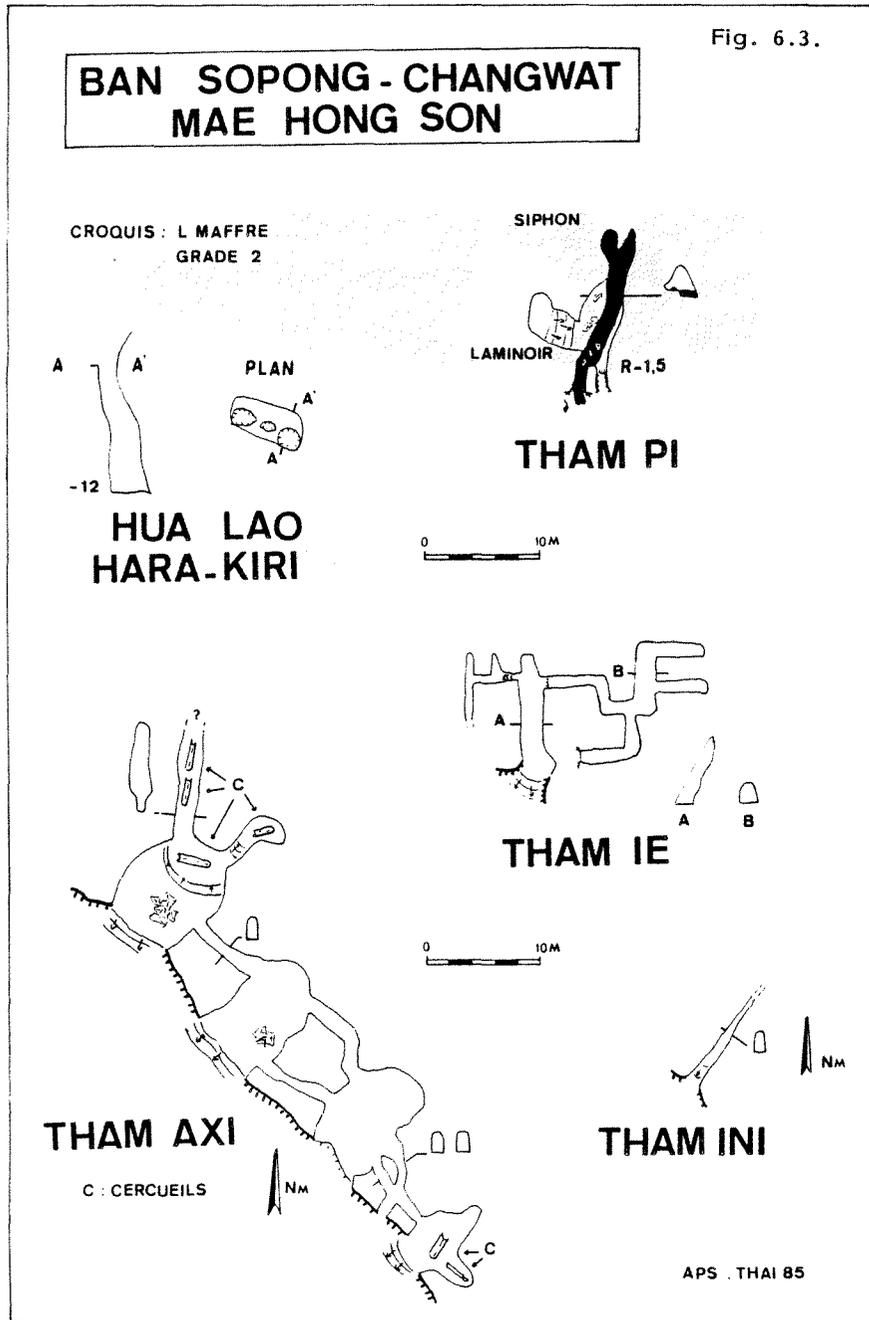


Fig. 6.7. - Cavités au sud est de Sop Pong (Les n° sont ceux du texte)

remontée est des plus rapides car une odeur suspecte et des difficultés respiratoires nous ont avertis de la présence de gaz.

Partis pour découvrir un trésor dans un puits de 300 m, nous repartons avec un trou à gaz de 12 mètres... "Foutu pays".

NAL8 - Gouffre au sud de Ban Tha Bo. - 2 m. Inexploré (CO2).

NAL9 - Tham "Ban Tha bo" (Fig. 6.5). L'entrée de la caverne, située au pied du piton calcaire dominant le village, donne sur une grande salle, construite à la faveur d'un joint de strate. La descente dans les blocs le long du joint est stoppée à - 10 par un bouchon d'argile.

NAL10 - Perte après Ban Yapanese, Impénétrable (rochers).

NAL11 - Perte "Bendit 2", obstruée par des débris de crues (troncs).

NAL12 - Tham "Bendit 1" (Fig. 6.4). La perte s'ouvre au fond d'une dépression située en bordure nord du domaine karstique. Le débit était, le jour de notre visite, de l'ordre de 3 l/s (estimation visuelle). En passant entre les blocs, nous rejoignons l'actif. Un parcours

accidenté toujours entre les blocs mène à un court étage fossile qui rejoint l'actif. Le ruisseau coule alors dans un petit boyau (1x0,8-m). Une fois de plus, c'est le présumé CO2 qui nous oblige à faire demi-tour.

NAL13 - Tham "Plaa" (Fig. 6.4). La perte s'ouvre au fond d'une dépression (env. 50 m). Le jour de notre exploration, le débit du cours d'eau est estimé à 5 l/s. Au fond de la dépression, les premiers symptômes dus à la présence probable de CO2 apparaissent : forte gêne respiratoire pour les uns, malaise simplement "psychologique" pour d'autres... Seuls les moins sensibles pénètrent dans la cavité. Le laminoir de départ oblige souvent à ramper. Après une centaine de mètres, un petit affluent rejoint le ruisseau en rive droite.

C'est dans ce laminoir d'entrée que nous observons plusieurs poissons de type cavernicole (dépigmentés et microphthalmes). Un exemplaire est capturé et quelques jours plus tard, il regagnera vivant la France, une bouteille de whisky faisant office d'aquarium.

Après un dernier passage étroit, où nous ressentons un courant d'air prometteur, la galerie devient plus spacieuse et souvent encombrée d'éboulis. Après un deuxième affluent, probablement pénétrable, les dimensions de la galerie atteignent jusqu'à 10 x 10 m. Dans une grande salle, le cours d'eau se perd momentanément sous un éboulis. Les effets d'un gaz nocif présent depuis l'entrée (supposé CO2) deviennent très marqués : maux de tête (comme si le casque retrécissait...). Après plus de 2 heures d'explo et de topo, nous nous arrêtons après un court laminoir dans une galerie de 3 x 3 m. Le courant d'air est toujours aussi net, le gaz aussi... le retour s'effectue lentement, tout effort violent est immédiatement suivi d'un essoufflement. Tels des zombies, nous retrouvons l'air libre "Dur, dur, la première sous les tropiques...".

Les maux de têtes persisteront pendant plusieurs heures. La situation de cette perte, la direction générale du réseau, la dimension importante des galeries, l'existence d'un net courant d'air laissent espérer un accès vers un collecteur important du massif. Malheureusement, la présence de gaz rend l'exploration prolongée dangereuse. Deux solutions peuvent s'envisager : l'utilisation d'équipements spéciaux légers, ou l'exploration en solitaire par le seul d'entre nous qui reste convaincu de l'origine "psychologique" des malaises. Dév. : 670 m. Dén. : - 3 m. Ext. plane : grand axe : 420 m, petit axe : 110 m.

NAL14 - Tham "Ban Tham Nord" (Fig. 6.5). Petite grotte s'ouvrant par un porche (l:12m;h:2 m) d'où se développe une galerie débouchant dans une petite salle.

NAL15 - Tham Lot (Fig. 6.6 ; Ph. 6.3). 1ère perte-résurgence de la Nam Lang. Dév. rivière : 580 m. + fossile (estimé) : 500 m.

..Une topographie beaucoup plus complète a été levée par l'équipe australienne de John Dunkley (in litt.)..

NAL16 - Gouffre à CO2, - 3 m.

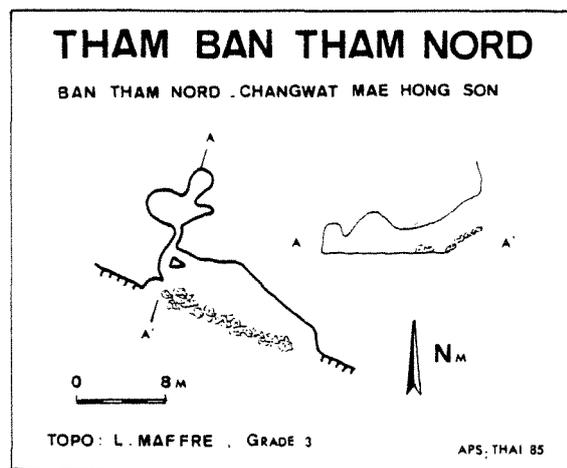
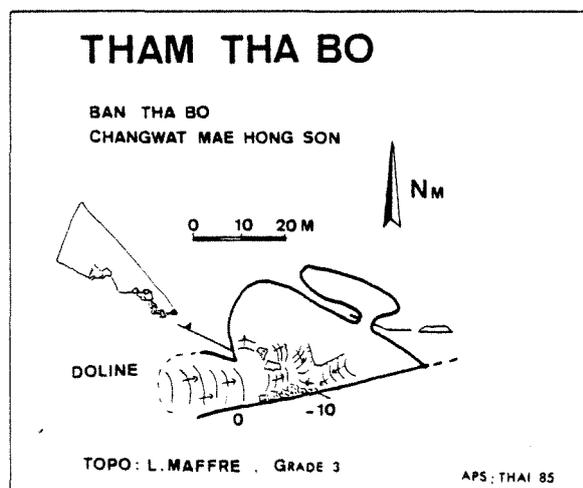


Fig. 6.5.

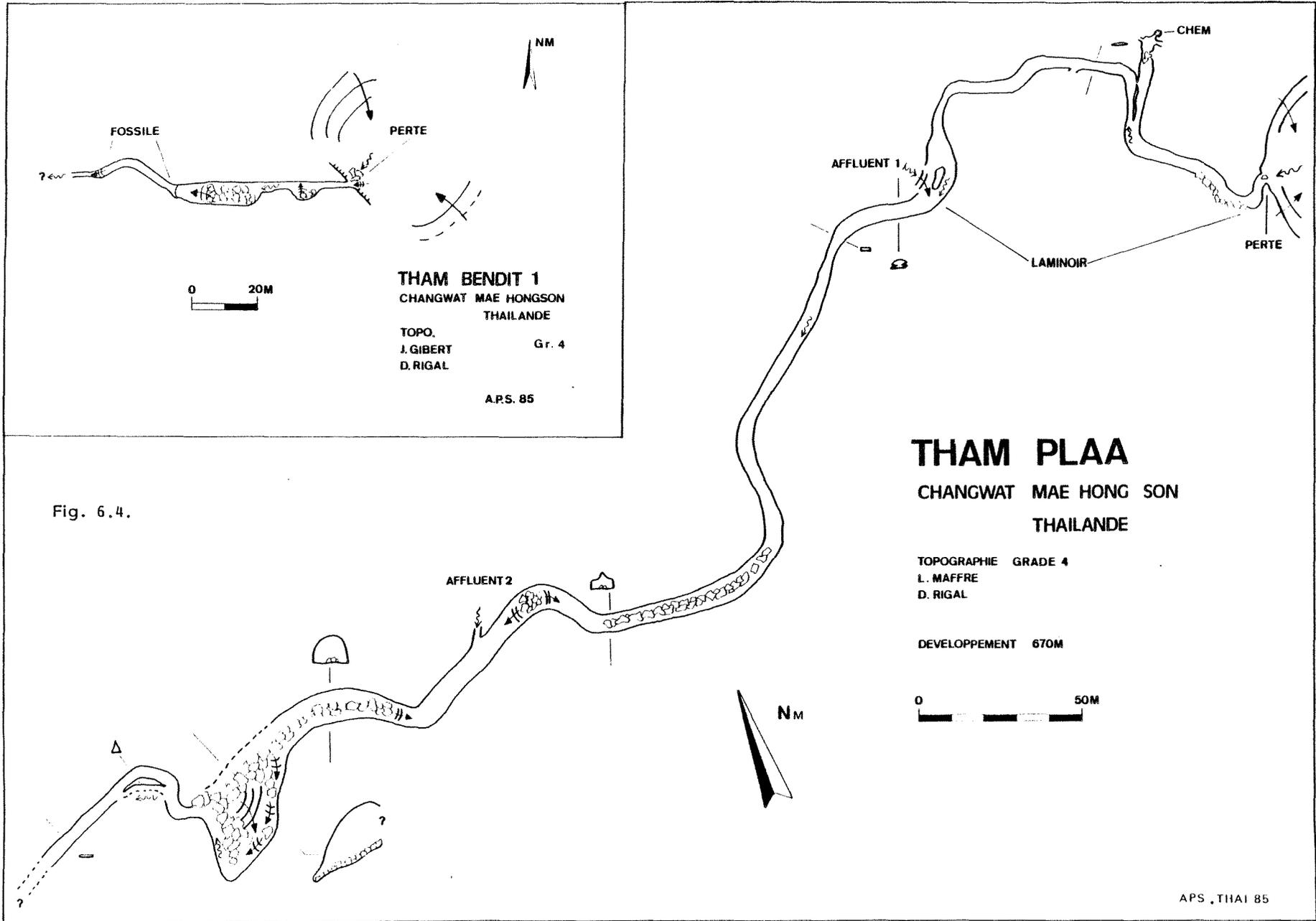
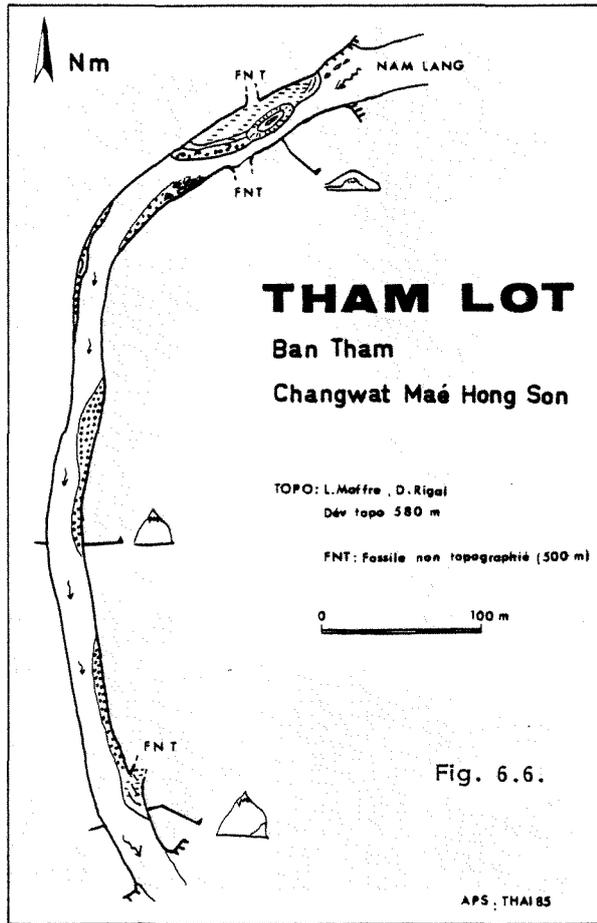


Fig. 6.4.



NAL17 - Tham Pha Mon (Fig. 6.8 ; Ph. 6.4, 6.5, 6.6).

"Stop. Là y'a quelqu'un. Demande-lui...".
Court dialogue en Thaï, et notre guide nous annonce :

"Elle dit qu'il y en a une juste en bas, de l'autre côté de la rivière",

"On a le temps, on va voir. Prends les casques...".

Merci à cette petite vieille qui a eu la bonne idée de ramasser son bois au bord de la piste, Merci à la providence qui a voulu que l'on se croise au bon endroit et au bon moment. Nous n'avions pas encore atteint Ban Sop Pong, notre "village de base" que, en short, en chemisettes et en claquettes, nous commençons notre première exploration dans la région...

Nous pénétrons par la résurgence (l:12m; h:3m), la galerie, toujours aussi large, parfois plus basse (1,5 m) nous conduit à la base d'un puits d'effondrement, duquel la lumière du jour nous arrive. La rivière est large de 10 m, dans les passages où la voûte s'abaisse, le courant d'air est très net. Chaussés de tongues, nous ne poussons pas plus loin l'exploration, mais nous avons tous un pressentiment : "Demain sera une belle journée".

Le lendemain, pour la première fois, tout le monde est fin prêt dès l'aurore.

L'exploration est poursuivie, la topographie se fait simultanément. Peu après notre arrêt de la veille, un affluent, rive droite, rejoint la rivière. Exploré plus tard, il se développe dans un boyau étroit (0,7 x 0,7 m) et se rétrécit après une vingtaine de mètres.



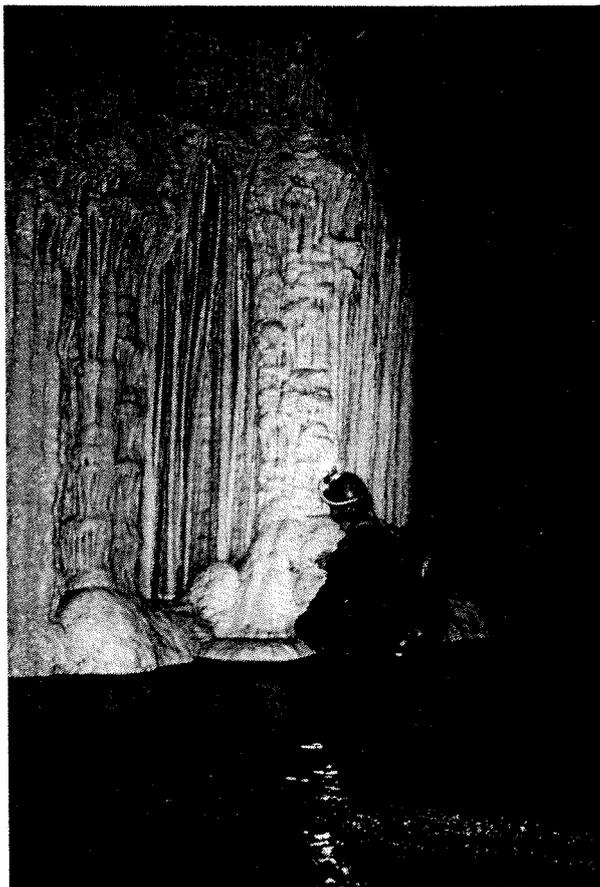
Ph. 6.3. - Tham Lot (Ph. J.M.L. Lallemand)

Plus loin, la rivière gronde dans un chaos ; une étroiture "très arrosée" et un passage bouillonnant permettent de se retrouver à la base d'un second puits de surface de large diamètre (15 x 15 m) et haut de 20 m. Impressionnés par la baignade précédente, notre guide Aley et J.Pierre notre chauffeur, jugent bon d'interrompre là leur première expérience spéléologique et remontent se sécher. La sortie par ce puits se fait aisément en escalade.

A la base de ce puits, une diaclase orientée plein Est, longue de 300 m, large de 6 et haute de 10 présage une continuation passionnante. Nous progressons sur des galets de la taille du poing. Soudain, le plafond s'abaisse et il faut ramper un court instant. La crue menace et cette voûte basse (h:50cm) restera un souci jusqu'à notre retour où un passage plus étroit, plus long mais sec sera découvert.

La rivière retrouve ses dimensions, et nous progressons rapidement, déjà 1 kilomètre que nous sommes sous terre. La boussole est toujours orientée Est. La galerie s'élargit et la rivière serpente au milieu de plages de galets mêlés de sable. Plus loin la galerie est entièrement obstruée par une coulée, haute d'environ 7 mètres. Une étroiture providentielle dans la paroi de droite nous permet de rejoindre le cours d'eau.

Le lit de la rivière, orientée généralement N.E., est toujours recouvert de ces galets glissants qui rendent notre marche ingrate. Notre progression est moins monotone, les passages hauts (+ 15 m), alternent avec les passages bas (1 m) où il nous faut nous glisser sous des coulées actives provenant du plafond, parfois escalader des amas de blocs.



Ph. 6.6. - Tham Pha Mon - Salle Gourou
(Ph. D. Rigal)



Ph. 6.4. - Tham Pha Mon (Ph. JML. Lallemand)

THAM PHA MON

BAN SOP PONG
CHANGWAT MAÉ HONG SON
THAÏLANDE

TOPOGRAPHIE :
L. MAFFRE
D. RIGAL
JM. LALLEMAND
L. DEHARVENG

GRADE 4
DEV : 3989 M

URGENCE



1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

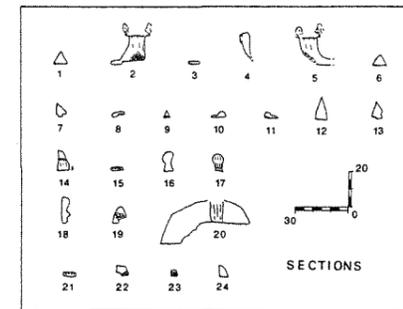
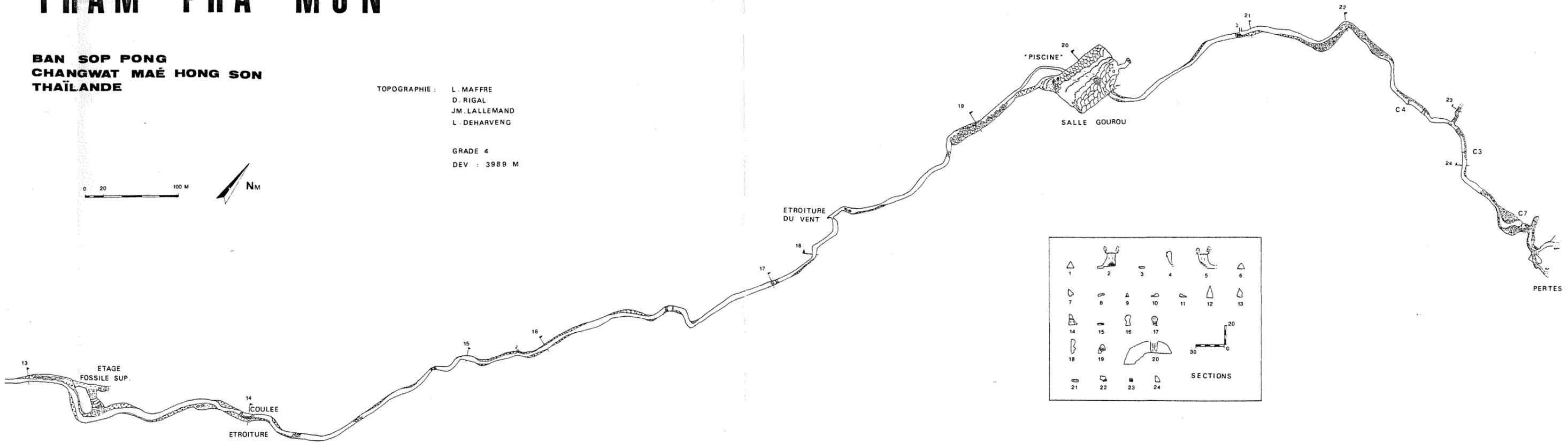
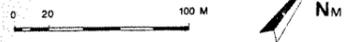
351

THAM PHA MON

BAN SOP PONG
CHANGWAT MAÉ HONG SON
THAÏLANDE

TOPOGRAPHIE : L. MAFFRE
D. RIGAL
JM. LALLEMAND
L. DEHARVENG

GRADE 4
DEV : 3989 M



Et puis, ça devait bien arriver : notre dernière bobine de fil topo est terminée. Pour une sortie de reconnaissance, 5 bobines nous avaient parues amplement suffisantes. Il ne nous reste plus qu'à retourner à Sop Pong pour essayer de trouver une mercerie.

Dès le début d'après-midi, nous sommes de nouveau à pied d'oeuvre ; le kilomètre et demi exploré le matin est parcouru au pas de course. La découverte repart de plus belle, les chiffres défilent sur la boîte topo.

A environ 2 kilomètres de l'entrée, dans un bassin où l'eau nous arrive à la taille, un violent courant d'air souffle nos lampes. La voûte s'est brusquement abaissée. Une montée d'eau de 40 cm rendrait le passage siphonnant ; c'est "l'étréouiture du vent".

La cavité reprend de suite après ses vastes proportions ; nous déambulons dans une galerie de bien souvent plus de 6 m de largeur, jusqu'à un canyon, large d'1 mètre, où les parois verticales et glissantes nous obligent à une baignade jusqu'au cou ; heureusement, l'eau de "la piscine" est à une température appréciable. Une centaine de mètres plus loin, un petit affluent impénétrable arrive à rive droite.

Nous remarquons à plusieurs reprises des poissons blancs qui circulent entre nous. Leur vivacité est étonnante, et c'est après un bon quart d'heure d'affût, d'approche et d'encerclement que nous parviendrons à en capturer un, long d'environ 7 cm et d'un blanc rosâtre mais avec de beaux yeux...

La rivière a peu à peu changé de visage, ce n'est plus la rivière tranquille qui coulait sur son lit de galets, elle rugit maintenant entre les blocs. Voilà 3 km que nous sommes sous terre, et rien ne laisse présager que cela va s'arrêter.

Une cascade de 4 m se dresse devant nous, escalade sous la douche et ça repart de plus belle ; un affluent arrive discrètement sous les blocs, remonté sur une quinzaine de mètres il est comblé par un effondrement.

Une seconde cascade, puis l'exploration est poussée une centaine de mètres plus loin, 3 km et quelques dans une seule journée, on va arrêter là, il commence à se faire tard et la nuit tombe à 6 heures.

Une semaine plus tard, nous retournons en espérant 3 bornes de plus... 300 mètres plus loin, le rêve s'estompe.

De notre terminus, nous débouchons dans une petite salle où gronde une cascade. Par une escalade délicate d'une dizaine de mètres, nous rejoignons le cours d'eau et apercevons légèrement déçus, les rayons lumineux provenant de la perte.

La traversée est réalisée, bien qu'un obstacle inattendu faillit nous faire échouer ; lové sur une pierre, profitant d'un rayon de soleil, un splendide serpent somnolait paisiblement. Vert fluo, l'extrémité de la queue rouge, aucun doute, il s'agit d'une vipère green-pit, l'un des quatre serpents mortels de Thaïlande, mais cela, nous ne l'apprendrons que quelques jours plus tard. Peu agressive, elle sera délogée avec un bâton.

La perte est située dans le fond d'une immense doline ; espérant un nouvel écoulement souterrain, nous remontons le cours d'eau, mais sans succès.

A notre retour, notre amie "green-pit" a retrouvé son rayon de soleil.

* "Salle Gourou" (Ph. 6.6) : Près de "la piscine", une galerie fossile nous mène au pied d'une immense salle (L:60 ; l:40m ; h:30m) au plancher entièrement concrétionné de gours profonds de 40 cm. Trois étages de coulées



Ph. 6.5. - Tham Pha Mon (Ph. L. Maffre)

successives nous conduisent au sommet de la salle ; là aussi, le concrétionnement est remarquable (gours, disques, excentriques, dont une de couleur bleue). Un affluent temporaire alimente les gours.

* Affluent des 3... : Lors d'une séance photo, un affluent est découvert rive gauche, peu après la première voûte mouillante. Orienté plein sud, il développe pas loin de 350 m pour une largeur moyenne de 5 m et 4 m de hauteur, arrêt sur siphon. Seul espoir de prolongement, un laminoir étroit où une impression de gêne respiratoire (gaz ?) a freiné notre ardeur.

* Fossile Sup : Une centaine de mètres après l'affluent des 3..., un éboulis conduit à un vaste étage fossile. Environ 10 m au-dessus de la rivière, il développe 150 m de long. Un chaos obstrue entièrement la galerie à son point terminal.

Topographie : L. Maffre, D. Rigal, J.M. Lallemand, Lo. Deharveng.

Spéléométrie

Développement : 3989 m
 Dénivelé estimé : 90 m
 Extension plane : grand axe/petit axe :
 2320 m/750 m.

Hydrogéologie : diverses mesures hydrochimiques ont été réalisées dans le cours principal et plusieurs affluents (cf. chap. 16).

Biospéologie : de nombreuses récoltes ont été effectuées dans cette cavité. La faune est caractérisée par l'absence de formes guanobies, l'abondance des espèces épigées entraînées au niveau de la perte, et surtout l'existence d'une très riche faune de troglobies (isopodes, collemboles, coléoptères, cf. chap. 24, 26, 27). Le poisson capturé dans cette cavité ne présentait pas de caractères en rapport avec la vie cavernicole.

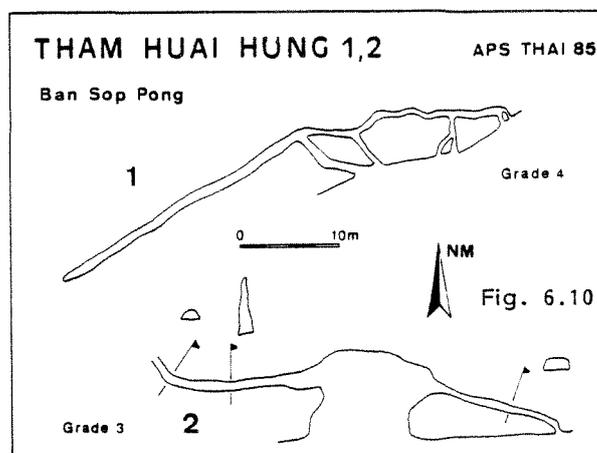
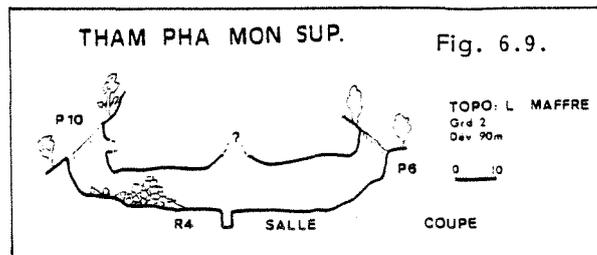
Perspectives : les voûtes restent à explorer pour les étages fossiles éventuels. C'est surtout le karst avoisinant qui mériterait d'être prospecté.

NAL18-Tham "Pha Mon bis" (Fig. 6.8).
 Doline à proximité du second puits de surface de tham Pha Mon. P.7, désescalade jusqu'à un pertuis impénétrable où l'on perçoit distinctement le grondement de la rivière de Tham Pha Mon.

NAL19-Tham "Pha Mon Sup" (Fig. 6.9).
 C'est en contournant la doline-perte de tham Pha Mon que nous découvrirons par hasard les puits d'entrée de 10 m de diamètre.

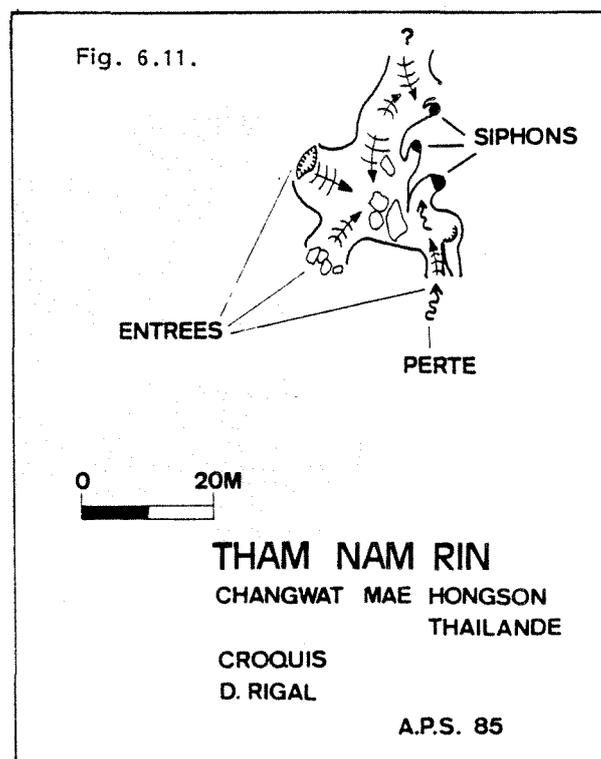
Ce puits, profond d'une dizaine de mètres se descend facilement en désescalade ; le fond est occupé par un amas de blocs ; un passage remontant mène à un ressaut, de 4 m. Là, une belle galerie (h:7m ; l:5m) conduit à une petite salle 10 x 10 m qu'une escalade de 6 mètres relie à la surface.

NAL20-Tham "Huaï Hung 1" (Fig. 6.10).
 Grotte fossile à guano. Dév. : 81 m.



NAL21-Tham "Huaï Hung 2" (Fig. 6.10).
 Grotte fossile. Dév. estimé : 50 m.

NAL22-Tham "Nam Rin" (Fig. 6.11). Petite perte qui s'ouvre près du village de Ban Nam Rin dans les premiers pitons calcaires du massif de la Nam Lang. Le ruisseau (3 l/s estimation visuelle) rejoint rapidement un siphon. Une deuxième entrée conduit à une salle (10x10m), deux petits siphons stoppent la



progression dans deux amorces de galeries. Une cheminée communiquant avec la surface s'ouvre dans la salle. La seule continuation possible serait dans le prolongement de la salle après un toboggan.

NAL23-Hua Lao "Butagaz" (Fig. 6.12). Ce gouffre s'ouvre dans une des nombreuses dolines plantées de maïs (ou de pavot, selon la saison).

Le puits d'entrée, d'un diamètre de 3x3m est équipé sur une crête de rocher. La longe... le descendeur... on enlève la longe... et hop, c'est parti... A - 3, une inspiration à pleins poumons...?.. le doute s'installe... Une seconde inspiration pour en être sûr, pas de doute : le Gaz. Un coup d'oeil vers le fond, rien d'évident ; 5 m plus bas le fond semble

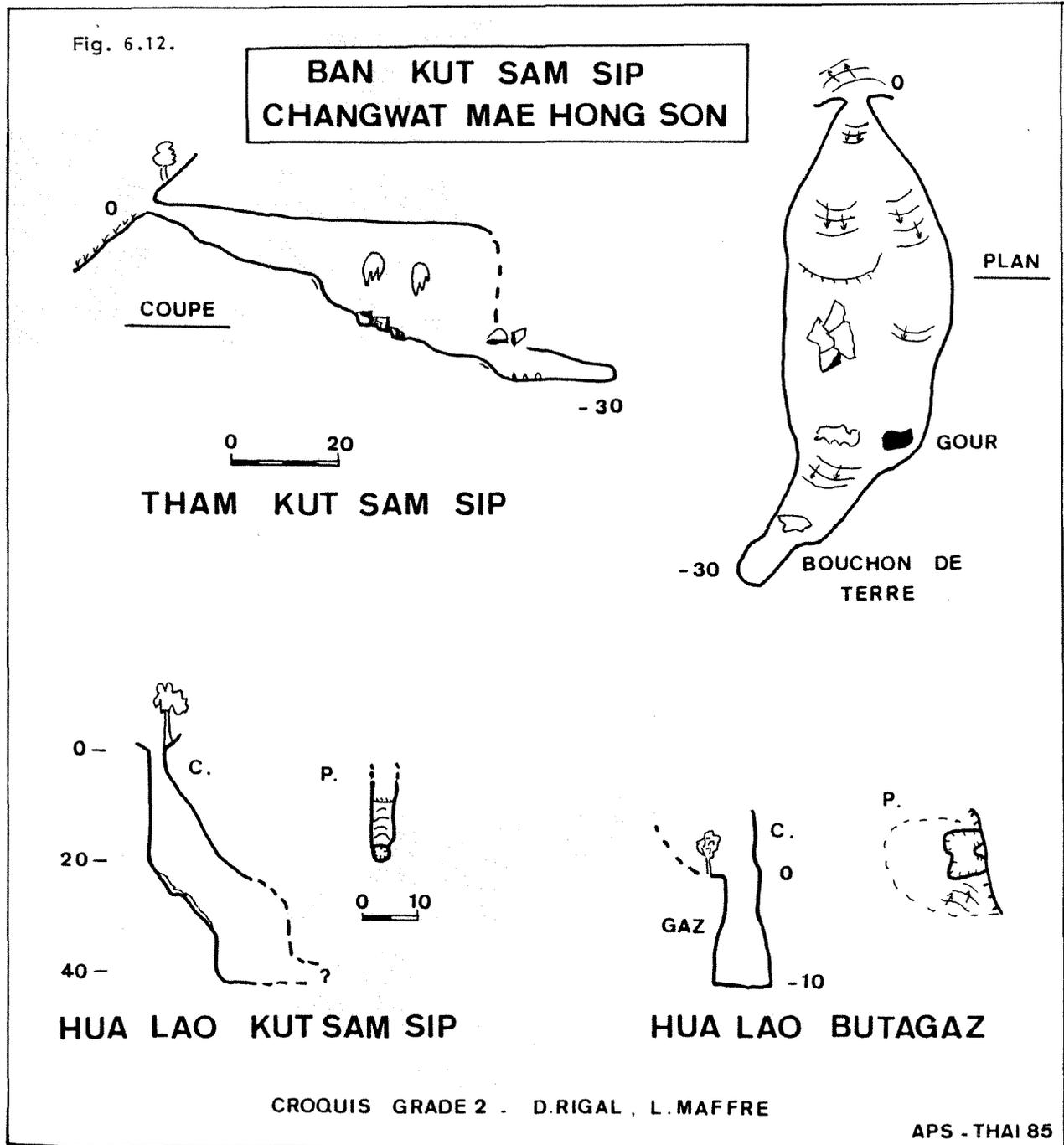
obstrué par un plancher de végétation et de terre ; pas de panique, la clé... le croll.. la poignée... et dix secondes plus tard une bonne bouffée d'air sain !!

NAL24-Tham "Kut Sam Sip" (Fig. 6.12).

La grotte s'ouvre au SW du village de Ban Kut Sam Sip, à une quinzaine de minutes de marche, sur le flanc d'une butte bordant une dépression.

Les dimensions de la cavité surprennent. En effet, après une entrée de 2x2m nous débouchons dans un vaste couloir descendant de 30 m de large, souvent concrétionné. A une cinquantaine de mètres du départ, un gour limpide représente la seule trace d'eau observée ; le plafond s'abaisse alors et trente mètres plus loin, tout est colmaté par le con-

Fig. 6.12.



crétionnement et la terre sèche. La grotte reste quand même à revoir, nos moyens d'éclairage (électrique) étant faibles en proportion des voûtes à observer.

NAL25-Hua Lao "Kut Sam Sip" (Fig. 6.12). Le gouffre se trouve sur un replat à 300 m environ en contrebas de Ban Kut Samp Sip (N.W), une vingtaine de mètres sur la gauche du sentier venant du village.

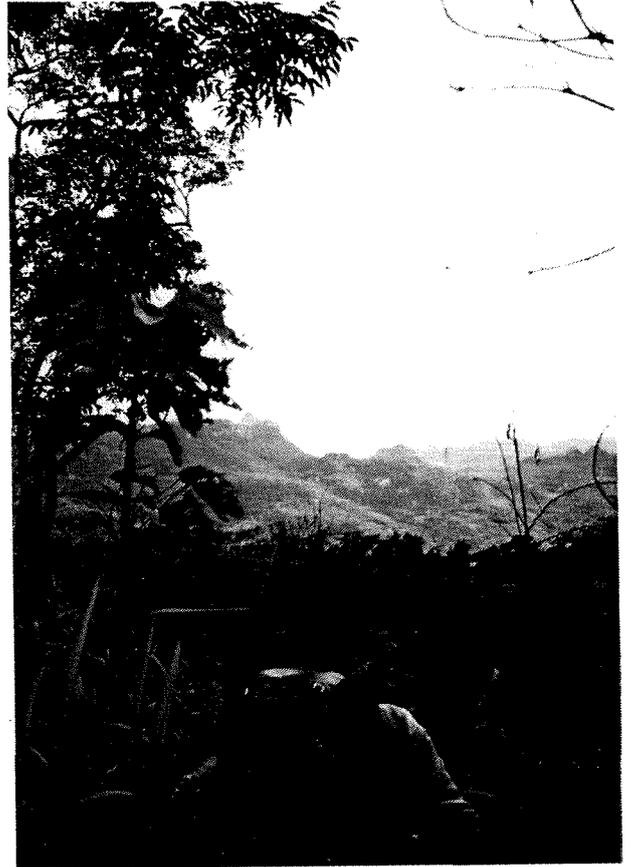
Lors de notre visite nous amarrons la corde à un arbre sur la lèvre du puits (3 m de diamètre). Nos deux cordes de 20 m mises bout à bout permettent d'atterrir sur une pente de terre sèche. Plus bas, un nouveau puits est estimé à une quinzaine de mètres. Malgré l'absence de circulation d'eau et de courant d'air, l'exploration est à poursuivre, d'autant plus qu'ici (enfin) le gaz semble absent.

Un vif succès a été obtenu auprès du guide local qui, nullement impressionné, a surtout bien ri devant nos manoeuvres sur corde.

*

Nous avons reçu, peu après la rédaction de ce travail, l'article de John R. Dunkley : "Karst and caves of the Nam Lang-Nam Khong region, north Thailand" (Helictite 23 (1): 1-22). On y trouvera une présentation géologique et géomorphologique détaillée de la région, avec la description de plusieurs cavités. Parmi elles, l'énorme grotte de la Nam Lang, topographiée sur 4547 m et explorée sur 2170 m supplémentaires (non terminée), constitue aujourd'hui la plus longue cavité de Thaïlande.

*



Ph. 6.7. - Plateau de Ban Kut Sam Sip
(Ph. L. Maffre)



7. LES KARSTS DE PHANGNGA ET DE KANCHANABURI

L. MAFFRE
Le. DEHARVENG
P. LECLERC

7.1. - LE KARST DE PHANGNGA (Fig. 7.1).

La région de Phangnga est située en bordure de mer. Elle est très appréciée des touristes pour ses célèbres paysages en tourelles (Ph. 7.1).

L'accès à Phuket au départ de Bangkok se fait en bus ou en avion. De là, des services réguliers d'autobus en direction de Krabi permettent de se rendre à Phangnga, Thap Put, ou Ao Luk, localités bien situées pour rayonner. A signaler qu'il n'y a pas d'hôtel à Thap Put. La circulation en taxi-collectif et taxi-boat ne pose pas de problème majeur ; nous avons également fait de l'auto-stop sur des courtes distances.

Les cavités sont nombreuses et d'accès généralement aisé. Les villageois les connaissent et les indiquent volontiers, avec toutefois

un certain flou dans la localisation. On se heurte parfois à des problèmes de compréhension (ou d'incompréhension...) : en prononçant un nom de lieu, selon l'intonation adoptée, on se voit indiquer deux directions diamétralement opposées ; Khao Tao n'a rien à voir avec Kao Tao... La saison des pluies peut rendre l'accès à certaines cavités plus ou moins aquatiques (cf. Tham Sam). La mer est susceptible de se démonter très rapidement avec des grains violents.

Les grottes explorées, tant en mer que sur terre furent souvent de type tunnel (Tham Lot = Grotte tunnel-tube). Leur longueur varie suivant l'épaisseur du chaînon traversé. Un autre type de cavité plus complexe est constitué par une sorte de labyrinthe entourant une ou plusieurs "salles" à ciel ouvert (T. Ret, T. Rusi, T. Kop).



Ph. 7.1. - Phangnga (Ph. D. Vidal)

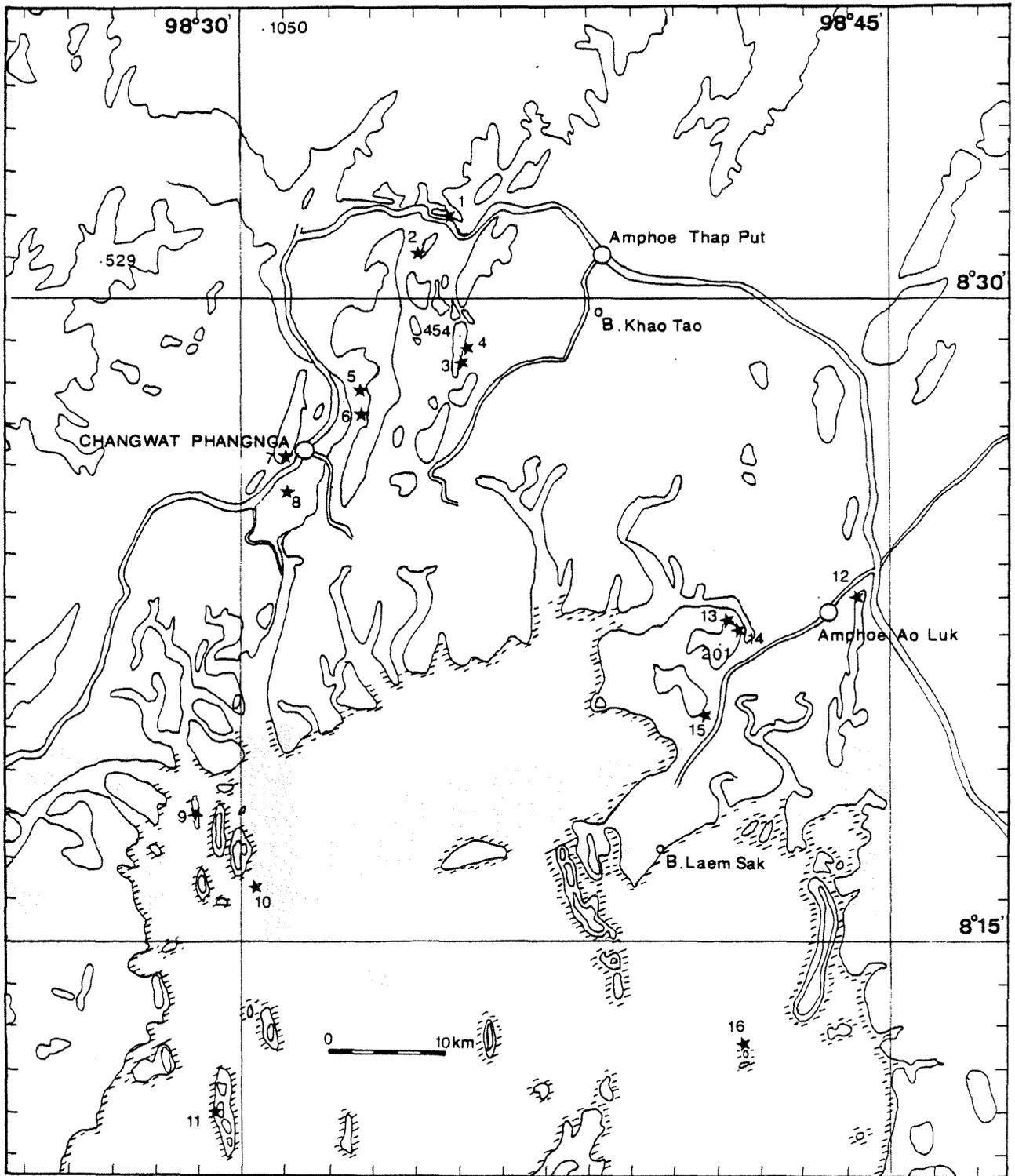


Fig. 7.1. - Région de Phangnga - Localisation des cavités (les n° sont ceux du texte).

Les grottes sont fréquemment aménagées en temple ou sanctuaire bouddhique. On retrouve des traces d'occupation humaine beaucoup moins récentes : peintures rupestres avec figurations animales, de bateaux ou de personnages ; sculptures sur les concrétions, ou en paille et argile.

On peut sans se tromper affirmer qu'il existe une multitude de grottes dans la région de Phangnga. Par contre, il est peu probable qu'on y découvre d'importants réseaux, vu la taille réduite des massifs traversés. Nous n'avons toutefois aucun élément pour évaluer le potentiel du massif calcaire principal situé plus à l'intérieur des terres.

Tout le travail effectué a pu se réaliser grâce à l'aide précieuse de Jean Boulbet, un ressortissant français, arrivé à Phuket il y a une dizaine d'années et qui n'a pu quitter ce paradis terrestre. Sa connaissance parfaite de la région nous a permis une efficacité totale.

PHA1-Tham Kop (Fig. 7.2). Derrière le temple, ce ne sont pas moins de 4 galeries différentes qui permettent de se retrouver à l'intérieur d'une arène rocheuse, lieu de recueillement privilégié des bonzes.

Au sud de ce "jardin" un petit piton rocheux (15x45m) présente un réseau beaucoup plus complexe de galeries, redonnant en hauteur (+ 15 m) dans la falaise à plusieurs endroits.

PHA2-Tham "Thong" (Fig. 7.7). La veille de notre départ, pour 20 baths, le grand-père de la maison voisine (suspect n° 1 dans l'affaire des chaussures volées) nous conduisit à cette perte. Dernière exploration de notre

voyage, elle est l'image de la spéléo tranquille mais ô combien grisante que l'on pratiqua : belle traversée, où l'on déambule sans peine dans un paysage souterrain toujours sympathique. Quel dommage que les massifs ne soient pas plus épais...

La perte donne sur une salle où la voûte effondrée a créé plusieurs puits de surface. Au bout de cette salle, un affluent rejoint le cours principal. Dans cet affluent, après environ 130 mètres notre cheminement est stoppé par une étroiture d'où provient un net courant d'air ; l'extérieur n'est pas loin.

Le collecteur circule paisiblement dans des galeries variant entre 4 et 15 mètres de large. Par moment, la hauteur de la voûte est telle que l'on ne peut distinguer le plafond. A un seul endroit, sur quelques mètres, un ramping est nécessaire (h = 0,6 m). Dans la partie aval quelques escalades permettent d'atteindre un ancien étage fossile. La rivière réurgé après 800 m de parcours souterrain.

Le plus rude durant cette sortie fût sans aucun doute la topographie. Pas de galeries étroites, pas de labyrinthe, pas de gadoue, mais... seulement 600 mètres de fil topo ; et nous ne sommes venus à bout des 960 m de galeries qu'après maints rembobinages et sacs de noeuds.

PHA3-Tham Khao Tao (Fig. 7.3 ; Ph. 7.2). L'ancien niveau de sape de cet ancien karst littoral a formé tout au long de cette longue falaise (env. 250 m) un abri sous roche.

La partie sud de cet abri est occupée par les bâtiments du temple de Wat Tham Khao Tao. Les bonzes quittent parfois le plancher

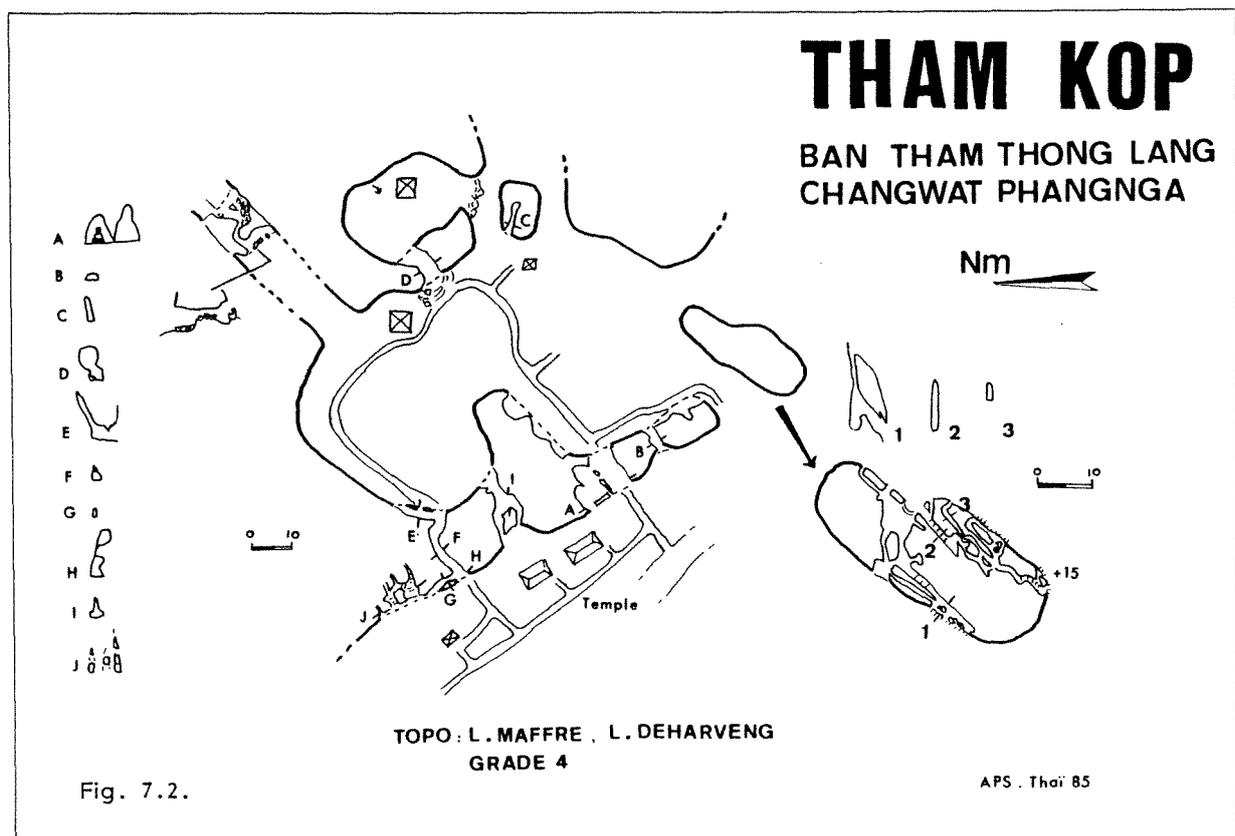


Fig. 7.7.

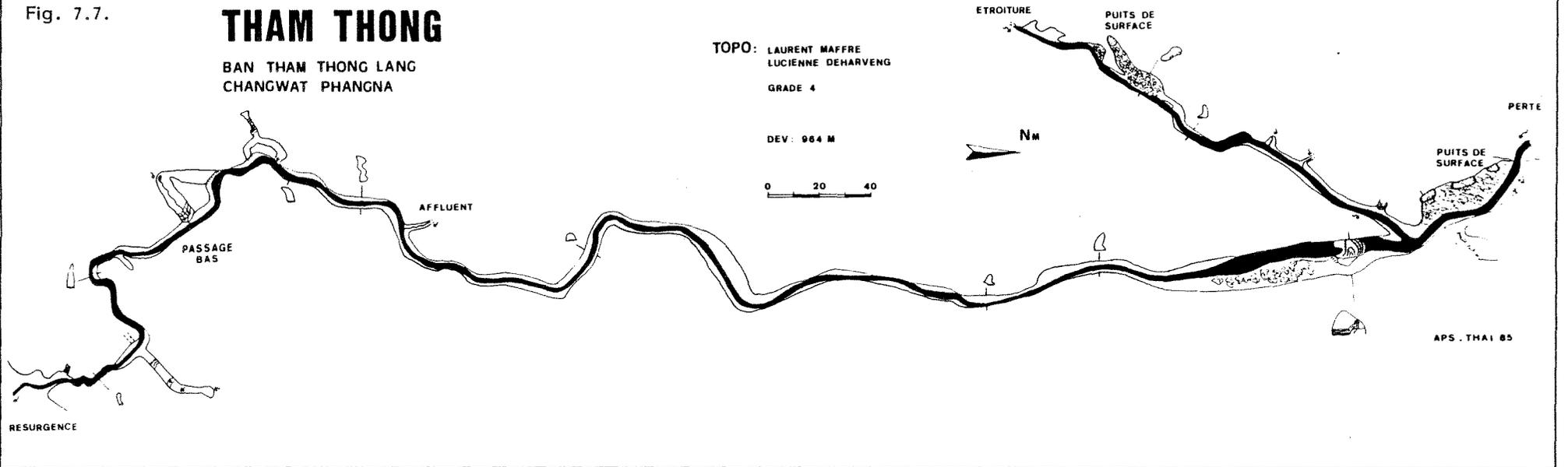
THAM THONG

BAN THAM THONG LANG
CHANGWAT PHANGNA

TOPO: LAURENT MAFFRE
LUCIENNE DEHARVENG
GRADE 4

DEV: 964 M

0 20 40



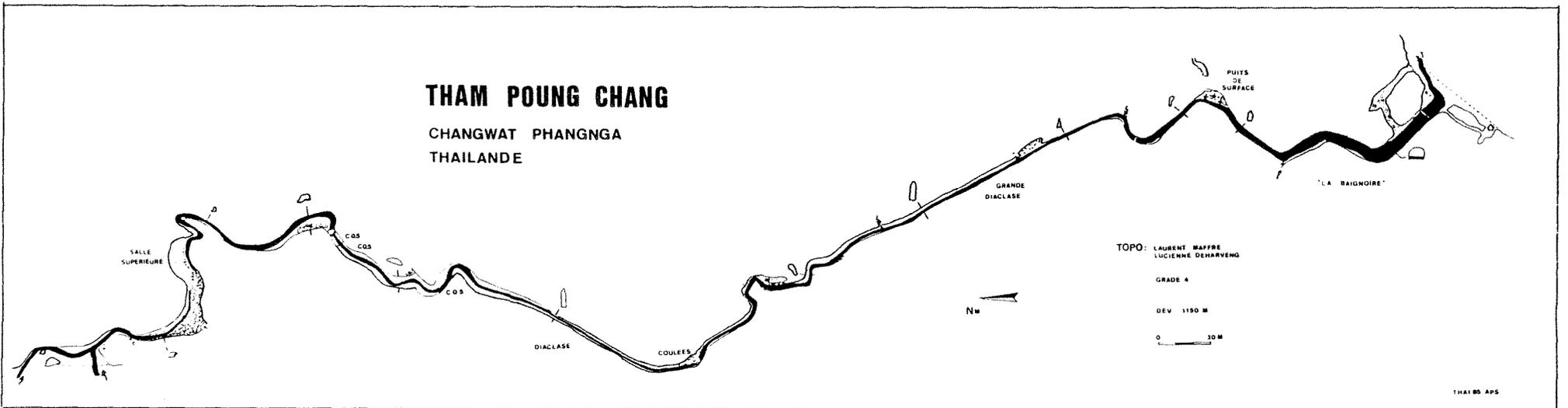
THAM POUNG CHANG

CHANGWAT PHANGNGA
THAÏLANDE

TOPO: LAURENT MAFFRE
LUCIENNE DEHARVENG
GRADE 4

DEV: 1150 M

0 30 M



des buffles pour se recueillir sur une vire aménagée à une dizaine de mètres de hauteur. Derrière le temple se développe un petit réseau de galeries labyrinthiques à plusieurs entrées. Nos recherches pour atteindre le niveau supérieur indiqué par les moines sont restées vaines. Il est vrai que le millier de chauve-souris qui loge dans ces galeries n'est pas très accueillant. La façon la plus sûre de progresser est : plié en deux, le nez dans les vains de guano ! "Bonjour l'ambiance..." Quant à l'entrée supérieure (à une vingtaine de mètres), l'équipement en place ne nous paraissant pas très "sécurit" (c'était en fait un simple bambou reliant la vire à la lucarne 10 m plus haut...) nous avons jugé bon de décliner poliment l'invitation des bonzes.

En progressant vers le nord, tout le long de la falaise, on peut découvrir de nombreuses sculptures représentant des personnages grandeur nature, faites d'argile. A l'extrémité de la grotte, où le creusement est plus important, les représentations sont plus volumineuses, un bouddha géant (h:4m) entre autres.

Un petit cours d'eau longe la falaise, y pénètre et réurgit avant de rejoindre la plaine.

PHA4-Tham Ret (Fig. 7.4). Un labyrinthe de galeries souvent étroites relie entre eux deux cirques à ciel ouvert. Sur le sol de ces galeries on trouve des sables provenant d'un démantèlement granitique. L'ancien niveau de sape, parfois profond de 5 m, est très visible



Ph. 7.2. - Tham Khao Tao (Ph. L. Maffre)

à la circonférence des "cours intérieures". Plusieurs couloirs (2x2m) jonctionnent ces cours à l'extérieur.

PHA5-Tham Sam (Fig. 7.5). Marche d'approche on ne peut plus tropicale : dans l'eau jusqu'au cou, on traverse la mangrove sur une vingtaine de mètres en suivant des piquets, témoins d'une ancienne passerelle reliant la cavité à la terre ferme.

L'entrée de la grotte se présente sous forme d'un large porche, où coule un petit actif, le long de la paroi droite. La galerie, après avoir recoupé le lit du ruisseau, rejoint l'extérieur par deux orifices : un puits de 4 mètres et un ressaut de 5 m, en partie obstrué par des blocs.

Sur les parois du porche d'entrée, on observe quantité de gravures, généralement des oiseaux. Sur une coulée est sculptée une scène représentant un enfant près d'un bouddha assis.

PHA6-Tham Phra. Résurgence près d'un petit sanctuaire bouddhiste chinois : se développe sur une dizaine de mètres, arrêt sur siphon.

PHA7-Tham Pong Chang (Fig. 7.7). "Il était une fois, il y a très très longtemps, un éléphant qui broutait paisiblement en bordure d'une plaine alluviale. Des chasseurs, armés de lances, assaillirent le colossal pachyderme qui succomba d'une blessure au flanc".

Inutile de sourire, en allant à Phangnga, observez bien Kao Chang (la montagne de l'éléphant), vous distinguerez la silhouette de l'animal ; approchez-vous, vous découvrirez la blessure : une cavité d'où s'écoule encore le sang : Tham Pong Chang (la grotte de l'estomac de l'éléphant)...

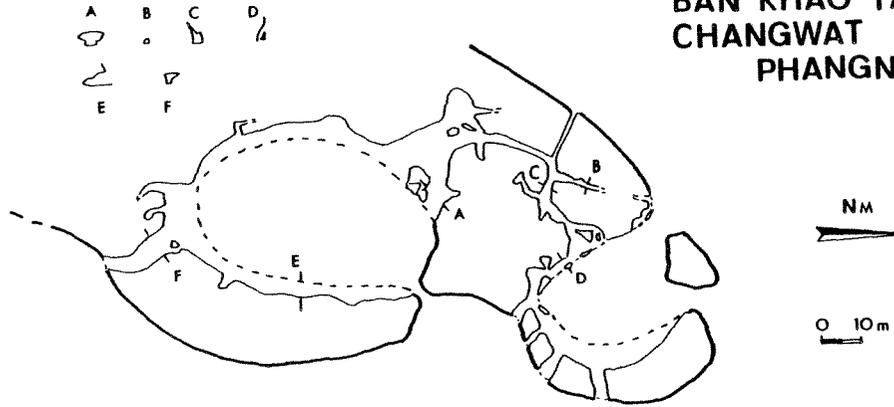
La résurgence est un large porche, où un petit autel et une cahute témoignent du caractère sacré de la grotte. Sur environ 150 m, on progresse, l'eau à mi-poitrine dans une belle galerie à voûte en arc de cercle. On aboutit alors dans une petite salle, éclairée du plafond par un puits de quelques mètres reliant la surface. La rivière devient alors plus étroite (entre 1 et 3 m), elle a creusé son chemin à la faveur de grandes diaclases spectaculaires. Un poisson fût capturé ; ne nous paraissant pas digne d'un intérêt scientifique majeur (deux beaux yeux noirs et une belle couleur "pâle"), il retrouva sa liberté. On rencontre régulièrement provenant du plafond, des coulées actives de couleur rouille (probablement oxydes de fer), les coulées anciennes sont elles le plus souvent blanches.

Après avoir remonté le cours d'eau sur environ 800 m, celui-ci devient plus tumultueux ; la galerie s'élargit parfois sur des plages de sable ; sur l'une d'elles, un splendide reptile avait trouvé refuge, immobile, à moitié enfoui sous un débris de bois. Nous nous sommes éloignés sur la pointe des pieds... Après une série de courts méandres, la rivière disparaît sous l'amas de blocs qui jonche le sol d'une salle. Une cinquantaine de mètres plus loin, après plus d'1 km de réseau, tout est vert, c'est la perte. Nous sommes de l'autre côté de l'éléphant.

Fig. 7.4.

THAM RET

BAN KHAO TAO
CHANGWAT PHANGNGA



TOPO : L MAFFRE , L DEHARVENG
GRADE 4

APS ; THAI 85

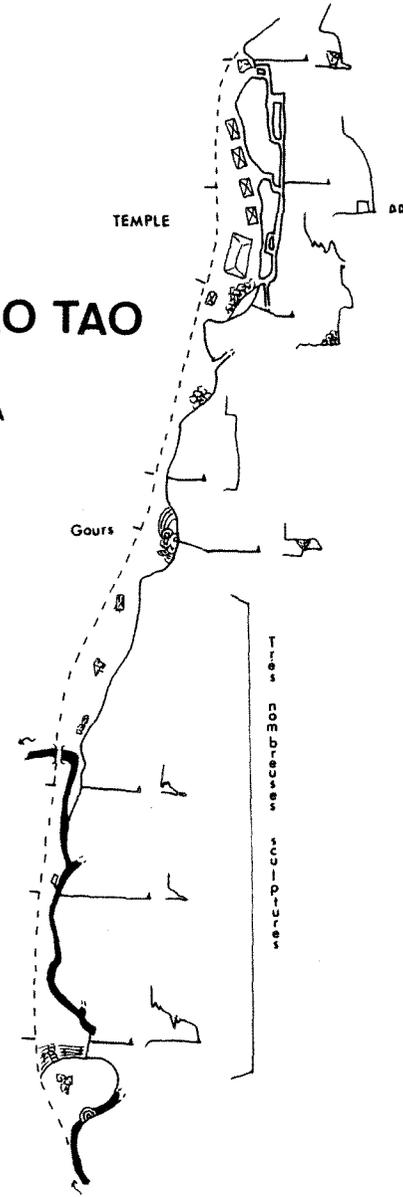
Fig. 7.3.

THAM KHAO TAO

BAN KHAO TAO
CHANGWAT PHANGNGA

TOPO: L Maffre
Gr 3
Dev falaise 340 m

0 20 m

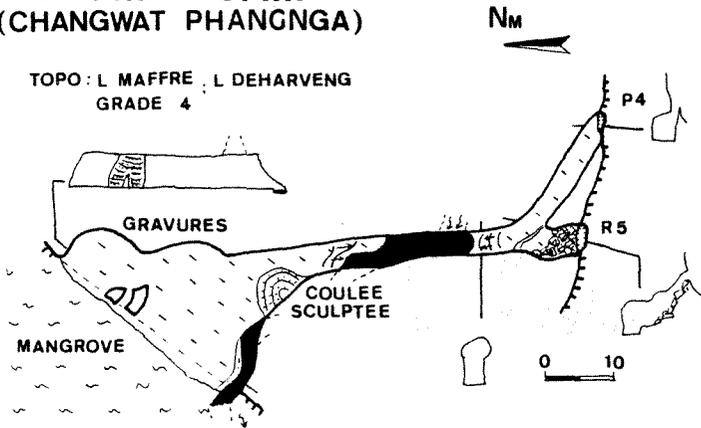


APS ; THAI 85

THAM SAM (CHANGWAT PHANGNGA)

Fig. 7.5.

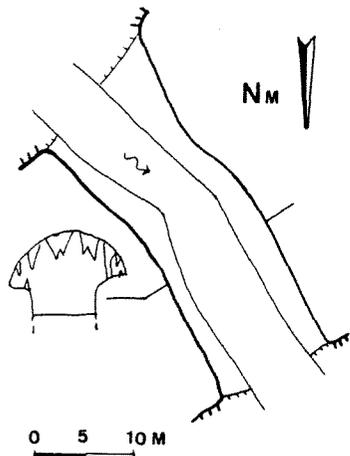
TOPO : L MAFFRE , L DEHARVENG
GRADE 4



APS . Thai 85

**AMPHOE AO LUK
CHANGWAT KRABI**

TOPO: L. MAFFRE
GRADE 3



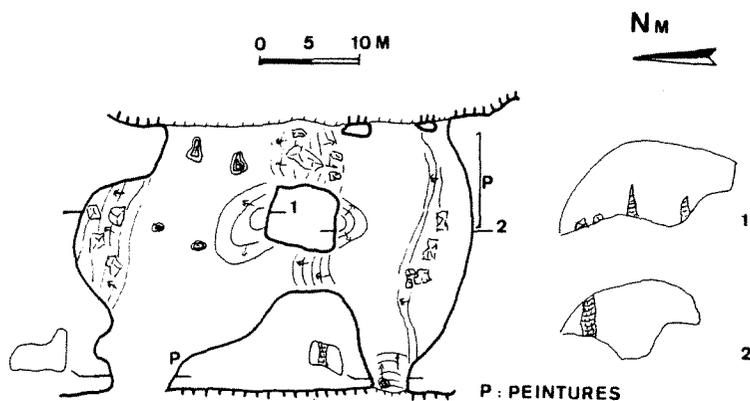
**THAM
LOT TAI**

Fig. 7.10.

APS THAI 85

THAM PI HUATO

0 5 10 M

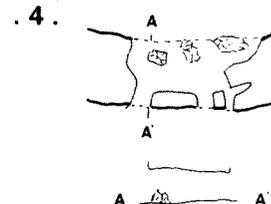
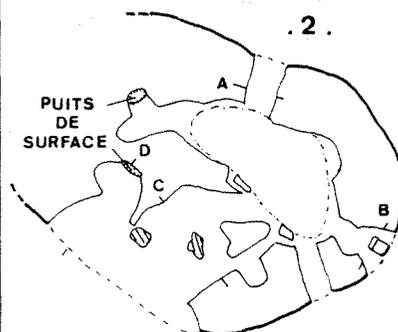
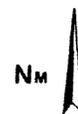


THAM RUSI

Fig. 7.8.

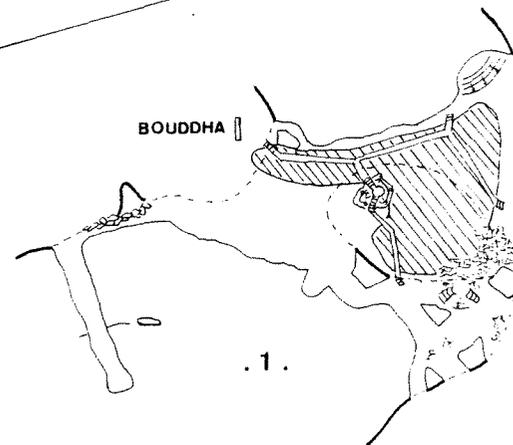
(CHANGWAT PHANGNGA)

TOPO: L. MAFFRE, L. DEHARVENG
GRADE 4



0 10 20 30 M

LIMITE DE --- EXT
FALAISE : --- INT
BASSIN : [hatched symbol]



APS THAI 85

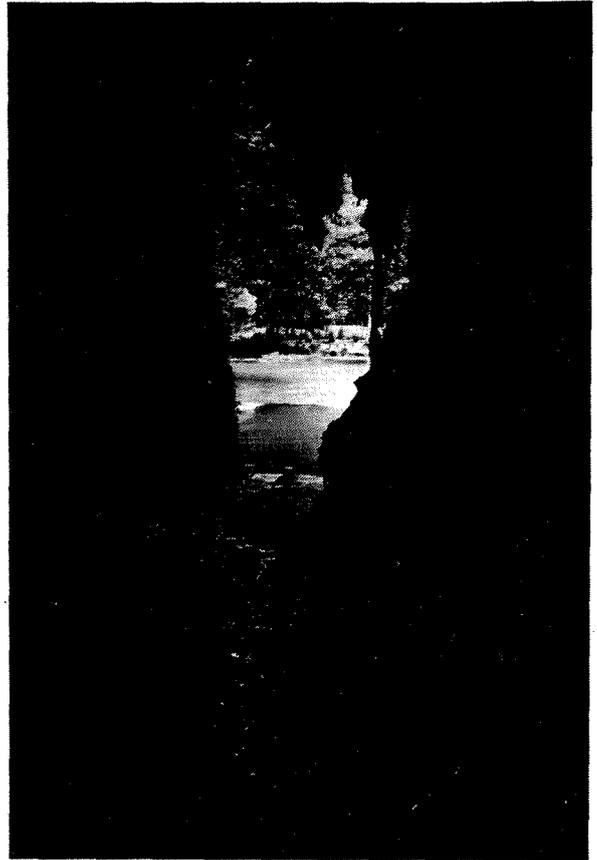
PHA8-Tham Rusi (Fig. 7.8). S'il est une grotte hyper-fréquentée, c'est bien Tham Rusi. On y rencontre entre autres : les bonzes se recueillant devant Bouddha ; la marchande de friandises ; la famille thaï au grand complet ; les gamins se livrant à de folles parties de cache-cache ; et, danger permanent pour tout ce beau monde : les jeunes loubards du coin qui ont trouvé là une piste sensationnelle pour les courses de mobylettes...

Situés dans un jardin public proche de Phangnga, plusieurs pitons sont traversés par des réseaux de galeries, redonnant parfois sur des arènes à ciel ouvert.

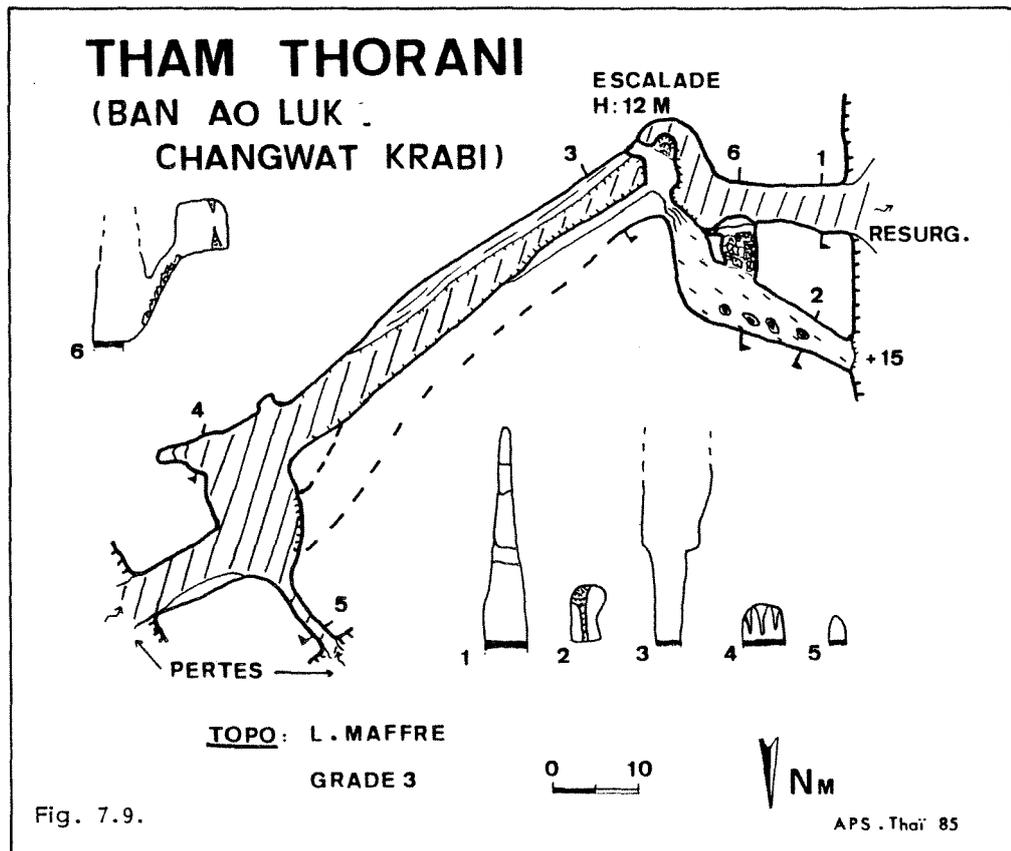
PHA9 et 10-Tham Lot et Tham "007". Pour s'y rendre, rien de plus simple : dès votre arrivée à l'embarcadere de la baie de Phangnga, les chauffeurs de taxi-boats vous cuisineront lourdement "Ko Ping Khan, mister ? James Bond Island ? Tham Lot Mister ? Good boat... Good Price... Ko Ping Khan, mister ?" Le plus dur reste à faire : négocier le prix !

Chaque jour de l'année, c'est par troupeaux entiers que les touristes s'embarquent pour la croisière illustre "Phangnga Bay, James-Bond Island". Le détour en vaut la peine, le paysage est extraordinaire. Le cadre est si merveilleux que les producteurs de James Bond y tournèrent des images fameuses pour "L'homme au pistolet d'or".

Sur Ko Ping Khan, l'encoche basale est creusée de petites cavités sans grand développement (tham "007"). Au retour, le bateau s'engouffre dans Tham Lot (grotte tube) pour ressortir une quarantaine de mètres plus loin de l'autre côté de Ko Talu (Ile trouée).



Ph. 7.3. - Tham Thorani (Ph. L. Maffre)



PHA12-Tham Thorani (Fig. 7.9 ; Ph. 7.3). La résurgence, évaluée à 4 m³/s (saison des pluies), s'ouvre dans le "Parc National de Tham Thorani".

L'entrée de la grotte se présente sous forme de diaclase (h=35m). Après avoir nagé sur une vingtaine de mètres, la progression est stoppée par une coulée stalagmitique de 12 m de hauteur. On rejoint l'étage supérieur soit par l'escalade délicate sur la gauche de la coulée (attention, si le pied glisse le plongeur est assuré...) soit en remontant une cheminée qui débute sur la petite plage, face à l'entrée. Ce passage débouche sur une galerie fossile ayant regard sur la falaise. Dans la galerie principale, une vire étroite longe la paroi gauche. Par une traversée délicate et une descente de 10 m (2 amarrages naturels). On rejoint l'actif. Après une centaine de brasses, les parois verticales du couloir s'écartent sur un petit lac. Deux pertes alimentent le système. Face à la perte principale, on aperçoit nettement en hauteur une grande galerie fossile, témoin de l'érosion étagée de la diaclase.

PHA13-Tham Pi Huato (Fig. 7.10 ; Ph. 7.4). L'accès se fait en bateau. L'entrée principale de la grotte se trouve quelques mètres au-dessus du rivage. La grotte se compose de deux grandes salles contiguës communiquant entre elles, et traversant de part en part la base d'un piton calcaire.

L'ensemble de la cavité est très sec et les concrétions, pour la plupart, présentent un aspect ruiforme.

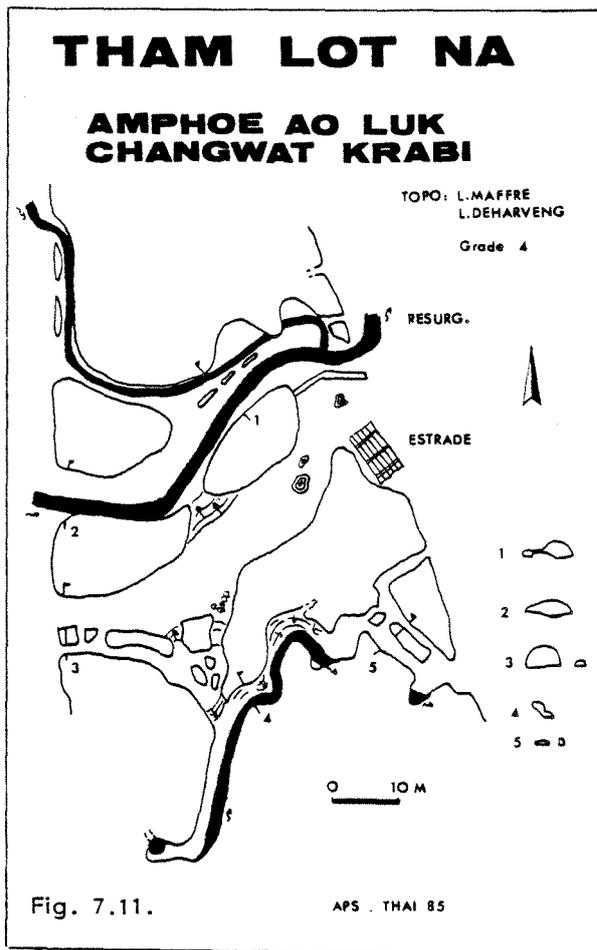
Les témoignages d'une fréquentation humaine de ces lieux sont très nombreux. On observe tout d'abord un sol cendré avec en différents endroits des amas coquilliers plus ou moins récents. On trouve également une stalagmite transformée en symbole phallique et un petit autel bouddhique moderne, tous deux objets de vénération. Mais le plus spectaculaire est, sans nul doute, constitué par les fresques qui recouvrent principalement l'une des parois. Il s'agit essentiellement de peintures polychromes (noir, blanc et ocre rouge). Ce sont des figurations zoomorphes de poissons et d'oiseaux, des anthropomorphes souvent d'aspect fantastique, des bateaux et quelques figurations schématiques.

PHA14-Tham Lot Tai (Fig. 7.10). Peu avant d'arriver à Tham Pi Huato, on peut en suivant un bras de l'estuaire traverser en bateau cette cavité constituée par un couloir sub-rectiligne long d'une quarantaine de mètres, franchissant de part en part la base d'une colline.

PHA15-Tham Lot Na (Fig. 7.11). Le porche est formé par une large voûte. Sur la gauche se trouve une estrade (et un W.C. dernier modèle !) restes d'un ermitage bouddhique ; sur la droite s'écoule un ruisseau à faible débit. De là partent deux galeries contiguës qui, au bout d'une cinquantaine de mètres, débouchent de l'autre côté du massif. Vers le sud-ouest s'ouvre un réseau plus étroit et tortueux, où se trouve également un autre bief sans écoulement apparent. Toutes ces circula-



Ph. 7.4. - Tham Pi Huato (Ph. L. Maffre)

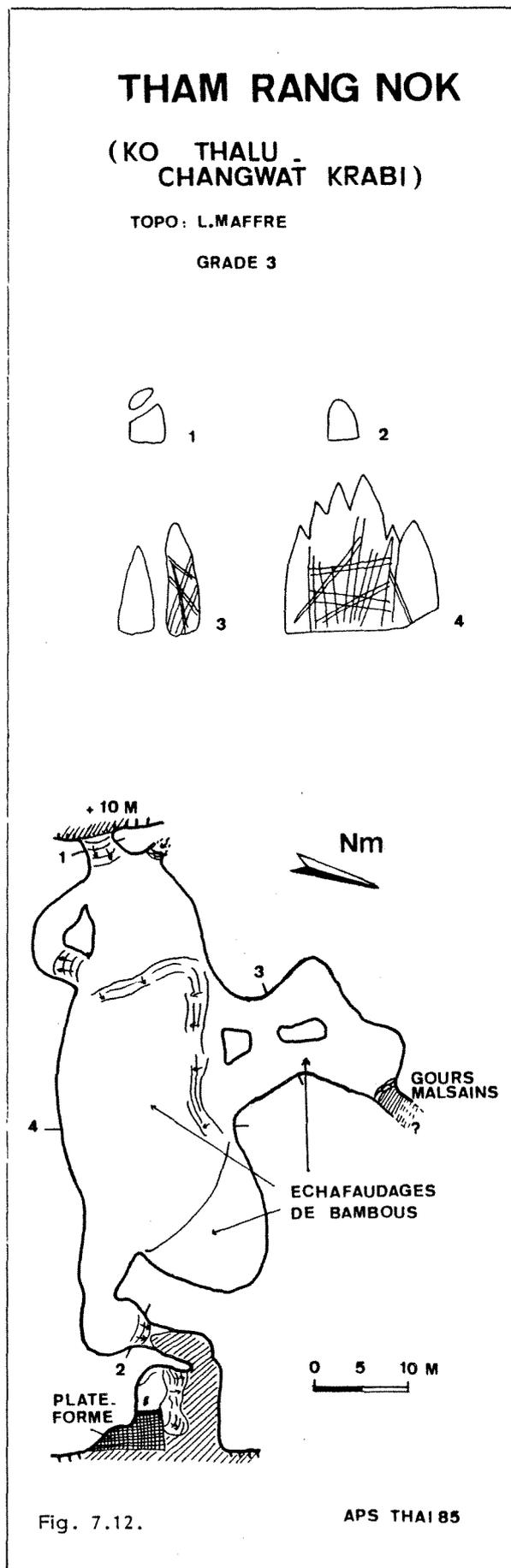


tions d'eau sont, en fait, des ramifications souterraines de la mangrove environnante. Dans ce réseau obscur vivent de nombreux crabes dont les terriers percent un peu partout les talus d'argile.

PHA16-Tham Rang Nok (Fig. 7.12 ; Ph. 7.5). Située sur l'île de Ko Thalu, elle est accessible par bateau en moins d'une heure de Ban Laem Sak. L'accès à la grotte se fait par un porche abritant un débarcadère en bambous qui sert de refuge aux pêcheurs par mauvais temps.

Le réseau s'ouvre au fond de ce porche. Il débute par une galerie remontante, concrétionnée qui rejoint une vaste salle faiblement éclairée par un second porche débouchant en falaise sur l'autre face de l'île. Cette salle est encombrée par un fouillis d'échafaudages en bambous élevés pour la récolte des nids de Salanganes, utilisés pour la fameuse soupe chinoise de nids d'hirondelles. Le sol est recouvert d'importants amas de guano dus aussi bien aux oiseaux qu'aux chauves-souris. Deux galeries contigües s'ouvrent dans la paroi nord de la salle ; elles se rejoignent quelques mètres plus loin, au bas de larges cheminées. De là part un conduit plus étroit dont le sol est occupé par de grands gours emplis d'un infecte mélange d'eau et de guano où grouillent, entre-autres, des milliers de larves de moustiques.

Dans l'ensemble de la cavité le concrétionnement est bien développé et partout actif.





Ph. 7.5. - Tham Rang Nok (Ph. L. Maffre)



Ph. 7.6. - Tham Than Lot Yai (Ph. L. Maffre).

7.2. - LE KARST DE KANCHANABURI (Laurent MAFFRE) (Fig. 7.13).

Entre un prolongement de visas et l'avion du retour, visite éclair sur un nouveau karst : le karst de Kanchanaburi.

Situé à l'Ouest de Bangkok, il se développe dans du calcaire permien. De nombreux bus quittent quotidiennement Bangkok pour Kanchanaburi.

Attiré par les photos du "Guide Shell des parcs nationaux de Thaïlande", mon choix s'est porté sur le Parc national de Tham Than Lot Noi (97 km au nord de Kanchanaburi). L'un des gardes du parc, armé d'un fusil (?), m'accompagna dans les 2 grottes. Impossible d'en savoir plus sur les possibilités du coin : il parlait autant l'anglais que moi le thaï...

KAN1-Tham Than Lot Yai (Fig. 7.14 ; Ph. 7.6). Arche gigantesque : h=40 m, largeur=40 m pour environ 60 mètres de longueur. Un cours d'eau la traverse. La grotte abrite un ermitage, et un petit autel bouddhiste ; des débris de concrétions sont rassemblés et décorés d'offrandes. Un magnifique dragon, haut de 2 m, vert et jaune, orne la paroi près de la perte.

KAN2-Tham Than Lot Noi (Fig. 7.15). Belle traversée résurgence -perte, éclairée au néon (tourisme oblige). La rivière circule dans une galerie de toujours grande dimension : 10 m de large pour souvent plus de 10 de haut. Longueur : 290 m. De grandes galeries supérieures près de la perte ne demandent qu'à être explorées.

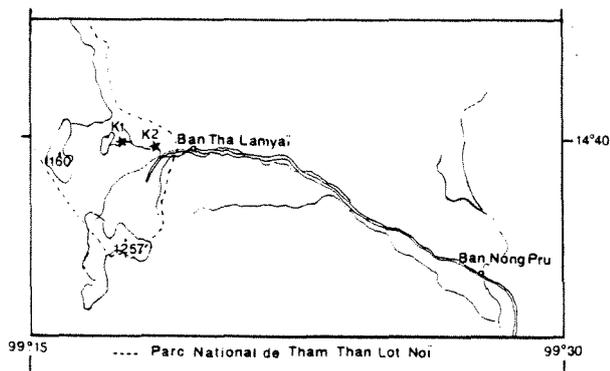
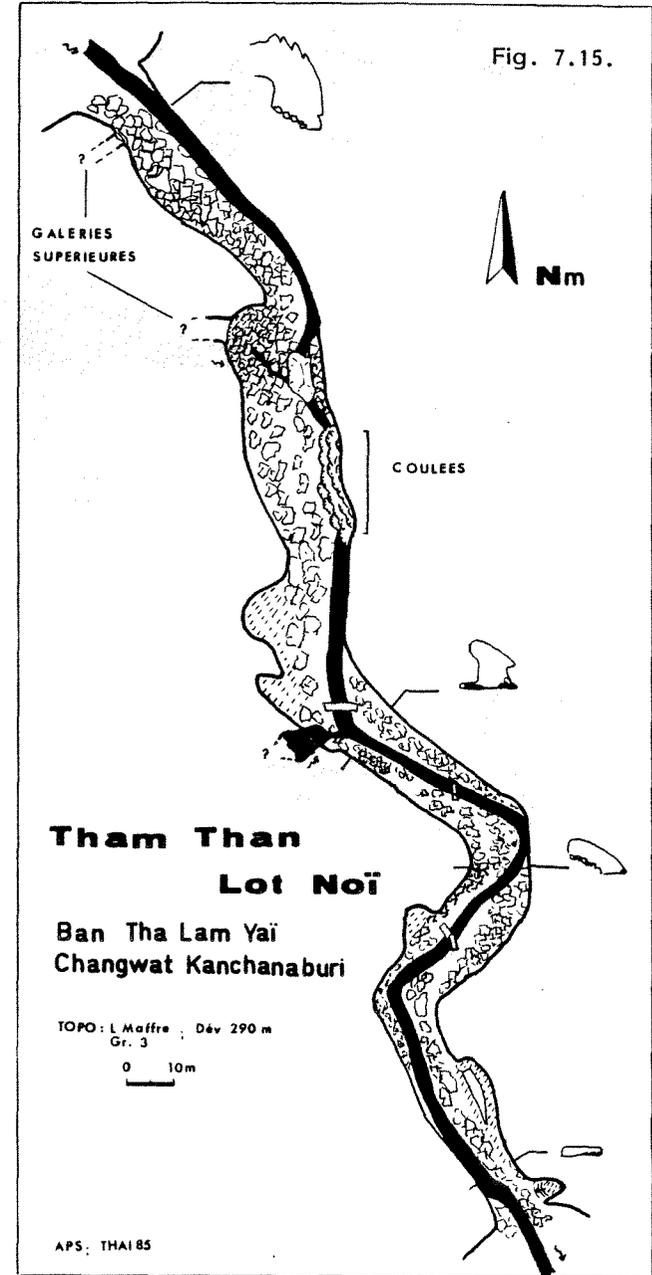
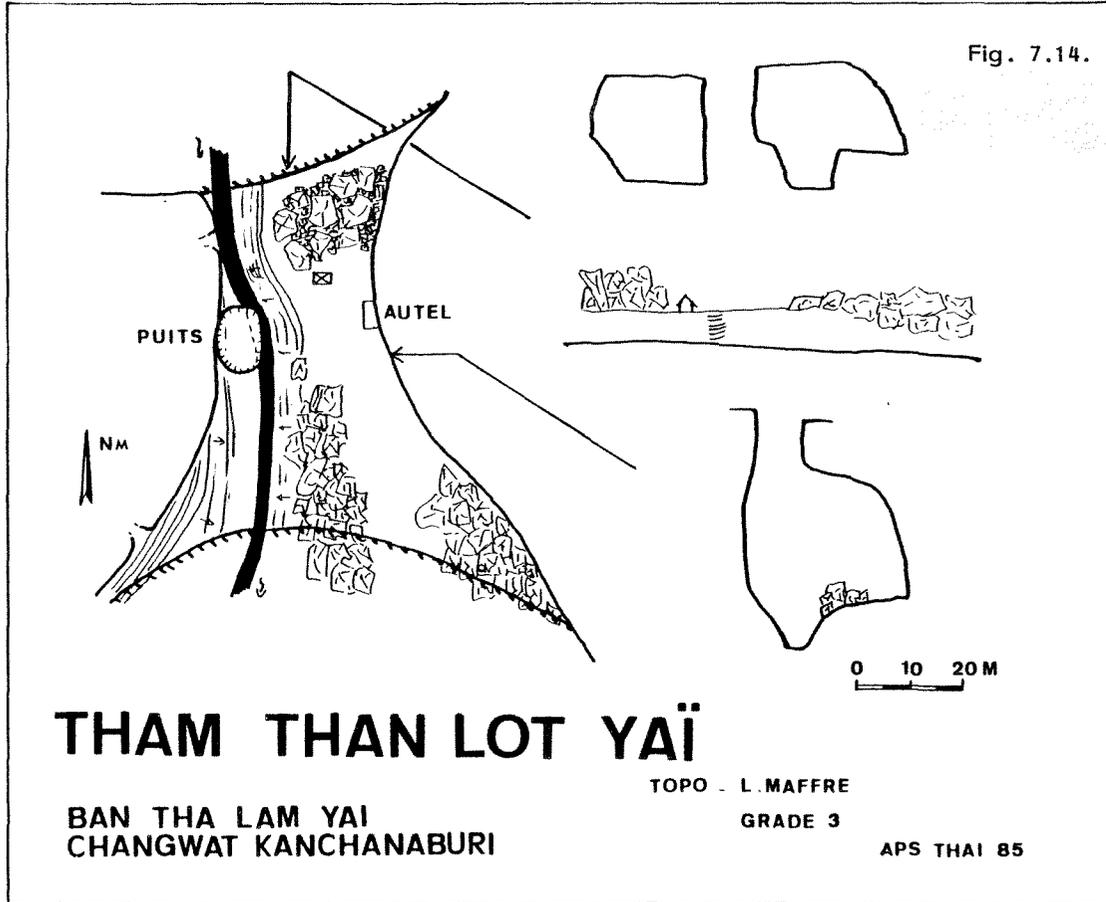


Fig. 7.13.



8. CATALOGUE INDONÉSIE

J.-P. BESSON

La présentation de ce catalogue est, à quelques détails près, la même que celle du catalogue des cavités de Thaïlande (Chap. 3).

74 cavités, pertes et sources y sont répertoriées et regroupées par zones.

* Le karst de Maros est couvert par les coupures au 1/50.000 suivantes :

- 75 XXXIII-A et 74 XXXIII-B : Karsts de MATAMPA (PANGKAJENE).

- 75 XXXIV-A : GUNUNG RUMBUA.

- 75 XXXV-B : BANTIMURUNG, BENGGO, KAPPAN, PATUNUANG, SAMBUKEAJA, SAMANGGI.

* Le karst du pays TORADJA est partiellement couvert par la carte géologique au 1/250.000 : MAJENE SA 50-16.

Signification des colonnes;

1 : cf. chap. 3

2 : cf. chap. 3

3 : cf. chap. 3

Signalons que la plupart des cavités ne portent pas de nom dans le karst de Maros.

4 : cf. chap. 3. En outre : Gg = Gunung (montagne), P = puits, Pte = perte.

4 à 6 : cf. chap. 3

7 à 11 : Toutes les coordonnées sont données en degrés, minutes, centièmes. Le méridien de référence pour la longitude est celui de Jakarta, sauf en ce qui concerne le karst du pays TORADJA (coordonnées internationales utilisées sur la carte de référence 1/250.000 de cette région).

Sur les coupures au 1/50.000 l'équidistance des courbes est en principe de 25 m.

Pour le reste cf. chap. 3.

12 à 15 : cf. chap. 3.

16 à 21 : cf. chap. 3.

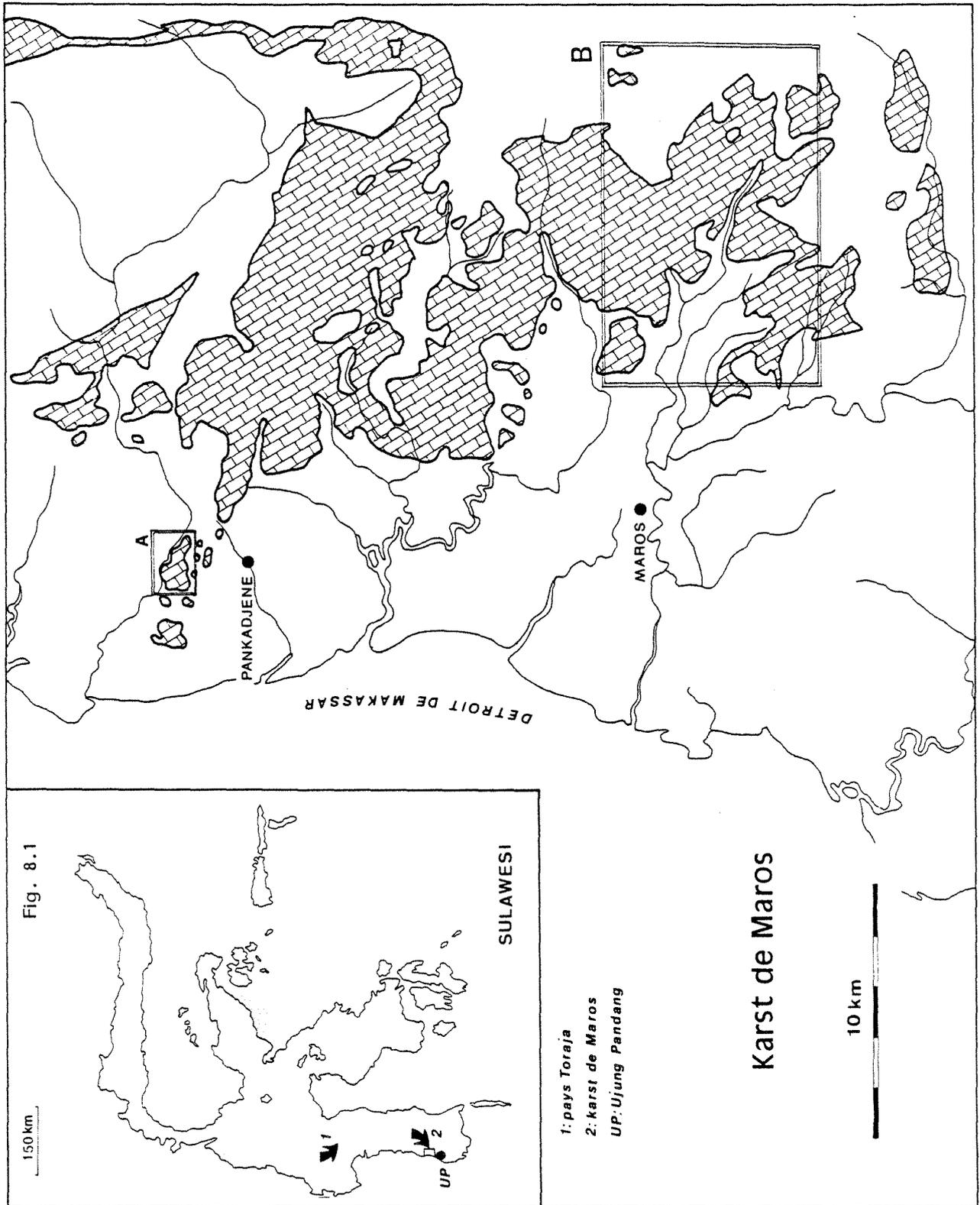
22 : B : Biologie (extérieur de la cavité, environnement proche).

* * *



Karst de Soreang (Ph. L. Deharveng)

Fig. 8.2. - Zones karstiques de la région de Maros
 A : Unité karstique de Matampa (fig. 11.1)
 B : Secteur de Bantimurung - Kappang (fig. 8.3).



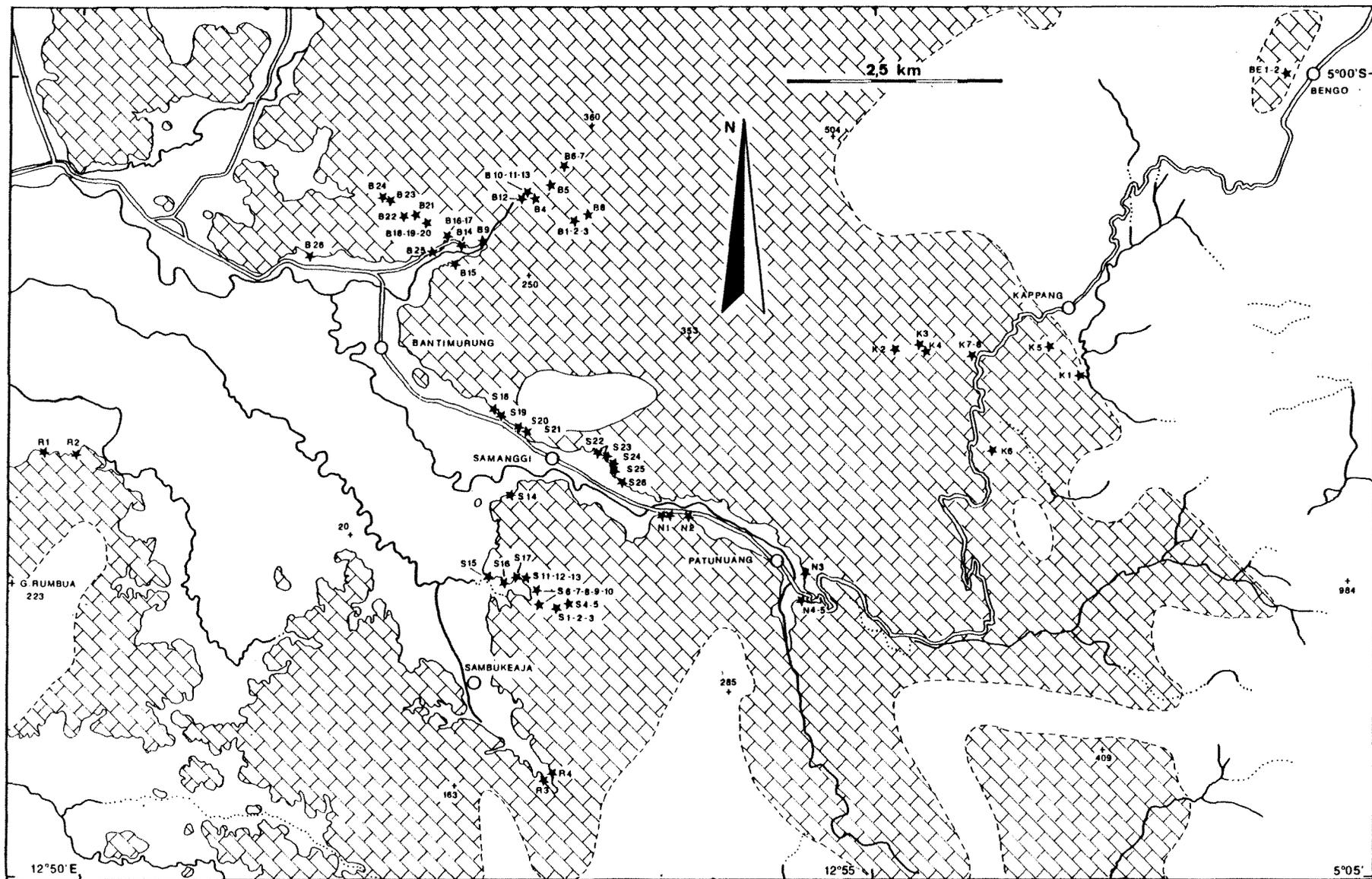


Fig. 8.3. - Secteur de Bantimurung Kappang : Localisation des cavités et sources karstiques. Les numéros sont ceux du catalogue.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
CODE	SYMB	TOPONYMIE	ACCES			COORDONNEES					SPELEOMETRIE			PRELEVEMENTS - OBSERVATIONS											
			Lieu-dit	Km	Dir.	±	Long.	Lat.	Alt.	±	DEV.		Dén.	o	INTERIEUR								EXT.		
											Tot.	Top.			ø	Aq	T	Gu	Os	G	Pe	Pa	B	Pc	
KARST DE MAROS																									
B1	V		Bantimurung	2,7	ENE	0'1	12°53'1	5°00'9	175	40		25	- 25	2											
B2	∩		"	2,7	ENE	0'1	12°53'1	5°00'9	180	40		166	- 5	4	+										+
B3	∩		"	2,7	ENE	0'1	12°53'1	5°00'9	183	40		212	- 20	4	+	+			+	+					
B4	V	Gua Danau	"	2,5	NE	0'05	12°52'85	5°00'75	100	30		32	- 32												
B5	∩	Gua Uri	"	2,7	NE	0'1	12°52'9	5°00'7	150	50		90													
B6-7	∩ V	"Gua Wattanang"	"	3	NE	0'05	12°53'05	5°00'55	60	20	> 440	440	- 40	4		+	+							+	
B8	V		"	2,9	ENE	0'1	12°53'2	5°00'9	175	40			- 15												
B9	∩	Gua Putih	"	1,7	NE	0'05	12°52'55	5°01'05	30	10		150													
B10	∩	Gua Towakkalak	"	2,5	NE	0'05	12°52'80	5°00'75	40	10		80													
B11	●	Scé de Towakkalak	"	2,5	NE	0'05	12°52'80	5°00'75	40	10															
B12	∩	Gua Bantimurung	"	2,4	NE	0'05	12°52'75	5°00'75	45	10		150				+	+							+	
B13	∩	Gua Anggawati	"	2,5	NE	0'05	12°52'80	5°00'75	40	10		50													
B14	●	"Scé du réservoir"	"	1,5	NE	0'05	12°52'40	5°01'05	20	5						+									
B15	∩	"Gua Baharuddin"	"	1,3	NE	0'05	12°52'35	5°01'20	20	5		137	+ 20	4		+	+								+
B16	∩	"Trou du Pissadou"	"	1,5	NNE	0'05	12°52'30	5°01'00	40	10	2					+									
B17	∩	"Gr. du Corridor"	"	1,5	NNE	0'05	12°52'30	5°01'00	40	10	20														
B18	V	"P1"	"	1,5	NNE	0'05	12°52'20	5°00'90	80	20		11	- 11	2											+
B19	V	"P2"	"	1,5	NNE	0'05	12°52'20	5°00'90	85	20		7	- 7	2											
B20	V	"P3"	"	1,5	NNE	0'05	12°52'20	5°00'90	90	20		6	- 6	2											
B21	V	"P4"	"	1,5	NNE	0'05	12°52'10	5°00'85	100	20		9	- 9	2											
B22	V		"	1,5	N	0'05	12°52'00	5°00'90	160	20	10		- 10												
B23	V	"Pte du Corridor"	"	1,7	N	0'05	12°51'95	5°00'80	70	30		- 10	- 10	1			+								
B24	V		"	1,7	N	0'05	12°51'90	5°00'75	50	30	15		- 15												
B25	∩		"	1,2	NNE	0'05	12°52'20	5°01'10	25	10		20	0												+
B26	∩	Gua Ancing	"	1,3	NW	0'05	12°51'45	5°01'10	30	10		60	0	2											
Be1	∩	"Gr. au trésor"	Bengo	0,5	W	0'15	12°57'6	5°00'0	400			50		1											
K1	∩	Gua Salukkan Kallang	Kappang	0,8	S	0'05	12°56'30	5°01'90	260	10	>8576	8076	- 184	4	+	+	+								+
K2	V	"P40, P. du Palmier"	Kappang	2,1	WSW	0'1	12°55'1	5°01'7	140	10	Réseau du K1				+		+								
K3	V		Kappang	1,8	WSW	0'1	12°55'3	5°01'7	140	10	>500	440	- 31	4											
K4	V	"P. des Salanganes"	Kappang	1,7	WSW	0'1	12°55'3	5°01'7	145	20	Réseau du K1														
K5	V		Kappang	0,5	SSW	0'15	12°56'1	5°01'7	330	40		50	- 15	2											
K6	V		Kappang	1,9	SSW	0'15	12°55'75	5°02'35	280	40	> 15		>-15												
K7	∩		Kappang	1,2	WSW	0'15	12°55'6	5°01'8	200	40		130	0	4											
K8	∩		Kappang	1,2	WSW	0'15	12°55'6	5°01'8	190	40		153	- 15	4											

9. LE SECTEUR DE KAPPANG ET LE RÉSEAU DE GUA SALUKKAN KALLANG

F. BROUQUISSE

9.1. - LE RESEAU DE GUA SALUKKAN KALLANG

9.1.2. - Localisation

Ce réseau, actuellement un des plus importants connus en Indonésie, se situe près du village de Kappang, à 20 km à l'est de Bantimurung, dans le district de Maros.

L'entrée principale, perte d'un cours d'eau temporaire qui vient buter au pied d'une falaise, s'ouvre à 1 km au sud du village, au fond d'un vallon (Ph. 9.1).

9.1.2. - Historique

La découverte et l'exploration des quelques 8 km actuellement connus, seront menées au cours de 8 sorties par JPB, FB, DR, LD, AB, OB, CD, BL, ADV du 12.8.85 au 26.8.85.

L'entrée nous est indiquée par les gardes forestiers PPA de Kappang. Nous sommes accompagnés par Baharuddin, et suivis par tout le village...! Au bout de 3 ou 4 sorties nous serons à peu près seuls !

Les cinq premières explorations ainsi que la dernière se font par l'entrée principale "K1". A la suite de la découverte, le 17.8 d'un puits remontant (un palmier est tombé dedans, mais c'est la nuit et l'on ne voit rien à l'extérieur), FB fait une synthèse approximative de la topo pour le repérage en surface (18.8).

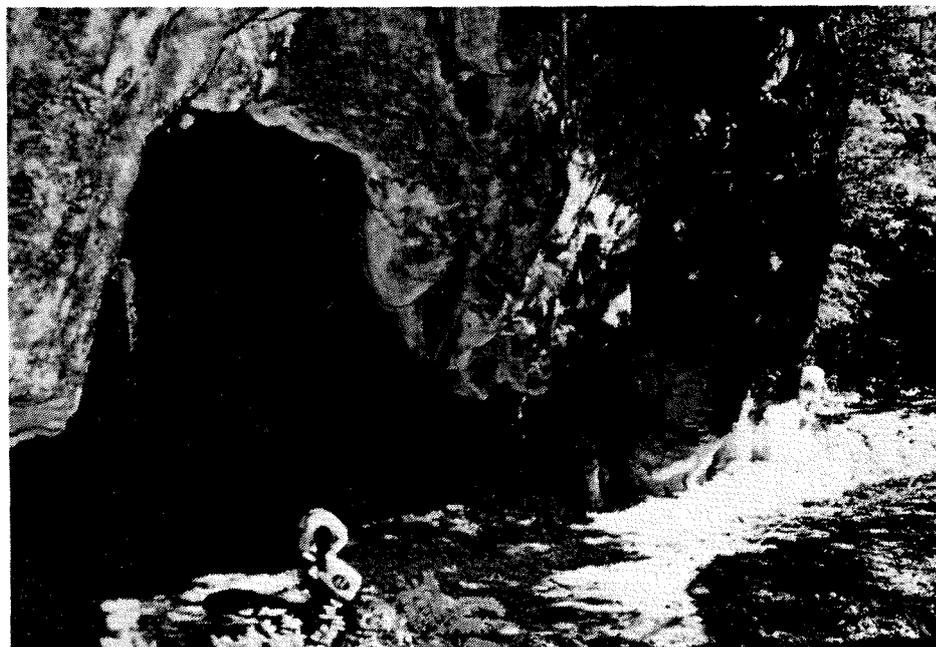
Le 19.8, LD et AB vont parvenir à le localiser en pleine forêt à l'est du pk 57, dans une grande dépression. Les deux incursions suivantes dans le réseau se feront par cette nouvelle entrée "K2" (Ph. 9.2).

Régulièrement (quand du moins nous sommes sortis de jour), les gardes du PPA nous ont attendu, d'abord au porche, puis au village pour les bakchichs (1000 à 2000 Rp, plus les cigarettes...).

Recette pour échapper au péage : rentrer par le K2 ; ressortir du K1 au petit matin et trouver rapidement un "pete-pete" pour quitter Kappang !

9.1.3. - Cadre géologique

Le réseau est développé dans les calcaires



Ph. 9.1 - Entrée de Gua Salukkan Kallang (Ph. F. Brouquisse)



Ph. 9.2 - K2 : le P40 (Ph. L. Deharveng)

de la formation de Tonasa (Temt), injectés dans cette zone, de basalte et diorite. L'entrée du réseau se fait par une perte à la faveur d'une faille N.O.-S.E. Celle-ci sépare les calcaires à l'ouest, des terrains imperméables volcano-détritiques et marins de la formation de Camba, à l'est. Ce système se développe, orienté par la fracturation générale, en direction de la vallée de Bantimurung.

9.1.4. - Description

On peut distinguer dans cette cavité deux parties :

- un ensemble affluent entre la perte K1 et la jonction avec le drain majeur du réseau ; dimensions des galeries : de 3x3m à 5x15m.

- un collecteur principal de grande section (10x10m minimum), à - 150 m, avec deux regards sur la surface (K2 et K4).

9.1.4.1. - L'ensemble affluent de la rivière "des prismes"

a. Au pied d'une falaise d'une trentaine de mètres, -sur laquelle vient buter le lit encombré de galets, d'une rivière à sec en été-, un porche (K1) de 8 à 10 m donne accès après un passage bas encombré de branchages et bois morts à un tronçon inactif de galerie, à remplissage sableux. Au bout de 120 m, le plafond se relève et la galerie prend le tracé méandri-forme classique, tandis qu'au sol apparaissent les galets de basalte, et le début d'un actif alimenté par le sous-écoulement alluvial extérieur.

On suit horizontalement ensuite, sur 600 m la rivière qui se dirige plein ouest, avant de trouver le cran de descente majeur du réseau.

b. Cette première partie, connue des locaux, donne accès non loin de l'entrée, à des niveaux supérieurs fossiles, comme la "branche du poulailler", qui suit sur 400 m la même direction nord-ouest et débouche en pleine paroi d'une grande salle non descendue.

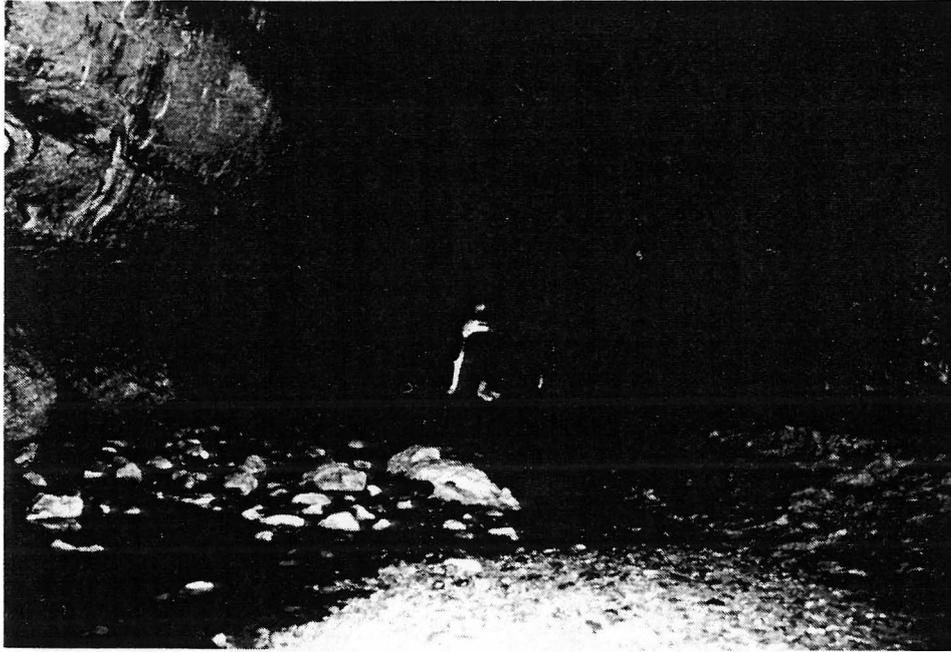
A hauteur du "bivouac", un départ mène à un étage supérieur, avec sortie à l'extérieur en falaise, et galerie d'axe encore nord-ouest/-sud-est, avec regard sur la galerie d'entrée, 15 m plus bas.

c. C'est au niveau d'un sill de basalte plus ou moins prismé qu'un ressaut de 8 m donne accès, après un gour profond traversé à la nage, au plafond d'une immense salle d'effondrement, avec un très beau miroir de faille vertical. Une coulée stalagmitique sur laquelle se déverse le gour, aboutit 60 m plus bas dans des blocs d'où un P15 conduit à la suite du réseau. Celui-ci est à nouveau sub-horizontale ; ses dimensions ont doublé !

d. En bas du P15, un lac : 100 m plus loin un ressaut à la base duquel arrive l'affluent "Mandala" qui semble bien, en réalité, fournir l'apport principal.

Remontant sur près de 800 m, on perd bientôt l'actif pour circuler dans une galerie sèche recoupée de temps à autre par des dykes ; puis, brusquement, on débouche en pleine paroi dans une immense diaclase perpendiculaire. Un P20 permet d'atteindre le fond où l'on rencontre un nouvel actif. Vers l'aval, c'est l'arrêt par siphon sur strate plongeante ; vers l'amont, la remontée jusqu'à une trémie de gros blocs basaltiques, amène pratiquement à l'aplomb de la zone d'entrée K1, 30 m plus bas.

e. En aval de la salle "Baharuddin", et au-delà du confluent avec la galerie "Mandala",



Ph. 9.3 - La rivière des prismes en aval de la salle Baharuddin (Ph. F. Brouquisse)

l'actif suit la direction nord-ouest sur 500 m avant de tourner brusquement à 90° pour s'orienter au sud-ouest et déboucher 300 m plus loin dans le grand collecteur, drain majeur de 20m x 20m, sombre et imposant.

Ce cours inférieur de la rivière "des prismes" présente un tronçon rectiligne de 160 m, d'autant plus remarquable que les voûtes dépassent à cet endroit les 30 m de haut ! (Ph. 9.3).

Il faut noter aussi un très beau cran de descente d'une vingtaine de mètres, constitué de marmites et toboggans, nécessitant un bain complet...

9.1.4.2. - Le "Grand Collecteur" : la rivière "du 15 août"

Au droit du confluent de la rivière "des prismes", le "grand collecteur" a une section rectangulaire bien régulière, et l'on débouche sur une plage de galets au milieu du lit. Des deux côtés le regard se perd dans le noir au-delà des 50 m éclairés par les lampes à acétylène.

a. Vers l'amont, c'est de suite l'eau profonde d'un bief calme remonté sur 450 m et à sédiments fins. La progression se fait tantôt en marchant, tantôt en nageant, le plus souvent avec de l'eau jusqu'à la taille, si l'on arrive à suivre les hauts-fonds. La topographie en nageant et sans canot est pénible dans cette eau relativement fraîche malgré tout.

Au-delà du point ultime atteint le 26 août 85, la rivière se poursuit, rectiligne et de section toujours imposante, aussi loin que l'on puisse percer les ténèbres...

b. En aval, l'eau s'écoule plus rapidement sur un lit de galets de basalte. L'apparition brusque de ce type d'alluvions, semble lié à

l'alimentation par la rivière "des prismes". En effet, son lit est encombré lui aussi de galets et blocs de même nature basaltique, et de quelques troncs d'arbre entraînés fort loin sous terre par les crues. Un bout de tronc de 1,5 m de long et de 50 cm de diamètre est d'ailleurs coincé dans les marmites actives, 20 m avant le confluent.

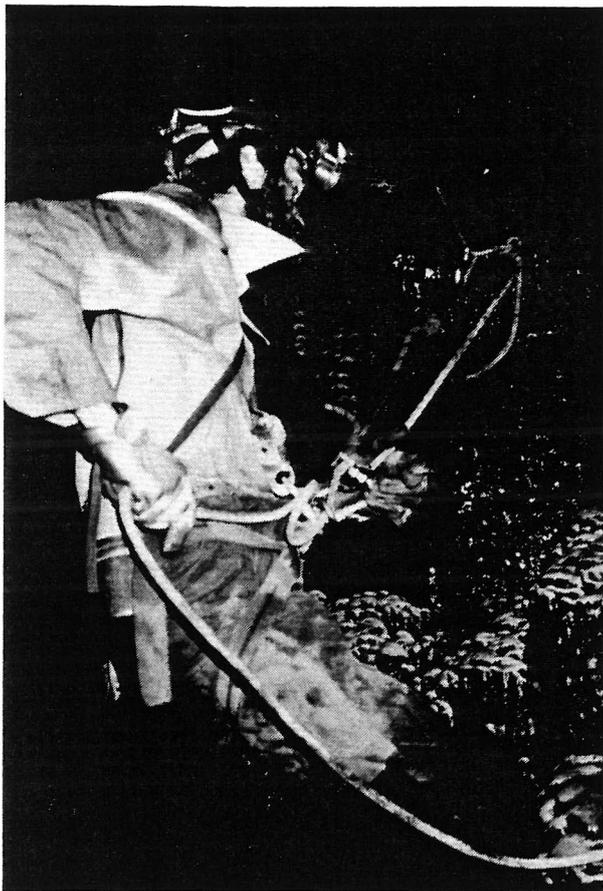
Désormais la section du collecteur ne descendra pas au-dessous de 10x10 m jusqu'au siphon, 800 m plus loin. Celui-ci est lié à la présence de plusieurs importants dykes de basalte qui font office de barrière hydraulique et ont provoqué la formation d'un lac avec une importante accumulation de sédiments fins.

c. Là, aurait pu être le terminus de notre exploration. Heureusement pour nous, une galerie fossile de près d'1 km partait en hauteur 200 m en aval de la jonction de la rivière "des prismes" avec la rivière du "15 août". La galerie "Garuda", fortement concrétionnée, avec de très belles zones de gours et micro-gours, à remplissage souvent limoneux, et parfois quelques galets de basalte, permet de court-circuiter les siphons du 1er aval et de retomber sur la suite du "grand collecteur" dont les dimensions se sont encore accrues !

Le puits "des salanganes", non repéré en surface constitue un accès possible à cette partie du réseau.

d. Du débouché de la galerie "Garuda" sur le secteur aval de ce qui est donc, selon toute vraisemblance, la suite de la rivière "du 15 août", 300 m ont été remontés en amont jusqu'à un siphon : là aussi, il n'y a que des sédiments fins, le long de ce bief calme, mais moins profond que le 1er amont.

e. En aval, la rivière méandre largement sur un lit de galets noirs et très glissants, atteignant 40 à 50 cm de diamètre. La galerie est



Ph. 9.4 - Vaste du dyke (Ph. O. Brouquisse)

souvent encombrée de gros blocs éboulés sous lesquels s'est parfois formé un conduit secondaire dans lequel la rivière a frayé son passage. D'une paroi, on ne voit généralement pas l'autre : les galets noirs, les zones éboulées et la dimension de la cavité contribuant à une ambiance grandiose et démoniaque...

A 500 m, un éboulis en rive droite conduit au bas d'un puits remontant, le puits "du palmier" (K2) qui s'ouvre en surface et représente l'accès le plus rapide à l'aval du réseau.

Au-delà, on parvient 350 m plus loin à un rétrécissement : un dyke barre la galerie sur toute sa largeur et force toute l'eau à passer sur un seuil étroit de basalte pour tomber 3 m plus bas en cascade bouillonnante dans un lac. Une main-courante en rive droite permet de gagner une terrasse et la suite de la rivière (Ph. 9.4).

Bientôt le plafond s'abaisse, en même temps qu'un enduit bien connu apparaît sur toute la section de la galerie : 250 m plus loin, c'est le siphon terminal à - 184 m et à 4,4 km de l'entrée.

9.1.5. - Equipement

* Ce grand réseau est à dominante horizontale. Il y a beaucoup de crapahut, mais l'on ne se baisse pratiquement jamais ! Les galets de basalte sont très glissants.

Certains secteurs sont aquatiques et les bains forcés ; l'eau est bonne, mais un séjour prolongé (bief amont du "grand collecteur") peut entraîner un début d'hypothermie : intérêt d'une néoprène mince et/ou de canots.

* La fiche d'équipement est présentée dans le tableau 9.1.

Localisation	Obstacles	Cordes	Amarrages	Observations
Salle Baharuddin	P8	20 m	1 piton + AN 1 spit	2 solutions : <ul style="list-style-type: none"> . main-courante paroi gauche-boyau -ressaut basalte . P8 - gour (bain) - R3 P15 puis vire et descente éboulis, sinon P35 direct (corde de 40 m)
	P15	20 m	AN + 1 spit 1 spit (- 3m)	
	P17	20 m	AN + 1 spit en voûte AN (déviation à -5m)	
Rivière des Prismes	R5	10 m	AN	Zone du Toboggan du Mascún 1ère cascade
Réseau Mandala	P20	25 m	- 1 spit départ - 1 spit descente	Main courante au début
Vasque du dyke	R4	20 m	- AN départ - 1 spit arrivée	. Main courante "hors crue" . Si direct : corde 10 m (attention aux remous).
Puits du Palmier : K2	P40	70 m	- AN paroi droite - AN + 1 spit direct paroi gauche	Attention : rocher coupant doline en entonnoir ébouleux

Tab. 9.1. - Fiche d'équipement

Localisation des points caractéristiques	Par rapport à l'entrée K1		Localisation des points caractéristiques	Par rapport à l'entrée K1	
	Cote (m)	Distance (m)		Cote (m)	Distance (m)
Perte K1	0	0	1er aval : siphons des dykes	- 150	2.600
P8	- 8	800	Départ galerie Garuda	- 146	2.200
Salle Baharuddin base du P17	- 81	900	Jonction aval galerie	- 152	3.200
Confluent avec réseau Mandala base du R3	- 90	950	Siphon 2e amont	- 151	3.700
Jonction avec grand collecteur	- 145	2.000	Bas éboulis P40-K2	- 171	3.800
1er amont : arrêt topo.	- 145	2.500	Siphon terminal	- 184	4.400

Tab. 9.2 - Repérage topographique.

9.1.6. - Topographie

* Elle a été effectuée au Topofil, compas et clinomètre SUUNTO, par FB, DR, JPB, OB (synthèse FB) (Fig. 9.1.).

Développement : 8076 m

Dénivelé : - 184 m

Extension plane : grand axe/petit axe : 2600 m/ 820 m

Grade : 4

Environ 500 m de galeries ont été recon- nues mais non topographiées.

* Le tableau 9.2 donne la localisation de quelques endroits remarquables du réseau.

9.1.7. - Karstologie

9.1.7.1. - Stratigraphie, lithologie et frac- turation

* Dans l'ensemble du secteur les bancs calcaires sont généralement horizontaux à faiblement inclinés. C'est ce que l'on retrouve sous terre en différents points du réseau (Fig. 9.2).

- Rivière "des prismes" :

- . secteur C1B1 : subhorizontal
- . points A1, L, D, secteurs BC, AB
- . tronçon rectiligne de 160 m (GJ), vers - 100 m : bancs calcaires clairs métri- ques ; strati.horizontal (Ph. 9.3).
- . amont et aval du secteur du "Toboggan du Mascun" : tronçons IJ, KL, TU : strati.subhorizontal ; dalles diaclasées au sol.

- Rivière "du 15 août" :

- . 1er aval, juste après le départ de la galerie "Garuda", vers - 148 m : strati. subhorizontal ; dalles diaclasées, au sol : tronçon NO, point M.
- . dans certaines sections du "grand collec- teur" : voûte plate sur strate visible.
- . puits "du palmier" (K2) : bancs de calcaire très fossilifère, horizontaux.

* Les calcaires sont généralement clairs, blancs à beige ; on rencontre également des niveaux sombres ou rubannés (rivière "des prismes") (Ph. 9.5).

Quelques échantillons de roche ont été prélevés pour identification de la microfaune (calcaire : bas P40-K2), ou identification minéralogique (basalte : P8 amont rivière "des prismes" et galets rivière "du 15 août" en amont du K2).

* Outre l'histogramme des directions de galeries qui peut refléter les discontinuités lithologiques et/ou structurales de la roche, quelques mesures de direction de discontinuités font ressortir une orientation 130°-310°. Ces fractures sont toujours verticales.

La carte géologique indique deux failles majeures à N-135. De nombreux tronçons du réseau reflètent cette orientation : le plus impressionnant est celui, compris entre la salle "Baharuddin" et le brusque changement de direction au point Y, qui est rectiligne sur 600 m.

L'histogramme directionnel, établi sur l'ensemble : rivière "des prismes", rivière "du 15 août" et galerie "Garuda", met en évidence trois maxima (Fig. 9.3) :

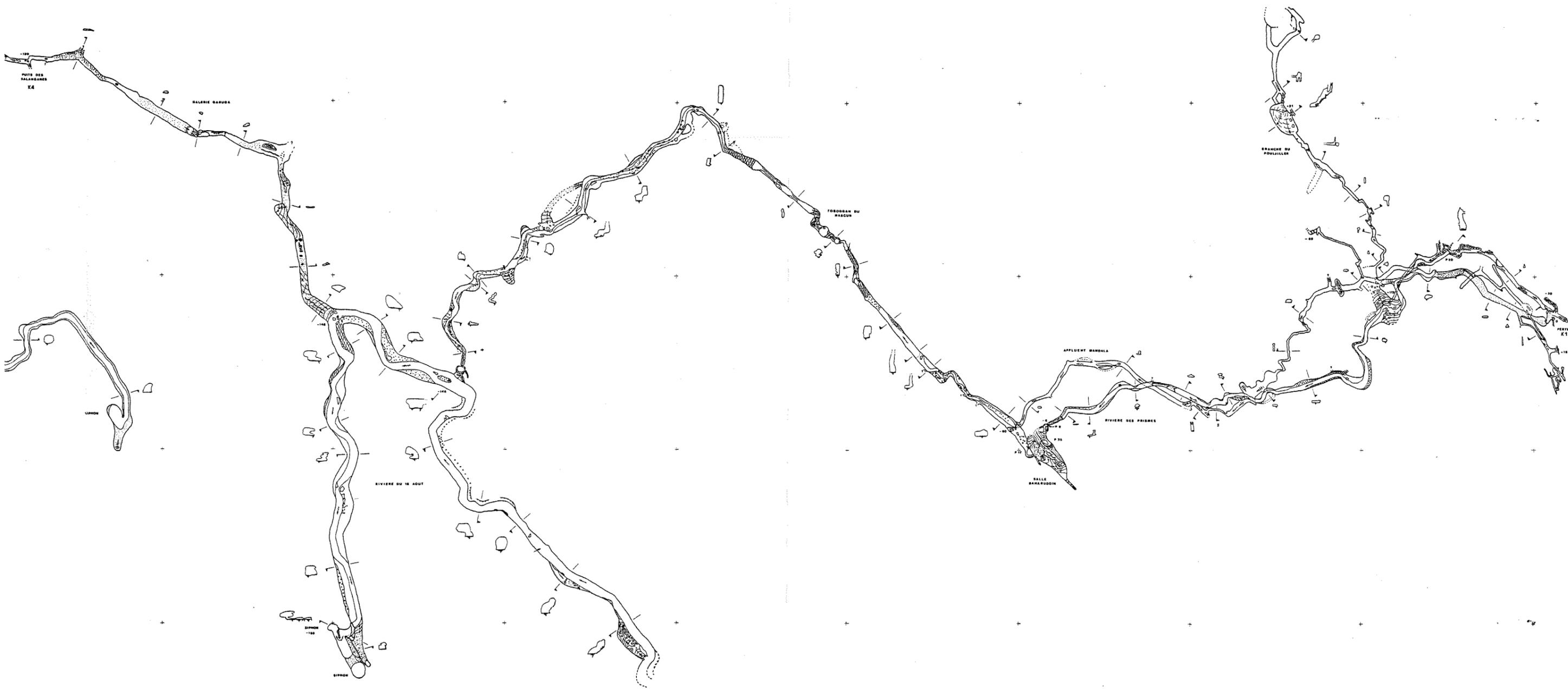
1/ Une direction privilégiée à N-140, avec une dispersion de + ou - 20° (N-120 à N-160). Celle-ci correspond à la fracturation majeure du secteur et aux quelques mesures ponctuel- les mentionnées plus haut.

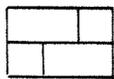
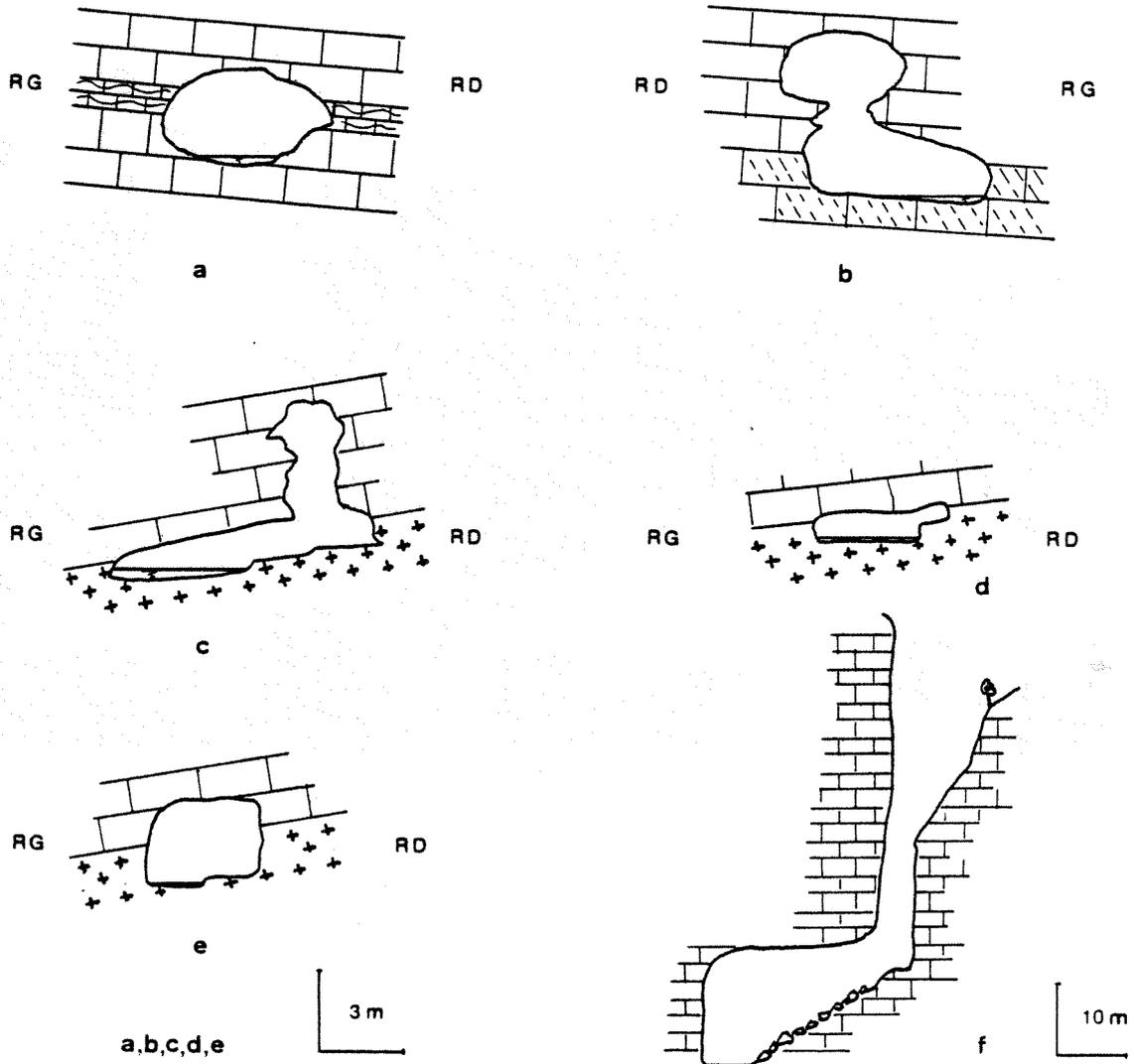
2/ Un maximum secondaire à N-10, pouvant correspondre à une autre famille de failles, exprimées quelques km plus au nord, dans le secteur de B. Leapute.

3/ Une troisième direction à N-75 (N-60 à N-90).

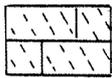
9.1.7.2. - Dykes et filons-couches

Les calcaires de Tonasa ont été injectés de roches intrusives : basalte et diorite dans le secteur qui nous intéresse. De nombreux

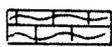




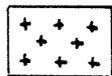
calcaire blanc
à beige clair



calcaire noir



calcaire rubanné à
liserés bruns à noirs

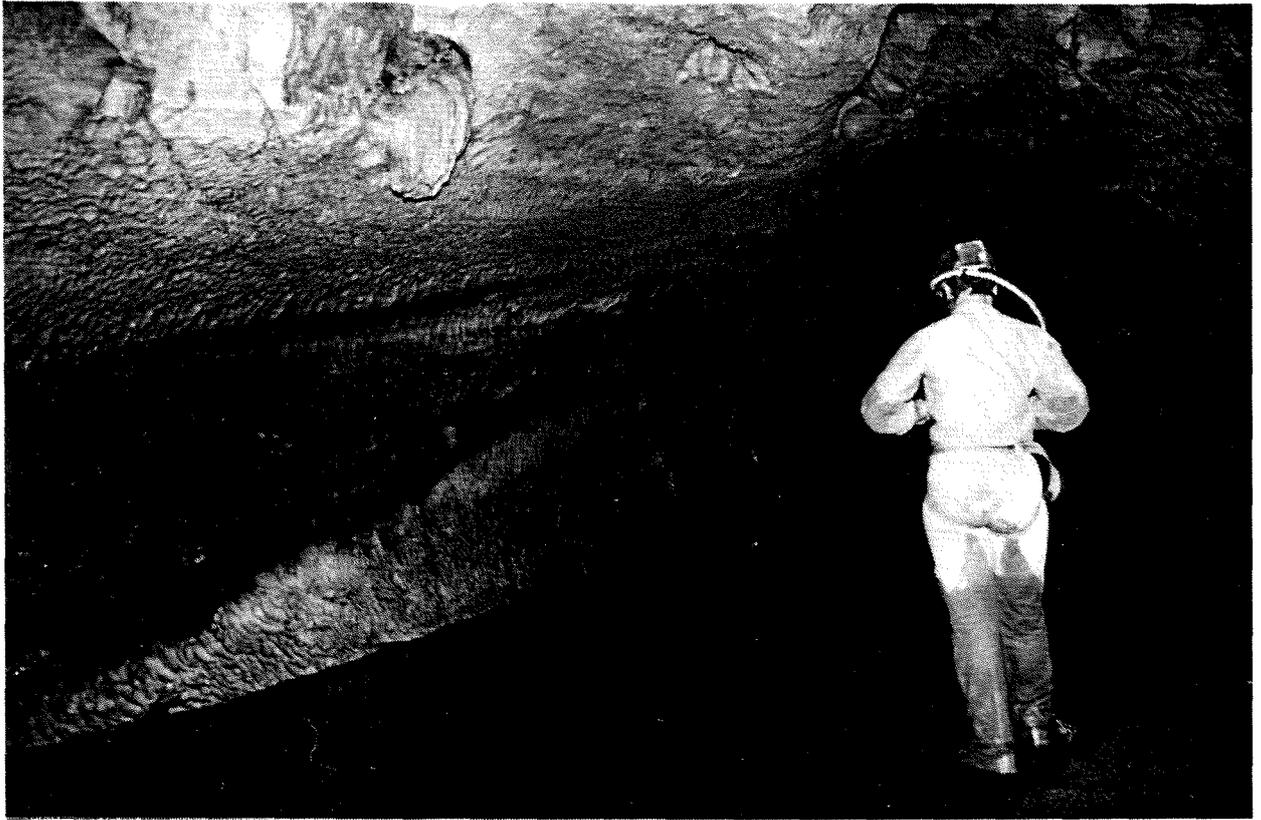


basalte plus ou
moins prismé

Sections

- a : Rivière des Primes (A1)
- b : " (L)
- c : " (D)
- d : " (BC)
- e : " (AB)
- f : P 40 - K2

Fig. 9.2. Dispositions stratigraphiques.



Ph. 9.5 - Rivière des prismes : calcaires rubannés (Ph. F. Brouquisse)

dykes sont recoupés par le réseau ; ils ont fourni sans doute la majeure partie des galets qui encombrant les actifs :

* Dans le cours amont de la rivière "des prismes", les 50 derniers mètres se développent entre un sill de basalte et les bancs calcaires sus-jacents (Fig. 9.2., c,d,e).

* Dans le réseau "Mandala", plusieurs dykes verticaux orientés N-305/315 sont recoupés. L'un d'entre eux a donné les gros blocs formant la trémie terminale amont de ce réseau.

* Dans l'aval de la rivière "des prismes", un dyke de 1,5 à 2 m de large, de direction N-330 est également recoupé verticalement en rive droite (point J1) (Ph. 9.6).

* Dans la rivière du "15 août", un très gros dyke, vertical lui aussi, de 2 à 3 m de large, d'orientation N-325 est à l'origine du premier siphon double aval. Au débouché aval de la galerie "Garuda" sur la rivière "du 15 août", de gros blocs de 20 cm à 1 m proviennent d'un filon en rive droite, mal localisé.

Le dyke à l'origine de la cascade et de la vasque non loin du siphon terminal, fait barrage : il a été dégagé, surtout en face aval et sur sa rive droite ; large de 2 m, vertical, orienté à N-335.

On peut ainsi résumer les caractéristiques essentielles de ces filons, telles qu'elles résultent d'un nombre limité d'observations ponctuelles dans le réseau :

- ces filons sont le plus souvent des dykes verticaux, plus rarement des sills
- leur épaisseur varie de 20 cm à 3 m
- installés sur des fractures en distension, ils sont orientés à N-305/N-335.
- ils sont, soit en relief, soit de niveau avec l'encaissant calcaire, et l'on ne constate pas de corrosion préférentielle au contact calcaire-basalte.

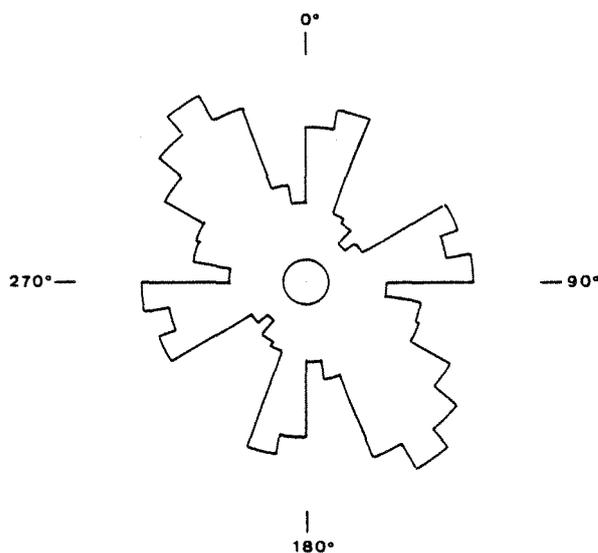


Fig. 9.3. Histogramme directionnel



Ph. 9.6 - Dyke de basalte recoupant la rivière des prismes (Ph. D. Rigal)

- ils peuvent faire office de barrière hydraulique
- de nature principalement basaltique, ils semblent avoir fourni l'essentiel des galets et blocs encombrant le lit des secteurs actifs du réseau.

9.1.7.3. - Les remplissages et les formes d'érosion

* Quatre types de dépôts peuvent être distingués :

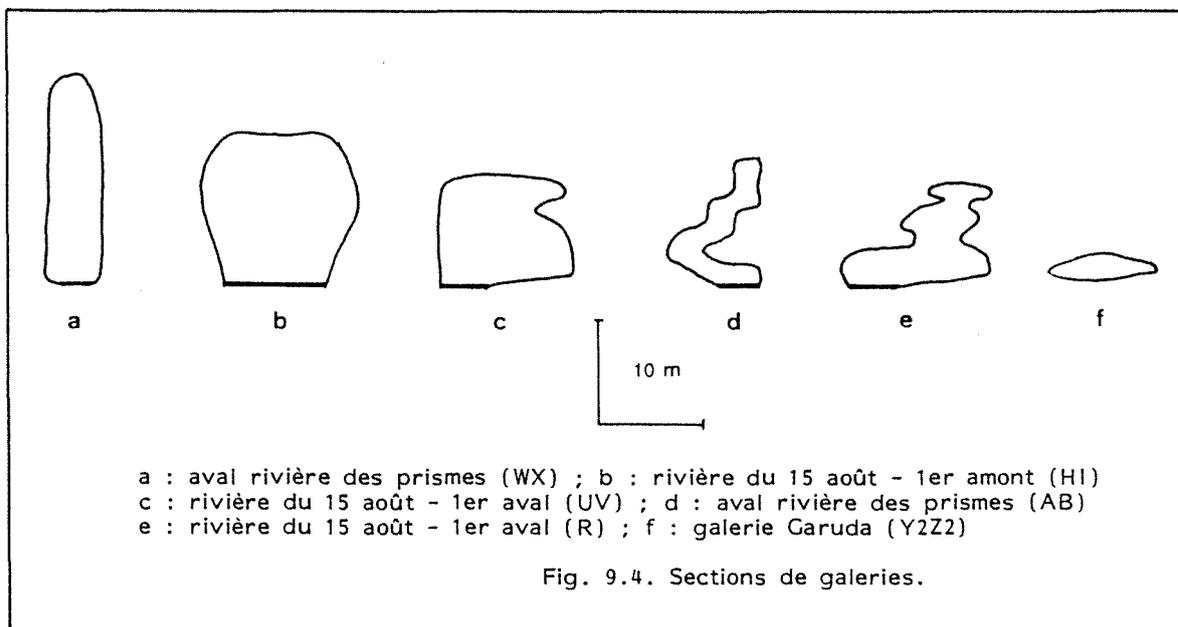
- Les sédiments limono-sableux, en plages, bancs, banquettes, -que l'on trouve à peu près dans tous les secteurs de la cavité- en fond de lit, au niveau même de l'écoulement, en banquettes parfois affectées par un surcreusement ultérieur en V, en dépôt sur les banquettes de méandre.

- Les galets : de nature basaltique pour l'essentiel, en plages, bancs parfois indurés en un remplissage mixte à matrice limono-carbonatée. La taille de ces galets est variable : à l'extérieur, ils sont décimétriques dans le cours aérien de la rivière ; dans le cours "des prismes" ils atteignent 20 à 30 cm vers l'aval, ainsi que dans le "grand collecteur" de la rivière du "15 août". Après la galerie "Garuda", ces galets peuvent dépasser 50 cm ! Ils sont peu aplatis et recouverts d'un enduit extrêmement glissant.

- Les dépôts clastiques : ce sont soit des blocs de basalte, parfois métriques aux environs immédiats des filons dont ils sont issus, soit des blocs de calcaires anguleux décimétriques à métriques dans certaines zones très fracturées, notamment dans le 2e aval de la rivière "du 15 août".

- Les concrétionnements : notables dans la "branche du poulailler" ou la galerie "Garuda". Dans cette dernière, on rencontre des fistuleuses, des massifs stalagmitiques à cristaux de calcite triangulaires de 1 à 3 cm, et des zones de gours et microgours blancs. Quelques rares gours pleins d'eau et des draperies complètent l'ensemble.

Le concrétionnement reste faible dans les secteurs actifs et se limite à quelques coulées stalagmitiques fort belles, ou cierges isolés sur des banquettes de méandre (Ph. 9.7).





Ph. 9.7 - Branche du poulailler (Ph. D. Rigal).

* On a affaire ici à un réseau de grande dimension avec des galeries impressionnantes. Selon les secteurs on a : une dominante verticale avec une section haute et étroite comme sur les 600 m de rivière en aval de la salle "Baharuddin" (Fig. 9.4, a) ; des zones comme le 1er amont et le 1er aval de la rivière "du 15 août" où les sections sont plus rectangulaires et la voûte comme le plancher, bien établies sur joint de strate (Fig. 9.4., b,c).

L'un comme l'autre de ces types de section peut présenter un ou plusieurs niveaux de terrasses ou banquettes de méandre décalés (Fig. 9.4., d,e).

Dans les tronçons fossiles comme la galerie "Garuda", les remplissages fins, parfois recouverts d'un concrétionnement en plancher stalagmitique, sont à l'origine de profils plus lenticulaires (Fig. 9.4., f).

La quasi-totalité de l'actif présente des vagues d'érosion de 1 à 10 cm, et certains secteurs, des chenaux étroits et profonds de surcreusement ou des marmites coalescentes.

9.1.7.4. - Les écoulements et le régime hydrologique.

* Il ne faut pas oublier que dans la région de Maros on a un régime climatique de mousson avec une saison sèche fortement marquée et un maximum pluviométrique exceptionnel au mois de janvier (760 mm sur un total de 3175 mm !). On a donc une forte dissymétrie dans le régime annuel d'écoulement.

* En été, l'écoulement de surface au niveau de la perte K1 est nul ; le lit est à sec

et seul subsiste un sous-écoulement alluvial qui alimente non loin de l'entrée la rivière "des prismes".

La présence de troncs d'arbres loin sous terre jusque dans la "grand collecteur", l'importance des galets bien roulés, parfois de grandes dimensions, la quasi-obstruction de la perte sur 100 m par d'importants dépôts sableux témoigne de la violence des crues et des volumes transités sur une courte période. La présence d'enduit de crue à la voûte bien avant les deux zones de siphons, dans la rivière "du 15 août" traduit un emmagasinement important.

Sauf dans les deux amonts de la rivière "du 15 août" où l'eau est profonde (jusqu'à 2 m) et s'écoule très lentement, la circulation s'effectue plus rapidement sur lit de galets, sur une profondeur de quelques cm à 30 cm. Le débit estimé non loin des siphons du 1er aval est de l'ordre de 400 l/s en étiage (17.8.85).

En ce qui concerne la structure des écoulements, un fait intéressant est à signaler. Les deux amonts de la rivière "du 15 août" sont dépourvus de galets ; les dépôts que l'on y trouve sont des sédiments fins ; ce sont des biefs profonds à écoulement lent. Ce qui veut dire qu'en amont il y a un obstacle hydraulique important : siphon ou alimentation diffuse ne permettant pas un écoulement torrentiel. C'est ce que l'on constate dans le 2e amont où l'on rencontre un siphon ; corrélativement le 1er aval s'arrête aussi sur une zone siphonnante à la faveur d'un dyke. Ce dernier a conduit au piégeage d'importantes quantités de sédiments fins, en constituant une barrière hydraulique. En ce qui concerne le 1er amont,

la poursuite de son exploration permettra de cribler entre les deux hypothèses émises plus haut.

La présence de galets arrondis ayant subi un transport est liée au mode d'écoulement et à sa puissance. On trouve ceux-ci, de la perte K1 à la jonction avec le "grand collecteur" et jusqu'aux siphons "des dykes" du 1er aval. De même on les trouve, du débouché aval de la galerie "Garuda" au siphon terminal.

Enfin, et cela est fondamental, on en trouve quelques-uns sous les sédiments limoneux dans la galerie "Garuda".

On peut donc faire l'hypothèse d'une continuité antérieure d'écoulement périodiquement torrentiel, le long de ces tronçons successifs : la voûte de la galerie "Garuda" est au même niveau que celle du "grand collecteur" dans la zone de jonction avec la rivière "des prismes". Par ailleurs un niveau de banquettes à mi-hauteur de ce même "grand collecteur" semble correspondre à un niveau plus ancien de confluence avec la rivière "des prismes".

Ultérieurement, le développement du drainage par le 1er aval et les siphons "des dykes" a conduit à l'abandon de la galerie "Garuda".

* En dehors de cette circulation majeure, trois autres secteurs actifs, dont la relation avec le drainage principal reste à préciser, peuvent être signalés :

- En amont du réseau "Mandala", de l'eau se perd au niveau d'un siphon sur strate à - 112 m.
- Peu avant le P20, dans ce même réseau, une galerie descendante donne accès, après une chaudière basse, à un petit ruisseau alimenté en amont par une vasque siphonnante et reconnu sur 100 m en aval.
- Enfin, bien que non précisément positionné par rapport au réseau, la cavité "K3" possède un actif relativement important.

9.1.7.5. - Conclusions et perspectives

Le réseau se développe est-ouest. Son alimentation provient pour partie des terrains volcano-sédimentaires imperméables situés à l'est de la faille de Kappang.

La taille du collecteur de la rivière "du 15 août" laisse supposer un important développement ; en amont 150 m ont été reconnus au-delà du point d'arrêt topo., et "ça continue...".

Il n'est pas impossible qu'un drainage des calcaires sous des couches volcaniques, et un karst noyé existent vers l'est. Le gradient hydraulique entre la zone de perte mise en évidence plus à l'est et le massif calcaire de Kappang-Bantimurung, autorise cette hypothèse.

La fracturation régionale fait apparaître une direction nord-ouest/sud-est privilégiée dans ce secteur. La rivière "du 15 août" pourrait alimenter, seule ou avec d'autres circulations venues du nord, la résurgence de la rivière de Bantimurung. Celle-ci est en effet la plus importante connue dans cette région et son débit prouve l'existence d'une zone de drainage importante.

Deux axes de recherche s'imposent donc :
- la poursuite de l'exploration de l'amont de la rivière "du 15 août", et la prospection en surface du secteur du pk 58, à l'est de la route,

- vers l'aval du réseau, entre le K2 et la résurgence de Bantimurung, la recherche de regards sur le système karstique, au-delà du siphon terminal de Gua Salukkan Kallang.

9.1.8. - Biologie

La faune terrestre de G.S.K. est relativement peu abondante. Elle semble liée à deux types d'apports organiques. Les uns proviennent du guano de chauve-souris dans les galeries fossiles "du poulailler", mais leur faune n'a pas fait l'objet d'observations précises.

Les autres sont constitués par des amas de détritus végétaux abandonnés lors des crues.

On y rencontre de nombreux amblypiges, des coléoptères (en particulier tenebrionides) à faciès d'épigées, et des micro-arthropodes en assez grande abondance : collemboles, oniscoïdes, diplopodes... etc. A noter aussi la présence d'araignées de grande taille.

La faune aquatique comprend un fort contingent d'espèces épigées, notamment des poissons-chats, et quelques formes apparemment troglobies, notamment des crevettes aveugles.

9.1.9. - Archéologie et occupation humaine

Les 700 premiers mètres de la rivière "des prismes" ainsi que l'entrée du K2 sont connus des locaux, mais il n'y a apparemment pas trace d'une quelconque occupation humaine actuelle ou passée de ces galeries.

9.1.10. - Perspectives

Ce réseau est extrêmement intéressant et son exploration pleine de promesses !

* Sur le plan spéléologique ; plusieurs secteurs restent à voir :

- 1er amont
- fossiles de l'entrée K1
- ruisseau du réseau "Mandala"
- jonction avec le K3, sans doute du côté de la galerie "Garuda"
- les nombreux départs laissés de côté à tous niveaux...

* Sur le plan scientifique, on peut envisager :

- un programme de chimie des eaux
- des traçages
- une étude statistique et un relèvement des filons
- une étude de l'évolution du système de drainage et des écoulements.

9.1.11. - Documents

* Carte Topographique : 1/50.000.
75/XXXIV- B-SULAWESI

- * Carte Géologique : 1/250.000
- . UJUNG-PANDANG, BENTENG, SINJAI (SULAWESI)
- . PANGKAJENE, WATAMPONE (SULAWESI)

* Topographie, Photos, Film S.8 (extérieur), Echantillons et Prélèvements : géologie et biologie (APS).

9.2. - LE K3

9.2.1. - Localisation

Cette cavité est située à environ 350 m à l'est du K2, à 20 minutes de marche du pk 58, sur la route de Samanggi à Kappang. A ce niveau on prend le sentier qui part en contrebas de la route dans un tournant en épingle à cheveux et on descend le vallon en direction de l'ouest. Après 5 minutes de raidillon on traverse une zone défrichée, puis l'on progresse en forêt dans le fond plus ou moins chaotique de la dépression.

9.2.2. - Historique

Découvert par LD et AB lors d'une prospection pour repérer le K2, accompagnés par deux gardes PPA de Kappang, le 19.8.85, il est descendu, exploré et topographié le 21.8 par FB et OB.

9.2.3. - Cadre Géologique

Tout le secteur entre Bantimurung et Kappang est karstique, développé dans les calcaires d'âge Eocène supérieur à Miocène moyen de la formation de Tonasa. Le K3 s'ouvre au fond d'une grande dépression allongée est-ouest. Il fait partie de la zone drainée par le réseau G.S.K.

9.2.4. - Description

* Le K3 s'ouvre par un puits étroit de 25 m, à une trentaine de mètres à gauche du sentier : il fonctionne comme perte. Creusé dans du calcaire blanc très corrodé, avec des vagues d'érosion, il donne sur un petit éboulis de galets de basalte dans une salle remplie partiellement de limons.

* Par un court passage bas on accède à la galerie fossile principale (10x2m) à très beau concrétionnement, plafond couvert de fistuleuses de 20 à 30 cm, et remplissage limoneux.

* Cette galerie donne accès à une rivière, développée vers l'amont, en marmites séparées par des seuils rocheux, et siphonnant à 100 m. En aval, la rivière de plus grande dimension, présente un long bief rectiligne sur diaclase. Un niveau de banquette très marqué, 1 à 2 m au-dessus de l'eau, couvert de vagues d'érosion, permet d'éviter par endroits une progression à la nage. Un lac avec voûte mouillante non franchie constitue le terminus provisoire du K3 à - 31 m.

* En remontant à main droite la galerie fossile, on parvient à un élargissement d'où un embranchement mène à un laminoir (3x0,25m) non poursuivi, avec un léger courant d'air. Au-delà, la galerie conduit rapidement à un court actif avec 2 siphons à droite et à gauche. Celui-ci est sans doute un tronçon amont de la rivière.

* Le K3 est situé à proximité de la galerie "Garuda", une quinzaine de mètres plus haut. La circulation de l'eau et son articulation avec la rivière du "15 août" restent énigmatiques.

9.2.5. - Equipement

* Une corde de 25 m est nécessaire pour le puits d'entrée ; le rocher est très corrodé et coupant ; utiliser les amarrages naturels.

* Pour le lac aval, un canot ou un gilet serait utile.

9.2.6. - Topographie

Effectuée par FB et OB.

Dév. : 440 m

Dén. : - 31 m

Ext.plane : grand axe/petit axe : 205m/-125m.

Grade : 4 (Fig. 9.5).

9.2.7. - Karstologie

Le concrétionnement est important dans l'aval de la galerie fossile : quelques très beaux massifs blancs, avec calcite en cristaux triangulaires, micro-gours et fistuleuses.

En dehors des remplissages et banquettes de limons, on rencontre des galets décimétriques de basalte, indurés en talus, au débouché sur la rivière. La partie active présente une roche nue, couverte de vagues d'érosion, parfois marmitée, avec des banquettes de 10 cm à 1,50 m. Un important dépôt de sédiments thixotropiques s'est accumulé dans un recoin du lac terminal.

9.2.8. - Perspectives

* Sur le plan spéléologique il faut revoir :
 - le lac aval
 - les siphons et voûtes mouillantes
 - le laminoir : c'est sans doute de là que sont venus les galets et les importants remplissages de limons. Une jonction avec G.S.K. est probable.

* Sur le plan hydrogéologique, on peut s'intéresser :
 - à la coloration
 - à l'origine des galets
 - au schéma d'évolution.

* En topographie, le cheminement extérieur K2-K3 reste à réaliser.

Fig. 9.5.

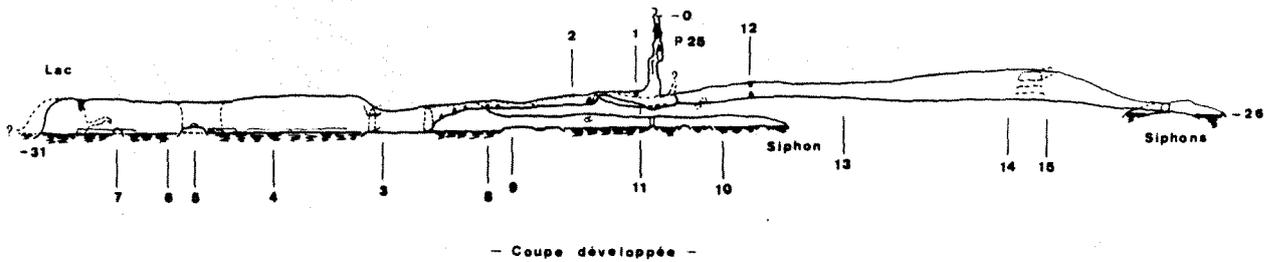
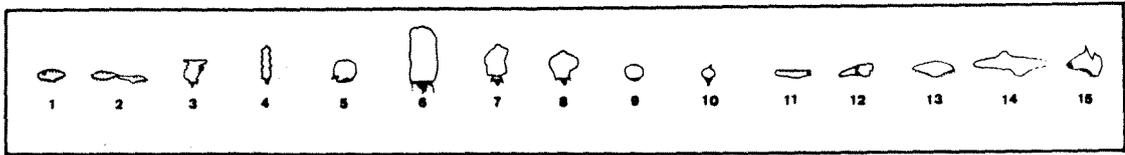
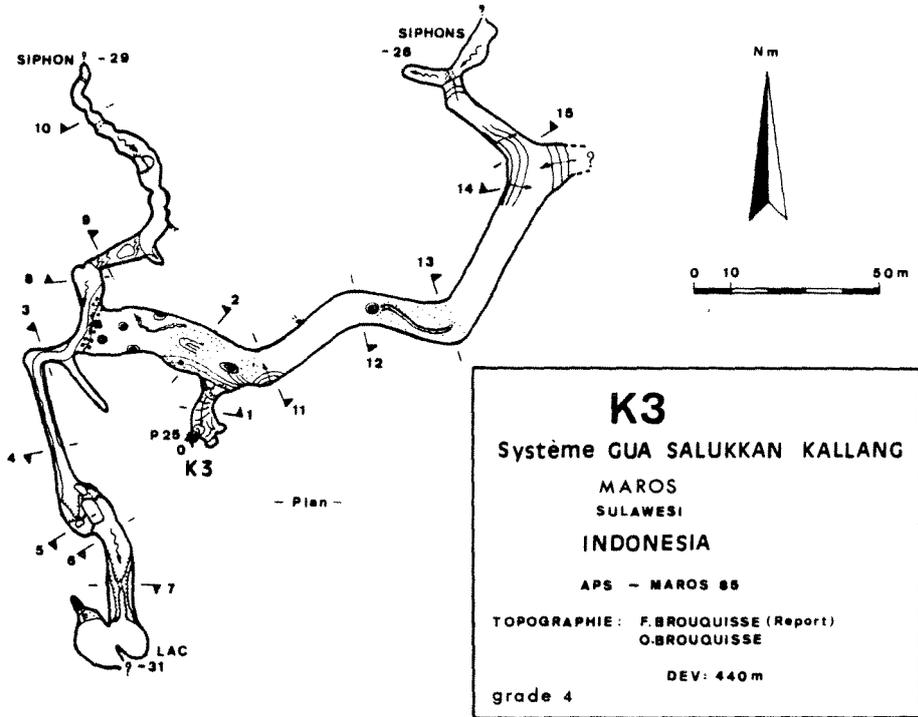
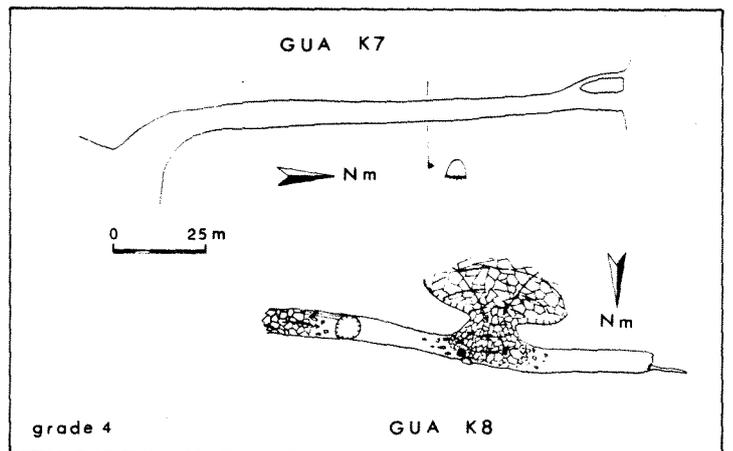
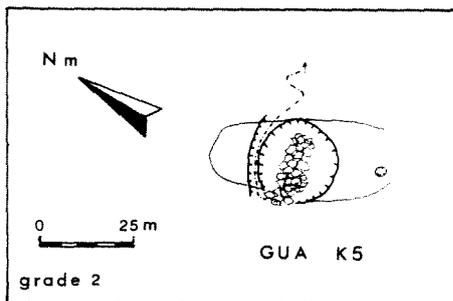


Fig. 9.6.



GUA K5 - K7 - K8

MAROS
SULAWESI
INDONESIA

9.3. - LES AUTRES CAVITES DU SECTEUR

K5 gouffre d'effondrement ; prof. estimée : 15 m - arrêt sur puits (Fig. 9.6) Topo : A. Bedos.

K6 vaste effondrement situé près du pk 56 de la route de Kappang, non descendu.

K7-K8 : grottes fossiles près du pk 57. Gale-

ries assez vastes. Dév. : 130 m et 153 m (Fig. 9.6) Topo : L. Deharveng et A. Bedos.

Be1 : "grotte au trésor" : grotte fossile près d'un captage. Dév. estimée : 50 m.

La localisation de l'ensemble de ces cavités est portée sur la figure 8.3.

*



10. LES CAVITÉS DES ENVIRONS DE BANTIMURUNG

L. DEHARVENG
A. BEDOS

Une grande partie de notre activité spéléologique a été axée sur la prospection du karst au niveau de la plaine alluviale, c'est à dire près du niveau des émergences. Les cavités sont extrêmement nombreuses, mais celles qui donnent sur un cours d'eau souterrain siphonnent rapidement. En ce qui concerne cette partie du karst de Maros, il semble donc peu probable qu'elle puisse nous livrer accès aux grands réseaux de drainage. C'est au niveau des pertes, au contact des roches non calcaires et dans la frange de karst qui les borde, que devront être dirigées les prospections futures, comme en témoigne la découverte du vaste réseau du Gua Salukkan Kallang décrit par ailleurs.

Ceci étant, les cavités explorées dans les environs de Bantimurung ne sont pas dépourvues d'intérêt. Plusieurs dépassent 500 m de développement, certaines sont richement concrétionnées (B2-B3), d'autres encore présentent des formes d'érosion souterraine de toute beauté (N5) ou renferment d'intéressants vestiges archéologiques (mains en négatif dans S22, gua Jaria et gua Kado). Du point de vue biologique, elles offrent une grande variété de biotopes abritant une faune très diversifiée, tant aquatique que terrestre.

Les cavités explorées dans les environs de Bantimurung appartiennent à de nombreux systèmes karstiques distincts, ou sont des cavités fossiles difficiles à rattacher à un système hydrologique précis. Pour la commodité de l'exposé, nous les avons regroupées en cinq ensembles correspondant à cinq secteurs de prospection (Fig. 8.1) :

- Le vallon de Bantimurung
- Le vallon de Patunuang
- Balangajea
- Sambukeaja
- Rumbua.

10.1. - VALLON DE BANTIMURUNG (B1 à B26).

10.1.1. - Présentation

Le vallon de Bantimurung est un havre de fraîcheur dans un cadre de cascades, de falaises et de pitons boisés, à l'écart de la plaine alluviale brûlée de soleil. Notre "camp de base" était situé à l'hôtel de Bantimurung, au bout de la route, non loin de la puissante émergence du réservoir de Bantimurung. Un peu en amont se trouve également l'énorme

source de Towakkalak, et à quelques 100 m derrière l'hôtel, une autre grosse émergence (B15). L'ensemble de ces sources donne naissance à la rivière de Bantimurung, dont nous avons évalué le débit à l'étiage à plus de 1,5 m³/s. Nous ignorons si ces différentes sorties d'eau correspondent à autant de systèmes karstiques indépendants. Dans cette dernière hypothèse, les cavités et émergences répertoriées se regrouperaient ainsi :

- Système Baharuddin : B15
- Système Bantimurung : B14
- Système Towakkalak : B4-5-6-7-10-11-12-13
- Autres cavités : petits systèmes indépendants, ou anciennes cavités fossiles.

Une prospection préliminaire de cette zone de Bantimurung avait été réalisée en 1983 (L.



Ph. 10.1 - Progression dans les corridors

(Ph. L. Deharveng)

Deharveng), puis en 1984 (Denis Wellens, comm. personnelle). L'équipe belge de Denis Wellens avait exploré ou topographié plusieurs petites cavités entre Bantimurung et Wattanang Meer (B4,5,6,7,9,10,11,12,13). Certaines d'entre elles (B4, B6-7) donnaient accès au cours souterrain de la rivière de Bantimurung, mais s'arrêtaient rapidement sur siphon. En 1985, nous avons revu les cavités de l'équipe belge, et en avons découvert quelques autres. Si rien d'exceptionnel n'a été trouvé du point de vue spéléo dans ce secteur, les observations réalisées sur les plans karstologie physique et biospéologie sont par contre très intéressantes.

La prospection dans la zone du Bantimurung est relativement aisée ; on progresse dans un dédale de grands corridors boisés, qui permettraient sans doute d'avancer assez loin au centre du massif (Ph. 10.1). Dans l'hypothèse très plausible où les eaux de Gua Salukkan Kallang résurgent à Bantimurung, c'est donc en direction de Kappang, en amont de Wattanang Meer, qu'il faudra poursuivre la prospection.

10.1.2. - Cavités du corridor de Bantimurung B1, B2, B3, B8 (Fig. 10.1).

Accès : suivre le corridor face à la grotte de Bantimurung (1/4 h de montée raide). Continuer dans la même direction en passant 2 dépressions successives (1/4 h de marche, machette utile). Prendre alors un autre corridor perpendiculaire à droite. Le long de la paroi de droite, on trouve successivement le gouffre B1 (à 1'), puis les grottes B2 et B3 (à 5', au fond du cirque. On peut continuer

au-delà par un étroit corridor remontant juste après B3).

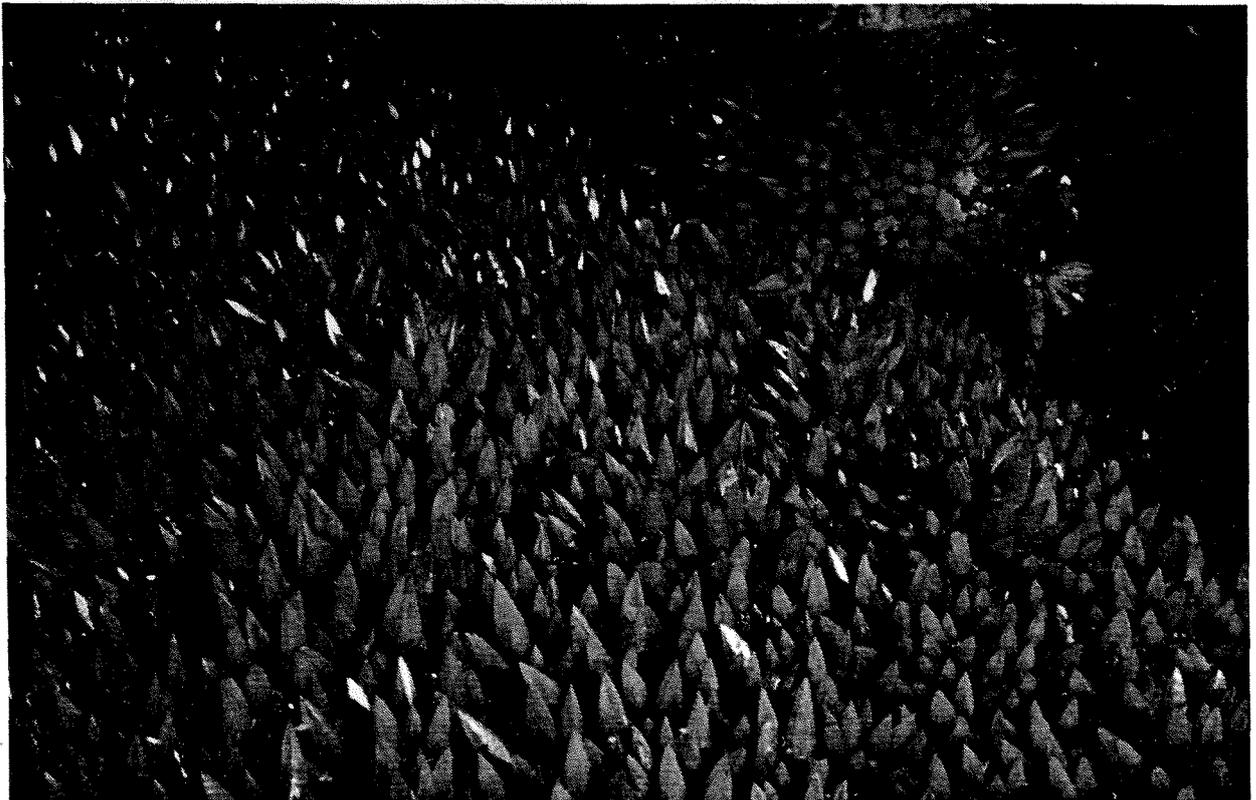
Gouffre B1. Simple puits de 25 m de profondeur. Topo : F. Brouquisse.

Grottes B2 et B3 Marquage : B2 et B3 aux entrées, à la peinture bleue (Fig. 10.1 ; Ph. 10.2., 10.3).

Historique : cavités découvertes explorées et topographiées les 21 (B2) et 24 avril (B3) par A. Bedos et L. Deharveng.

Description de B2 : la grotte s'ouvre en pied de falaise par un porche de 10x3 m. Une courte descente mène dans une salle horizontale à sol de terre (15x25x2-4 m). Vers le nord-ouest, on accède par des rétrécissements à deux petites salles successives puis une troisième colmatée par les concrétionnements. A l'ouest de la première salle, un passage donne accès à une nouvelle salle subhorizontale d'environ 30 m de diamètre, richement concrétionnée (stalactites, stalagmites et colonnes de grande taille). La cavité se rétrécit ensuite et se termine 30 m plus loin colmatée par la concrétion.

Description de B3 : quelques mètres seulement séparent cette nouvelle cavité de B2. Un laminoir descendant permet d'accéder à une salle très concrétionnée, remarquable par son plafond traversé de part en part d'un filon de basalte. Au sud, arrêt sur colmatage par concrétion. Vers l'est, après une zone de gours étagés secs, on rencontre une galerie orientée N-S ; vers le sud, elle s'arrête sur un nouveau bouchon de concrétions ; vers le nord, elle mène après 20 m à une salle en contrebas encombrée de blocs et d'argile dans



Ph. 10.2 - Grotte B3 - Cristaux en "dents de cochon" (Ph. F. Brouquisse)

laquelle un passage central entre les blocs permettrait peut être de descendre 6-8 m plus bas.

Spéléométrie :

Développement : 166 m (B2), 212 m (B3)

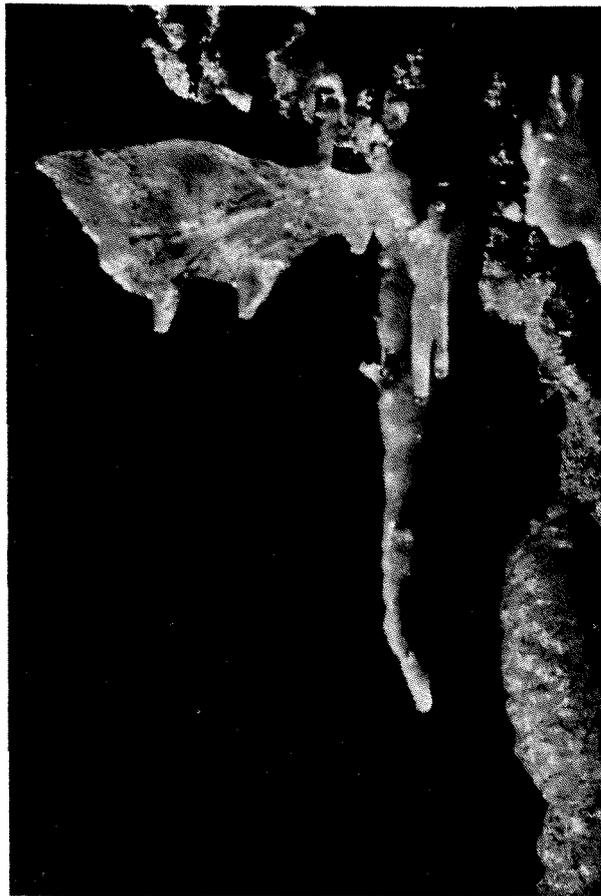
Dénivelé : - 20 m

Extension plane : grand axe/petit axe :
165m/55m (B2+B3), 100m/36m (B2 seul),
69m/40m (B3 seul).

Potentiel : B2 et B3 sont placées très haut par rapport aux circulations actives voisines (ruisseau de Bantimurung). La seule continuation possible au fond de la salle terminale de B3 laisse peu d'espoir (éboulis instable, argile et absence de courant d'air).

Remplissages : ces deux cavités sont remarquables par leurs concrétions, les plus belles et les plus variées que nous ayons rencontrées dans le karst de Maros. Certaines stalagmites et colonnes de B2 dépassent 3 m de haut. Dans B3, on observe une grande abondance d'excentriques en bouquets, notamment en C et D où ils atteignent 20 cm de longueur. En C, un fond de gour à sec est couvert de magnifiques cristaux en dents de cochon. Ce concrétionnement détermine un colmatage important des conduits, à l'exception de la salle terminale de B3 où le remplissage de blocs éboulés et d'argiles semble lié à la présence d'un dyke de basalte associé à une zone de fractures.

Géologie, spéléogénèse : B2 et B3 sont creusées aux dépens d'une même fracture. Par contre, si B2 se développe entièrement dans le calcaire, B3 traverse de part en part un petit dyke de basalte, bien visible en plafond sur toute la longueur de la première salle (photo 13.6). Ce dyke se retrouve à l'extérieur où il forme le sol d'un étroit corridor remontant (2 m de large environ) qui part au fond du cirque juste après B3. Que ce soit en plafond



Ph. 10.3 - Grotte B3 (Ph. L. Deharveng)

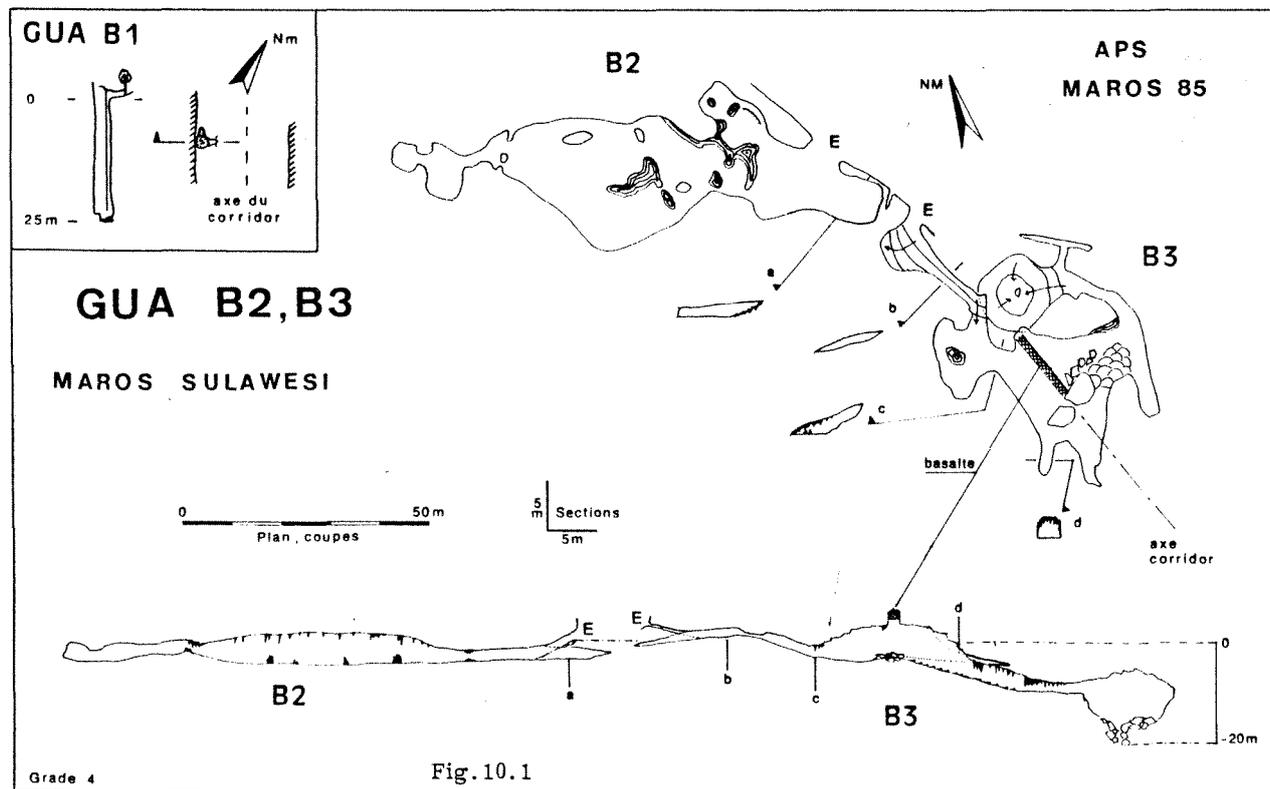


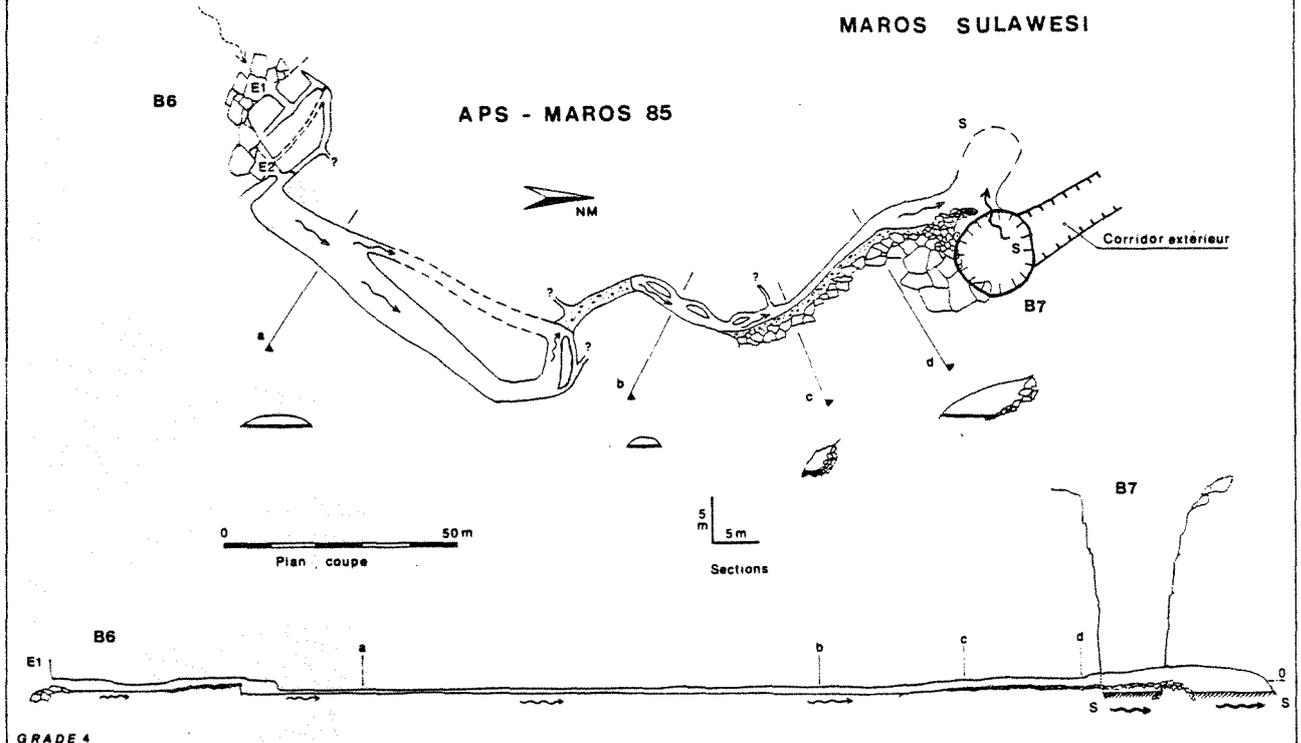
Fig. 10.1

Grade 4

Fig.10.2

GUA WATTANANG

MAROS SULAWESI



dans la grotte ou au sol dans le corridor, le basalte se trouve plus érodé que le calcaire encaissant.

Biologie : l'eau est rare dans B2-B3. A l'entrée de B2 (en A sur la topo), une petite flaqué constitue probablement un point d'eau pour des ongulés sauvages dont on peut observer de nombreuses empreintes de sabots dans l'argile. Les chauves-souris sont peu abondantes, et le guano dispersé. La faune reste pauvre.

B8. Vaste effondrement dans le prolongement du corridor de Bantimurung, au-delà de B1. Non descendu. Profondeur estimée : - 15 m.

10.1.3. - Gua Danau (B4) et gua Uri (B5)

Accès : depuis le corridor de Bantimurung, prendre un autre petit corridor à gauche un peu avant B1-B2-B3, après une courte montée suivie d'une descente raide (environ 15 minutes) on débouche sur un nouveau corridor perpendiculaire ; à gauche, on arrive juste au-dessus de Towakkalak Meer ; à droite, ce corridor monte en pente raide. A la base de la pente s'ouvre par un petit orifice gua Danau. En continuant dans la même direction, on trouve un peu plus loin à droite gua Uri.

Gua Danau (B4). Gouffre-regard sur la rivière souterraine de Bantimurung, exploré par l'expédition belge de 1984. Prof. : - 32 m.

Gua Uri (B5). Grotte fossile à 3 entrées, topographiée par l'expédition belge de 1984. Dév. environ : 90 m.

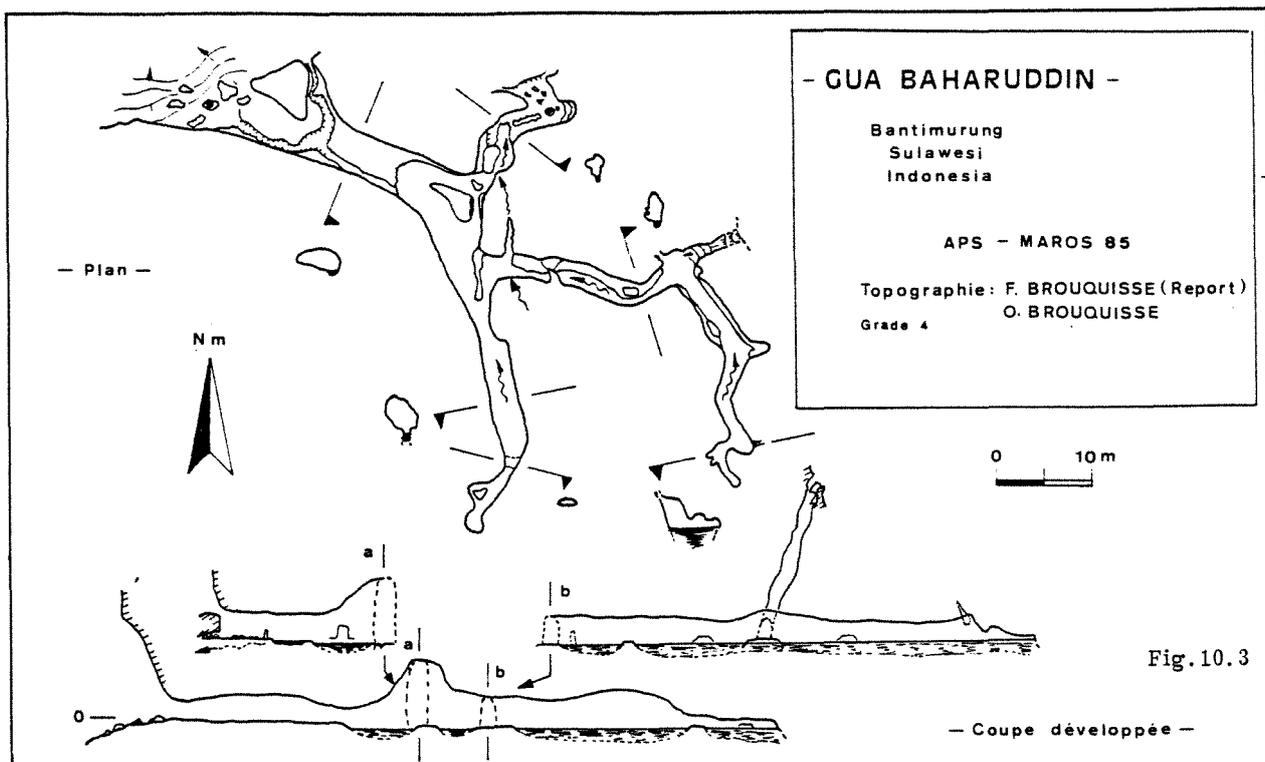
10.1.4. - Gua Wattanang (B6, B7) (Fig. 10.2).

Accès : suivre le corridor qui part de Gua Danau vers le nord-est pendant environ 30'. On arrive alors sur un lit de rivière, à sec lors de notre passage, qui se perd entre les blocs au pied d'une petite falaise. C'est là que s'ouvre gua Wattanang (entrée B6). De là, en suivant le même corridor pendant 5' vers le nord, on débouche en haut d'un grand gouffre d'effondrement au fond duquel on peut apercevoir un lac d'eau verte : il s'agit de la seconde entrée de la cavité (B7) correspondant très vraisemblablement à la "Wattanang Meer" de la carte topographique au 1/50.000.

Historique : gua Wattanang (entrée B7) avait été, semble-t-il, vu et descendu par l'expédition belge de 1984, qui avait remonté le cours souterrain jusqu'en B6 (d'après des croquis d'explor. transmis par Denis Wellens, 1985).

Description : l'entrée B6 s'ouvre entre des blocs rocheux au-dessus de la perte citée plus haut. On accède immédiatement dans un petit actif qui, après un passage dans une zone fissurée et éboulue, circule dans une galerie très large et basse (5-10x1-1,5m). Après une centaine de mètres, la morphologie du conduit se modifie, le bord droit se trouvant constitué d'un éboulis de gros blocs et le plafond atteignant 2-3 m pour une largeur de 5 m. Cinquante mètres plus loin, on débouche au bord d'une vasque d'eau verte, au pied d'un énorme gouffre s'ouvrant à l'extérieur (entrée B7). Il s'agit en fait du siphon amont de la puissante rivière de Bantimurung, qui s'écoule par dessus un seuil rocheux vers l'ouest, parcourt une vingtaine de mètres dans une vaste galerie, et siphonne à nouveau en aval.

Topographie : L. Deharveng et A. Bedos.



Spéléométrie :
 Développement : 440 m
 Dénivelé : environ 40 m
 Extension plane : grand axe/petit axe :
 170m/84m.

Perspectives : Le système de Wattanang constitue un regard sur un court tronçon de la rivière souterraine de Bantimurung, mais le potentiel de découvertes futures à ce niveau reste très limité (siphons).

Quelques départs dans l'affluent venant de B6 restent à explorer ; l'origine même de cet affluent, en amont de B6, mériterait d'être recherchée.

10.1.5. - Cavités et sources du vallon de Bantimurung proprement dit

Gua Putih (B9). Grotte fossile en bordure de falaise, topographiée par l'équipe belge de 1984. Dév. estimé : 150 m.

Gua Towakkalak (B10) (Ph. 10.4). Large passage fossile emprunté par la rivière de Bantimurung, exploré par l'expédition belge de 1984.

Source de Towakkalak (B11) (Ph. 10.4). Grosse source vaclusienne formant la Towakkalak Meer, topographiée par l'expédition belge de 1984. Débit : 2 m³/s en avril 1965 d'après Balazs (1969).

Gua Bantimurung (B12). Grotte fossile horizontale située dans le vallon de Bantimurung, topographiée par l'équipe belge de 1984. Dév. estimé : 150 m.

Gua Anggawati (B13). Grotte fossile descendante, topographiée par l'équipe belge de

1984. Dév. estimé : 50 m.

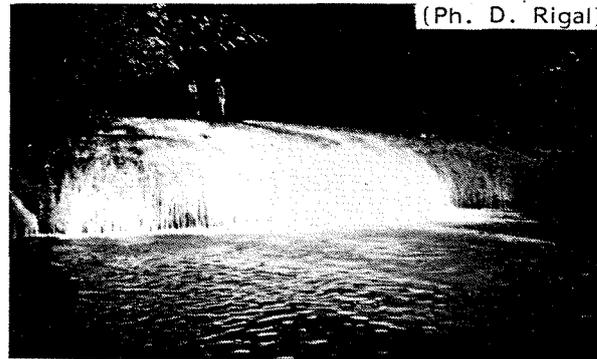
B14. Source du réservoir de Bantimurung : grosse source, plusieurs griffons impénétrables. Débit évalué à 1/2 m³/s en avril 1965 d'après Balazs (1969).

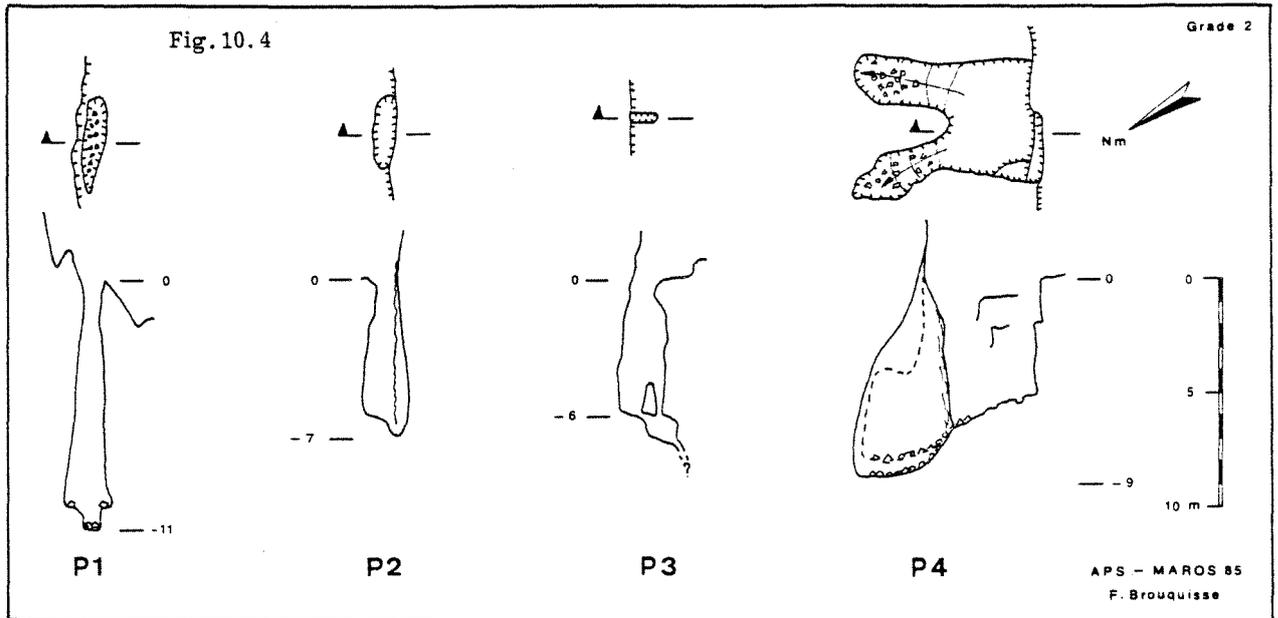
Gua "Baharuddin" (B15) (Fig. 10.3). Cette cavité est une émergence située en rive gauche du vallon de Bantimurung, au pied de la falaise et à 150 m environ de l'hôtel. Les eaux sortent par plusieurs griffons dans des éboulis impénétrables 2 m plus haut que le niveau de la rivière de Bantimurung. Il existe 4 entrées pénétrables situées un peu plus haut, donnant tout de suite sur le cours souterrain. La progression, très aquatique, est rapidement stoppée sur siphon dans les deux branches de la cavité. La roche est généralement nue et très corrodée. La faune terrestre, assez riche, se concentre sur quelques coulées argileuses. Dév. : 137 m.

Topographie : F. et O. Brouquisse, L. Deharveng.

Ph. 10.4 - Ruisseau de Bantimurung, un peu en aval de la source de Towakkalak

(Ph. D. Rigal)





CORRIDOR DE L'HOTEL
BANTIMURUNG
SULAWESI

10.1.6. - Cavités du corridor de l'hôtel

Le "corridor de l'hôtel" se développe en rive droite du vallon de Bantimurung, au niveau de l'hôtel. Il se dirige, vers le nord-ouest, en pente raide jusqu'à un col (sous le point côté 182 de la carte au 1/50.000) puis redescend vers la plaine alluviale.

B16 (Trou du Pissadou). Minuscule cavité Dév. : 2 m (station bio.).

B17 (Grotte du corridor). Au début du corridor de l'hôtel, petite grotte fossile. Dév. estimé : 20 m.

Gouffres B18, B19, B20, B21, B22. Simples puits situés dans le corridor de l'hôtel. Prof. : -6 à -11 m. Croquis d'exploration par F. Brouquisse (Fig. 10.4).

B23 (Perte du corridor). Petite perte obstruée par les éboulis. Prof. environ 10 m. Station bio.

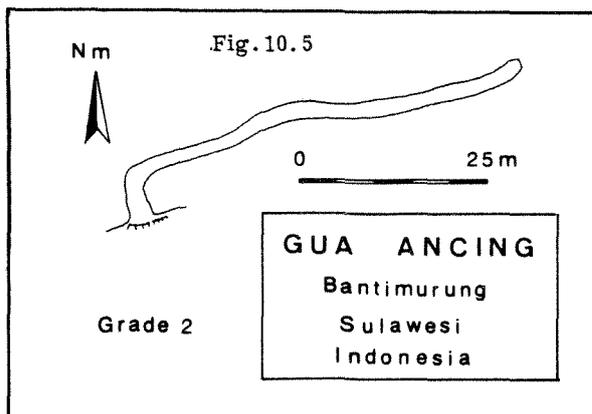
B24. Gouffre non descendu. Prof. estimée au moins 15 m.

10.1.7. - Cavités du vallon de Bantimurung en aval du débouché du corridor de l'hôtel, rive droite

B25. Petite grotte fossile non topographiée, avec concrétions en boules. Dév. estimé : 20 m, courant d'air (étroiture).

Gua Ancing (B26) (Fig. 10.5). Grotte fossile développée parallèlement à la paroi. Dév. estimé : 60 m. Croquis d'explo. : A. Bedos.

Ph. 10.5 - S22, mains en négatif (Ph. D. Rigal)



10.2. - VALLON DE PATUNUANG

La rivière de Patunuang prend sa source sur les pentes des massifs volcaniques à l'est du karst de Maros, qu'elle traverse entièrement par des gorges assez profondes jusqu'au village de Patunuang ; plus en aval, elle coule dans une large vallée pour rejoindre la rivière de Bantimurung à 2,5 km de Samanggi. Le grand nombre de cavités reconnues dans ce secteur ne nous a pas laissé le temps de pénétrer à l'intérieur même du massif calcaire.

Pertes et résurgences sont nombreuses en pied de falaises. Les cours d'eau souterrains semblent souvent suivre un trajet plus ou moins parallèle à la bordure du karst. Certains circulent à un niveau inférieur à celui de la plaine alluviale (S26). La progression dans les cavités actives s'arrête généralement sur siphon après quelques mètres ou quelques centaines de mètres. Deux ruisseaux souterrains à fort débit ont été rencontrés (N1 et N3, arrêt sur siphon), mais il pourrait s'agir de courts réseaux perte-résurgence développés le long du vallon de Patunuang.

Cette organisation des réseaux hydrologiques, encore très mal comprise, rend difficile l'évaluation du potentiel spéléo de la zone, et nous a conduits à décrire successivement les différentes cavités explorées sans tenter de regroupements par systèmes karstiques. Nos recherches ont porté sur deux secteurs : la rive droite du vallon, aux environs de Samanggi d'une part (Ph. 10.6) ; le fond du

vallon, aux environs de Patunuang d'autre part.

10.2.1. - Rive droite du vallon de Patunuang aux environs de Samanggi

L'accès aux cavités de ce secteur ne pose aucun problème depuis la route Bantimurung-Kappang (cf. carte de la fig. 10.1).

Gua Jaria (S 18). Environ 150 m de boyaux, plusieurs entrées en pied de falaise. Empreintes de mains en négatif sur parois.

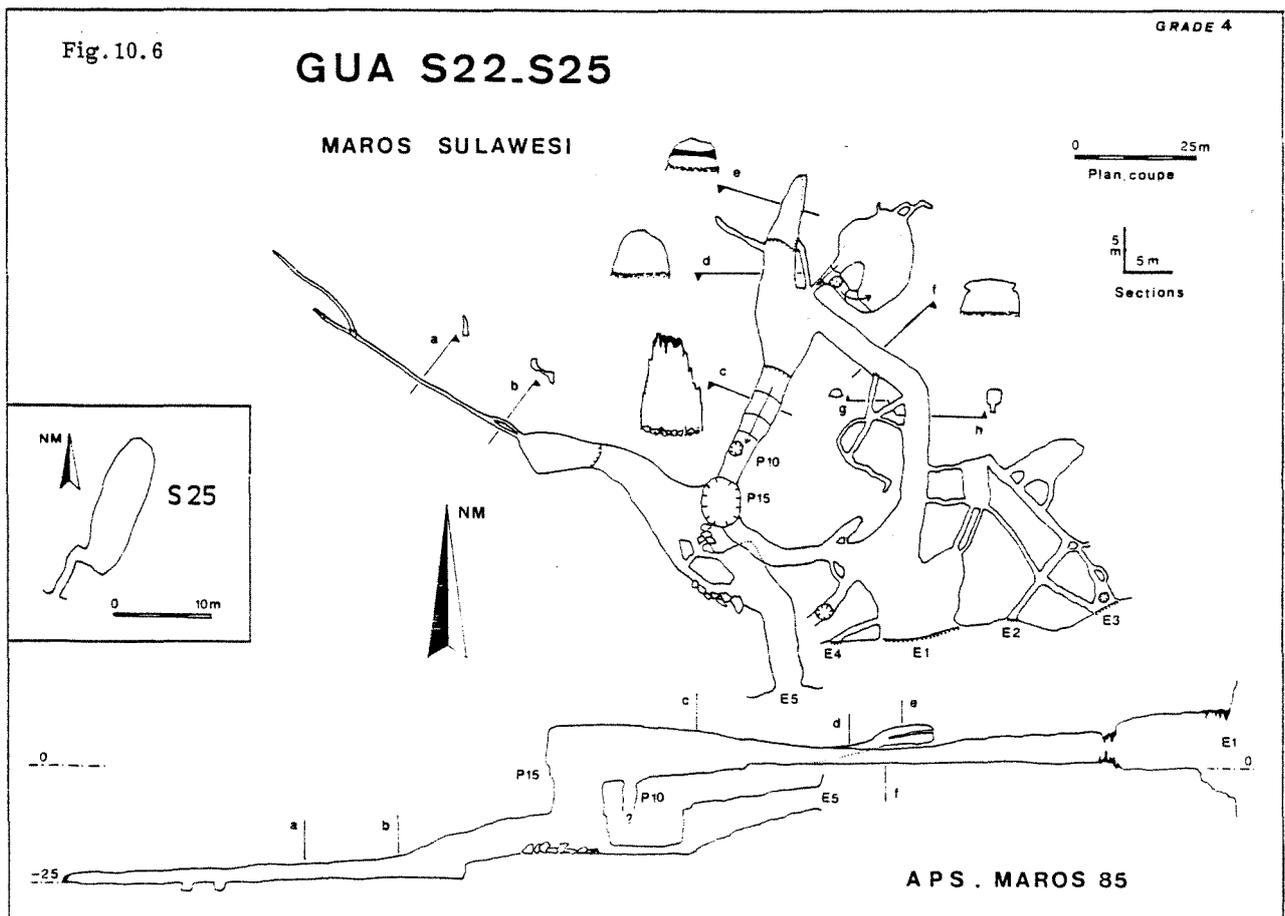
S 19. Regard sur ruisseau souterrain.

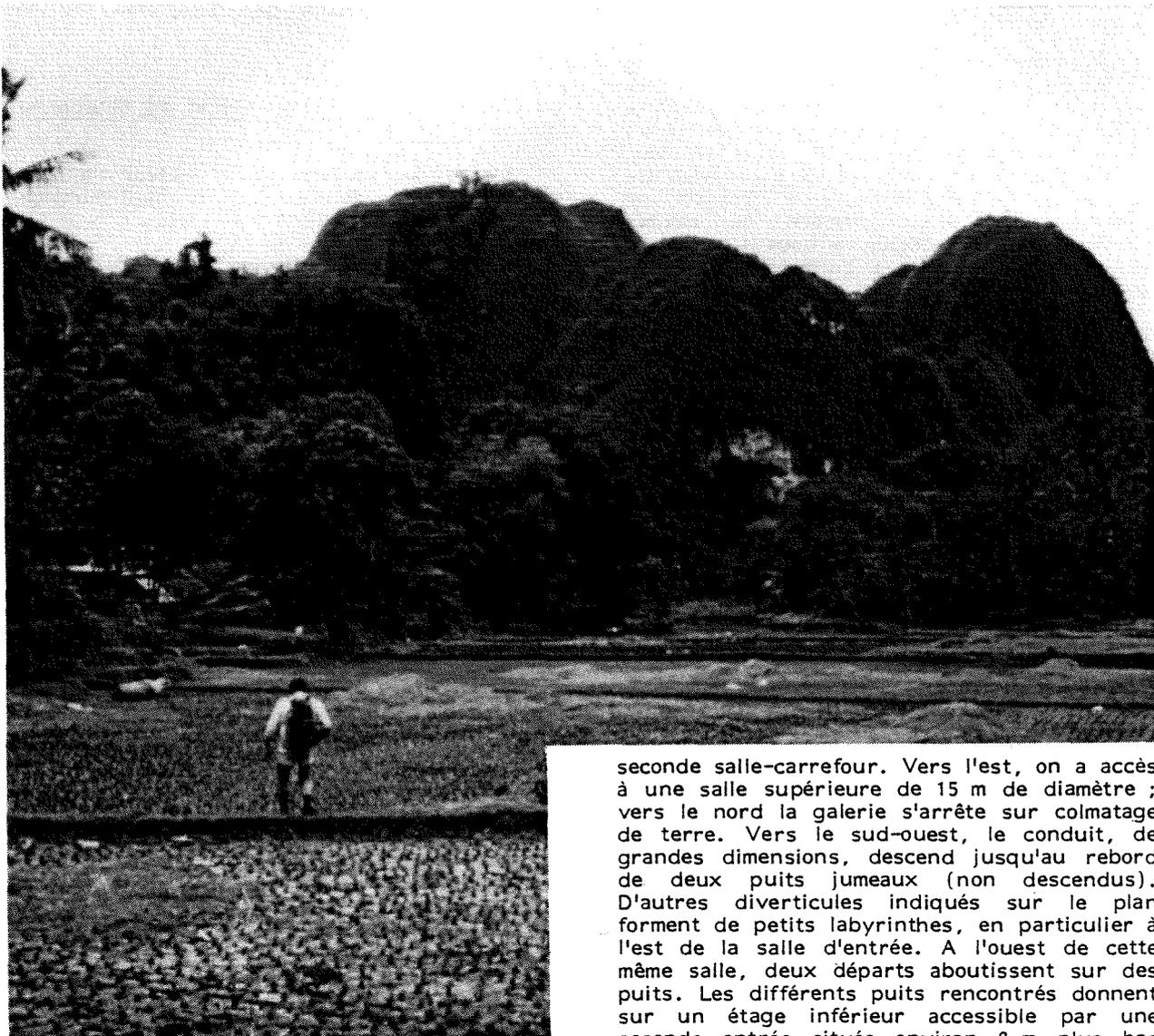
S 20 (Fig. 10.13). Petite rivière souterraine ; exploration non terminée vers l'aval (arrêt sur fort courant d'air mais voûte basse). Dév. estimé : 220 m. Croquis d'expl. : L. Deharveng.

S 21 : Petite grotte fossile au-dessus de S 20.

S 22 ("Mégagrotte aux mains") (Fig. 10.6 ; Ph. 10.5, 10.6, 10.7).

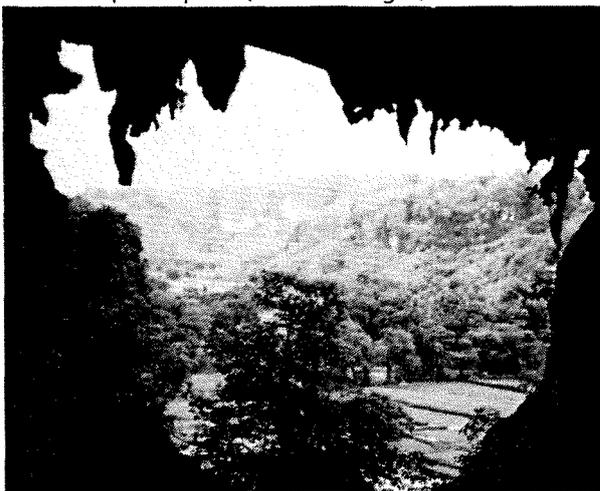
Accès, description : une montée abrupte au-dessus de la plaine alluviale mène en 10' au vaste porche d'entrée de cette cavité (Ph. 10.7, 10.6). De nombreuses galeries partent de la salle d'entrée. La plus importante se dirige vers le nord et aboutit après 60 m à une





Ph. 10.6 - Vallon de Samanggi (avec en falaise le porche de S22) (Ph. D. Rigal)

Ph. 10.7 - Grotte S22, vue depuis l'entrée principale (Ph. D. Rigal)



seconde salle-carrefour. Vers l'est, on a accès à une salle supérieure de 15 m de diamètre ; vers le nord la galerie s'arrête sur colmatage de terre. Vers le sud-ouest, le conduit, de grandes dimensions, descend jusqu'au rebord de deux puits jumeaux (non descendus). D'autres diverticules indiqués sur le plan forment de petits labyrinthes, en particulier à l'est de la salle d'entrée. A l'ouest de cette même salle, deux départs aboutissent sur des puits. Les différents puits rencontrés donnent sur un étage inférieur accessible par une seconde entrée située environ 8 m plus bas que l'entrée principale. Cet étage inférieur est constitué d'une zone complexe (base des puits, avec éboulis), qui se poursuit vers le nord-ouest par un petit boyau concrétionné. Arrêt par bouchon de concrétions.

Topographie : L. Deharveng, A. Bedos, B. Lebreton.

Spéléométrie

Développement : 780 m

Dénivelé : - 25 m, + 8 m

Extension plane : grand axe/petit axe : 190 m/102 m.

Potentiel : les labyrinthes de boyaux de l'étage supérieur n'ont été qu'incomplètement explorés, mais ne semblent pas susceptibles de donner des prolongements intéressants, vu l'importance des colmatages terreux. La première partie de l'étage inférieur mériterait d'être revue de façon plus approfondie.

Archéologie : le plafond de la salle d'entrée présente des empreintes de mains en négatif (Ph. 10.5).

Biologie : la grotte, bien qu'assez sèche dans sa partie supérieure, recèle une faune diversifiée, en particulier guanobie. La galerie inférieure malgré son humidité, est presque azoïque.

S 23. Perte non explorée.

S 24. Grotte de pied de falaise temporairement et partiellement active, formée d'un labyrinthe de hautes diaclases. Plusieurs entrées. Non terminée. Dév. estimé : 100 m.

S 25 (Fig. 10.6). Petite grotte fossile. Dév. : 26 m. Topo. : L. Deharveng, A. Bedos.

S 26. Petit effondrement de la "plaine alluviale" donnant sur une circulation active. Non exploré.

10.2.2. - Fond du vallon de Patunuang aux environs de Patunuang

Comme précédemment, on accède très facilement à toutes les cavités reconnues dans ce secteur à partir de la route Bantimurung-Kappang.

Grotte N1 (=grotte du restaurant) (Fig. 10.7).

Accès : Cette grotte s'ouvre en rive gauche de la rivière de Patunuang, face à un restaurant (avis aux Lotois), peu après le km 46 de la route de Kappang.

Description : Une galerie assez basse (1,5m) et large (5-6m) débouche après environ 40 m sur la galerie principale à laquelle on accède par un petit ressaut de 2 m. Vers l'ouest, le conduit devient plus étroit, avec quelques diverticules, avant de sortir en pied de falaise 130 m plus loin. Vers l'est, on progresse dans une galerie spacieuse (3-6x2,5-10m), assez bien concrétionnée, horizontale, à sol argileux. Après environ 160 m, la direction s'infléchit progressivement vers le sud jusqu'à un balcon dominant d'environ 4-5 m un ruisseau souterrain. Une pente argileuse déclive (corde préférable, amarrages naturels) permet

de prendre pied dans le cours d'eau dont le débit a été évalué à 300 l/s. On butte très vite sur siphons en amont comme en aval.

Topographie : L. Deharveng, A. Bedos.

Spéléométrie

Développement : 550 m.

Dénivelé : - 11 m.

Extension plane : grand axe/petit axe : 330m/80m.

Potentiel, observations : Il n'existe aucun espoir de continuation dans cette cavité. L'émergence du ruisseau souterrain n'a pas été localisée ; seule une petite sortie temporaire (à sec lors de notre visite) existe non loin de l'entrée E3 de cette grotte. Aucune trace de basalte n'a été notée. La faune terrestre est peu abondante.

N2 (gua Angarase). Série de grottes en bordure de la route de Kappang, sans doute en liaison avec N1. Non explorées.

N3 (grotte de la piscine) (Fig. 10.8).

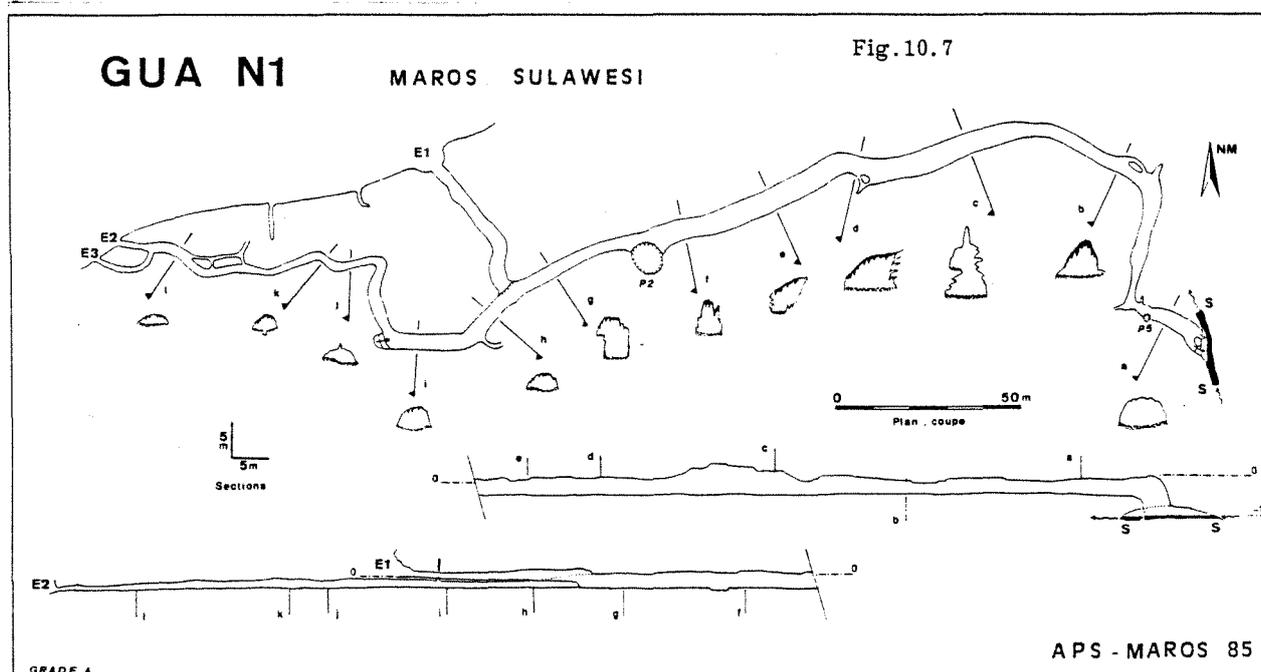
Grotte-résurgence partiellement captée. On suit le ruisseau (profondeur 1,5-2m) jusqu'à un siphon ; en rive droite, une galerie remontante donne accès à une seconde sortie en falaise. Dév. estimé : 200 m. Croquis d'explo. : L. Deharveng.

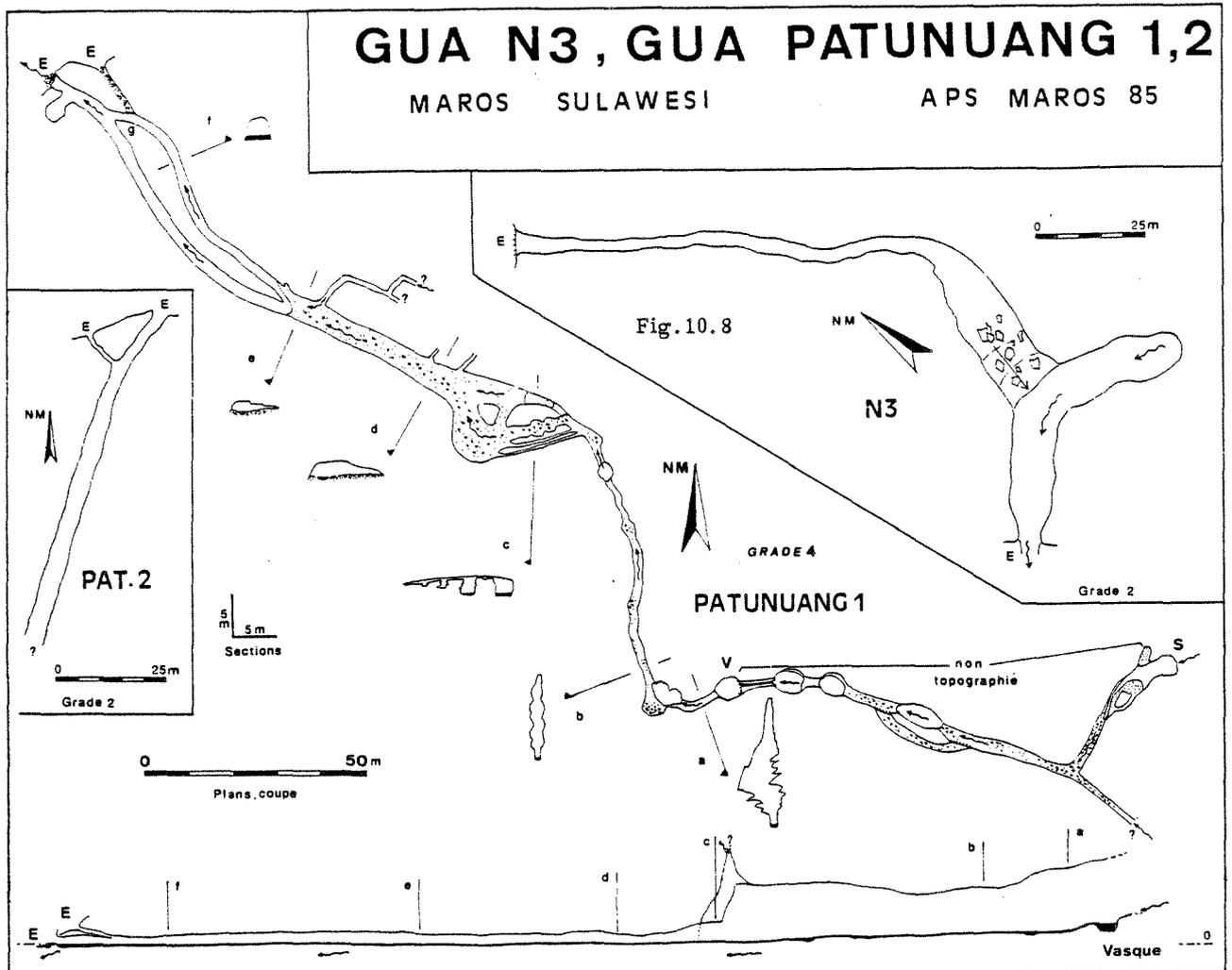
Gua Patunuang 2 (N4) (Fig. 10.8). Galerie basse. Arrêt sur étroiture. Dév. estimé : 80 m. Croquis d'explo. : L. Deharveng.

Gua Patunuang 1 (N5, grotte du radeau) (Fig. 10.8).

Accès : l'entrée de la cavité se trouve juste au-dessous du premier lacet de la route qui monte à Kappang.

Description : à partir de la résurgence, on accède à un système de deux galeries parallèles de 1,5-2x2-3m où la progression se fait dans 0,5 à 2 m d'eau. En g, un boyau supérieur vient d'une entrée voisine sèche. Après





70 m, le conduit s'élargit et son plafond s'abaisse (5x1-1,5m) ; le sol est constitué de sables fins et de galets, et le ruisseau coule le long de la paroi de droite. Un petit affluent de 1x0,5 m a été remonté sur 30 m à partir du point e. A 140 m de l'entrée, une zone complexe (c) marque la transition vers une galerie à morphologie de grand méandre que l'on remonte sur 80 m. On rencontre une succession de petites cascades, dalles calcaires et vasques profondes, le lit du ruisseau étant souvent constitué de la roche nue ou de graviers propres. Pour des raisons techniques, nous avons dû arrêter la topo peu après le point a. Le méandre continue au-delà sur environ 80 m jusqu'à l'arrivée d'un petit affluent provenant d'une diaclase que nous avons remontée sur une vingtaine de mètres. En amont de ce carrefour, la galerie principale oblique sur la gauche et s'élargit en une petite salle terminale. Arrêt sur siphon.

Topographie : L. Deharveng, A. Bedos, C. Dutin.

Spéléométrie

Développement : 557 m

Dénivelé : + 18 m (estimé : 30 m)

Extension plane : grand axe/petit axe : 300m/81m.

Potentiel : les deux affluents restent à explorer, ainsi que la cheminée en c. Gua Patunuang 1 correspond vraisemblablement à la perte du ruisseau de Leampattang indiquée sur

la carte au 1/50.000. Dans cette hypothèse, on peut espérer réaliser la traversée complète si on se fie à la dimension des troncs d'arbres entraînés par les crues et coincés dans les galeries de la grotte. Toutefois, la distance à vol d'oiseau n'est que de 600 m. A noter enfin la beauté des formes d'érosion dans le grand méandre principal, creusé dans un calcaire très blanc.

Biologie : la faune de cette cavité est particulièrement diversifiée, avec un mélange de formes épigées et de formes cavernicoles. Crevettes aveugles et crabes ne sont pas rares dans le petit affluent e. Sur les parois ruisselantes du méandre déambulent de nombreux opilions. Une énorme anguille sombre a même été rencontrée près du siphon amont.

10.3. - SECTEUR DE BALANGAJEA

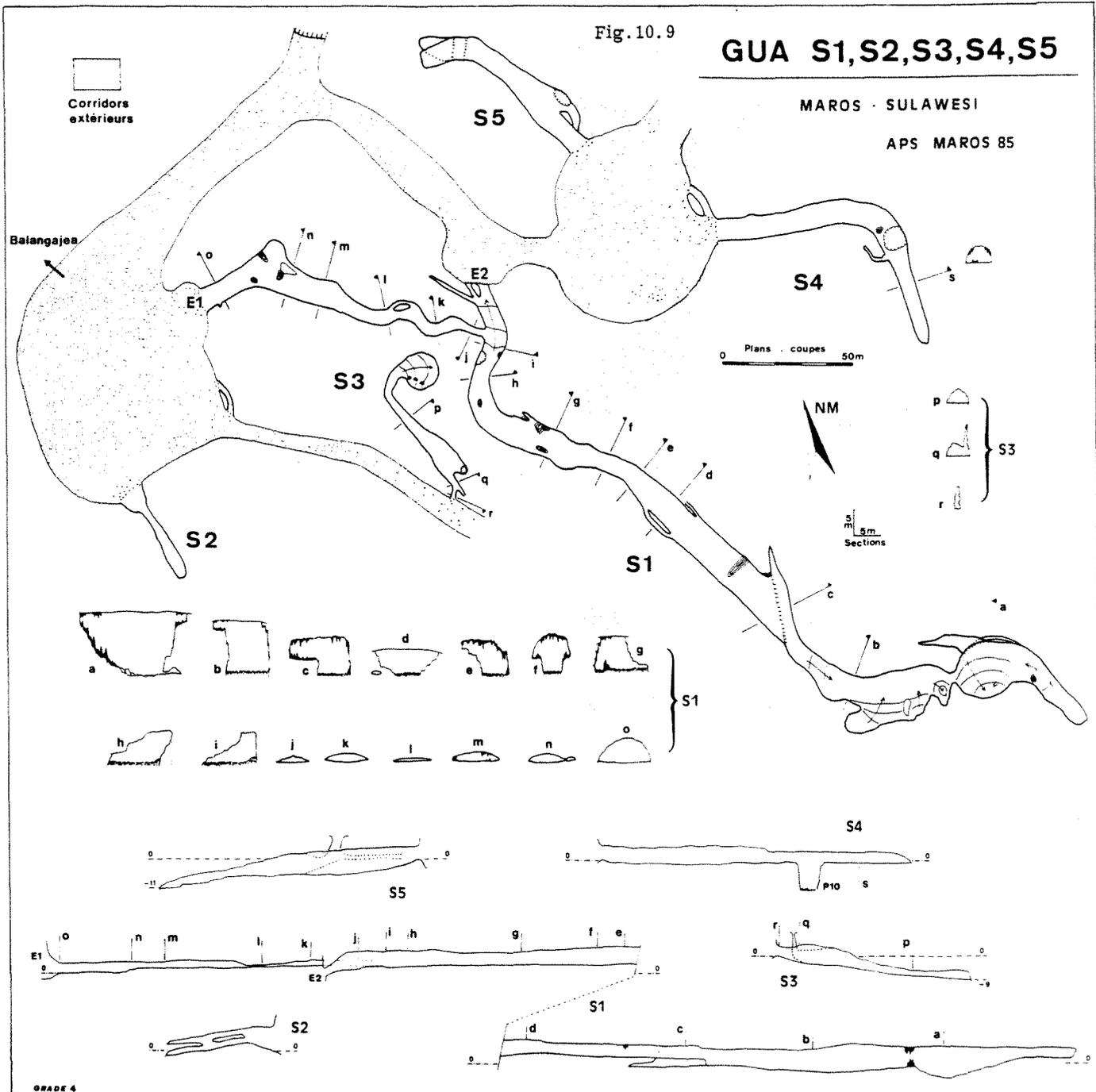
Le hameau de Balangajea et la source du même nom, non indiqués sur la carte topographique au 1/50.000, se situent à l'ouest d'une zone karstique importante dont le versant nord borde le vallon de Patunuang et renferme diverses cavités dont la grotte N1. La source de Balangajea (S 17) forme une vasque ombragée où les villageois viennent puiser leur eau, laver leur linge ou simplement se baigner. Il s'agit d'une source vaclusienne impénétrable dont le débit ne doit pas dépasser 150 l/s. Nos

Fig.10.9

GUA S1,S2,S3,S4,S5

MAROS · SULAWESI

APS MAROS 85



prospections ont porté sur la base des falaises au nord de la source, et sur une toute petite partie du karst sus-jacent. Toutes les cavités explorées dans ce secteur sont des grottes fossiles à dominante horizontale, témoignant de différents niveaux de karstification. Leur nombre et leurs dimensions traduisent un potentiel spéléologique non négligeable. Les grottes des niveaux supérieurs constituent une belle illustration du démantèlement de réseaux souterrains par effondrement des voûtes, ou creusement ultérieur de corridors et dépressions ; les conduits se correspondent de part et d'autre d'un même corridor, ce qui a pour avantage de guider la prospection. Aucune des cavités explorées ne semble susceptible de livrer d'importants prolongements, la plupart s'arrêtant sur colmatage terreux. C'est vraisemblablement plus à l'est, au contact des

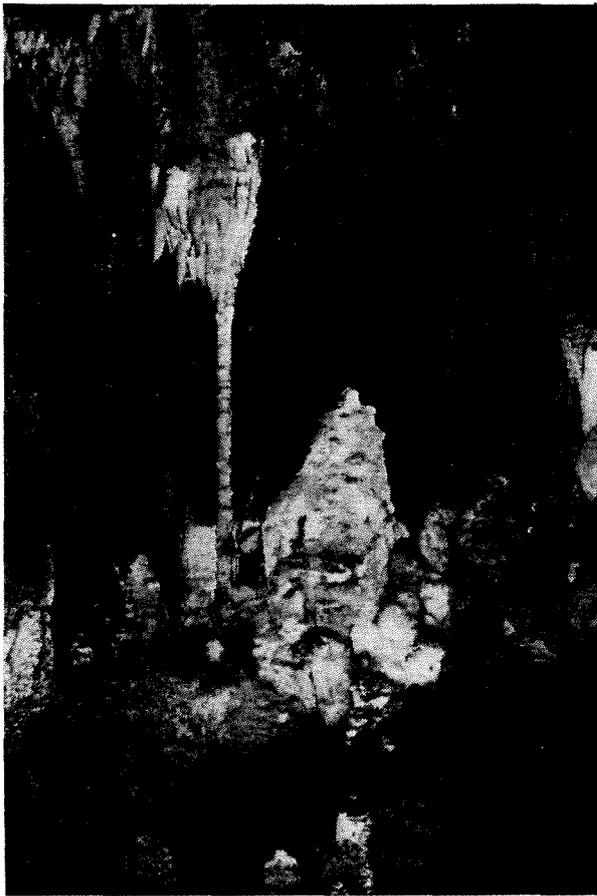
basaltes, que l'on peut espérer trouver un accès aux réseaux profonds actifs de cette zone karstique.

10.3.1. - Complexe S1,S2,S3,S4,S5 (Fig.10.9)

Accès : depuis le fond de la reculée de Balangajea, un sentier abrupt mène à ces cavités en 15'. Les habitants du hameau connaissent leur emplacement. Cavités marquées à l'entrée à la peinture bleue.

Description : il s'agit d'un ensemble de 5 cavités fossiles voisines les unes des autres. Les dimensions des conduits sont souvent importantes. Il n'y a aucune circulation active.

La grotte S1 s'ouvre par un assez grand porche et se poursuit par une galerie horizontale très basse et large dont le sol est cons-



Ph.10.8 - Gua S1

titué de nombreux petits gours à sec. Après 125 m, on débouche sur un conduit d'assez grandes dimensions. Vers la gauche, il donne rapidement sur une seconde sortie au fond d'un petit cirque rocheux ; vers la droite, il se poursuit sur plus de 150 m, avec un concrétionnement important. On arrive alors à un ressaut de 2,5 m qui permet de prendre pied dans une grande galerie (10-15x6-12m). Le sol est recouvert d'une épaisse couche de guano frais qui dégage une forte odeur d'ammoniac. De nombreuses concrétions ornent le sol, les parois et le plafond. Cette galerie se termine par une belle salle (15-20m de diamètre), sur remplissage de concrétions.

Les autres cavités sont des galeries simples, souvent assez spacieuses, mais beaucoup plus courtes.

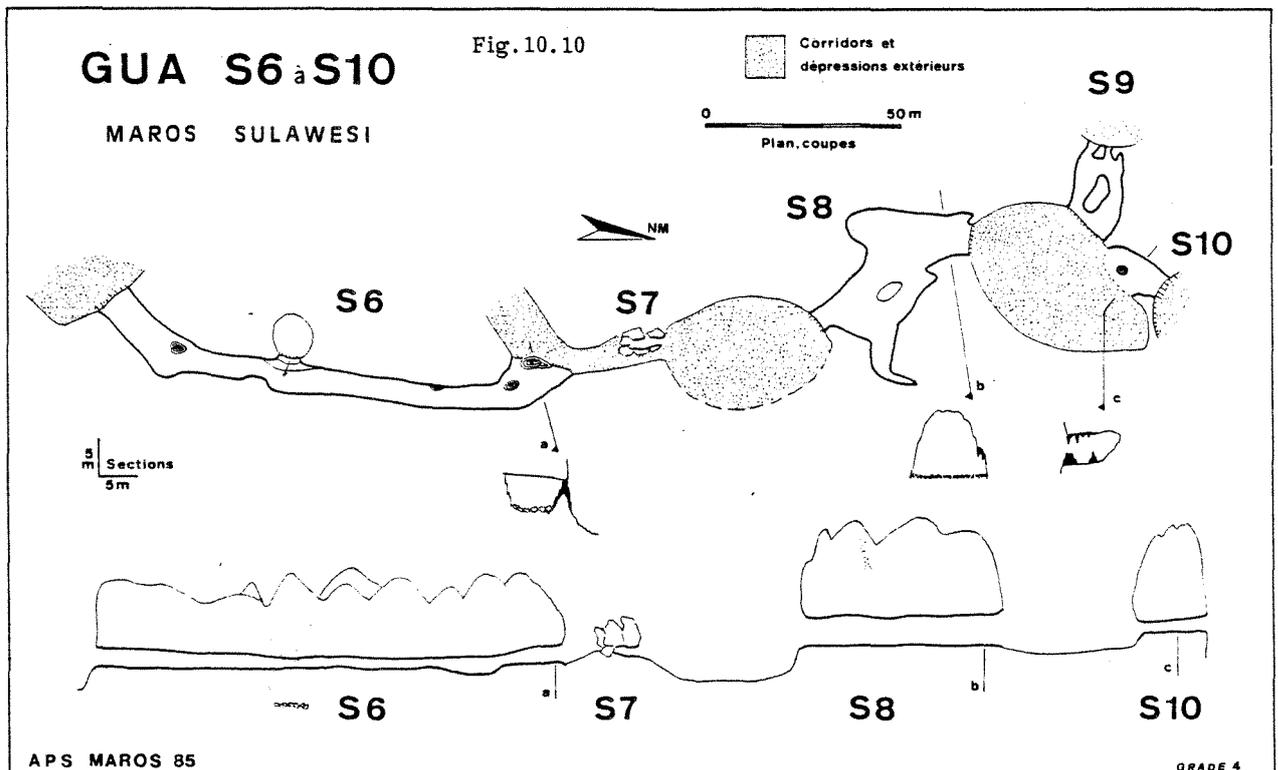
Topographie : L. Deharveng, A. Bedo et O. Brouquisse.

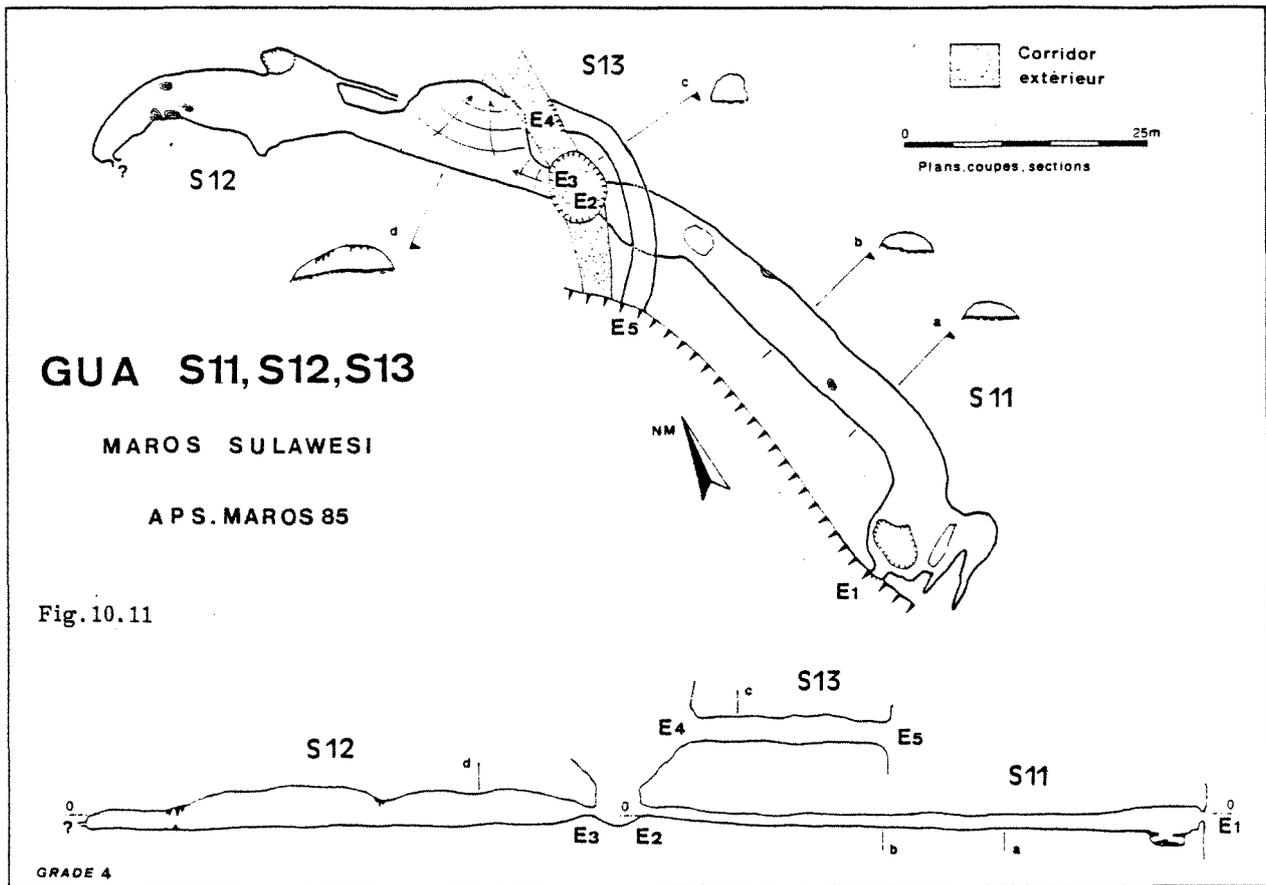
Spéléométrie

Développement	S1	S2	S3	S4	S5
	613m	63m	90m	142m	100m
Dénivelé	+4m -5m	0	-9	-10	-11
Ext.plane: g.axe/p.axe 375m/95					

Potentiel, observations : la grotte S1 est la plus grande grotte fossile explorée dans le karst de Maros. Elle ne semble guère pouvoir donner de nouvelles continuations, comme toutes les grottes du complexe. Seul le puits non descendu de S5 pourrait éventuellement livrer accès à un niveau de karstification inférieur.

La disposition relative des différentes





cavités suggère un système ancien démantelé par la mise en place de dépressions et de corridors. Ces derniers ont ici un sol terreux sans trace de basaltes. Sans doute l'exploration minutieuse des falaises permettrait-elle de découvrir d'autres cavités du même complexe.

Biologie : la grotte S1 renferme les accumulations de guano les plus importantes qu'il nous ait été donné d'observer dans les cavités de la région. La faune associée est très abondante, avec un pullulement local de diplopodes. Ce guano, pourtant facile d'accès, ne semble pas avoir été exploité.

10.3.2. - Complexe S6, S7, S8, S9, S10 (Fig. 10.10 ; Ph. 10.8).

Accès : la première cavité (S6) se trouve à gauche du petit col, bien visible et accessible depuis le sentier qui mène au complexe S1, S2, S3, S4, S5 (10 minutes de marche).

Description : succession de grottes fossiles et de dépressions qui se développent parallèlement à la falaise S7 constitue le vestige d'une cavité dont le plafond s'est écroulé (nous ne sommes qu'à 10-15m sous la surface du karst).

Topographie : L. Deharveng, A. Bedos.

Spéléométrie

	S6	S7	S8	S9	S10
Développement	122m	8m	48m	26m	16m

Système complet (corridors compris) 276 m
Dénivelé sensiblement horizontal

Potentiel, observations : cavité fossile démantelée en tronçons par l'évolution ultérieure du karst. Dans les parties explorées, aucune continuation n'est à espérer. Par contre, en face de l'entrée sud de S6, de l'autre côté du large ravin où passe le sentier, il semble que le système se poursuive (porche en falaise).

10.3.3. - Système fossile S11, S12, S13 (Fig. 10.11)

Topographie : L. Deharveng, A. Bedos.

S 11. Petite grotte permettant une traversée d'un fond de dépression à la falaise de Balangajea. Présence de salanganes. Dév. : 80 m.

S 12. Grotte fossile faisant suite à S11 de l'autre côté de la même dépression. Arrêt sur étroiture avec fort courant d'air. Dév. : 60 m.

S 13. Galerie-tunnel passant au-dessus de S 11 et débouchant en falaise. Dév. estimé : 25 m.

10.3.4. - Cavités et sources en pied de falaise : S14, S15, S16, S17 (Fig. 10.12)

Topographie : O. Brouquisse, A. Bedos et L. Deharveng.

S 14 (Gua Kado). Grotte donnant sur une

laisse d'eau au niveau de la plaine alluviale. Empreintes de mains en négatif au plafond à l'entrée. Dév. : 108 m.

S 15. Galerie fossile très concrétionnée, légèrement descendante. Dév. : 131 m.

S 16. Grotte fossile ascendante colmatée par la terre. Dév. : 55 m.

S 17 (source de Balangajea). Emergence en pied de paroi au niveau de la plaine alluviale, pénétrable sur 3 m (siphon).

10.4. - SAMBUKEAJA (Fig. 10.13)

Nous n'avons visité que deux cavités dans cette zone, sur indication des villageois qui nous ont accompagnés avec beaucoup (trop) d'enthousiasme.

On peut arriver en 4x4 non loin du village ; les grottes se trouvent au fond de la vallée qui se dirige vers le sud-est. On note l'abondance des galets de basalte tout au long du ruisseau, puis dans la grotte elle-même, sans que nous ayons observé de dykes ; mais le basalte est proche d'après la carte géologique (moins de 1 km de la grotte).

Gua Sambukeaja (R3)

Exsurgence d'une rivière souterraine (100l/s) occupant toute la largeur d'une belle galerie de 6 à 8 m de diamètre (avec 1 à 2 m de profondeur d'eau). Arrêt sur siphon à 100 m environ, direction sud. Un peu avant le siphon terminal, galerie fossile basse avec diverticules suivis sur 50 m environ (non terminé). Près de l'entrée, système complexe de boyaux donnant sur une seconde entrée fossile un peu plus élevée.

L'eau circule sur un lit de gros galets de

basalte, mais la grotte se développe apparemment entièrement dans le calcaire.

Potentiel : exsurgence importante. Une autre cavité "très vaste" existerait à plusieurs heures de marche dans le karst.

Croquis d'explo. : L. Deharveng.
Dév. estimé : 200 m.

Pertes de Sambukeaja (R4).

150 m au nord-est de Gua Sambukeaja, au pied du karst. Petites galeries labyrinthiques, non terminées. Potentiel inconnu.

Croquis d'explo. : L. Deharveng.
Dév. exploré : 50 m. environ.

10.5. - RUMBUA

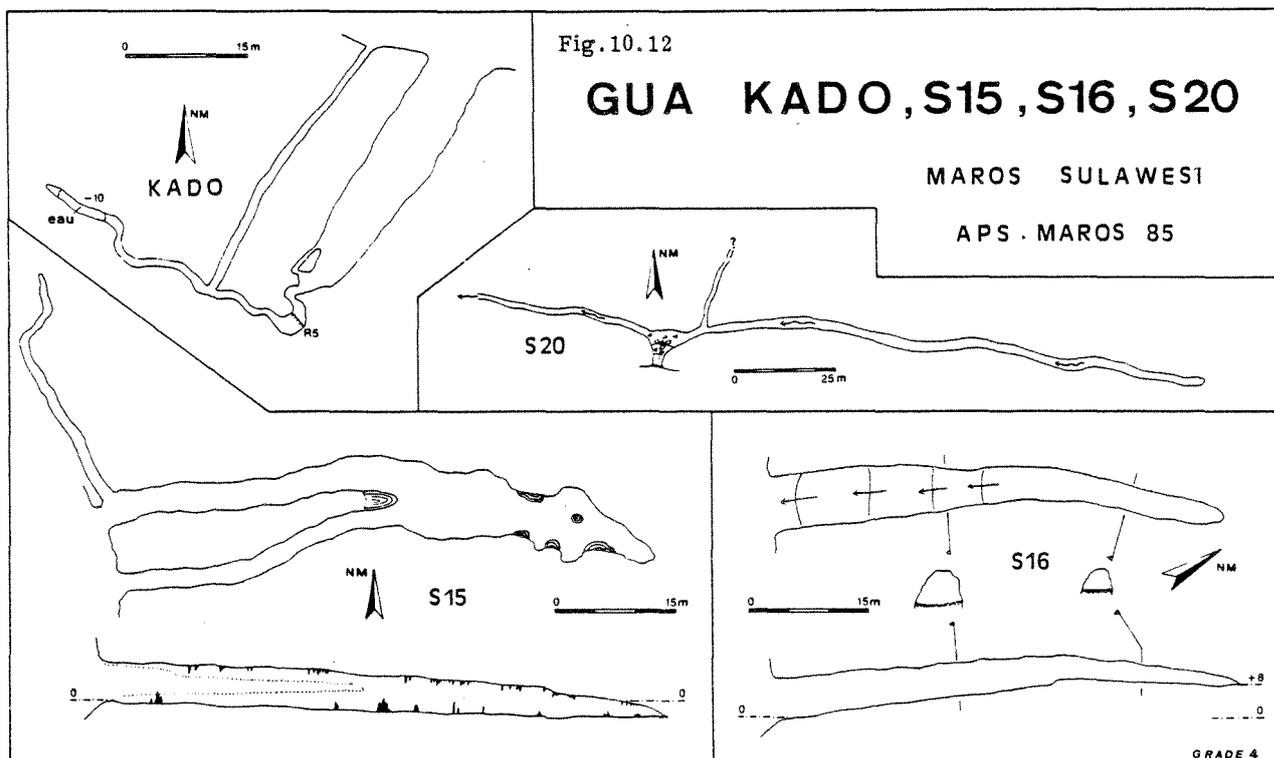
Les deux grottes explorées au pied du karst de Rumbua ont été situées de façon très approximative. On arrive en 4x4 à proximité de R1 ; la source forme une grande vasque où nagent de nombreux canards. La seconde cavité (R2) est rencontrée en longeant la paroi vers l'est. La prospection, effectuée en moins de 2 heures ne nous permet pas de nous prononcer sur le potentiel spéléo de ce petit massif.

Gua Rumbua (R1) (Fig. 10.13)

Accès : bordure nord du karst de Rumbua près du village du même nom.

Description : vasque puis galerie sur 20 m. Progression dans l'eau (1 à 2 m de profondeur), plafond bas (0,3 à 1 m au dessus de l'eau). Arrêt sur siphon. Débit non estimé. Le niveau d'eau est maintenu par un barrage d'irrigation à l'aval de la vasque.

Potentiel (rumeurs locales) : la grotte serait très longue et non terminée, à explorer en fin de saison sèche et en abaissant le niveau du bassin par les vannes du barrage ;



deux autres entrées, également très aquatiques, nous ont été signalées dans le même massif. Croquis d'explo. : L. Deharveng.

Gua Rumbua n°2 (R2)

Accès : 1 km à l'est de R1, au pied du massif de Rumbua.

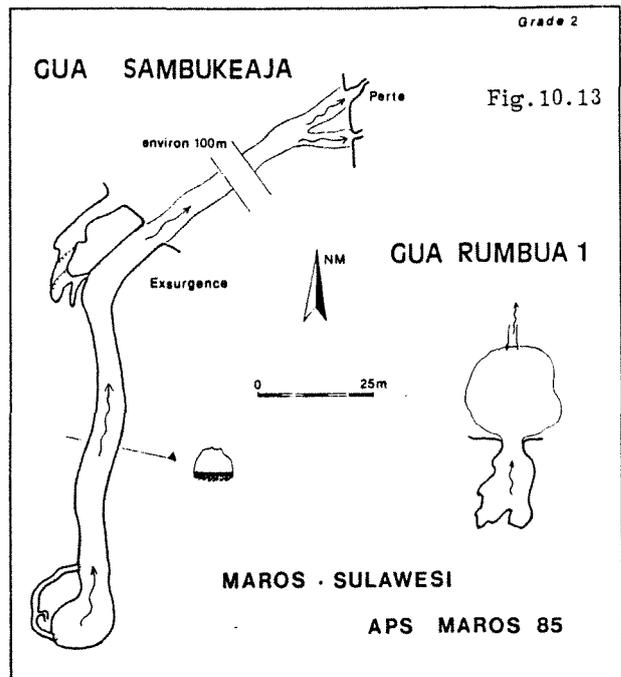
Description : boyau à sol de boue, large (2-5 m) et bas (1,5-1m) ; suivi sur environ 50 m en direction sud. Continue un peu plus bas (1m à 0,5m), large (> 4 m), très boueux et avec un fort courant d'air.

Explo. : L. Deharveng, A. Bedos.

*

BIBLIOGRAPHIE

Balazs D., 1969 - Untersuchung der Karstquellen in der Indonesischen Inselwelt. 5e Congrès international de Spéléologie, Stuttgart 1969 - Section hydrologie du karst, Hy 1/1 à Hy 1/5.



11. LE KARST DE MATAMPA

D. RIGAL
A. BEDOS

La petite unité karstique de Matampa est située à 3 km au nord-ouest de Pankadjene, en bordure de la route qui mène à Rantepao. Parfaitement individualisée, elle s'élève au-dessus de la plaine alluviale jusqu'à 250 m. Malgré ses dimensions réduites (environ 1,5 km²), elle donne naissance à une émergence captée (M1) qui pourrait bien constituer la résurgence d'un cours d'eau se perdant plus au nord du massif, non prospecté. A proximité de cette source s'ouvre une petite grotte (Gua Bawah, M3) rapidement impénétrable. L'émergence elle-même provient d'une galerie de grande dimension, haute et assez étroite, que nous n'avons pas obtenu l'autorisation d'explorer.

Gua Atas (= grotte d'en haut, M2) s'ouvre un peu plus haut à droite. La cavité, bien connue des gens du pays, ne semble toutefois pas avoir été explorée très loin par eux. Elle débute par un grand couloir ascendant long d'environ 35 m. En R2, une petite escalade sur la gauche donne dans une galerie de taille moyenne (2-3x1,5-2,5m) très concrétionnée. Arrêt sur remplissage de terre après environ 120 m de progression en général subhorizontale.

Si on revient en R2, une autre petite escalade (environ 2m) donne dans l'autre branche de la grotte. Il s'agit là encore d'une galerie fossile, subhorizontale, de dimensions moyennes (2-5x1,5-3m). Après 380 m de progression souvent richement concrétionnés, la progression est arrêtée sur un remplissage terreux. Cette partie terminale de la cavité présente un concrétionnement réduit. Un violent courant d'air arrive d'une fissure du plafond environ 15 m avant le terminus.

Potentiel : difficile à estimer. La fissure d'où provient le courant d'air indique probablement une sortie proche ; bien qu'étroite, elle serait sans doute passable.

Topographie : D. Rigal, A. Bedos, L. Deharveng.

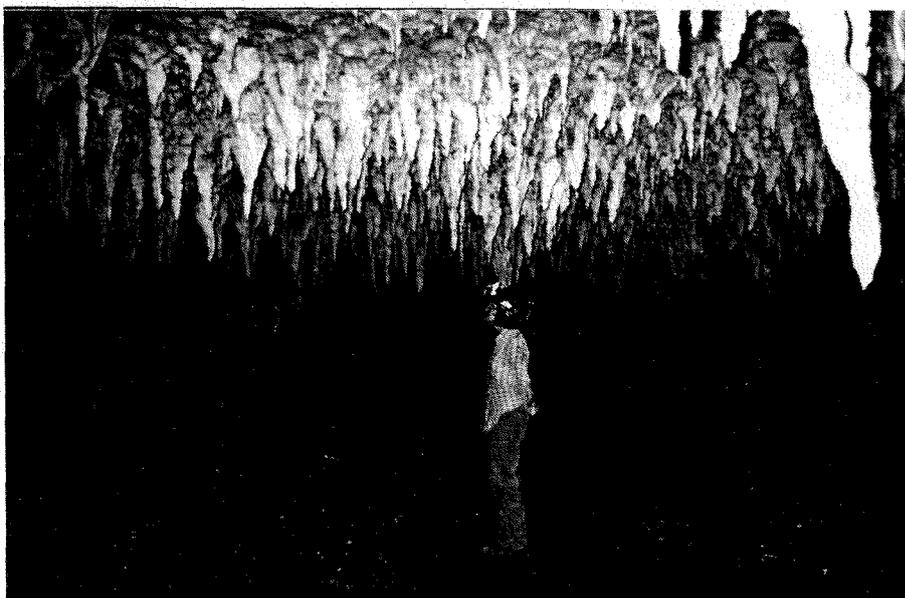
Spéléométrie

Développement. : 535 m.

Dénivelé estimé : + 10 m

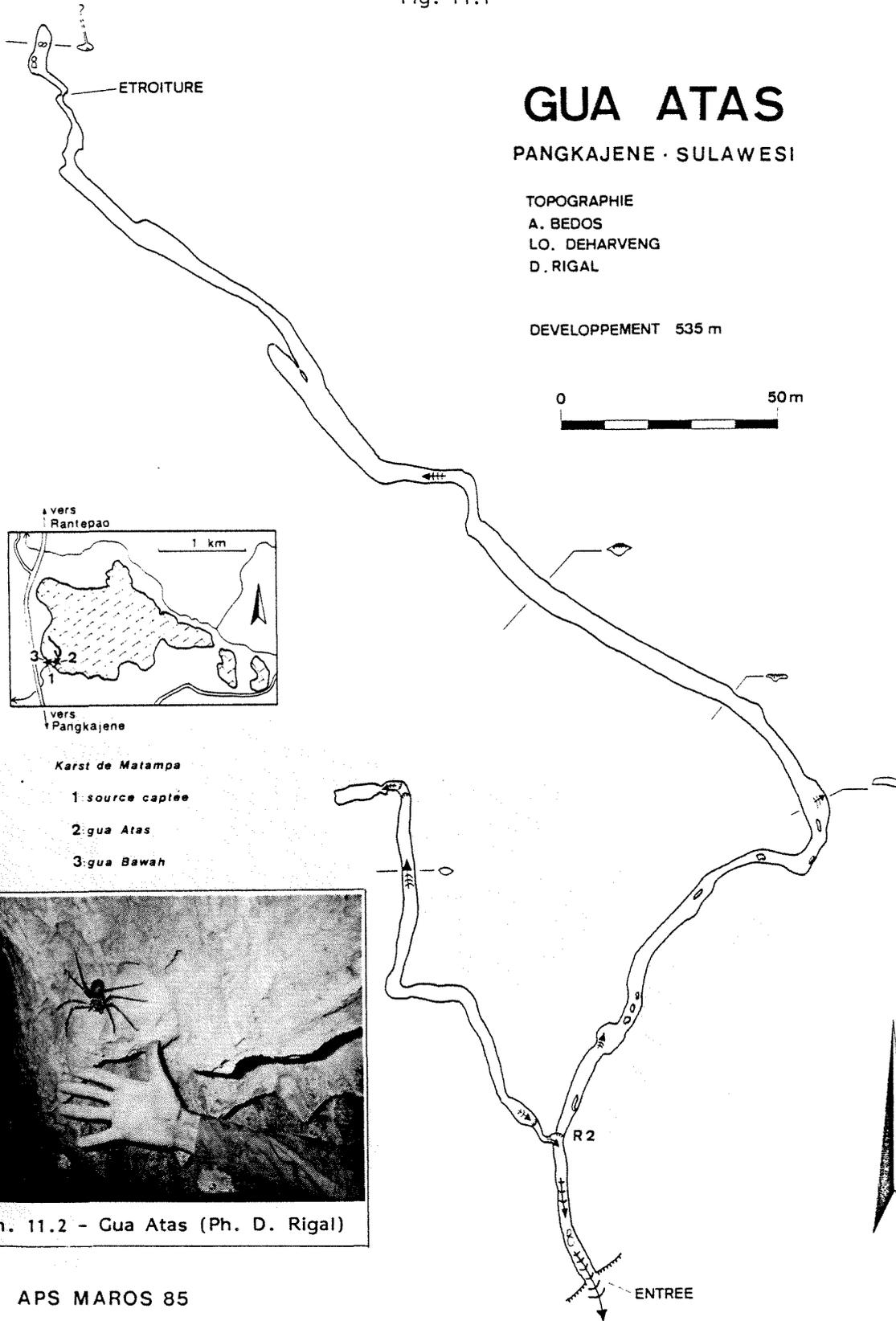
Extension plane : grand axe/petit axe : 313m/111m.

Biologie : la faune de la cavité est pauvre, mais d'un intérêt majeur puisqu'elle nous a fourni un exemplaire juvénile d'un scorpion qui est la première espèce aveugle rencontrée en Asie tropicale.



Ph. 11.1 - Gua Atas, branche nord-est (Ph. D. Rigal)

Fig. 11.1



Ph. 11.2 - Gua Atas (Ph. D. Rigal)

APS MAROS 85

GRADE 4

12. PAYS TORADJA:LOKO MALILIN

J.-P. BESSON

12.1 - ACCES

Sur la route de Maros à Makale, 30 km au nord d'Enrekang (4 h 15 de bus depuis Maros), 20 km avant Makale. S'arrêter à Sudu (demander au chauffeur ; il y a un petit hôtel-auberge). De là, suivre la route sur 3-4 km vers le nord (1 km avant Matua).

A l'est, sur l'autre rive, on voit une barre calcaire qui descend jusqu'au bord du Sungay Alla ; un chemin mène à la rivière que l'on franchit par un pont suspendu de 20 m. Un sentier en lacet permet ensuite d'atteindre la grotte principale, 25 m plus haut ; laissant la falaise à gauche, on arrive devant les entrées 2-3 du plan. Plus bas, au bord de la rivière, il existe d'autres cavités et une sortie d'eau temporaire.

12.2. - HISTORIQUE-ARCHEOLOGIE

La grotte nous a été indiquée à Makale même. Loko veut dire grotte. Malilin : ?. Le même nom est donné à la grotte de Kete (près de Rantepao), c'est pourquoi nous ajoutons le qualificatif "de Sudu". Dans une des grottes du bas se trouvent des murets et cuvettes de pierres (réserves pour poissons lors des crues ?), dans une autre un relief quadrangulaire visible sous la barre semble artificiel (coffre enterré ?).

Dans la grotte principale, outre des graffitis à l'entrée, une splendide langue rouge de 2 m de long décore une dalle du chaos de l'entrée 2. A l'entrée 3, traces de fouilles.



Ph. 12.1 - Sur le chemin de Loko Malilin (Ph. D. Rigal)

12.3. - CADRE GEOLOGIQUE

Les calcaires longés par la route et ceux où se trouvent la grotte, notés Tme, sont récifaux et appartiennent à la formation de Makale d'âge Miocène. Ils forment une bande Nord-Sud, de moins de 6 km de large, culminant à 1971 m (G. Ambeso) et 1802 m (G. Masale), chevauchés par la formation de Toraja (Tet-Eocène). A l'emplacement de la grotte, 340 m de calcaires dominant encore celle-ci.

12.4. - DESCRIPTION

12.4.1. - Grotte principale

De l'entrée 2, un chaos de blocs monte sur 20 m ; on arrive dans le prolongement de l'entrée 1, toujours sur chaos, dans une vaste salle. A l'est, on débouche par un petit ressaut sur une galerie plus haute (7-8m) que large (3-4 m) partant au sud.

Entrée 3 : vaste galerie (10-12mx7-8m). On peut rejoindre la galerie de l'entrée 2 par un des petits cheminements perchés sur la paroi nord. Après un rideau de pilier, on arrive à un carrefour :

- au nord, la galerie issue des entrées 1 et 2

- au sud-ouest, un couloir montant, se prolongeant au sud par 2 plans fortement inclinés (à remonter) et retombant au nord dans la galerie d'entrée 3

- au nord-est, après un massif stalagmitique, la galerie, faiblement montante, vient buter, à 85 m de l'entrée, sur une diaclase perpendiculaire (1-2x7), impénétrable au sud-est après 25 m ;

- au nord-ouest, après 15 m, une escalade de 3 m donne sur un ensemble de diaclases plus ou moins inclinées se recoupant à angles droits.

4 m après l'escalade, un boyau part au nord-ouest vers un laminoir relativement bas (h:1m) avec alvéoles et piliers. Vers le nord-est, une chatière (courant d'air sensible) donne accès à un boyau qui débouche après environ 15 m sur une diaclase orientée ENE-WSW, avec un étage supérieur (+4m) au nord et un étage inférieur (+2m) au sud ; ce conduit a été suivi sur une quarantaine de mètres (à poursuivre).

En revenant par la chatière, on peut rejoindre vers l'ouest la galerie nord-sud reliant les 3 entrées.

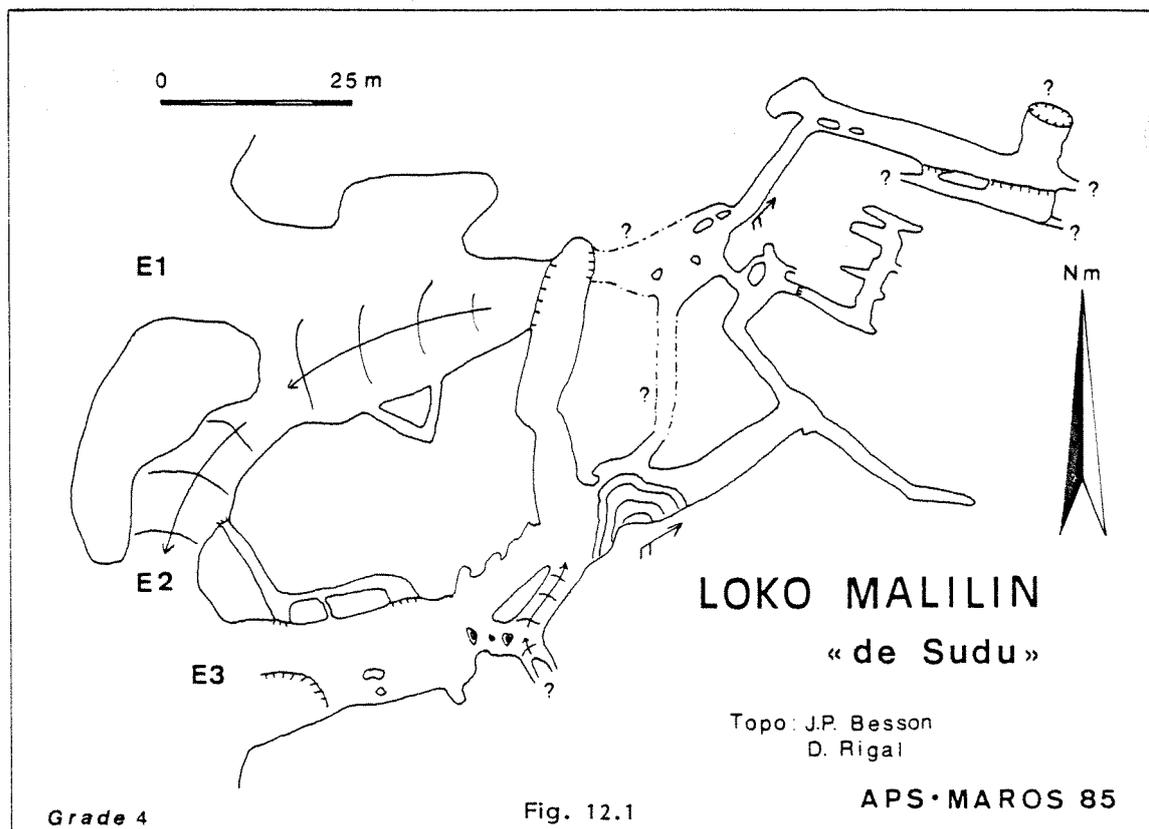
12.4.2. - Grottes inférieures

Les cavités situées près de la rivière sous la grotte principale débutent par des galeries de 3-4 m de large pour environ 10 m de haut. Au bout de 15 à 30 m, on arrive sur des chaos non explorés. Sol argileux (arrivées d'eau de l'intérieur du massif, ou de la rivière, en saison des pluies ?).

12.5. - EQUIPEMENT

Aucun matériel particulier, mais prévoir combinaison et gants à cause du guano dans les passages bas.

12.6. - SPELEOMETRIE (grotte principale)



Développement : 480 m (dont 100 m estimés).

Dénivelé : + 5 m

Extension plane : grand axe/petit axe :
130 x 80 m

12.7. KARSTOLOGIE

La grotte supérieure est fossile, à parois généralement lisses. Le sol est terreux, avec parfois des blocs enfoncés (galerie entrée 3), et même argileux au fond des diaclases vers l'Est, ceci résultant d'une montée d'eau pendant les pluies (?).

La roche est visible au sol des laminoirs et dans les boyaux à + 4 m, comportant généralement des sortes de cuvettes.

Le sol des galeries d'entrée 1-2 est chaotique. Le concrétionnement est faible.

Il y a un courant d'air bien perceptible à la chatière donnant sur les diaclases Nord-Est

et au bas des cheminées Sud.

12.8. - BIOSPEOLOGIE

De nombreuses chauves-souris (2 ou 3 espèces) ; des araignées.

12.9. - PERSPECTIVES

1. Suivre la diaclase terminale à 2 étages vers l'est.

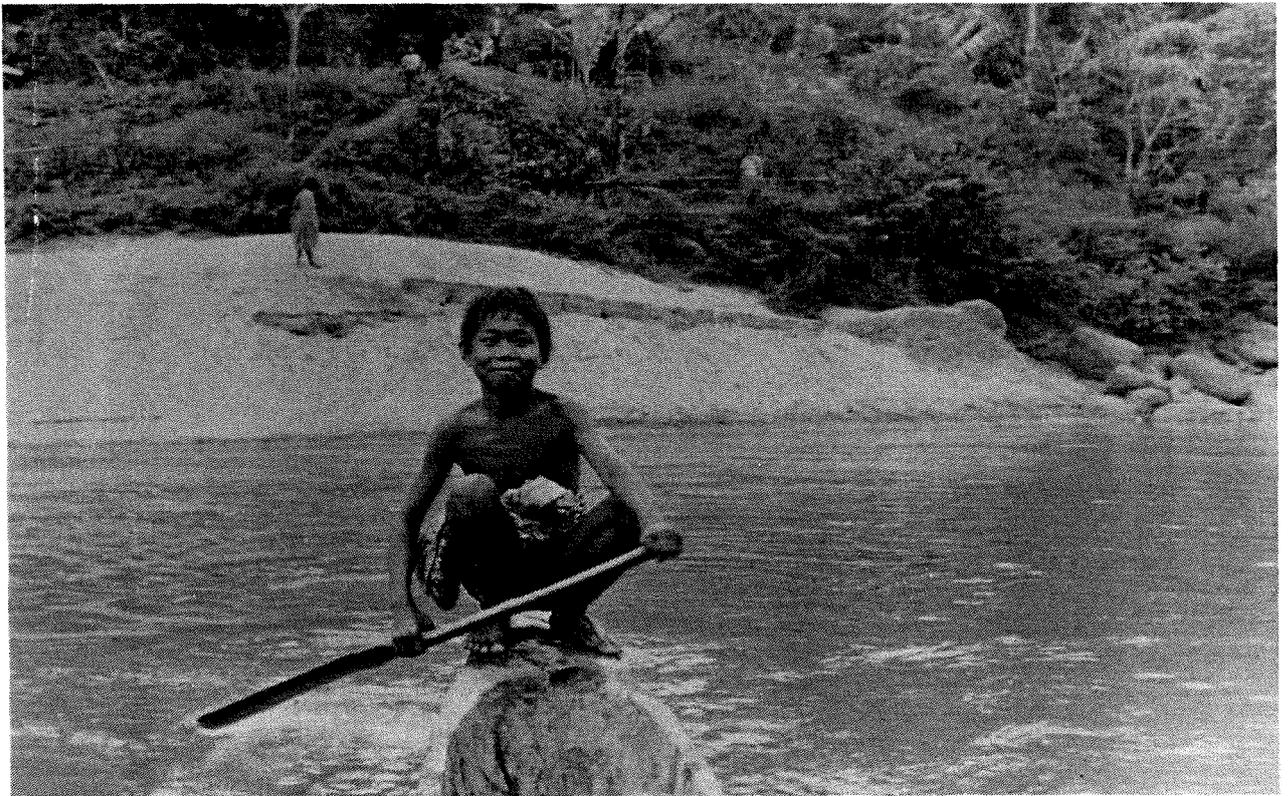
2. Remonter les 2 cheminées à 50m de l'entrée 3.

3. Visiter le laminoir L (cf. plan).

4. Grottes près de la rivière.

En l'absence de documents topographiques ou géologiques précis, il n'est pas possible d'estimer le potentiel spéléo de Loko Malilin et du massif où elle se développe.

*



(Ph. L. Deharveng)

13. CADRE GÉOLOGIQUE

F. BROUQUISSE

Sous cette rubrique, il s'agit d'une présentation générale du contexte géologique des régions où nous sommes intervenus. Celle-ci est appuyée, d'une part sur des données bibliographiques, d'autre part sur les observations effectuées localement pendant notre séjour.

13.1. - THAÏLANDE

13.1.1. - Structure générale

* La structure géologique de la Thaïlande est assez bien soulignée par les principales régions géographiques qui la composent. On peut schématiquement distinguer quatre ensembles (Fig. 13.1) (4,6).

- A l'est, le plateau de Khorat est une immense cuvette légèrement vallonnée où affleurent des terrains secondaires. Il est bordé au sud et à l'ouest par des reliefs dépassant 1000 m.

- Au centre, la grande plaine alluviale de la Chao Phraya est composée de dépôts quaternaires.

- Le nord et l'ouest, régions montagneuses, sont constituées de chaînons nord-sud, délimitant un certain nombre de bassins tertiaires à dépôts continentaux. L'ossature de cet ensemble est constituée de terrains paléozoïques avec d'importants affleurements de roches granitiques carbonifères et triasiques.

- Enfin au sud, l'arc montagneux se poursuit en Thaïlande péninsulaire, constitué des mêmes terrains primaires avec intrusion de granites et granodiorites d'âge Crétacé. On y trouve également plusieurs bassins Cénozoïques à sédimentation continentale et marine.

* Du point de vue tectonique, la mise en place du sud-est asiatique résulterait de la collision de deux micro-continentaux avec la marge méridionale de la Chine, au Trias, ou peut-être même antérieurement (Fig. 13.2) (9).

Ces deux blocs (le bloc indochinois et le bloc Shan-Thaï), issus du nord du Gondwana dérivent à travers la Téthys, il y a plus de 250 millions d'années, puis se rejoignent et vont heurter la bordure sud de la Laurasia. Le mécanisme est analogue à ce qui se passera 100 millions d'années plus tard quand l'Inde se détachera à son tour du Gondwana pour rentrer ensuite en collision plus au nord avec ce qui deviendra l'Asie.

Le bloc indochinois qui comprend le Kam-puchea et la plus grande partie du Laos et du Vietnam, inclut aussi le plateau de Khorat ; pour sa part le bloc Shan-Thaï comprend la Birmanie de l'est, la Thaïlande de l'ouest et l'essentiel de la péninsule malaise.

Dès cette époque la structure de la Thaïlande est donc en place.

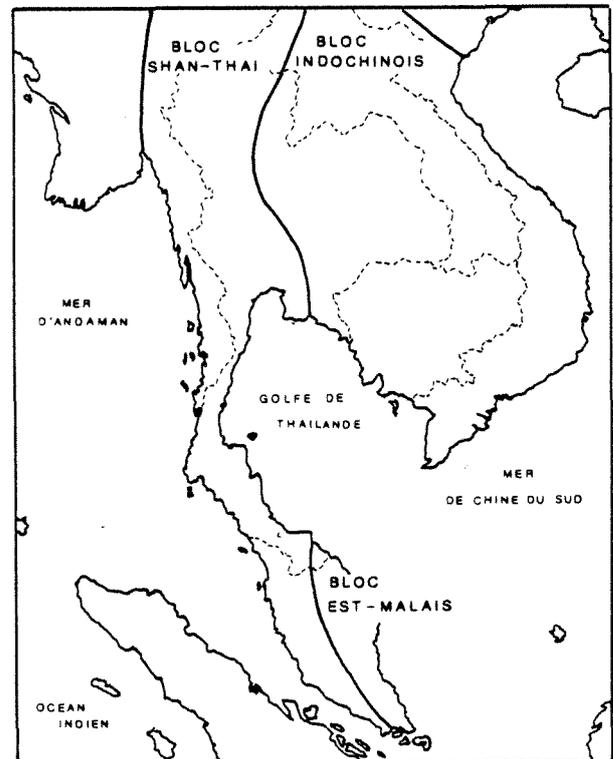
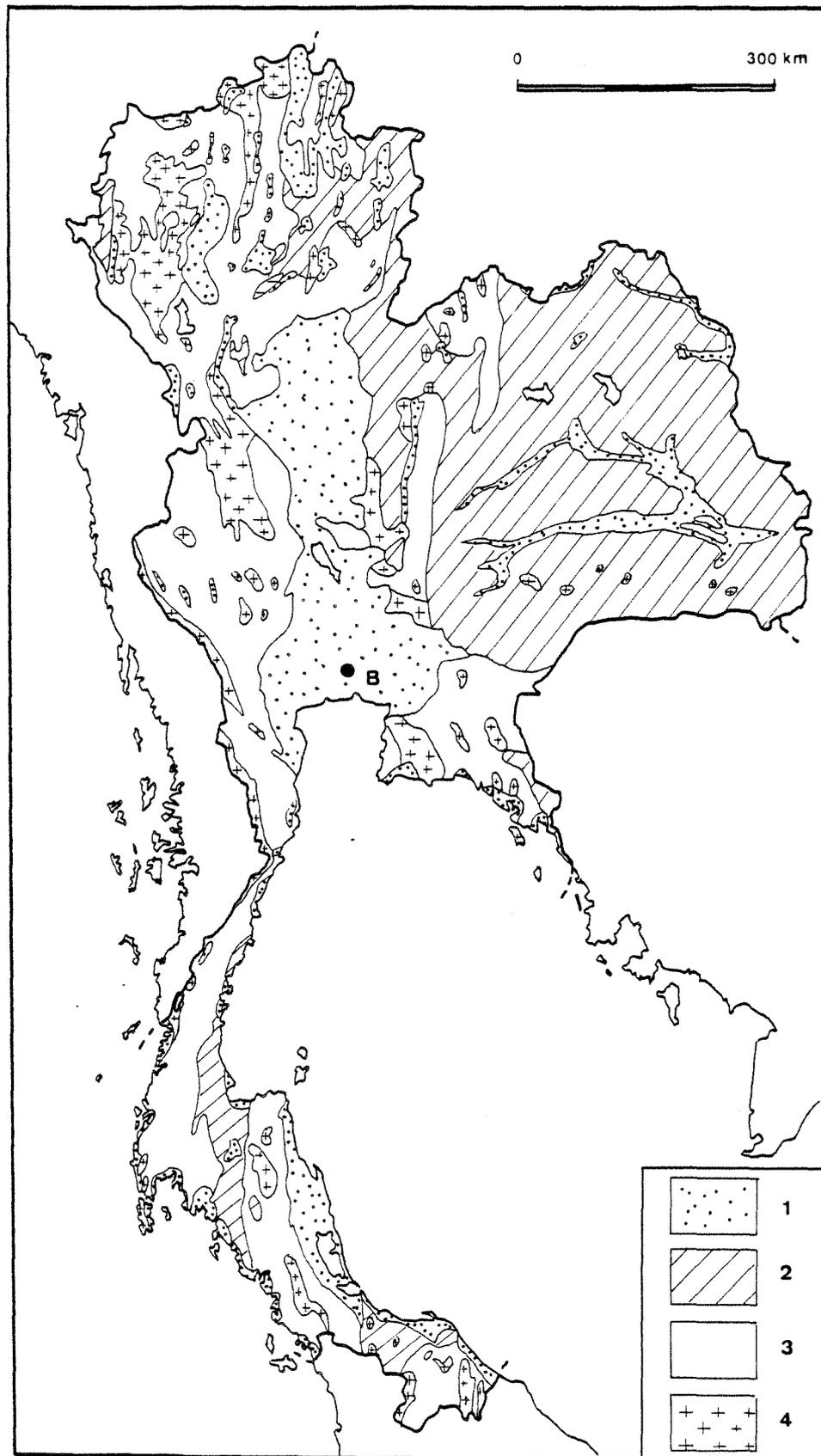


Fig. 13.2. Mise en place du sud-est asiatique au Trias, d'après (9).

13.1.2. - Les zones karstifiables (6,7)

* La plus grande partie des terrains karstifiables est représentée par les calcaires permien de la formation de Ratburi. Cette série qui comprend aussi des schistes, grès, conglomérats et tufs volcaniques est l'une des plus étendues de Thaïlande.



1 : Cénozoïque ; 2 : Mésozoïque ; 3 : Paléozoïque ; 4 : roches éruptives.

Fig. 13.1. Schéma géologique de la Thaïlande, d'après (4).

Les karsts de la Nam Lang, de Chiang Dao, de Tham Kiaeb et Tham Tab Tao, de Kanchanaburi et de Phangnga, sont développés dans ces assises (Fig. 3.1 et 3.2). Ce sont des calcaires massifs cristallins gris clairs fortement fossilifères, d'une puissance de 100 à 900 m, la plupart plissés et partiellement recristallisés.

* Des couches calcaires triasiques ont donné naissance à la grotte de Tham Pha Thaï, à une vingtaine de km au sud de Ngao (Fig. 3.2). Il s'agit de calcaires gris massifs et de conglomérats calcaires appartenant à la formation de Lampang. Cette cavité présente un remplissage de tuf rhyolitique dont la datation est en cours, ce qui permettra d'évaluer l'ancienneté de la karstification (Ph. 13.1).

* Il faut enfin mentionner l'existence de calcaires ordoviciens d'une puissance de 100 à 450 m dans le nord et l'ouest, où l'on trouve de nombreux affleurements mais de dimensions réduites. Ils sont absents ailleurs sauf dans l'extrême sud thaïlandais. Ce sont des calcaires massifs gris foncés ; interstratifiés avec des calcschistes et des schistes sableux, ils constituent la formation de Thung Song.

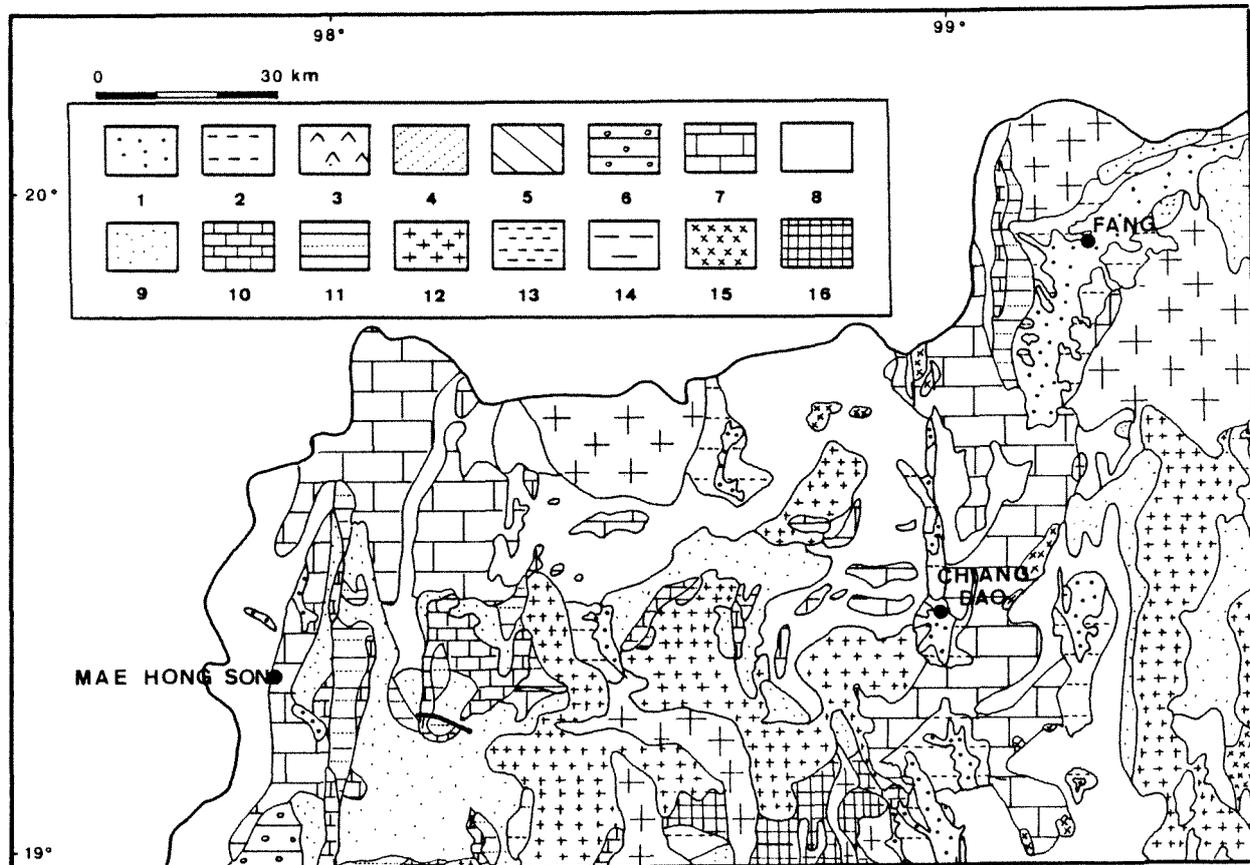
13.1.3. - Les régions karstiques abordées

Nous sommes intervenus sur divers secteurs : certains ont fait l'objet de plusieurs explorations et prospections, d'autres d'une simple reconnaissance localisée ; quatre d'entre eux retiendront notre attention :

13.1.3.1. - Le massif du Doi Chiang Dao

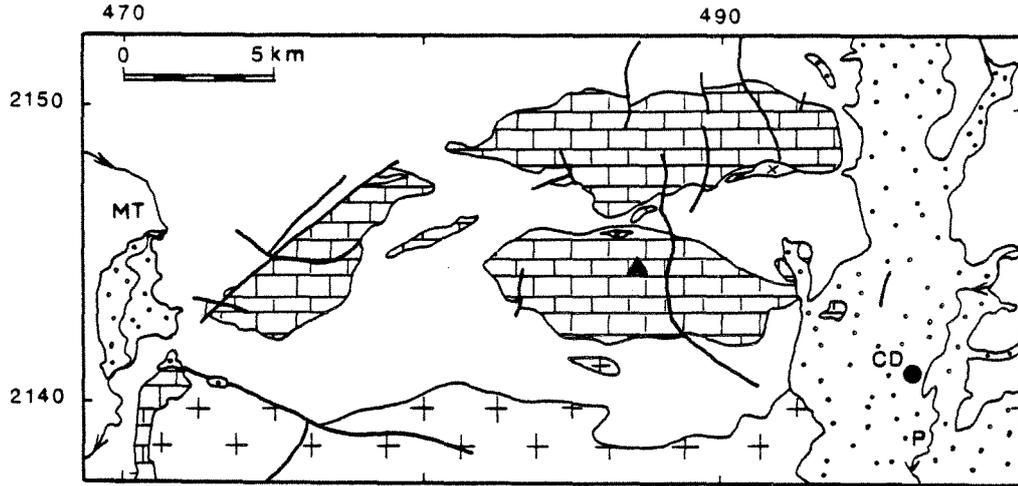
A 5 km à l'ouest de Chiang Dao, se dressent deux massifs calcaires dont le plus haut, le Doi Chiang Dao culmine à plus de 2200 m. Il semblerait que ces deux affleurements forment une structure synclinale qui s'incurve vers le sud-est en direction de la rivière Mae Taeng. A l'ouest, le coeur a été largement entaillé par la vallée ouverte vers la rivière Mae Ping, dans les terrains carbonifères sous-jacents (Fig. 13.4).

Le Doi Chiang Dao se développe sur 30 km² pour une extension de 10 km est-ouest et 3 km nord-sud. Limité sur ses flancs nord et sud par d'impressionnants abrupts, sa partie sommitale sensiblement tabulaire domine une grande combe ouverte vers l'ouest et jalonnée



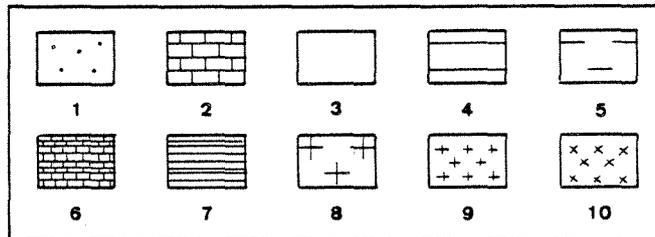
1 : Quaternaire ; 2 : Bassins Tertiaires. "Krabi Group" ; 3 : Crétacé = grès, schistes, roches salines. "Salt and Khok Kruat Formation" ; 4 : Jurassique = grès massifs, conglomérats. "Phu Phan and Phra Wihan Formation" ; 5 : Jurassique - Trias = schistes micacés. "Phu Kradung Formation" ; 6 : Trias = volcanique, schistes, grès, calcaires. "Lampang Group" ; 7 : Permien-Carbonifère = calcaires massifs. "Ratburi Group" ; 8 : Carbonifère-Dévonien = grès, quartzites, ardoises. "Kaeng Krachan Formation" ; 9 : Dévonien-Silurien = schistes, grès, souvent métamorphisés. "Kanchanaburi Formation" ; 10 : Ordovicien = calcaires massifs. "Thung Song Group" ; 11 : Cambrien = grès quartzitique, schistes. "Tarutao Group" ; 12 : Crétacé = granite ; 13 : Trias = granite ; 14 : Carbonifère = granite ; 15 : Carbonifère = roches ultrabasiques ; 16 : Pré-Permien = Gneiss et schistes.

Fig. 13.3. Contexte géologique du nord-ouest de la Thaïlande, d'après (4).



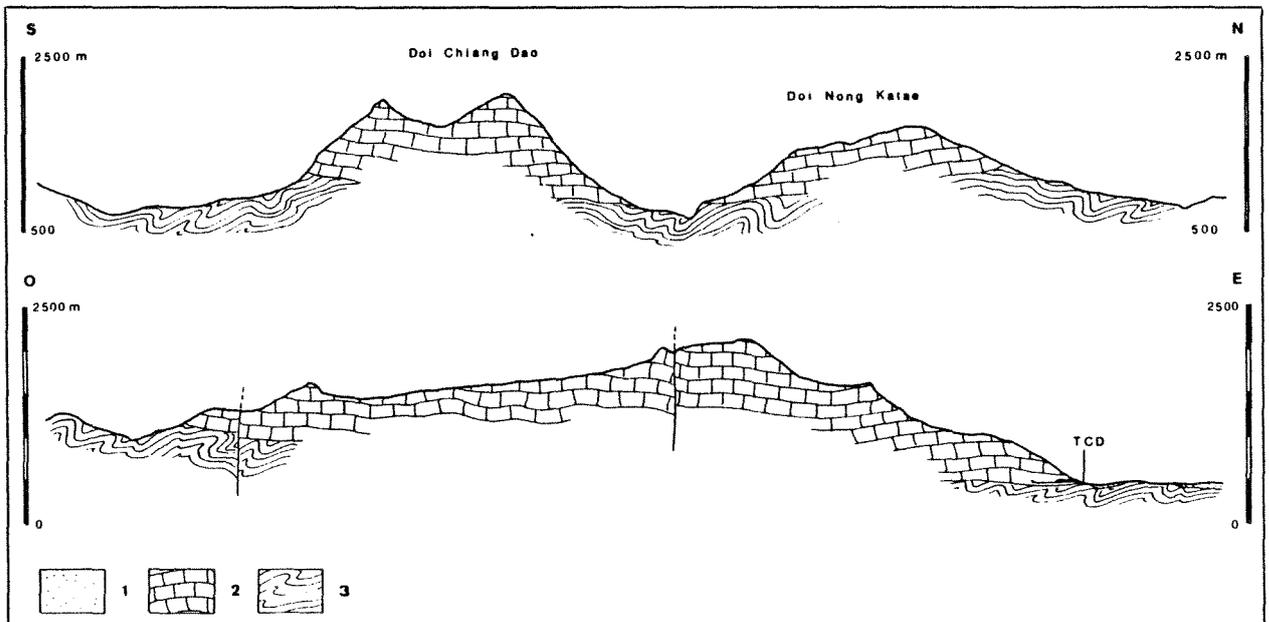
▲ : Doi Chiang Dao (2175 m) - CD : Chiang Dao - MT : Nam Mae Taeng.
P : Mae Nam Ping.

Fig. 13.4. Secteur du Doi Chiang Dao, d'après (1).



1 : Quaternaire et Néogène = graviers, sables, grès, schistes, conglomérats ; 2 : Permien = calcaires ; 3 : Carbonifère = grès, cherts, schistes, greywackes, conglomérats ; 4 : Carbonifère à Silurien indifférencié ; 5 : Dévonien et Silurien = schistes, cherts, calcaires, grès ; 6 : Ordovicien = calcaires, schistes ; 7 : Cambrien = schistes ; 8 : Trias = granites et granodiorites ; 9 : Carbonifère = granite ; 10 : Carbonifère = volcanisme basique.

Légende des figures 13.4, 13.6 et 13.7.



1 : Quaternaire ; 2 : Calcaires permien ; 3 : Terrains carbonifères = cherts, grès, schistes, conglomérats ; TCD : Tham Chiang Dao
Coupe Ouest-Est : Y = 2144 ; Coupe Sud-Nord : X = 487,4
carte 1/50.000 : 4747-1 - Amphoe Chiang Dao.

Fig. 13.5. Coupes Ouest-Est et Sud-Nord du Doi Chiang Dao.

de dolines et dépressions karstiques (Fig. 4.3).

La principale cavité actuellement connue, Tham Chiang Dao, s'ouvre au pied du versant est, où la résurgence (1 m³/s en juillet 85) représente le point bas du système au niveau de la plaine alluviale.

Régionalement, les calcaires permieniens sont plissés, à un moindre degré toutefois que les formations sous-jacentes du groupe de Tanaosi, et fréquemment faillés. Localement le Doi Chiang Dao est affecté par deux fractures majeures nord-sud que l'on retrouve bien dans le paysage, mais les éléments manquent pour déterminer si les 1700 m apparents de calcaires sont liés à la puissance initiale de la formation ou à des empilements consécutifs aux plissements qui les ont affectés (Fig. 13.5) (Ph. 13.2).

Séparés du Doi Chiang Dao proprement dit se trouvent plus à l'ouest quelques autres lambeaux de la couverture permienne, dans l'un desquels s'est développée la rivière souterraine de Tham Ban Oui Haen.

13.1.3.2. - La région du Doi Pha Daeng

A une trentaine de km au nord de Chiang

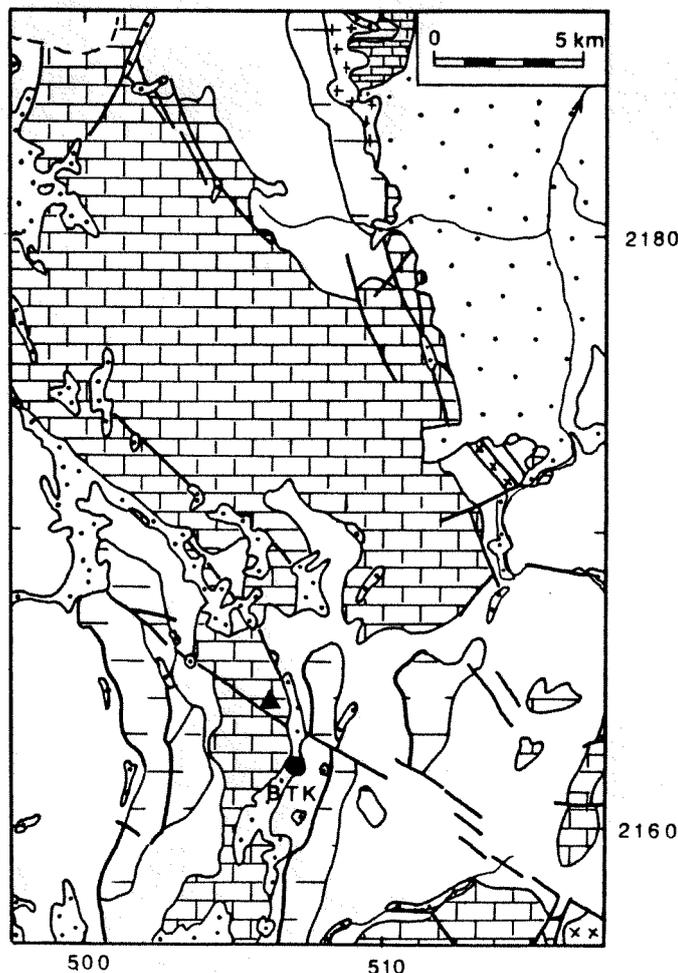
Dao, s'étend l'importante région karstique du Doi Pha Daeng, qui se poursuit au-delà de la frontière birmane et couvre en territoire thaïlandais plus de 300 km² (Fig. 13.6).

C'est dans sa partie méridionale qu'ont été explorées notamment les grottes de Tham Klaeb Yaï et Tham Tab Tao. Une fracturation nord-ouest/sud-est s'est développée dont l'influence est extrêmement nette dans la structure de Tham Klaeb Yaï.

La morphologie externe de cette zone la rattache aux karsts à tourelles. Il faut cependant noter une variabilité morphologique, puisque les pitons bien développés dans les environs de Ban Tham Klaeb, à parois subverticales, parfois surplombantes, laissent la place 10 km plus au nord, dans les environs de Tham Pham Boa à des collines à versants moins raides.

13.1.3.3. - Le karst de la Nam Lang

Situé à 40 km au nord-est de Mae Hong Son, c'est un des grands karsts du nord-ouest de la Thaïlande (Fig. 13.7). Couvrant 400 km², il s'étend sur 25 km du nord au sud et 15 km d'est en ouest. Possédant un impressionnant potentiel spéléologique, ce plateau est drainé

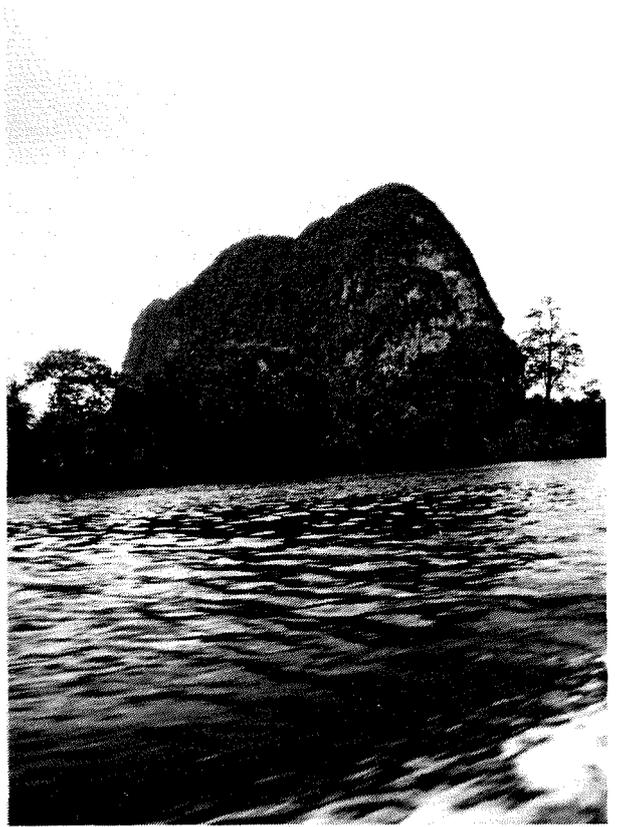


▲: Doi Pha Daeng (1234 m) - BTK : Ban Tham Klaeb

Fig. 13.6. Secteur du Doi Pha Daeng, d'après (1).



Ph. 13.1 - Tham Pha Thaī : remplissage
de tuf rhyolitique (Ph. D. Rigal).



Ph. 13.3 - Le karst de Phangnga
(Ph. F. Brouquise)



Ph. 13.2 - Le Doī Chiang Dao (Ph. L. Deharveng)

en partie par la rivière de la Nam Lang, seule circulation de surface, qui se perd quelques km avant de résurgir sur sa bordure occidentale, dans la rivière Nam Khong.

Bordé à l'ouest et au sud par des falaises pouvant dépasser 300 m, il se développe entre 500 et 1200 m, à une altitude moyenne de 900 m. Couvert de forêts denses, ce plateau vallonné présente d'innombrables dolines et dépressions amiboïdes sans orientation particulière (Fig. 6.1, 6.2, 6.3).

13.1.3.4. - La région de Phangnga et de Krabi

* Phangnga est situé le long de la bordure ouest d'un bloc synclinal étendu, de calcaires permiers, de plus de 800 m de puissance dans cette région. La fracturation a provoqué des alignements de chaînons et collines calcaires d'orientation nord-nord-est, larges de 100 à 500 m et longs de plusieurs km (Fig. 13.8).

Les formes dominantes du paysage sont le karst à tourelles à parois subverticales avoisinant les 300 à 500 m de haut (Ph. 13.3).

La région calcaire la plus importante se situe autour de Phangnga et s'élève à plus de 500 m.

Localement le calcaire forme des tourelles dispersées dressées au milieu des sédiments mésozoïques et des colluvions.

La morphologie karstique apparaît sur tous les affleurements : au sommet des pitons se rencontrent dolines et effondrements tandis que la base présente de nombreuses grottes-tunnels.

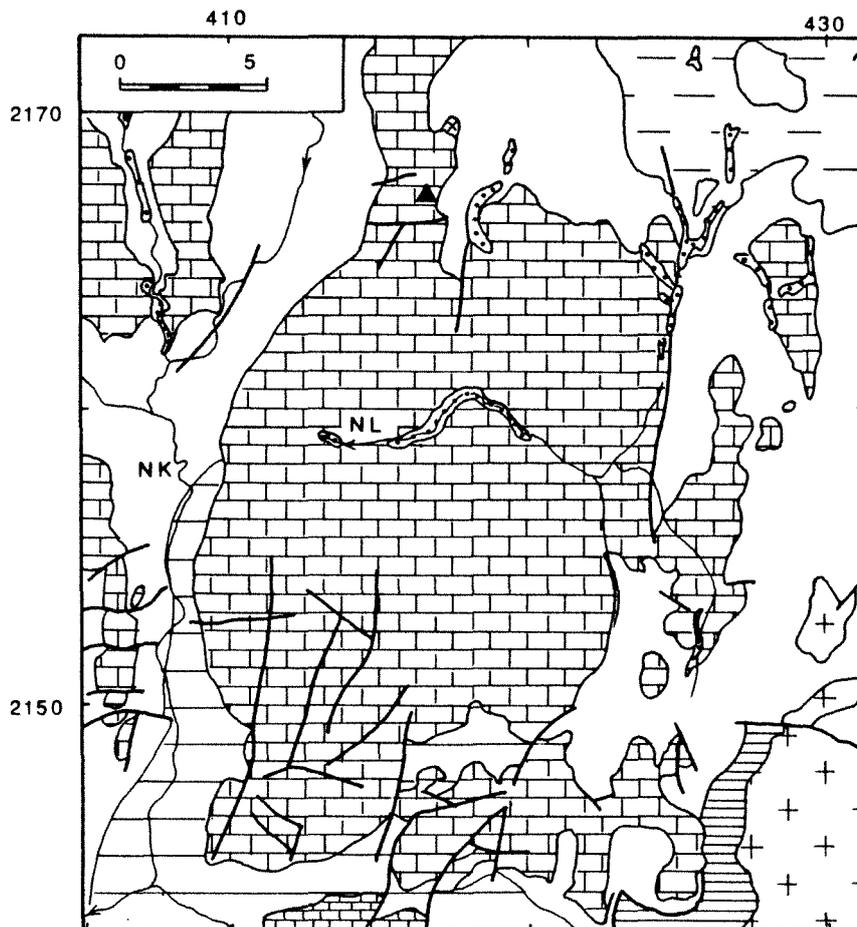
Les parois sont massivement concrétionnées d'épais dépôts de tuf. Entre ces tours la plaine forme une surface ondulée ne dépassant pas les 30 m au-dessus du niveau de la mer. Au nord-ouest de Phangnga existent de grands poljés de 0,5x3km.

Le calcaire est généralement massif gris à blanc, à faciès clastique secondaire de coquillages cimentés, mais on note aussi l'existence de zones dolomitisées autour de Krabi sur le rebord est de l'affleurement.

Les sources sont toutes localisées au contact des colluvions, en bas de parois, et sont souvent temporaires. La baie de Phangnga d'où émerge d'innombrables tourelles, présente des formations marécageuses de mangrove (8).

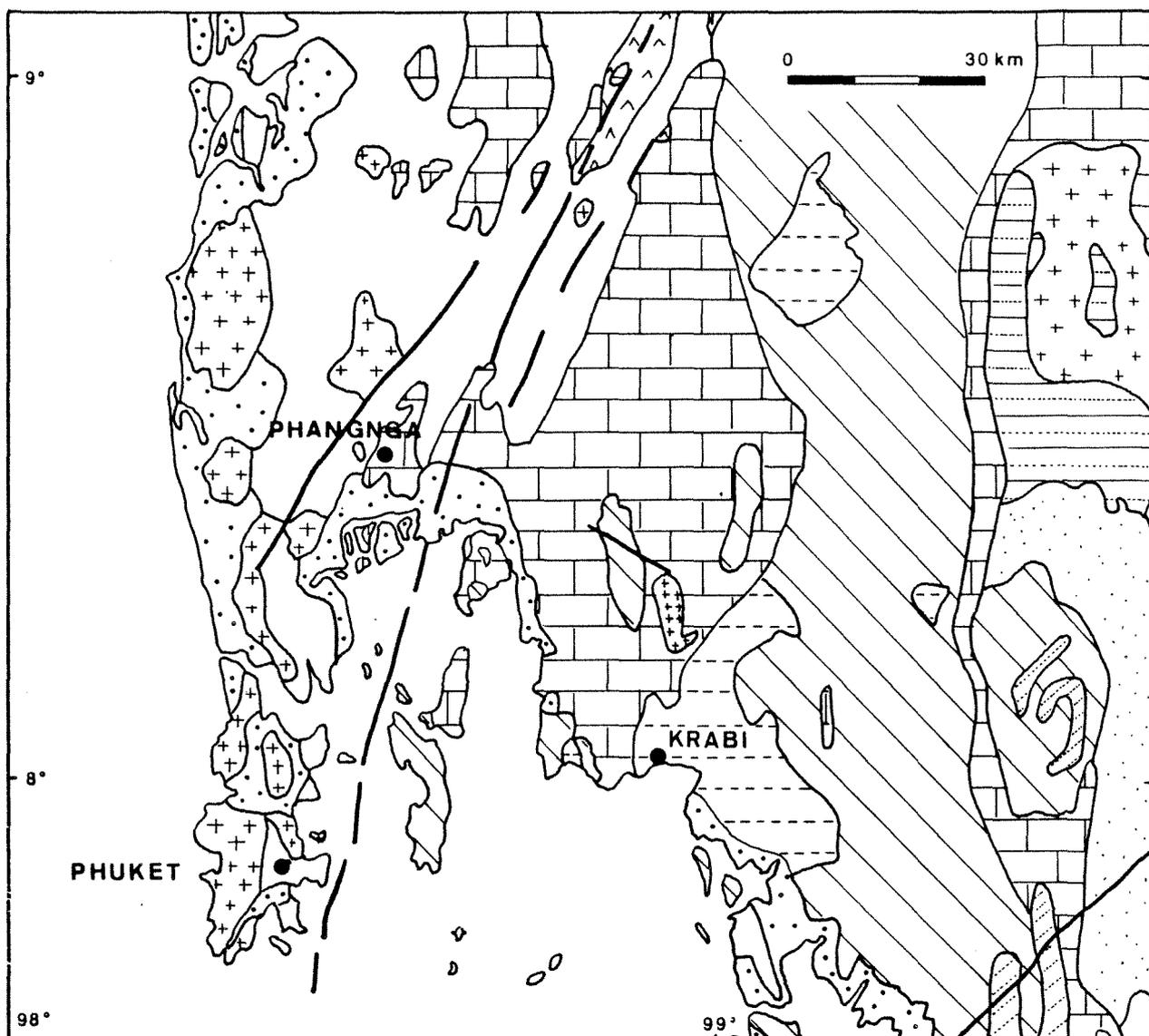
* Peu profonde cette zone a été envahie par la mer lors de la dernière transgression holocène. La base des pitons porte une encoche de corrosion qui correspond à la zone de dissolution maximum colonisée par les algues endolithes, cyanophycées en particulier. Cette encoche correspond au niveau des plus hautes mers dans la zone battue par les flots (14,16).

On observe en de nombreux endroits une encoche fossile, 1 à 2 m au-dessus de l'enco-



▲ : Doi Khu (1332 m) - NL : Nam Lang - NK : Nam Khong

Fig. 13.7. Secteur de la Nam Lang, d'après (1).



Figurés : cf. Fig. 13.3.

Fig. 13.8. Secteur de Phangnga, d'après (4).

che actuelle, avec des pentitifs et un concrétionnement stalagmitique (Ph. 13.4). Cette encoche correspond à l'existence d'un niveau marin antérieur plus haut que l'actuel, dû à la transgression maximum vers 5200 ans B.P. suivie d'une inversion puis régression, dans le sud-est asiatique, à partir de 3500 ans B.P. (11,12).

13.1.4. - Perspectives

A l'heure où cette plaquette est sous presse, une partie des éléments que nous avons pu rapporter nous manque. La datation d'échantillons de tuf rhyolitique de la grotte de Tham Pha Thaï, est en cours. L'étude des lames minces et l'identification de la microfaune d'échantillons prélevés à Tham Chiang Dao, Tham Klaeb Yai et Tham Pha Mon reste à faire.

13.1.5. - Bibliographie et documentation

1. Geological Map of Northern Thailand. 1:250.000. Federal Institute for Geosciences and Natural Resources. (German Geological Mission in Thailand). Sheet 1 : Nan (1976). Sheet 2 : Chiang Rai (1977). Sheet 3 : Phayao (1977). Sheet 4 : Chiang Dao (1980). Sheet 5 : Chiang Mai (1982). Sheet 6 : Amphoe Li (1981). Sheet 7 : Thong Pha Phum (1979).
2. Map of Mineral Resources of Thailand. Gypsum. Limestone. Dolomite. Marl. 1977. Economic Geology Division. Thailand.
3. Geological Map of Thailand : 1:250.000. Changwat Lampang. Department of Mineral Resources. Thailand.

4. Geological Map of Thailand 1:1.000.000. 1969 (2 sheets). Department of Mineral Resources. Thailand.
5. Generalized Geological Map of north Thailand and part of Kanchanaburi Province. 1:1.000.000. German Geological Mission in Thailand. 1972. Hannover.
6. Geology of Thailand. Department of Mineral Resources. Bangkok Thailand. 1969 (Notice stratigraphique).
7. Explanatory Notes (Paleontology) on the geological Maps of northern and western Thailand 1:250.000. Lothar Hahn & Michael Siebenhüner. BGR. Hannover, 1982.
8. Carbonate Chemistry of Groundwater from Tropical Towerkarst in South Thailand. John I. Pitman, in Water Resources Research. Vol. 14 n° 5, oct. 1978.
9. The Mesozoic Vertebrates of Thailand by Eric Buffeteaut and Rucha Ingarat. In Scientific American 1985-253 (2).
10. Proceedings of the first Symposium on Geomorphology, and Quaternary Geology of Thailand. 28-29 October 1983. Bangkok Thailand.
11. Chronology of the late Quaternary Climatic Changes in Thailand. Paul Hastings. Montri Lieng Sakul. Department of Land Development. Bangken, Bangkok, Thailand, in (10).
12. Coastal Geomorphology and Sedimentology. J.A. Okkerman CCOP Project Office. Bangkok. Thailand. in (10).
13. Karsts littoraux. Actes du Colloque de Perpignan. 15-17 mai 1982. Comité National de Géographie. Mémoire n° 4. 1982. Association Française de Karstologie.
14. Les karsts littoraux du sud-ouest malgache et les variations récentes du niveau de la mer. J.N. Salomon 1982, in (13).
15. Actes du symposium international sur l'érosion karstique. Aix-en-Provence, Marseille-Nîmes, 10-14 septembre 1979. Mémoire n° 1 de l'A.F.K.
16. Le Biokarst Marin : rôle des organismes perforants. Thérèse Le Campion - Alsmard, 1979, in (15).

13.2. - INDONESIE

Contrairement aux karsts de Thaïlande développés pour l'essentiel dans des terrains paléozoïques, la plupart de ceux existant en Insulinde le sont dans des calcaires tertiaires, notamment miocènes.

Ceux-ci, distribués dans toute l'Indonésie, se rencontrent en particulier au centre de Sumatra, à Java, dans les îles du sud, telles que Bali, Lombok ou Sumba, à Kalimantan (Bornéo), à Sulawesi (Célèbes), dans une partie des Moluques et en Irian Jaya.

La région d'Ujung Pandang à Sulawesi, où nous avons travaillé pendant quelques semaines est relativement bien connue du point de vue géologique, mais ses secteurs karstiques n'ont jusqu'à présent pas fait l'objet d'études spéléologiques.

Après une présentation du cadre géologique de l'archipel, sera développée une série d'observations réalisées sur le karst de Maros.

13.2.1. - L'environnement géologique de l'archipel indonésien (2)

13.2.1.1. - Structure générale

L'Insulinde, vaste archipel de plus de 20.000 îles est l'une des régions les plus diversifiées et les plus actives du globe. C'est le point de rencontre de trois importants ensembles tectoniques (Fig. 13.9).

- Au nord le bouclier sud-est asiatique et le plateau continental de Sunda,

- Au sud et à l'ouest, le bas de l'océan indien et des restes du Gondwana : continents indien, australien et plateau de Sahul

- A l'est, le craton abyssal de l'océan pacifique.

A la jonction de ces trois zones, de très grandes fosses sédimentaires ont donné naissance à :

- la ceinture orogénique Himalaya-Sunda
- l'arc asiatique de la ceinture circum-pacifique Philippines-Kalimantan-nord Sulawesi,
- l'arc australien de la ceinture précédente, de la Nouvelle-Zélande à Halmahera à travers la Nouvelle-Guinée.

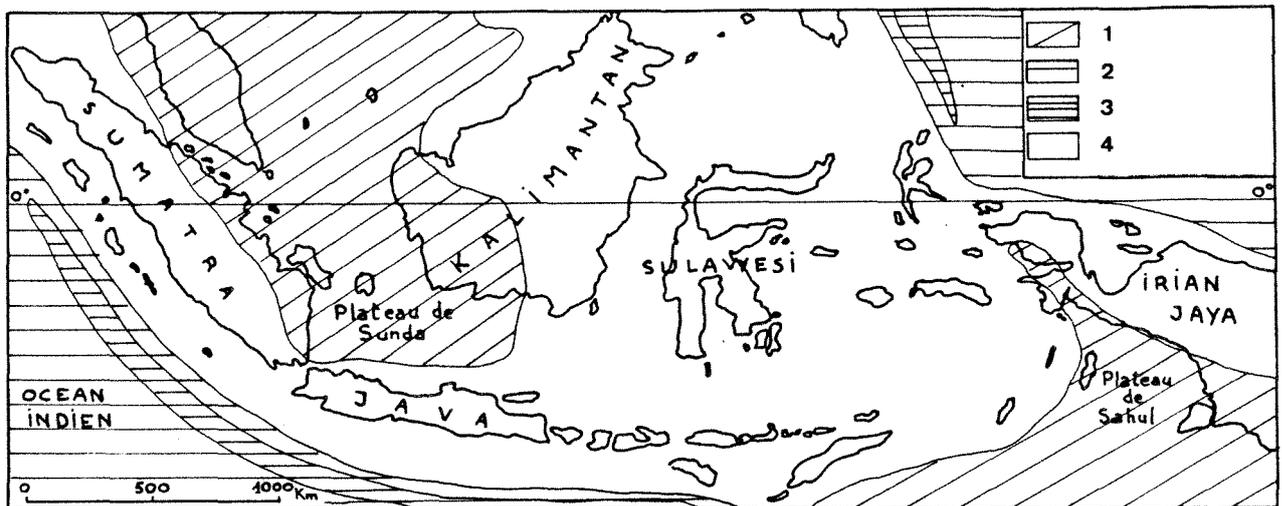
La répartition actuelle des surfaces émergées et des mers résulte de la compression et des plissements sur des milliers de mètres de sédiments accumulés dans les fosses, principalement au tertiaire et au quaternaire.

L'activité sismique et volcanique importante se traduit par plus de 500 secousses par an et la présence d'un millier de volcans dont près de 200 en activité.

13.2.1.2. - Stratigraphie

* Les plus anciennes roches, éruptives et métamorphiques sont rapportées sans grande certitude au Pré-cambrien.

* Au Paléozoïque, outre de grandes quantités d'ardoises, grès, quartzites, conglomérats le long de la côte ouest de Sumatra, l'on trouve de larges affleurements de calcaires permo-carbonifères dans le centre de Sumatra, des calcaires permien dans les chaînes de l'arc Timor-Ceram, et des séries calcaires à



1 : Blocs continentaux ; 2 : Cratons océaniques ; 3 : Fosses océaniques ; 4 : Zones instables, ceintures orogéniques.

Fig. 13.9. Schéma structural de l'archipel indonésien, d'après (2).

coraux, crinoïdes, brachiopodes et trilobites, très développées dans les chaînes montagneuses de l'Irian Jaya.

* Les dépôts secondaires sont généralement peu développés ; les calcaires jurassiques forment quelques grandes surfaces dans l'est de l'archipel (Sulawesi-est, île de Misool, Irian Jaya).

* La plupart des karsts sont développés dans les dépôts marins calcaires du Tertiaire, 10 à 15.000 m de sédiments accumulés dans les fosses et incluant localement des matériaux volcaniques, témoins d'une intensification du volcanisme tertiaire.

Dans l'ouest de l'archipel dominent les dépôts terrestres du Paléogène, tandis qu'à l'est les calcaires à foraminifères fourniront la base lithologique des zones karstiques de Sulawesi.

Le Néogène représenté par des grès, schistes argileux et calcaires a donné les plateaux des zones karstiques les plus connues (sud de Java, Irian Jaya) principalement d'âge Miocène : ce sont surtout des calcaires récifaux présentant de bonnes dispositions stratigraphiques pour le développement de formes karstiques.

* Enfin les dépôts et récifs coralliens du Quaternaire, portés par endroits à plusieurs centaines de mètres au-dessus du niveau de la mer, par les mouvements tectoniques récents, sont faiblement consolidés, et aucune topographie karstique notable ne s'y est développée.

13.2.1.3. - Tectonique

* S'il est généralement admis que les mouvements orogéniques tardifs commencent au Crétacé et sont associés à une intense activité intrusive granitique et péridotique, c'est pour l'essentiel durant la phase orogénique Miocène que se met en place l'ossature actuelle de l'arc indonésien.

* A la fin du Tertiaire et au Pleistocène, les mouvements orogéniques accompagnés d'un important volcanisme entraînent la surrection de blocs faillés, bien qu'à l'est se produise une subsidence.

Les calcaires récifaux miocènes, représentant 50 % des zones karstiques actuelles sont légèrement affectés par les plissements et les compartiments portés en hauteur restent horizontaux ou peu inclinés.

* Enfin, contrairement aux formes karstiques d'Europe centrale ou nord-américaine, affectées par les changements climatiques Pleistocènes, il faut noter que dans l'archipel indonésien, l'évolution karstique s'est déroulée sous les mêmes conditions climatiques tropicales.

13.2.2. - L'île de Sulawesi (2)

D'une surface de 172.000 km², l'île de Sulawesi est la quatrième de l'archipel. Ses quatre grandes péninsules, nord, est, sud-ouest et sud-est sont séparées par de profondes baies (Tomini, Tolo et Bone) (Fig. 13.10).

* Les versants des hautes chaînes de la péninsule nord sont composés de schistes cristallins, de granite et de roches éruptives, localement recouverts de calcaires récifaux portés vers 500 à 1000 m d'altitude.

* Par contre, la péninsule est présente des paysages karstiques beaucoup plus étendus. Les calcaires permotriassiques des Monts Tokala ont donné naissance à la zone karstique la plus élevée de l'île (2630m).

* Les affleurements de la péninsule sud-est sont essentiellement représentés par les calcaires coralliens Néogènes dans le sud, et des calcaires massifs du Crétacé dans la partie nord.

* C'est la péninsule sud-ouest qui a fourni les plus beaux développements karstiques, notamment dans les zones de Maros et de Bone.

* Enfin, l'intérêt de Sulawesi réside dans sa genèse : résultant de la collision et de la suture entre deux plaques tectoniques (Australie-Nouvelle Guinée d'une part, sud-est asiatique d'autre part) elle se situe à la frontière de deux provinces biogéographiques majeures (Ligne Wallace) (10).

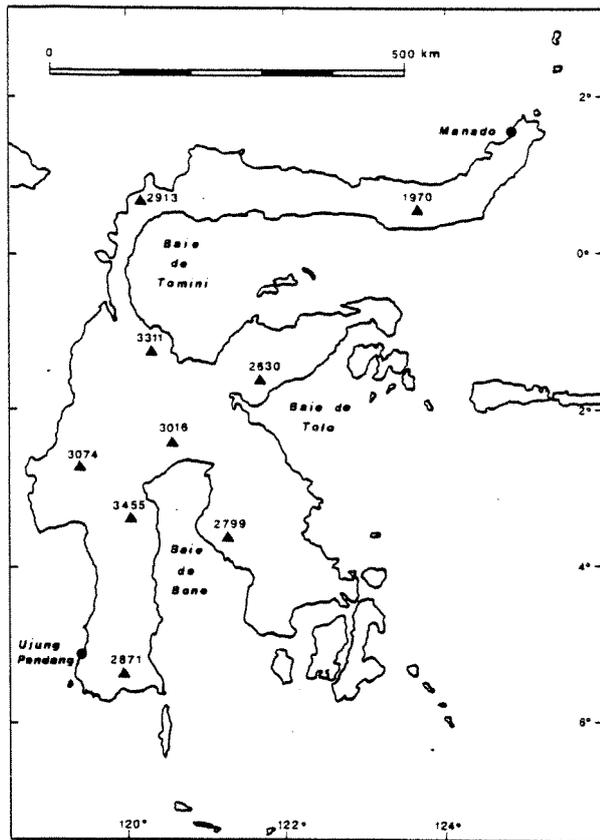


Fig. 13.10. L'île de Sulawesi

13.2.3. - La région d'Ujung Pandang (1)

13.2.3.1. - Géomorphologie

Deux chaînes de montagne nord-nord-ouest, composées essentiellement de matériaux volcaniques, constituent l'armature de cette région et sont séparées par la vallée de la Walanae qui coule au nord vers la vaste plaine alluviale du lac Tempe.

* La chaîne occidentale, plus large au sud s'élève jusque vers 1500 m de Baru à Maros, en passant par Pangkajene. Plusieurs importantes unités présentent un karst à tourelles bien développé. Son versant est dominant le graben de la Walanae ne présente une morphologie karstique que dans la région de B. Langkae. Au sud le volcan éteint Lompobatang culmine à 2876 m ; il est bordé à l'ouest de buttes allongées de roches volcano-détritiques injectées de dykes basaltiques. La plaine côtière qui s'étend de Pangkajene à Takalar est affectée de mouvements tidaux, comme pourraient en attester, au sud-est de Pangkajene les restes d'un karst résiduel décrit plus loin.

* La chaîne orientale, plus étroite, disparaît au nord sous la jonction entre la plaine alluviale de la Walanae et celle de Bone. Son extrémité nord a donné naissance à un karst à cônes ne dépassant pas 700 m d'altitude.

13.2.3.2. - Stratigraphie et Tectonique (Fig. 13.11).

* Les terrains les plus anciens sont des roches métamorphiques et ultrabasiques (Ub, S), pouvant représenter une portion des plaques ayant contribué à la mise en place des Célèbes. Ces roches sont antérieures au Crétacé supérieur.

* En discordance, se sont accumulés dans une fosse profonde, peu à peu comblée - puis devenue une chaîne volcanique marine et sub-aérienne - des dépôts sédimentaires (TKmc). Ces dépôts de type flysch rapportés au Crétacé Supérieur, en milieu néritique profond ont une épaisseur de 1.000 à 2.000 m et sont suivis de dépôts continentaux détritiques à niveaux houillers, d'âge Paléocène.

* De l'Eocène au Miocène moyen, d'importants dépôts carbonatés et détritiques vont s'accumuler à l'ouest de la Walanae, dans un vaste bassin subsident peu profond, sur une épaisseur pouvant atteindre 3000 m (TI). Ces calcaires massifs constituent la formation de Tonasa.

* Au Miocène inférieur, une période d'activité volcanique intense donne naissance à des produits de type basaltique, brèches et laves sur une épaisseur de l'ordre de 4000 m (Tpv). La fin de cette activité est contemporaine de mouvements tectoniques qui vont initier la formation du graben de la Walanae, où s'accumuleront du début du Miocène supérieur au Pliocène les sédiments détritiques de la formation de la Walanae sur 2500 à 4500 m (Tcm).

* La subsidence du graben de la Walanae est associée à de nouvelles manifestations volcaniques du Miocène moyen au Pliocène (Tnv). Sous-marines au début, elles donnent au Miocène les dépôts volcaniques de la formation de Camba, puis au Pliocène les formations du Mt. Baturape et du Mt. Cindako.

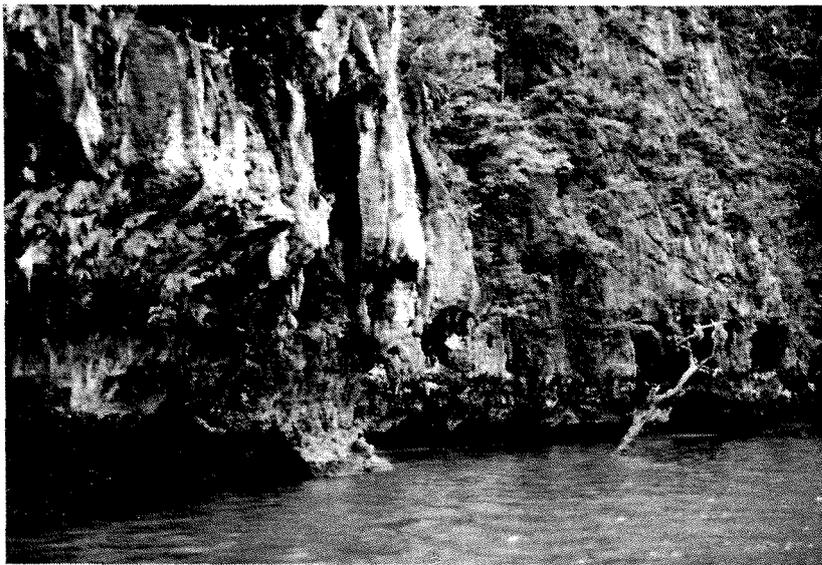
* Au Miocène moyen et supérieur sont déposés en milieu principalement néritique des sédiments marins interstratifiés avec des tufs, brèches et conglomérats volcaniques (Tms) : ils constituent les 4000 à 5000 m de la formation de Camba.

* Contemporains des dépôts de la Walanae, des calcaires coralliens correspondant à un faciès récifal de cette formation, ont donné naissance dans la région de Bone à un karst à cônes. Ces calcaires peuvent atteindre les 2000 m d'épaisseur (Tcl).

* Des roches intrusives (granodiorite et diorite, basalte et parfois trachyte ou andésite) ont injecté, sous formes de dykes, sills ou laccolithes, les formations volcano-sédimentaires TKmc, TI, Tms, Tpv. Ces injections sont datées entre 19 et 7 millions d'années, donc mio-pliocènes. Certaines (basalte) sont liées à la mise en place des volcans Mt. Baturape et Mt. Cindako (Tgd).

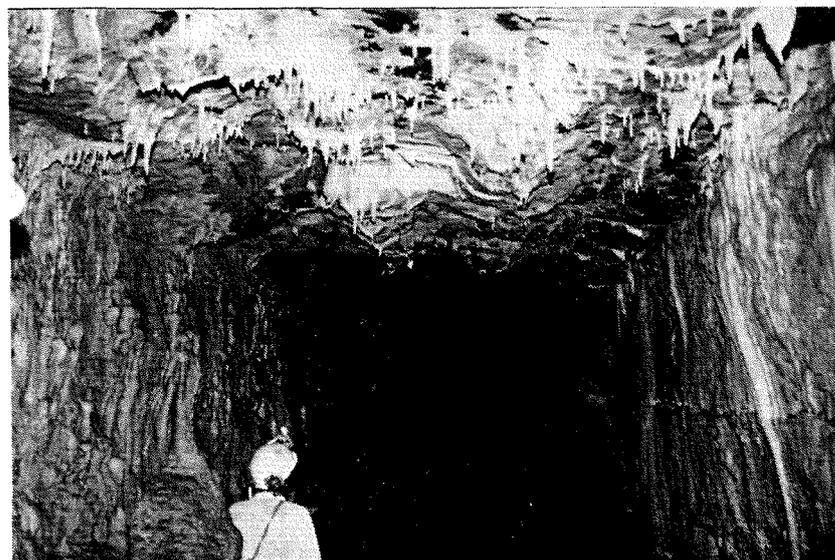
* La faille majeure nord-nord-ouest qui prend naissance au Miocène moyen et se développe jusqu'au Pliocène, marque la bordure est du graben de la Walanae ; le système de plissement à grande échelle qui lui est associé provoque les charriages des roches pré-Crétacé sur le tertiaire dans la région de Bantimala.

* L'activité volcanique se terminera avec la mise en place du Mt. Lompobatang au Pleistocène (Qv) tandis que seuls des dépôts allu-



Ph. 13.4 - Phangnga : encoches
de corrosion (Ph. D. Vidal)

Ph. 13.5 - Le karst de Bantimurung
(Ph. L. Deharveng)



Ph. 13.6 - Dyke basaltique dans la grotte B3 à Bantimurung (Ph. F. Brouquise).

viaux et côtiers se forment, les plus récents d'âge Holocène étant liés à l'érosion des formations du Lompobatang (Qac).

* Enfin, un dernier ensemble de failles en échelon, le long d'un axe nord-sud se met en place récemment, puisqu'il affecte le Lompobatang.

13.2.3.3. - Ressources minérales

Outre les minerais (Cr, Zn, Mn, Pb, Cu) souvent associés aux intrusions et roches ultrabasiques, les calcaires de Tonasa, l'argile de Malawa, les roches intrusives (basalte, trachyte, andésite, granodiorite) sont utilisées dans les cimenteries et dans la construction. Le charbon a été localement exploité, et des indices de gaz ont été trouvés en prospection pétrolière.

Il faut enfin noter la présence de nombreuses sources hydrothermales.

13.2.4. - Le karst de Maros-Pangkajene (1)

13.2.4.1. - Présentation

* La zone karstique considérée s'étend du nord au sud sur 45 km pour une largeur pouvant atteindre une vingtaine de km. L'ensemble couvre quelques 400 km². Si l'on inclut des affleurements de moindre importance situés plus au nord et la zone orientale de B. Langkae on atteint près de 700 km² de karsts.

* Ceux-ci se sont développés dans la formation de Tonasa, datée de l'Eocène supérieur au Miocène moyen ; elle recouvre en concordance les sédiments en partie continentaux de la formation de Malawa, et est recouverte en discontinuité par la formation de Camba (Fig. 13.12).

* La formation de Tonasa qui atteint les 3000 m d'épaisseur est composée de calcaires coralliens massifs, de calcaires bioclastiques et de calcarénites. On trouve également des niveaux marneux à globigérines, et dans le bas de la série des assises de calcaires bitumineux, brèches calcaires et calcaires sableux.

La stratification des calcaires massifs qui contiennent une faune abondante de foraminifères est bien marquée. L'ensemble des fossiles indique un milieu variable, de lagunaire et de haut fond à néritique profond.

* Cette série est injectée de sills, dykes et laccolithes basaltiques, trachytiques et dioritiques, qui ont fortement influencé le développement de la karstification.

* Les calcaires ont été déposés en une série transgressive bien jointée sur des calcaires pré-récifaux et lagunaires finement lités, à faible pendage (4° sud-ouest).

Ces calcaires, avant d'être recouverts par les produits volcaniques Miocènes ont été exondés et brièvement soumis à érosion. Depuis la couverture éruptive a été largement érodée et les calcaires profondément disséqués (3).

13.2.4.2. - Géomorphologie

* L'essentiel des reliefs calcaires consiste

en un plateau qui domine par des falaises abruptes de 100 à 200 m la plaine alluviale et côtière à l'ouest, et atteint 600 à 700 m vers l'est au contact des terrains volcaniques. Des vallées à fond plat remontent entre les unités calcaires et isolent çà et là des pitons en avant du front du plateau.

* Le mécanisme de formation de ces tours calcaires, serrées et séparées par de profonds corridors, ou bordant des dépressions planes est généralement expliqué par une action de sape due à la dissolution latérale, par les eaux d'inondation de la plaine alluviale, de marais ou de sources et émergences karstiques (Ph. 13.5).

Il se produit ainsi un recul progressif des versants générant des parois abruptes. Ce mécanisme est notamment celui invoqué dans l'évolution des poijés.

Mais de nombreux facteurs structuraux et lithologiques peuvent aussi intervenir dans l'évolution de ces karsts à tourelles dont la genèse peut alors ne pas correspondre au schéma précédemment développé. Jennings récapitule diverses interprétations et présente certains cas de figures, incitant à la prudence dans la généralisation des mécanismes d'érosion et la genèse de ces formes (4).

* En ce qui concerne les investigations effectuées sur la région de Maros, deux travaux traitent de ces phénomènes sous un angle quelque peu différent.

- Lehmann et Sunartadirdja (in Mac Donald) (3) évoquent l'action combinée de la corrosion par la pluie et du processus de sapement souterrain par dissolution : les dépressions allongées seraient ouvertes par l'action des eaux pluviales le long des zones de faiblesse des calcaires ; cette dissolution produirait un résidu insoluble recouvrant le plancher des dépressions, donnant lieu ainsi à un affouillement latéral de surface ; celui-ci minant les parois calcaires de la dépression, ouvre finalement des plaines caractérisées par des pitons calcaires isolés.

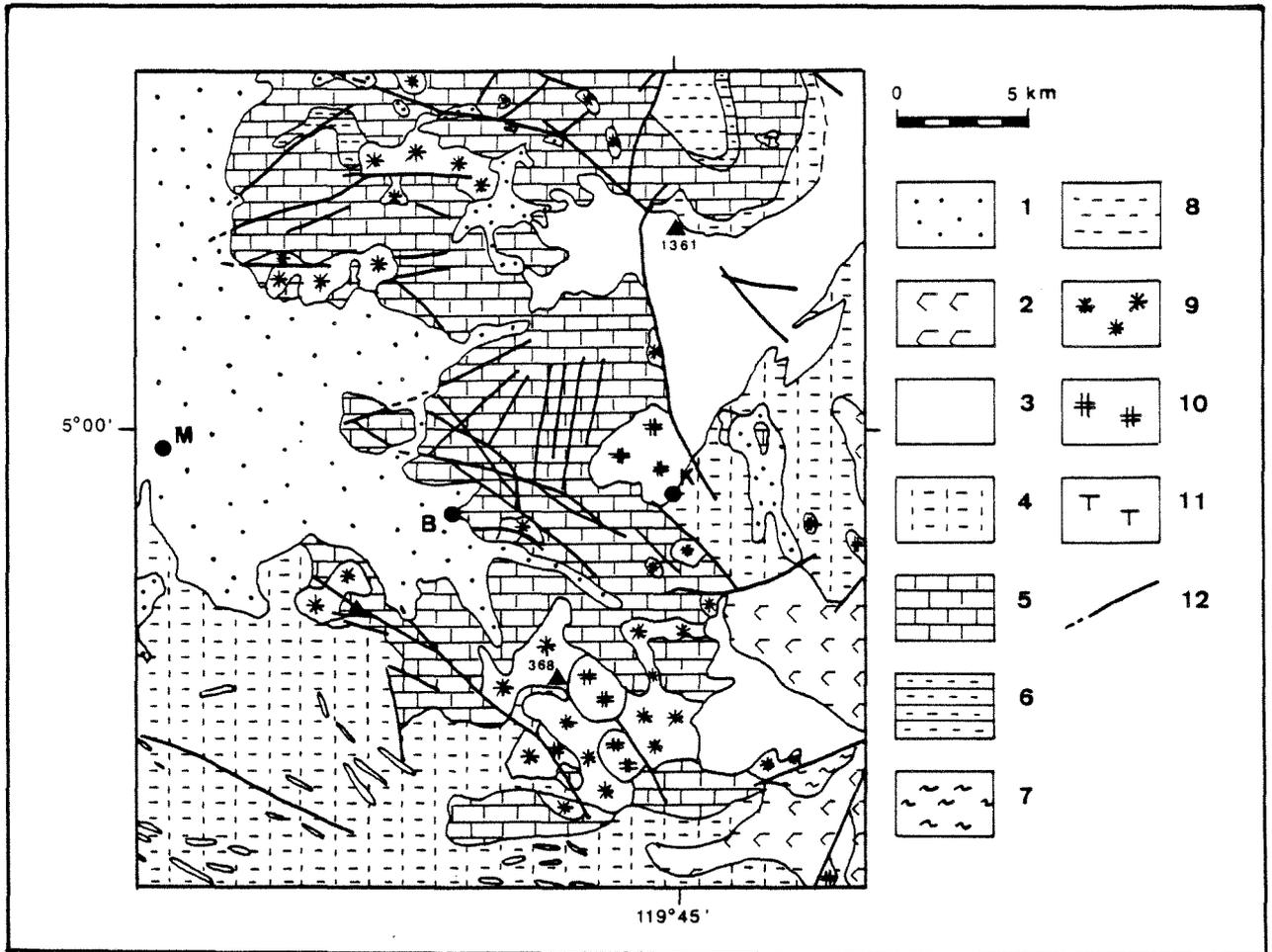
- Mac Donald (3) indique un processus s'opérant en deux temps :

- 1) initialisation du relief calcaire
- 2) planation latérale.

L'initialisation du relief se fait par les cours d'eau allogènes ; le sol des dépressions et plaines n'est pas composé de résidus de dissolution des calcaires, mais par des alluvions de blocs et galets de roches éruptives. Ceci tendant à prouver que l'initialisation du relief s'est faite par érosion de rivières allogènes, d'abord souterraines puis extérieures, avec l'effondrement progressif des voûtes.

Planation latérale par les rivières : les profils subverticaux des collines résultent de l'effondrement dû à l'érosion de leur base. L'observation des remplissages et positions relatives des cavités de pied de versant et de la plaine alluviale conduit Mac Donald à attribuer un rôle dominant à l'érosion latérale par les circulations sub-alluviales et souterraines, au contact entre alluvions et parois calcaires.

Il met en outre en évidence la tendance des cours d'eau à couler le long où à travers les îlots calcaires, plutôt qu'en suivant le plus court chemin au travers des dépôts non calcaires et relativement imperméables de la plaine alluviale.



1 : Qac = dépôts alluviaux et côtiers : graviers, sables, argiles, boues, coraux et calcaires - 2 : Tpbv = volcanique du Baturape-Cindako : laves, brèches, tufs, conglomérats - 3 : Tmcv = volcanique de la formation de Camba : brèches, laves, conglomérats, tufs - 4 : Tmc = formation de Camba : roches marines sédimentaires interstratifiées avec du volcanique - 5 : Temt = formation de Tonasa : calcaire - 6 : Tem = formation de Malawa : grès, conglomérat, argilite, charbon - 7 : Tpv = volcanique propylitisé : brèches, laves et tufs - 8 : Kb = formation de Balangbaru : flysch - 9 : basalte - 10 : diorite - 11 : trachyte - 12 : failles
M : Maros - B : Bantimurung - K : Kappang

Fig. 13.12. Karst de Maros, d'après les coupures géologiques au 1:250.000 (1)

- Nos propres observations conduisent à nuancer la généralisation du processus proposé par Mac Donald. Celui-ci regroupe dans un même ensemble des dépressions linéaires de dimensions très différentes (6 m à 400 m de large, 50 à 200 m de profondeur, et jusqu'à 8 km de long). Mais il semble difficile d'admettre ce processus pour des corridors karstiques de dimensions réduites (5 à 20 m de large), à fond accidenté, situés à l'intérieur même des massifs calcaires à des niveaux bien supérieurs à ceux des plaines et dépressions alluviales voisines.

Une prospection en surface, recoupée par des observations spéléologiques et des relevés topographiques, montre qu'une partie au moins de ces corridors correspond à la présence de dykes de roches éruptives. En effet, au sol de ces corridors des blocs plus ou moins arrondis, ne résultant pas d'un transport, mais d'une altération en boules de la roche du filon, sont pris dans une matrice terreuse, ravinée çà et là par le ruissellement des eaux de

surface. Les parois verticales de ces corridors peuvent se développer rectilignes sur plusieurs centaines de mètres, selon la géométrie du dyke que l'on peut suivre plus ou moins difficilement.

L'altération relative plus rapide de la roche du dyke entraîne sa disparition progressive mais le maintien de l'encaissant calcaire. Dans le corridor de Bantimurung, débouchant en face de la grotte du même nom, le plafond de la grotte B3 est traversé par un dyke basaltique. Le levé topo de la cavité a montré qu'il s'agit précisément du même filon qui a donné naissance au corridor sus-jacent (Fig. 10.1) (Ph. 13.6).

* Ainsi, l'existence de corridors karstiques peut être, au moins pour partie, reliée à la présence initiale de dykes de roches intrusives, dont l'altération relative, rapide à l'extérieur, a marqué la topographie. La désagrégation et le lessivage par ruissellement de surface suffisent à expliquer la morphologie actuelle d'une partie du karst.

Néanmoins, l'approfondissement de ces corridors ne peut être lié qu'à un abaissement du niveau de base suivant un processus du type suivant :

- 1) Existence d'une surface d'érosion faiblement accidentée et d'un chevelu hydrographique.
- 2) Surrection relative de la région, liée à des mouvements épirogéniques.
- 3) Parallèlement surimposition et enfouissement du réseau hydrographique.

Ce schéma peut aussi rendre compte de l'individualisation beaucoup plus nette des pitons calcaires à la périphérie qu'à l'intérieur du massif. A plus petite échelle, on a un plateau karstique, bien disséqué en pitons sur sa bordure occidentale, mais offrant à l'intérieur d'autres types de configurations plus classiques, analogues à celles rencontrées sous nos latitudes : grandes dépressions kilométriques irrégulières, zones chaotiques de lapiaz à blocs décimétriques très fissurés, karst à crevasses, secteurs à dolines et points d'absorption disséminés, parfois sans orientation apparente.

Ces observations tendent également à nuancer le rôle du facteur climatique dans la genèse de formes supposées propres aux karsts dits tropicaux. On a ici un ensemble d'indices mettant en évidence l'influence parfois déterminante des caractères lithologiques et structuraux.

* Des observations analogues ont été faites par les expéditions anglaises à Mulu sur les cavités du district de Bau (Sarawak) (6), où le développement de l'endokarst et de l'exokarst est partiellement contrôlé par la présence de dykes : l'altération-dissolution relative amène sous terre le maintien en relief de filons formant souvent barrière hydraulique -comme cela apparaît nettement dans le réseau de Gua Salukkan Kallang- et l'inverse en surface, où ils favorisent la genèse de gorges et corridors.

* Le karst de Maros est principalement un karst à pitons séparés par des corridors étroits ; sur une hauteur de 50 à 200 m, la végétation qui s'accroche à peu près partout, masque les traits de détail, sauf dans les parties surplombantes où un concrétionnement externe tufacé s'est développé. On peut noter au sommet de certaines de ces tourelles de grands effondrements. Dans d'autres zones plus tabulaires, ou dans quelques dépressions, il y a développement de formes analogues aux karsts à crevasses (7). Celles-ci constituent un réseau maillé décimétrique ; les blocs ainsi individualisés peuvent localement passer à la forme "pinacle" et atteindre une quinzaine de mètres de haut (Secteur du pk 58 à l'est de la route de Samangi à Kappang, et grande dépression des gouffres K2 et K3).

La direction prépondérante des corridors dans la zone de Bantimurung et de Kappang (sud-est/nord-ouest) ainsi que celle des diaclases majeures du karst à crevasses semble correspondre à l'orientation locale des filons et à la fracturation induite par la tectonique Néogène.

13.2.4.3. - Hydrologie

* La limite ouest du karst de Maros-Pangka-

jene se trouve au niveau de base régional à quelques mètres seulement au-dessus du zéro marin. La plupart des émergences karstiques se situent à ce niveau et, même en saison sèche, on bute rapidement sur des siphons. D'un strict point de vue spéléologique, l'accès aux réseaux par l'aval semble généralement voué à l'échec. Plusieurs sources se présentent comme vaclusiennes (Towakkalak, réservoir de l'hôtel de Bantimurung).

* Quelques données hydrochimiques existent sur les émergences de ce secteur (8). D'un débit de 80 à 150 m³/mn pour les plus importantes, leur TAC varie de 9 à 10 degrés allemands, soit 160 à 180 mg/l d'équivalent CaCO₃, ce qui correspond à une minéralisation moyenne (Tab. 13.1).

* Les quelques rivières pérennes coulent sur des alluvions quaternaires et sont alimentées, soit par des émergences karstiques, soit par les écoulements, sur terrains volcaniques à l'est, des rares cours d'eau allogènes. Les principales rivières des hautes terres bordant le massif calcaire à l'est contournent le karst, mais une série de petites pertes existent, souvent à la faveur de failles, et une partie sans doute non négligeable des eaux de surface va rejoindre le système de drainage karstique. De grands collecteurs souterrains, comme en témoigne l'existence du réseau de Gua Salukkan Kallang, se sont formés, mais la connaissance de la structure du système reste à acquérir.

13.2.4.4. - Ancienneté de la karstification

Les éléments concernant l'ancienneté de la karstification et ses différentes phases sont actuellement extrêmement réduits. Sunartadirdja et Lehmann (9) la situent comme postérieure au Miocène moyen.

Une phase d'émersion livre les calcaires de Tonasa à l'érosion avant qu'une nouvelle transgression ne provoque le recouvrement par la formation marine et volcanique de Camba. Depuis le Miocène ces roches éruptives ont été largement érodées et les calcaires sous-jacents disséqués (3).

La mise en place de dykes et sills de roches intrusives se situe du Miocène supérieur à la fin Pliocène. Trois datations effectuées dans la région de Kappang, sur du basalte, une aplite et une diorite donnent respectivement des âges de 7.5, 9.2 et 7.7 millions d'années (1).

Aucun indice d'un remplissage volcanique en place n'a été relevé dans les cavités explorées. Or les formations du Baturape et du Cindako, fin Pliocène, et du Lompobatang au Pleistocène ont donné lieu à des écoulements de lave, d'où une possibilité de datation en cas de découvertes de remplissages non remaniés.

Par contre, on rencontre fréquemment dans les cavités explorées, des filons décimétriques à métriques. Ce sont eux qui ont fourni la majeure partie des galets charriés par la rivière "des prismes" et celle du "15 août" dans le réseau de Gua Salukkan Kallang. Ces dykes ont été recoupés par le réseau. La mise en place de ce dernier ne peut donc être que postérieure au début Pliocène, et probablement beaucoup plus récente.

Localisation	Alt. (m)	Tempér. de l'eau (°C)	Débit (l/s)	pH	Ca++ (mg/l)	Mg++ (mg/l)	TAC	
							° allemand	ppm de CaCO ₃
MATAMPA 2.4.1965	3	25,2	170	7,1	55,8	6,5	9,3	166,0
LIANGKASSI 2.4.1965	3	25,0	100	7,3	57,2	7,4	9,7	173,1
PANGEA 1.4.1965	120	23,3	1	7,0	52,9	6,1	8,8	157,1
TOWAKKALAK 1 1.4.1965	36	24,2	2000	7,1	57,2	5,2	9,2	164,2

Tab. 13.1 - Caractéristiques hydrochimiques d'émergences karstiques de Sulawesi (d'après D. Balazs).

13.2.4.5. - Observations sur l'endokarst "pénétrable"

La plupart des travaux sur le karst de Maros, réalisés par des géomorphologues portent sur l'exokarst. Les éléments de connaissance des réseaux, antérieurs à notre venue sont inexistant. L'ensemble des observations et levés topographiques que nous avons réalisés, ajoutés aux travaux effectués par une équipe italienne, représente donc une première contribution.

Bien que nos observations soient encore partielles, incomplètes et dispersées, plusieurs remarques peuvent être faites :

* Les cavités sont subhorizontales, les crans de descente survenant à la faveur de failles majeures ou de discontinuités structurales telles que les dykes.

* La stratification est franche, les bancs traversés bien individualisés, à pendage nul ou faible, fortement fossilifères.

* Les remplissages de galets (basalte, diorite) semblent fournis pour l'essentiel -du moins dans G.S.K.- par les filons recoupés par les conduits souterrains.

* D'importants remplissages limono-sableux se rencontrent dans les galeries devenues inactives ou dans les secteurs en amont desquels existe un obstacle hydraulique.

* Le profil d'équilibre semble avoir été atteint dans de nombreuses sections de galeries. Les galets calcaires sont rares ou absents, mais l'on rencontre par place des blocs anguleux éboulés atteignant parfois la dizaine de mètres cubes.

* Le concrétionnement est abondant dans les parties fossiles, faible dans les secteurs actifs.

* La plupart des cavités-émergences siphonnent près de l'entrée et ne présentent pas de conduit supérieur inactif permettant de court-circuiter ces siphons. L'accès aux réseaux est à rechercher en amont ou par des regards intermédiaires.

On se reportera pour plus de détails aux chapitres 9 et 10 de ce rapport.

13.2.4.6. - Le karst "résiduel" de Soreang

Au sud-est de Pangkajene s'étend en avant du plateau karstique, une zone d'affleurements karstiques résiduels. Ces reliefs ruiniformes, éparpillés en début de la plaine bordière sont développés dans des calcaires lagunaires et pré-récifaux (3). Ils ne dépassent pas 10 à 15 m de haut et occupent une bande de 100 à 200 m de large, 500 à 600 m en avant du pied des falaises du karst à tourelles.

Quelques tronçons reliques de petites galeries peuvent être suivis dans ce paysage étrange ou les pinacles alignés rappellent les "tsingys" malgaches (Ph. 13.7).

La présence d'une encoche quasi-continue, à hauteur d'homme n'est pas le moins curieux des aspects de ce karst (Ph. 13.8). Deux hypothèses peuvent être avancées :

- Le déplacement des lignes de rivage à l'Holocène peut avoir provoqué l'abandon de cette zone par la mer : la présence de l'encoche basale de dissolution à 2 m du sol témoignerait d'un ancien niveau stationnaire de la mer, aujourd'hui retirée à quelques kilomètres.

- Ces reliefs semblent analogues aux formes karstiques résiduelles de Lealleang décrites par Sunartadirdja et Lehmann. Ces auteurs pensent qu'ici il ne s'agit pas d'encoche basale marine, mais simplement d'une "forme de corrosion typique" provoqué par la dissolution due aux inondations fréquentes (9).

Il faudrait dans ce cas supposer un niveau antérieur supérieur de la plaine bordière karstique, pour expliquer la présence de l'encoche. Par contre une encoche secondaire existe au raz du sol : d'une vingtaine de centimètres de haut, moins marquée, elle correspond à l'inondation des rizières, hors saison sèche (9).

13.2.5. - Conclusion et perspectives

Un certain nombre de conditions favorables existent pour approfondir la connaissance de cette région (karst très développé facilitant



Ph. 13.7 - Pinacles du karst résiduel de Soreang (Ph. L. Deharveng)



Ph. 13.8 - Le karst résiduel de Soreang : noter les deux encoches de dissolution
(Ph. L. Deharveng)

une étude karstogénétique, interaction karstification-phénomènes intrusifs et volcaniques,...).

En géomorphologie externe, il resterait à quantifier les observations réalisées dont la généralisation reste tout de même subjective.

En hydrogéologie et hydrologie, la réalisation de traçages, compte tenu des découvertes spéléologiques de l'été 85, devient réalisable. Enfin, une campagne de mesures et d'échantillonnage en chimie des eaux permettrait de valoriser le temps de séjour toujours trop bref d'une équipe de taille réduite.

13.2.6. - Bibliographie et documentation

1. Cartes et notices géologiques :
 - . Ujung Pandang. 1:1.000.000 Rab Sukamto. 1975.
 - . Ujung Pandang, Benteng, Sinjai. 1:250.000, Rab Sukamto & S. Supriatna. 1982.
 - . Pangkajene, Watampone. 1:250.000. Rab Sukamto. 1982.
2. Karst Regions in Indonesia by Dr. D. Balázs in Karst-és Barlangkutató. 1968.
3. Limestone Morphology in South Sulawesi, Indonesia by Roy Mc Donald in Z. Geomorph. N.F. 79-91. Berlin, Stuttgart. Nov. 1976.
4. An Introduction to Systematic Geomorphology. Vol. 7. Karst. by J.N. Jennings. 1971.
5. Le karst de Cuba. B. Geze & A. Mangin. Revue de Géologie dynamique et de géographie physique. Vol. 22. fasc. 2, Paris, 1980.
6. Cave Science. Vol. 9 n° 2, june 1982. Mulu.
7. Caves and Karst of the Muller Range. Exploration in Papua New-Guinea. 1978.
8. Untersuchung der Karstquellen in der Indonesischen Inselwelt. Dénes Balázs, in 5e Congrès International de Spéléologie. 1969.

9. Der Tropische karst von Maros und Nord-Bone in S.W. Celebes (Sulawesi). M.A. Sunartadirdja & H. Lehmann. in Z. Geomorph. Suppl. 2 - 49-65. 1960.

10. Wallace's Line and Plate Tectonics. Oxford Science Publications T.C. Whitmore. 1981.

13.3. - CONCLUSION

Les karsts que nous avons abordés se sont développés dans des contextes lithologiques et structuraux très différents. En Thaïlande on se trouve en présence de terrains paléozoïques dans une région dont le socle est en place dès le Trias. Par contre Sulawesi, région extrêmement complexe, résulte dans sa structure actuelle de la collision progressive entre 15 et 5 millions d'années de la marge nord du bloc continental Australie-Nouvelle Guinée, avec les arcs insulaires périphériques du bloc sud-est asiatique. Une tectonique récente a donc joué sur les calcaires miocènes du sud-ouest des cèlèbes.

Le champ d'étude est ouvert, notamment sur l'ancienneté respective de la karstification de ces régions. Un premier travail de sédimentologie a été effectué (cf. chap. 18) ; des matériaux sont en cours d'étude ; la prochaine expédition permettra, nous l'espérons, de compléter cette modeste contribution à l'étude des karsts du sud-est asiatique.

*

Nous remercions ici tous ceux qui nous ont aidés, formés ou informés, et ont contribué aux divers traitements et déterminations, en particulier :

T. Pelissié, M. Bakalowicz, A. Mangin, Laboratoire de Géologie Sédimentaire et Paléontologie et Laboratoire de Minéralogie : U.P.S. Toulouse, Institut Dolomieu de Grenoble, Commission Scientifique Midi-Pyrénées de la F.F.S..

*

14. CLIMATOLOGIE

F. BROUQUISSE

L'étude des données climatologiques est nécessaire tant pour l'établissement d'un bilan hydrologique que pour caractériser les biotopes des groupes faunistiques étudiés.

Les données générales et régionales présentées ici sont d'origine bibliographique. En ce qui concerne la Thaïlande, figurent en outre les résultats du travail de terrain que nous avons effectué.

14.1. - THAÏLANDE

14.1.1. - Les données régionales (1)

14.1.1.1. - Introduction

La structure physiographique de la Thaïlande est telle que l'on y trouve une grande variété de types bioclimatiques. On y distingue quatre grandes régions :

- Les chaînons du nord et du nord-ouest
- Le plateau de Khorat à l'est
- La grande plaine centrale de la Chao Phraya
- Les régions côtières.

Les principaux reliefs font obstacle aux vents dominants du sud-ouest et du nord-est, suivant les saisons et conditionnent la distribution des pluies qui obéissent au rythme des moussons.

Nous nous intéresserons aux deux régions où nous avons mené nos recherches, le nord et la région côtière de Phangnga.

14.1.1.2. - Le nord (3,4,5,7)

* C'est la partie la plus montagneuse du pays, l'altitude variant de 200 à plus de 2000 m. Le Doi Chiang Dao atteint 2200 m tandis que les plateaux karstiques de la Nam Lang se développent vers 900 m d'altitude.

* Le climat de cette région est influencé par les moussons saisonnières et la position de la zone de convergence intertropicale.

- La mousson du sud-ouest fortement chargée d'humidité de l'océan indien, caractérise la saison des pluies de la mi-mai à la mi-octobre. Occasionnellement des épisodes pouvant durer plusieurs semaines, conduisent à des conditions de sécheresse en juin-juillet : ils sont dus à l'influence des circulations anticycloniques des masses d'air. D'août à septembre, les pluies sont beaucoup plus

importantes et occasionnent de violentes crues en fin de saison.

- La mousson du nord-est, en saison d'hiver, commence fin octobre quand les courants de masses d'air sec et froid soufflent de Chine. Cette mousson continue jusqu'au début de "l'été" en février. Cette période est caractérisée par une faible pluviosité et humidité, peu de nuages et une basse température ; cette dernière est en moyenne de 20 à 25°. Il faut enfin noter de fréquents brouillards et rosées le matin.

- La saison "d'été", période de transition, dure de mi-février à mi-mai, très chaude, à faible humidité, mais plus nuageuse et à averses plus fortes. La température se situe entre 25 et 32° comme d'ailleurs en saison des pluies. La saison sèche d'une durée de 5 à 6 mois se réduit à 4 mois au-dessus de 900 m d'altitude.

* L'ensemble des données climatiques concernant les stations de Chiang Mai, Chiang Rai et Mae Hong Son, fait l'objet des figures 14.1 et tableaux 14.1, 14.2, 14.3.

14.1.1.3. - Le sud : les rivages occidentaux de l'isthme de Kra

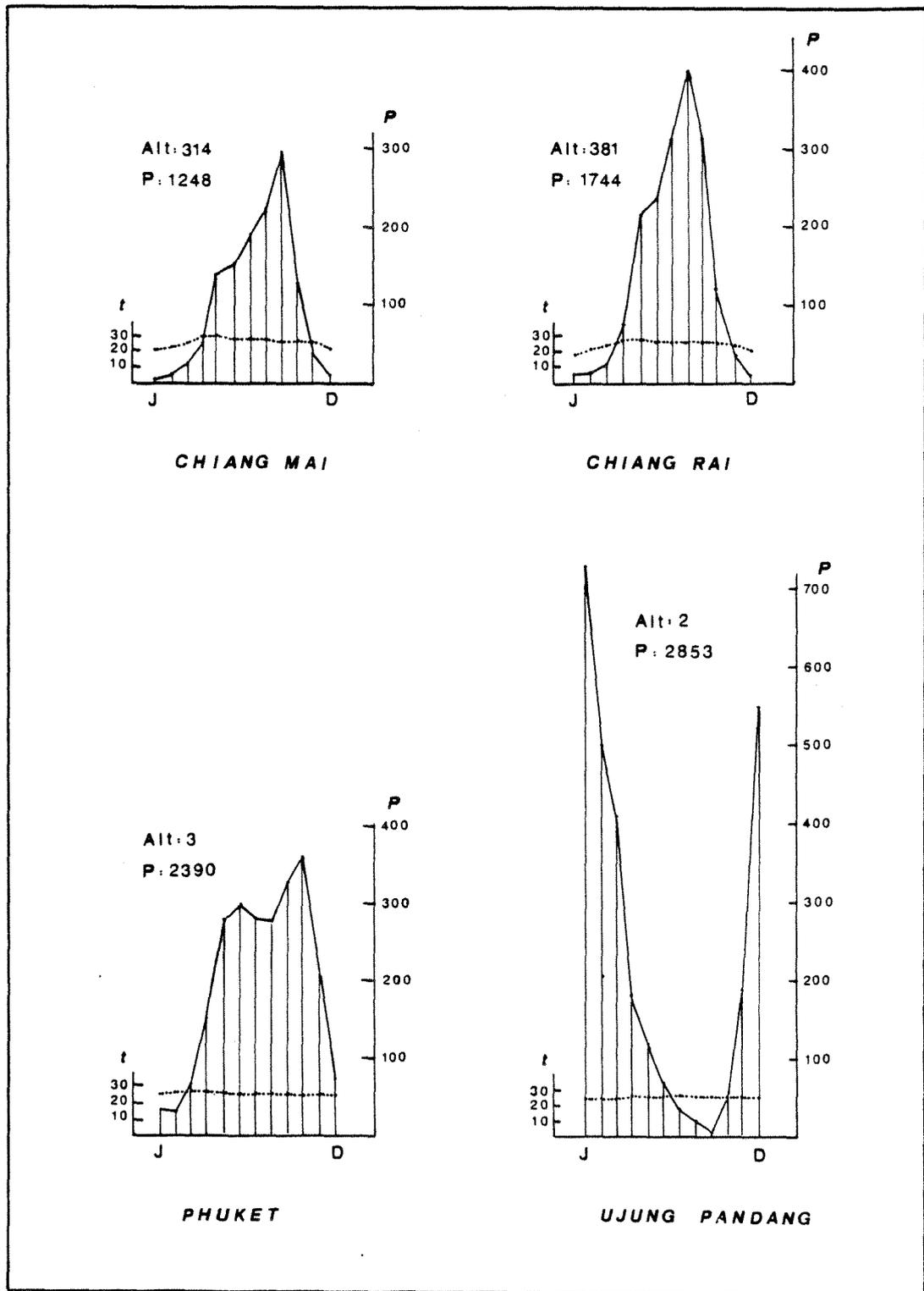
* Les régions de Phuket, Phangnga et Krabi appartiennent à la façade occidentale de l'isthme de Kra. Elles sont principalement sous l'influence de la mousson d'été. De décembre à mars les pluies sont faibles (Tab. 14.4). Les variations de pluviométrie annuelle peuvent être considérables entre stations voisines (1)

RANONG: P = 5106 mm pour 170 jours de pluie
PHUKET: P = 2390 mm pour 155 " "
KRABI: P = 1895 mm pour 84 " "

* Le diagramme ombrothermique de Phuket montre que la température moyenne, très stable sur l'année, avoisine les 25°, et que la saison sèche dure 3 à 4 mois (fig. 14.1).

* Le tableau 14.5 fournit pour la période 1951-1972 les moyennes météo à Phangnga. P = 3168 mm. L'amplitude thermique annuelle est de 2,2°C pour une moyenne de 28,2°C. La plupart des précipitations est associée à de forts orages de convection en fin d'après-midi (6).

14.1.2. - Les données collectées sur le terrain (9)



Altitude (m) - Pluviométrie, annuelle (mm) - température (°C)

Fig. 14.1. Diagrammes ombrothermiques de Chiang Maï, Chiang Raï, Phuket et Ujung Pandang, d'après (1) et (2)

14.1.2.1. - Introduction

Les observations climatiques ont été réalisées à deux niveaux :

- d'une part, à Chiang Dao où une station de mesures a été installée, nous avons 5

semaines d'enregistrements en continu de la pluviométrie, de la température et de l'hygrométrie.

- d'autre part, par des mesures ponctuelles, effectuées en extérieur et sous terre, qui concernent principalement la température.

Stations	P	n	E	Tm	Hm
Chiang Maï	784	107	1.626	26°7	68,8
Chiang Raï	1.576	130	943 (1)	25°0	77,1
Mae Hong Son	1.407	140	1.744	26°5 (2)	73,1

P : pluviométrie en mm. n : nombre de jours de pluie. E : évaporation en mm (bac classe A).

Tm : température moyenne °C. Hm : humidité relative en %.

(1) mois d'août et septembre non compris (données manquantes). résultats restitués : E = 1063 mm

(2) mois d'août et septembre non compris (données manquantes). résultats restitués : Tm inchangée

Tab. 14.1 : Données Climatologiques pour l'année 1984 (5).

Stations	P	n	E	Tm	Hm
Chiang Dao	159,5 (1)	25	-	27°1 (2)	76,3 (2)
Chiang Maï	132,9	21	112,1	27°4	75,4
Chiang Raï	453,4	24	53,4	26°2	84,3
Mae Hon. Song	182,5	25	128,9	27°3	80,7

(1) du 2.7.85 au 2.8.85

(2) du 3.7.85 au 2.8.85

Tab. 14.2 - Données climatologiques pour juillet 1985 (5,9)

Chiang Maï	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel
P mm	10,1	2,3	28,0	45,4	179,3	142,7	171,3	305,6	218,1	105,8	55,4	35,6	1.299,6
ETP mm (Penman-1)	83,6	99,0	132,2	157,8	139,6	109,5	93,4	88,8	93,6	95,2	75,3	63,3	1.231,3

NB : L'évaporation au bac de classe A, sur la même période, est de 1.560,5 mm

Tab. 14.3 - Moyennes climatiques à Chiang Maï sur la période 1969 - 1976 (7)

Stations	Décembre		Janvier		Février		Mars		Total	
	P	n	P	n	P	n	P	n	P	n
Phuket	65	8	34	4	28	4	67	6	194	22
Krabi	60	3	22	2	26	2	56	3	164	10

Tab. 14.4 - Pluviométrie de Phuket et Krabi en saison sèche (1)

Phangnga	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel
Tm	28,0	28,9	29,5	29,6	28,5	28,3	27,9	27,9	27,4	27,4	27,4	27,8	28,2
E (Piche)	98	100	102	78	58	62	63	65	55	51	58	80	870
P	34	77	127	248	321	476	393	429	443	344	191	86	3.168

Tab. 14.5 - Données climatiques pour Phangnga, sur la période 1951 - 1972 (6)



Ph. 14.1. Le pluviographe (Ph. F. Brouquisse)

14.1.2.2. - Climatologie externe

a) Les enregistrements

* La pluviométrie

- Le pluviographe (Type RO5 3025 A, donné par la Société Précis Mécanique), à enregistrement hebdomadaire, était installé dans le jardin attenant à la maison nous servant de laboratoire de terrain (Ph. 14.1).

Il a fonctionné sans interruption du 2.7.85 au 4.8.85, de façon satisfaisante, hormis deux incidents ponctuels et la colonisation de l'intérieur du carter par les fourmis...!

- De l'analyse des graphes on peut tirer plusieurs constatations (période du 2.7.85 au 2.8.85) :

- . les précipitations quasi-journalières sont en général peu importantes (27 jours de pluie sur 31) (Fig. 14.2).

- . les grosses averses, souvent de courte durée, contribuent pour 60 % à la pluviométrie totale de la période (Tab. 14.6).

- . Un violent orage isolé se produit le 26.7.85 et précipite 43 mm en une demi-heure (Fig. 14.3).

- . Les précipitations se répartissent inégalement dans la journée : près des 3/4 tombent entre 14 h et 22 h, et plus de 85 % entre 14 h et 2 h du matin (Fig. 14.4).

* La température :

- Enregistrée simultanément avec l'humidité relative, sur thermohygrographe (J. Richard, type NG 5538, - 20°, + 40°) à rotation hebdomadaire, placé au rez-de-chaussée à claire-voie du laboratoire de terrain. L'appareil a fonctionné de façon satisfaisante du 2.7.85 au

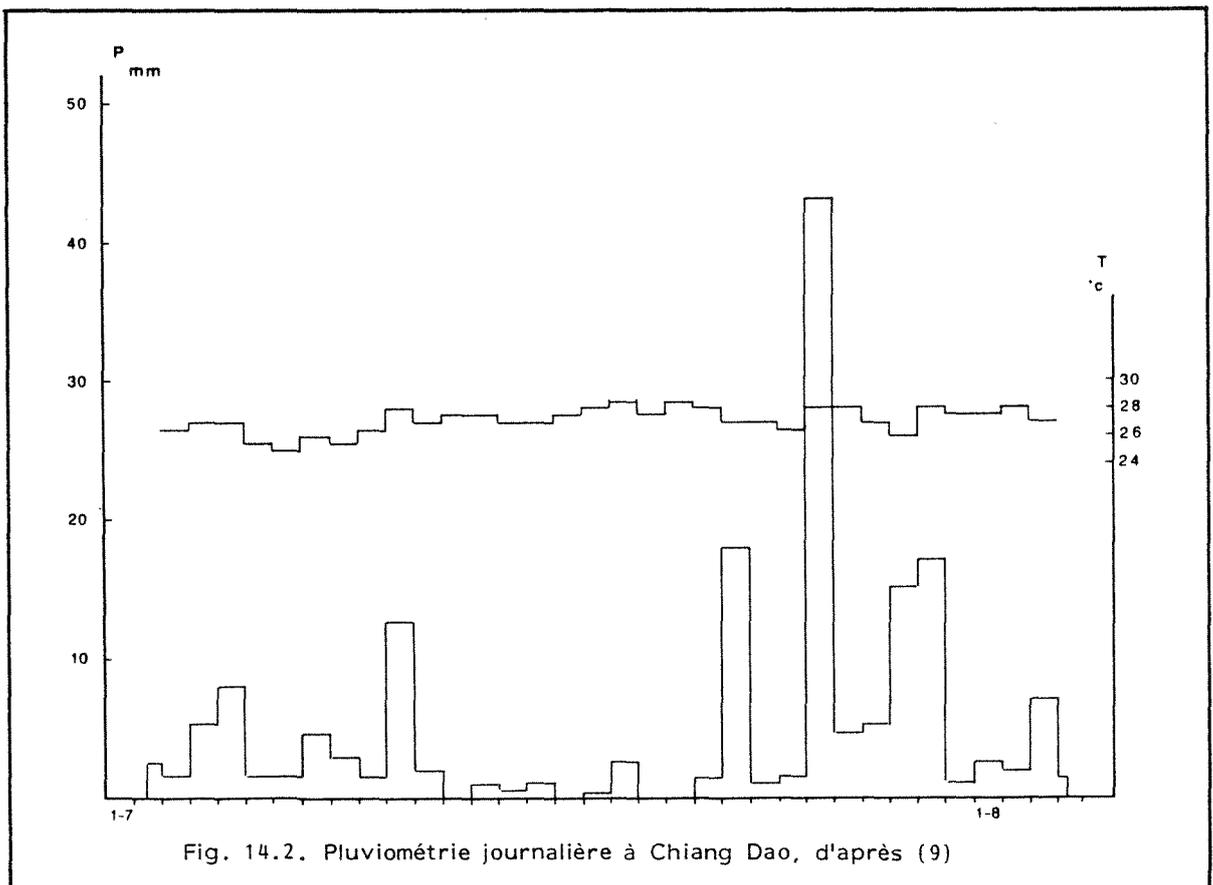


Fig. 14.2. Pluviométrie journalière à Chiang Dao, d'après (9)

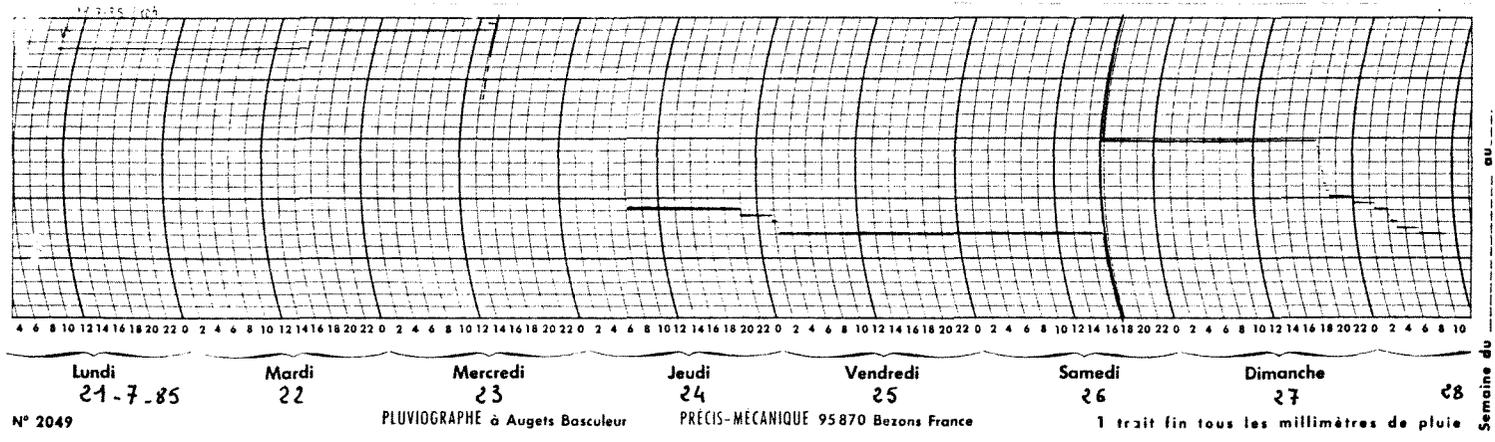


Fig. 14.3. Pluviogramme



Fig. 14.6. Thermo-hygrogramme

3.8.85. Des contrôles ont été effectués périodiquement par mesure au thermomètre à mercure : aucune dérive n'est apparue après le calage initial (Ph. 14.2).

- Analyse des diagrammes :

. Le dépouillement fait apparaître une variation journalière moyenne de 7° entre un maximum moyen de 30°8 et un minimum de 23°8. La température moyenne journalière sur la période

Date	Heure	Quantité (mm)	Intensité (mm/h)
4.7.85	17 h	5,5	> 11
5.7.85	21 h	7,0	7
11.7.85	23h30	6,5	> 6,5
23.7.85	14 h	8,0	> 32
26.7.85	17 h	43,0	86
29.7.85	21 h	7,0	7
30.7.85	19 h	15,0	15
TOTAL	-	92,0	-

Tab.14.6 - Caractéristiques des principales averses sur la période du 2.7.85 au 2.8.85, à Chiang Dao (9).

considérée est de 27°3.

. La pointe de température, bien marquée, se produit régulièrement aux alentours de 14-15 h (heure locale) - maximum absolu pour la période : 33°.

Le minimum se situe vers 6-7 h du matin - minimum absolu : 23°.

La montée en température est régulière, du minimum matinal au maximum, tandis que la descente se fait en deux temps plus ou moins bien séparés : une chute parfois rapide, de 5 à 6°, suivie d'un palier faiblement décroissant entre 22 h et 7 h (Fig. 14.5).

* L'humidité relative :

- Le calage et le contrôle régulier de l'hygrographe s'est fait avec un psychromètre à aspiration (J. Richard, Type NG 5303).

- Analyse des diagrammes :

. L'humidité relative moyenne pour la période est de 76 %, entre un maximum moyen de 97 % et un minimum de 55 %.

. La pointe de sécheresse, toujours bien marquée et corrélée au maximum de température, se situe vers 14-15 h. C'est vers 6-7 h du matin que l'on enregistre les plus fortes humidités, précédées d'un palier toujours supérieur à 90 %. La phase d'assèchement matinal est continue ; par contre la remontée en humidité est plus irrégulière et reflète beaucoup mieux que la température l'influence des précipita-

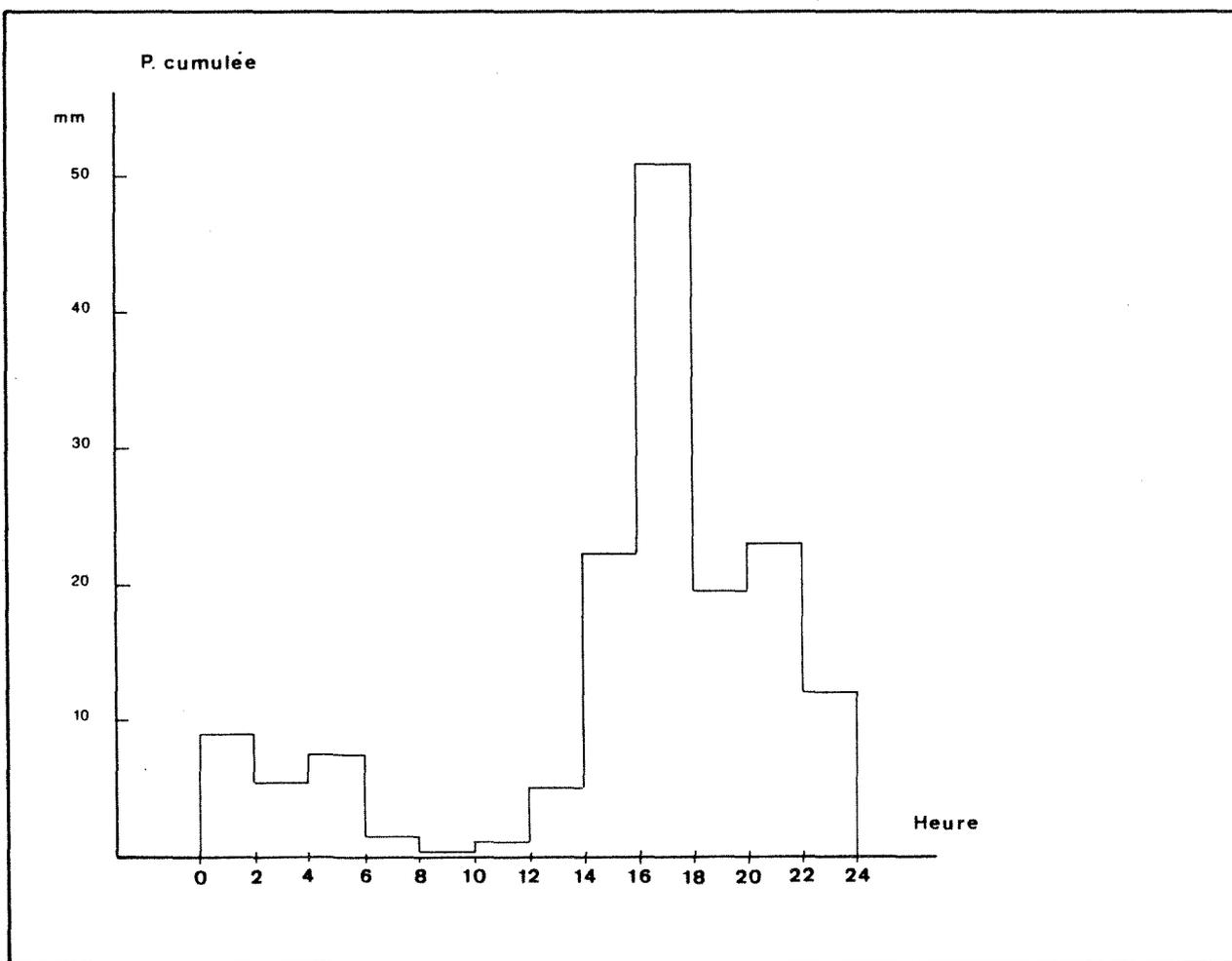


Fig. 14.4. Histogramme des précipitations pour la période du 2.7.85 au 2.8.85 : Répartition journalière



Ph. 14.2. Le thermo-hygrographe (Ph. F. Brouquisse)

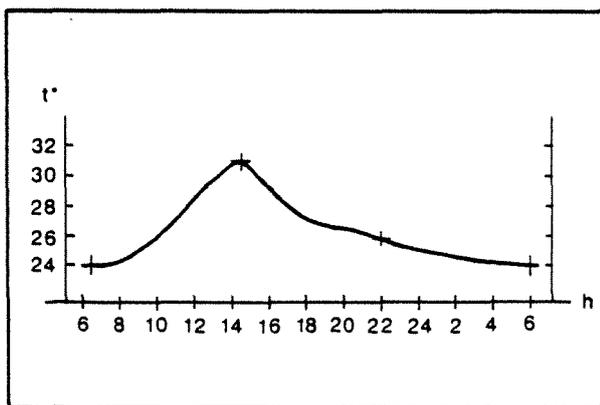


Fig. 14.5. Profil moyen journalier des températures

tions et de la nébulosité (Fig. 14.6).

. Au facteur d'échelle et à la sensibilité près, l'on retrouve les mêmes évolutions générales entre température et hygrométrie.

b) Les mesures ponctuelles

* Concernant la pluviométrie, 4 mesures ont été faites dans la partie supérieure du Doï Chiang Dao, vers 1700 m dans la grande combe pré-sommitale. Le système utilisé, rudimentaire, consistait en un entonnoir en toile plastique fixé sur une armature en PVC rigide, le tout relié à une gourde et suspendu à un bout de bois.

Trois des mesures correspondent à de petites averses ayant donné moins d'un mm,

non significatives. Par contre la 4e a permis d'enregistrer dans la nuit du 11 au 12.7.85, 42 mm entre 23 h 30 et 3 h du matin.

* Les mesures extérieures de températures sont peu nombreuses.

. L'une d'entre elles prise vers 1100 m d'altitude dans la zone à conifères du Doï Chiang Dao donne 22°5 soit 7°5 de moins qu'à Chiang Dao, 700 m plus bas, à la même heure (15 h 30).

. A 1700 m, nous avons enregistré 16° pour la nuit et 19 à 21° dans la journée, soit 8 à 10° de moins que dans la vallée.

c) Critique des données

* La période d'enregistrement est courte et se situe en début de saison des pluies. Il ne peut être question d'étendre les résultats obtenus et de les généraliser dans le temps et dans l'espace, notamment la pluviométrie. Cette réserve s'applique dès que l'on aborde le massif du Doï Chiang Dao qui nous intéresse au premier chef.

* Tout au plus peut-on remarquer ponctuellement que la quantité d'eau tombée à 1700 m dans la nuit du 11 au 12.7.85 est 4 fois plus importante que celle mesurée à Chiang Dao pendant le même temps.

Il faut noter une nébulosité quasi permanente sur le haut du massif, et beaucoup plus importante qu'en plaine. Les vents sont faibles ou nuls.

* En ce qui concerne le gradient thermique avec l'altitude, c'est à partir des températures mesurées sous terre que l'on pourra obtenir une estimation, la stabilité thermique du milieu

souterrain étant beaucoup plus importante qu'à l'extérieur et sa variabilité journalière nulle. Ainsi, la température moyenne de Tham Chiang Dao est de 23°. Au gouffre P1, situé à 1720 m, on a mesuré une température de 14°, soit 9° de moins pour un dénivelé de 1300 m. On obtient ainsi une valeur de 0,7°/100 m que l'on peut rapprocher du chiffre donné dans l'étude des bio-climats du sud-est asiatique, soit 0,6°/100 m (1).

* Comparaison avec les données régionales (Tab. 14.2).

- Au mois de juillet 1985, la pluviométrie à Chiang Dao (159,5 mm) est supérieure à celle de Chiang Maï (132,9 mm) mais très inférieure à celle de Chiang Raï plus à l'est.

- Corrélativement on retrouve une position intermédiaire pour la température et l'hygrométrie entre Chiang Maï et Chiang Raï.

14.1.2.3. - Climatologie souterraine

Les mesures effectuées concernent la température et l'humidité relative, principalement sur la grotte de Chiang Dao.

a) Tham Chiang Dao :

Les 7 mesures psychrométriques indiquent une quasi-saturation de l'atmosphère souterraine : entre 96 et 100 %.

Par ailleurs l'enregistrement en continu sur 10 jours, à la station T11, montre la constance dans le temps de la température et de l'humidité.

Une trentaine de mesures donne pour la température une fourchette de 21°8 à 23°9 avec mise en évidence de zones à caractères thermiques différenciés (cf. étude plus détaillée dans le chapitre 17) :

- une zone d'entrée ventilée avec des variations notables
- un réseau "Supérieur" plus chaud
- les réseaux "Guano" et "Touristes" plus frais.

Stations	Altitude (m)	Température de l'air (°C)
Doï Chiang Dao Gouffre P1	1.720	14°
Tham Chiang Dao . Rés. Guano G3 . Rés. Touristes T10 . Rés. Supér.S11	440	22°4 22°7 23°7
Tham Pha Tai . Gal. Princip. . Gal. CO2 (fond)	400	24° (1) 25°9 (1)
Tham Klaeb	610	22°5
Tham Maung On	510	22°9

(1) En 1981, L. Deharveng et A. Gouze avaient mesuré respectivement aux mêmes stations 22° et 25° (janvier 1981).

Tab. 14.7 - Températures de cavités.

Stations	Altitude (m)	Température de l'eau (m)
Doï Chiang Dao Gouffre P1	1.720	14°
Tham Chiang Dao - Siphon Touristes T4 - Siphon Guano G1 - Gal. Touristes T10 - Gal. SupérS6 - Emergence (1)	440	21°6 21°7 22°2 23°4 21°1
Tham Bae Bet (perte)	1.030	21°6
Nam Rue Takhean (source vaclusienne)	590	23°5
Tham Pha Mon (rivière)	620	21°9
Tham Pi (émergence)	600	22°9
Tham Sam (émergence)	plaine côtière	24°8
Tham Pong Chang (rivière)	"	25°1
Tham Phra (émergence)	"	24°7
Tham Thong (rivière)	"	24°3

(1) température moyenne de 14 relevés sur le mois de juillet 85.

Tab. 14.8 - Températures des eaux souterraines.

Le réseau de Tham Chiang Dao peut donc être considéré comme une cavité chaude (23°), à forte hygrométrie (98 %), à variabilité journalière inférieure à 0,5° pour la température, et à 0,5 % pour l'hygrométrie.

b) Autres cavités

Sauf le gouffre P1 d'altitude (1720m) où la température descend à 14° les autres cavités ayant fait l'objet de mesures sont en plaine. La grotte de Tham Pha Thai est plus chaude que les autres : l'élévation notable de la température au bout de la galerie descendante "du CO2", là où le taux de gaz carbonique est le plus fort, est sans doute lié à l'origine profonde probable de ce CO2 (Tab. 14.7).

c) La température des eaux (Tab. 14.8).

Les températures ont été mesurées lors de l'échantillonnage pour la chimie des eaux. En ce qui concerne Tham Chiang Dao les eaux sont en général plus fraîches de quelques dixièmes de degré seulement par rapport à l'air ambiant.

A l'émergence la température moyenne est de 21°1, plus faible que celle de l'eau des siphons des galeries "Guano" et "Touristes". La température de Nam Rue Takhean est un peu élevée pour la région : on peut émettre l'hypothèse d'une contamination par des eaux d'origine profonde plus chaudes, ce que semble confirmer par ailleurs l'analyse chimique.

Les quatre derniers sites du tableau 14.8 correspondent à la région de Phangnga et deux d'entre eux sont des grottes-tunnels traversées par des circulations pratiquement en équilibre thermique avec l'extérieur.

14.1.2.4. - Conclusion

L'inexistence de données locales -du moins à notre connaissance- rend précieux les éléments d'ordre climatologique obtenus sur Chiang Dao. L'établissement du bilan hydrologique du Doi Chiang Dao et de son système karstique reste néanmoins problématique en l'absence de données pluviométriques précises en altitude.

La thermométrie effectuée sur diverses cavités, particulièrement Tham Chiang Dao, constitue d'ores et déjà une première base de références en climatologie souterraine, pour la suite des études du milieu karstique dans le sud-est asiatique.

14.2. - INDONESIE

14.2.1. - Situation générale (2,8)

Située entre le 7e parallèle nord et le 11e sud, l'archipel indonésien connaît sur 90 % de son territoire un climat équatorial chaud et humide sans saison thermique ni pluviométrique.

- La température moyenne du mois le plus froid est supérieure à 20°.

- la pluviométrie annuelle dépasse 2000 mm.

- il n'y a pas de saison sèche.

L'apparition d'une saison sèche, du centre de Java au sud de la Nouvelle-Guinée, passant par le sud de Sulawesi, est liée à la présence des alizés continentaux secs soufflant du sud est à partir de l'anticyclone australien, pendant l'été boréal.

Ce phénomène de mousson intervient de la façon suivante :

- Pendant l'hiver boréal, les alizés issus de l'anticyclone de l'Asie centrale, soufflant du nord-est puis du nord-ouest (déviés au passage de l'équateur), maritimisés, amènent de fortes précipitations : c'est en janvier que l'on observe les précipitations maxima dans le sud de Sulawesi ; à Ujung Pandang plus de 700-mm ! (Tab. 14.9).

Ujung Pandang	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel
P	725	501	408	180	118	69	34	24	7	50	189	550	2.853
n	24	18	17	10	9	7	3	2	2	5	13	22	132

Tab. 14.9 - Pluviométrie à Ujung Pandang, pour la période 1931 - 1960 (2)

- Par contre durant l'été boréal, le Front Inter Tropical de convergence remonte jusqu'en Chine et l'archipel indonésien est sous l'influence de l'anticyclone mobile australien. Les alizés qui en sont issus, continentaux et secs, induisent une saison sèche sur le sud de l'archipel, puis s'humidifient sur leur trajet océanique. Cette mousson du sud-est au sud de l'équateur, puis sud-ouest au nord, est la saison où il pleut le moins. A Ujung Pandang, avec moins de 50 mm par mois, cette saison dure 3 à 4 mois de juillet à octobre.

14.2.2. - Variabilité des paramètres climatiques (2,8)

En mer des Célèbes, la température avoisine 28° avec une variation annuelle inférieure à 2°. Au niveau de la mer dans les îles, les températures moyennes mensuelles de l'air oscillent entre 26° et 28° avec également une amplitude annuelle de 1° à 2°.

La variation diurne est par contre beaucoup plus sensible, atteignant 7° à 10°.

La variation altitudinale est de l'ordre de 0,6° par 100 m, et il faut dépasser les 900 à 1000 m pour tomber au-dessous des 20° en température moyenne du mois le plus froid.

En ce qui concerne la pluviométrie, on constate par contre une forte variation inter-annuelle dans tout l'archipel. Les relevés pour la période 1961-1971, indiquent pour Ujung Pandang un minimum de 1482 mm en 1963 et un maximum de 6948 mm en 1971 !

14.2.3. - Caractérisation bio-climatique de la région de Maros (2,8)

* Le sud de Sulawesi est classé dans les régions à "bioclimat de basse altitude, à saison sèche". Plus précisément, la région d'Ujung Pandang relève du "régime tropical de mousson à saison sèche modérée en milieu surhumide", selon la classification adoptée dans "Bioclimats du monde indonésien" (2). Avec une pluviométrie plus importante, la région de Maros, 50 km plus au nord passe à la catégorie de "bioclimat à saison sèche atténuée en milieu hyperhumide".

* Du diagramme ombrothermique d'Ujung Pandang on tire les traits suivants (Fig. 14.1) :

- pluviométrie annuelle comprise entre 2500 et 3000 mm

- 4 mois de saison sèche de juillet à octobre, avec une pluviométrie mensuelle inférieure à 50 mm

- en janvier, mois le plus humide, plus de 700 mm de pluie ; et de décembre à mars un total mensuel dépassant les 400 mm

- température moyenne supérieure à 20°.

Maros	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel
P	761	536	411	237	148	84	50	17	22	80	238	591	3.175
n	22,4	17,5	17,0	11,8	9,9	7,1	3,7	1,3	1,4	5,4	12,0	20,0	129,5

Tab. 14.10 - Pluviométrie à Maros sur 30 ans (8).

* Du tableau 14.10, concernant Maros, il ressort une pluviométrie supérieure à 3000 mm et une réduction de la durée de la saison sèche.

14.2.4. - Conclusion

Une conséquence non négligeable du régime climatique régnant sur le karst de Maros, est la plus grande facilité de circulation et de prospection en été, liée à l'existence d'une saison sèche, et à une certaine douceur du climat. En outre le risque de crues à cette époque est à peu près nul, dans l'exploration des réseaux actifs.

14.3. - BIBLIOGRAPHIE ET DOCUMENTATION

1. Bioclimats du sud-est Asiatique. Institut Français de Pondichéry. Travaux de la section scientifique et technique. Tome III. Fasc. 4. 1967. H. Gaussen, P. Legris, F. Blasco.
2. Bioclimats du Monde Indonésien. Institut Français de Pondichéry. Travaux de la section scientifique et technique. Tome XVI. Textes et Cartes 1978. J. Fontanel et A. Chantefort.
3. Groundwater Potential in Unconsolidated Sediments in Chiang Mai Basin, by Teerawash Intrasute. in : Proceedings of the first Symposium on Geomorphology and Quaternary Geology of Thailand. 28-29 october 1983. Bangkok. Thailand.
4. Hydrologic Data 1980. Volume I & II. National Energy Administration. Ministry of Science, Technology and Energy. Thailand.
5. Relevés des stations météorologiques 1983,1984,1985 Climatology Division. Meteorological Department. Bangkok. Thailand.
6. Carbonate Chemistry of Groundwater from Tropical Tower Karst in South Thailand. John I. Pitman in Water Resources Research. oct. 1978. Vol. 14 n° 5.
7. Proceedings of the Annual Technical Meeting 1981 Special Publication n° 3. Department of Geological Sciences. Chiang Mai University, 8-11 fév. 1982.
8. D. Balázs. Karst Regions in Indonesia. in Karszt-és Barlangkutató. 1968.
9. Enregistrements. Juillet 1985. Chiang Dao. Archives Association Pyrénéenne de Spéléologie.



Région de Chiang Dao (Ph. K. Brouquisse)

15. HYDROLOGIE

F. BROUQUISSE
D. RIGAL

15.1. - INTRODUCTION

L'actualisation pour la Thaïlande de notre programme initial prévoyait trois volets :

- des traçages
- la mise en place de moyens de mesures (limnigraphe, échelles) et l'établissement de courbes de tarage
- le suivi en continu d'épisodes de crue avec mesures simultanées des paramètres physico-chimiques des eaux.

Le tout devait porter d'abord sur l'émergence de Tham Chiang Dao, d'autres sites pouvant faire l'objet de mesures plus ponctuelles selon l'opportunité du moment (Nam Lang notamment).

* La réalisation de traçages s'est révélée prématurée dans le massif du Doi Chiang Dao compte tenu de l'insuffisance des éléments acquis sur le terrain.

* Concernant l'hydrométrie proprement dite, deux contraintes ont partiellement hypothéqué la campagne de mesures ;

- au jour du départ, l'absence de limnigraphe, le financement n'ayant pu en être assuré,

- sur place, le manque de disponibilité s'est répercuté sur ce qu'une campagne d'hydrologie supporte le moins : l'irrégularité de la mise en oeuvre, en plus des autres facteurs limitants évoqués plus loin (15.3.2).

* Dans le cadre d'un séjour de durée réduite, le suivi d'une crue bien individualisée reste le seul moyen d'obtenir quelques éléments sur le fonctionnement hydrodynamique du système. Malheureusement pour nous, un tel événement ne s'est pas produit...!

Malgré ces multiples aléas qui pourraient

faire croire à l'inutilité de notre démarche, des résultats ont tout de même été obtenus, qui constituent provisoirement les seules données hydrologiques locales existant à notre connaissance.

15.2. - LES DONNEES REGIONALES

Une consultation, rapide faute de temps, de la documentation en anglais disponible à la bibliothèque nationale de Bangkok et à l'Université de Chiang Maï nous a permis d'obtenir quelques données hydrologiques régionales sur le bassin de la rivière Ping (1,2), (Tab. 15.1).

15.2.1. - Hydrographie

La rivière Ping prend sa source vers 1200 m d'altitude à 50 km au nord-nord-est de Chiang Dao, sur la frontière birmane. Coulant vers le sud, elle reçoit jusqu'à Chiang Maï (alt. 305m) une quinzaine d'affluents dont le principal est la rivière Mae Taeng qui naît aussi dans les zones montagneuses frontalières (Fig. 15.1).

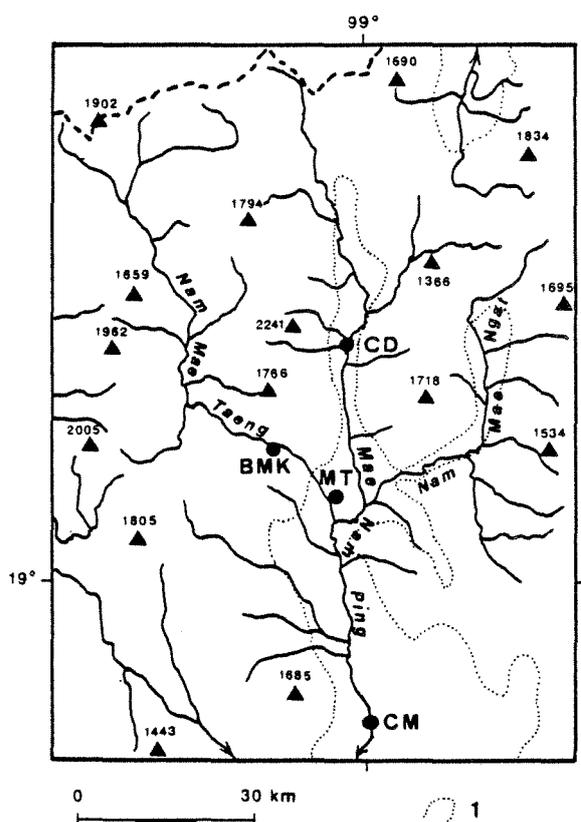
15.2.2. - Le régime des débits

Avec un étiage prononcé en fin de saison sèche (mars-avril) et un maximum en septembre lié à la mousson du sud-ouest, le régime est de type "pluvial tropical", comme l'illustrent les courbes de débits mensuels de la rivière Ping à Chiang Maï et de la rivière Mae Taeng à Ban Muang Kut (Fig. 15.2).

Stations	Altitude (m)	Surface du bassin d'alimentation (km ²)	Débit moyen annuel (m ³ /s)	Débit spécifique (l/s/km ²)
RIVIERE MAE TAENG				
. Ban Muang Kut	455	1.765	22	12,5
. Mae Taeng	339	1.900	-	-
RIVIERE PING				
. Chiang Dao	390	1.355	10,8 (1)	8,0 (1)
. Chiang Maï	305	6.355	89	14

(1) Pour Chiang Dao, les données concernent l'année hydrologique 1980

Tab. 15.1 - Caractéristiques hydrologiques du bassin de la rivière PING - 1978



1 : Limite de la plaine alluviale - CM : Chiang Mai - MT : Mae Taeng - BMK : Ban Muang Kut - CD : Chiang Dao.

Fig. 15.1. Hydrographie de la rivière Ping.

15.3. - LE MASSIF DU DOI CHIANG DAO

15.3.1. - Situation hydrogéologique

* La région immédiatement à l'ouest du Doi Chiang Dao est drainée par la rivière Mae Taeng ; par contre le massif calcaire lui-même est tributaire de la vallée de la rivière Ping. Mais l'émergence de Tham Chiang Dao contribue pour une part mineure à son débit.

* Les deux massifs du Doi Chiang Dao et du Doi Nong forment une structure synclinale dont le coeur, à l'ouest, a été largement entaillé par le vallon ouvert en direction de la rivière Ping (cf. Chap. 13, § 13.1.3.1.).

* De la délimitation du secteur couvert par les calcaires, et de la structure topographique, on peut évaluer la surface de la zone d'alimentation à environ 30 km². La position de l'exutoire actuel, qui se confond avec le point le plus bas d'affleurement des calcaires, au niveau des terrasses de la plaine alluviale, a vraisemblablement contribué à la mise en place d'un réseau de drainage à direction ouest-est. La position de cet exutoire pourrait d'ailleurs représenter le dernier stade de la migration vers l'aval du point d'émergence des eaux du massif, au fur et à mesure de l'enfoncement du vallon, comme en témoigne la présence en versant nord de Tham Ki Nok, 150 m plus haut.

En dehors des dépressions situées au voisinage des villages de Ban Na Lao et de Ban Oui Haen, qui pourraient être drainées vers l'ouest, seul le pied du versant nord-est, semble être le lieu de réapparition d'une partie des eaux : quelques petites sources de bas de falaise sont signalées dans le guide XXX (4).

Ceci étant, la source de Tham Chiang Dao est la seule importante connue des locaux ; en l'absence d'éléments plus précis, nous considérerons qu'elle représente l'exutoire majeur du système karstique du Doi Chiang Dao (Fig. 15.3).

* Les versants sud et nord-est du massif sont constitués d'abrupts rocheux et de pentes raides très boisées. La grande combe centrale porte un sol rougeâtre limoneux à pisolithes, assez épais. Elle est couverte de grandes herbes ou roseaux (jusqu'à 2 m de haut), savane dense, là où la forêt a été détruite.

Le ruissellement de surface sur toute cette zone représentant plus du tiers du bassin d'alimentation, est susceptible d'entraîner une forte charge de sédiments et de véhiculer un débit solide non négligeable, vers la profondeur, par les innombrables points d'absorption.

Là où les pentes plus raides n'ont pas été défrichées pour la culture du pavot ou du maïs, une forêt épaisse existe, laissant la place aux "pelouses d'altitude", d'herbes encore hautes, vers 2000 m.

15.3.2. - Les mesures de débit et le suivi de l'émergence de Tham Chiang Dao (3)

L'hydrologie n'est pas la science la plus accessible à une expédition spéléologique en pays lointain : l'absence de données hydrométéorologiques, la brièveté des séjours, l'encombrement du matériel sont souvent les principaux obstacles. Nous nous sommes cependant attachés à l'acquisition de quelques données utilisables, dans la description du karst du Doi Chiang Dao, associées notamment aux mesures hydrochimiques.

15.3.2.1. - Hydrométrie

Rappelons ici brièvement les méthodes d'évaluation des débits disponibles et utilisées durant l'expédition en précisant surtout leurs valeurs respectives... :

- Estimation visuelle, comprenant estimation de la section et des vitesses permet simplement de différencier les cours d'eau, ruissellement jusqu'à... fleuve souterrain ! Des erreurs de 100 à 300 % sont communes, même pour les "opérateurs" entraînés.

- Estimation par mesure de la section et de vitesses en surface avec flotteur. Si la section est bien choisie l'erreur peut être inférieure à 50 %.

- Mesures au micromoulinet (Neyrtec). Matériel facilement transportable, donne d'excellents résultats avec des erreurs inférieures à 5 %. Les données obtenues conviennent à l'analyse quantitative.

15.3.2.2. - Mesures

Des jaugeages au micro-moulinet (Neyrflux 80 - hélice Ø 10 cm. pas :25cm) ont permis d'établir une courbe de tarage pour des débits variant de 750 à 1400 l/s avec un micromoulinet. Une quinzaine de lectures ponctuelles de la hauteur d'eau, tout au long du mois de juillet ont permis une bonne approche des débits instantanés qui ont varié de 750 l/s à plus de 1700 l/s (Fig. 15.4 et 15.5).

15.3.2.3. - Interprétation

L'absence de données pluviométriques sur le Doï Chiang Dao rend délicate toute corrélation entre la pluviométrie enregistrée à Chiang Dao et la courbe des débits à l'émergence.

Toutefois les deux pointes de crue observées le 21/07 et le 3/08 indiquent un transfert sans doute assez lent de l'onde de crue, si on les associe aux deux ensembles de précipitations du 3/07 au 12/07 et du 23/07 au 30/07.

On peut en effet penser que la montée des eaux et son maximum du 21.7 est la réponse

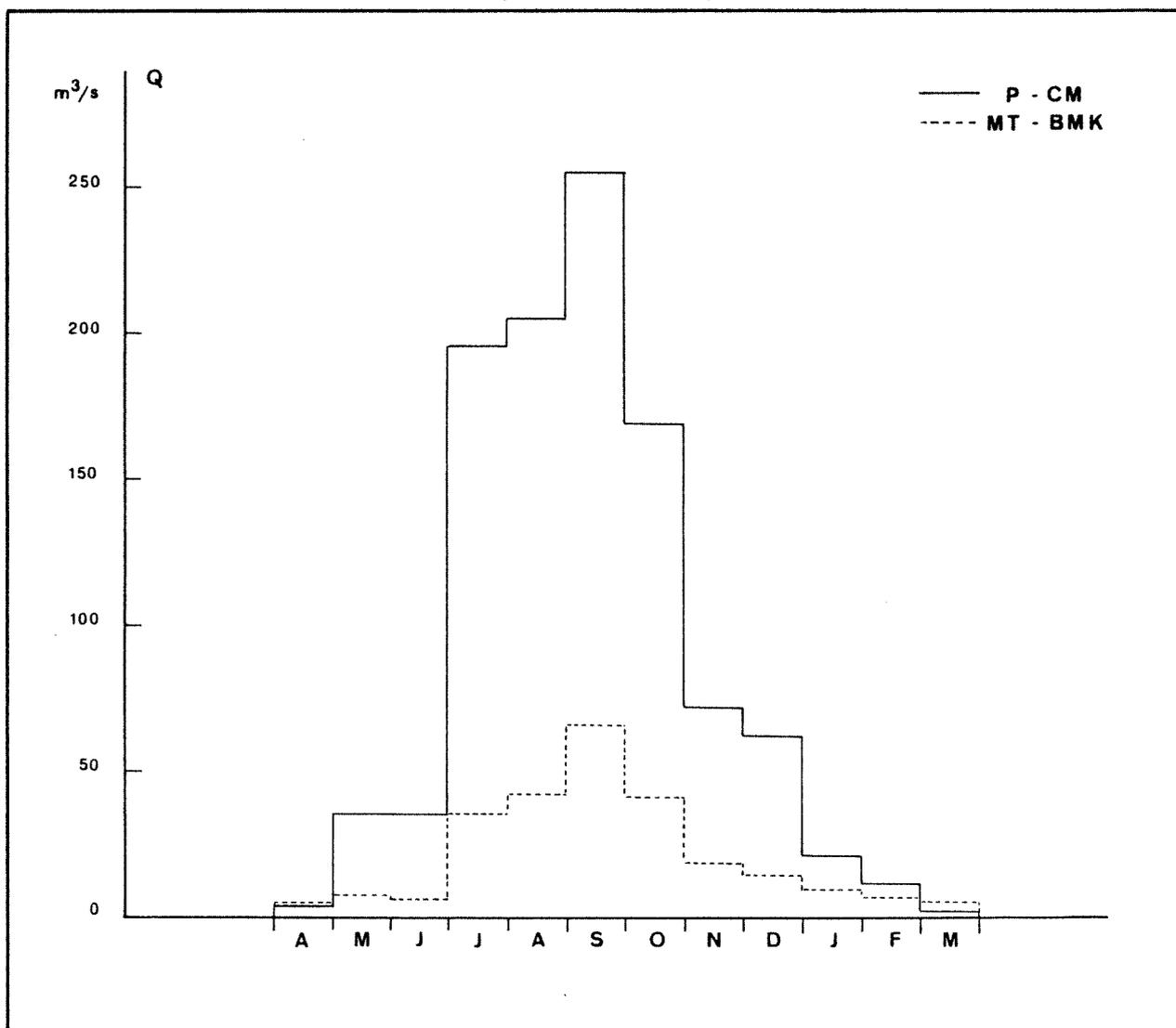
aux fortes précipitations de la nuit du 11 au 12.7 : en effet on dispose à ce moment de la seule indication ponctuelle significative concernant la pluviométrie du massif (cf. Chap. 14 § 14.1.2.2).

Le temps d'amorçage de la crue serait alors de l'ordre de 24 heures. Le pic de débit survenant avec un décalage de 7 à 10 jours. L'amorce de la décrue pourrait correspondre à la période à faibles précipitations du 13 au 21.7, et la nouvelle augmentation des débits aux averses du 23 et surtout 26.7.

Cette relation de cause à effet ne doit cependant qu'être prise, avec prudence, comme une hypothèse plausible à contrôler ultérieurement.

Mais d'autres faits doivent être mentionnés :

- l'apparition d'une forte turbidité à l'exutoire une semaine après la violente averse - dans la nuit du 11 au 12.7- sur le Doï Chiang Dao, conduit à penser que celle-ci a donné lieu à un écoulement à fort débit solide, consécutif à un important ruissellement sur la couverture pédologique.



P - CM : rivière Ping à Chiang Maï ; MT - BMK : Rivière Mae Taeng à Ban Muang Kut.

Fig. 15.2. Courbes des débits mensuels pour l'année 1978

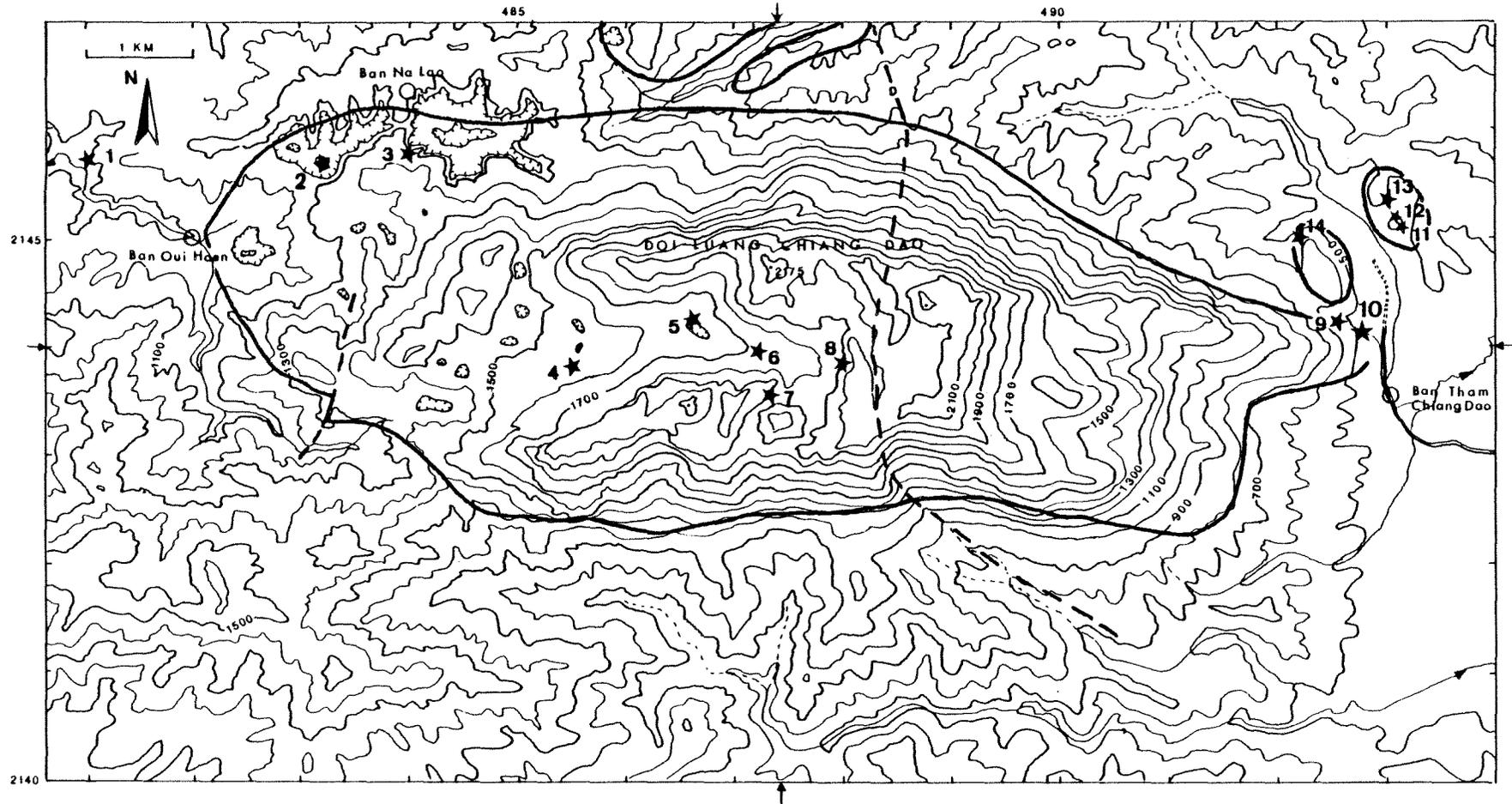
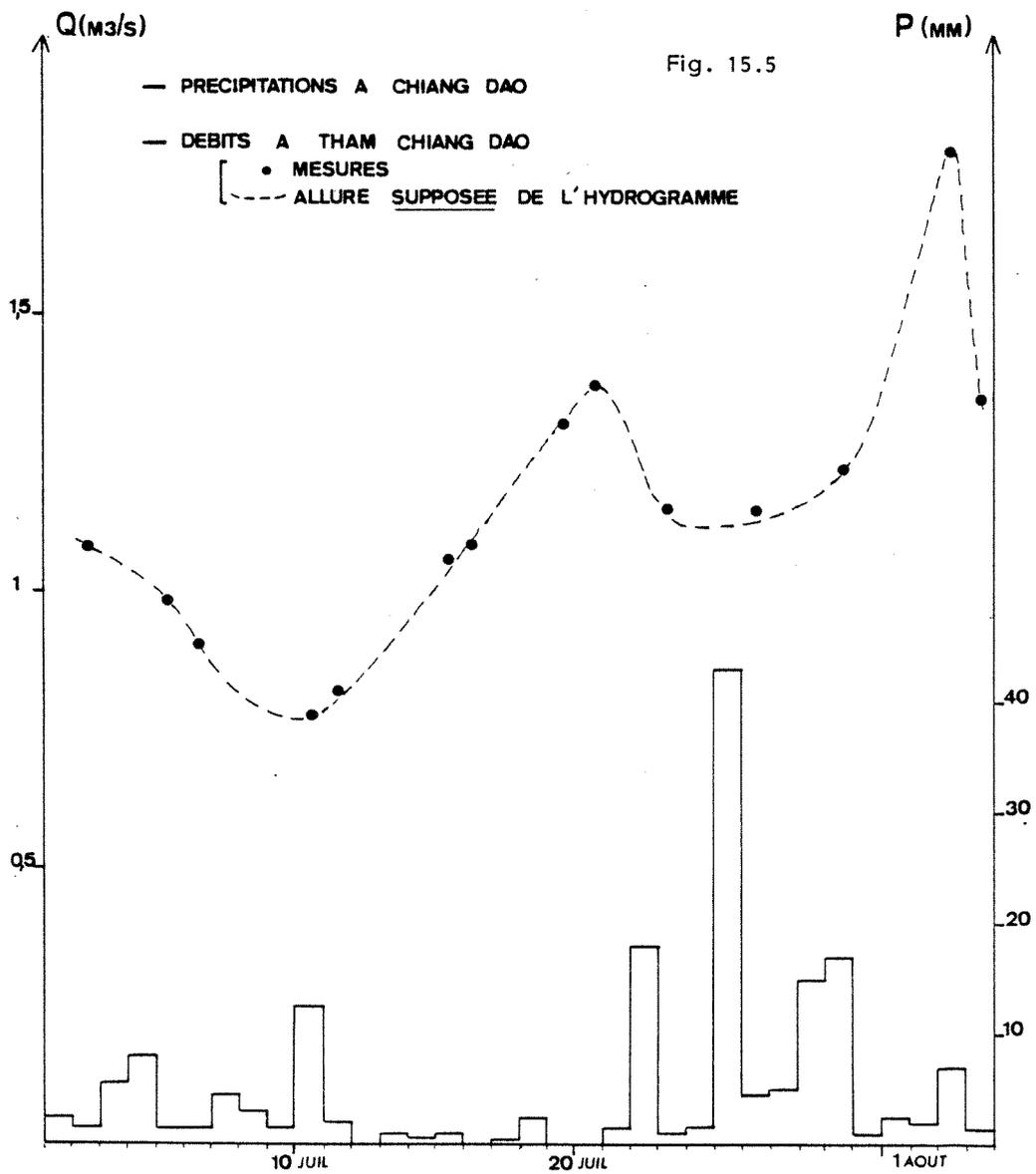
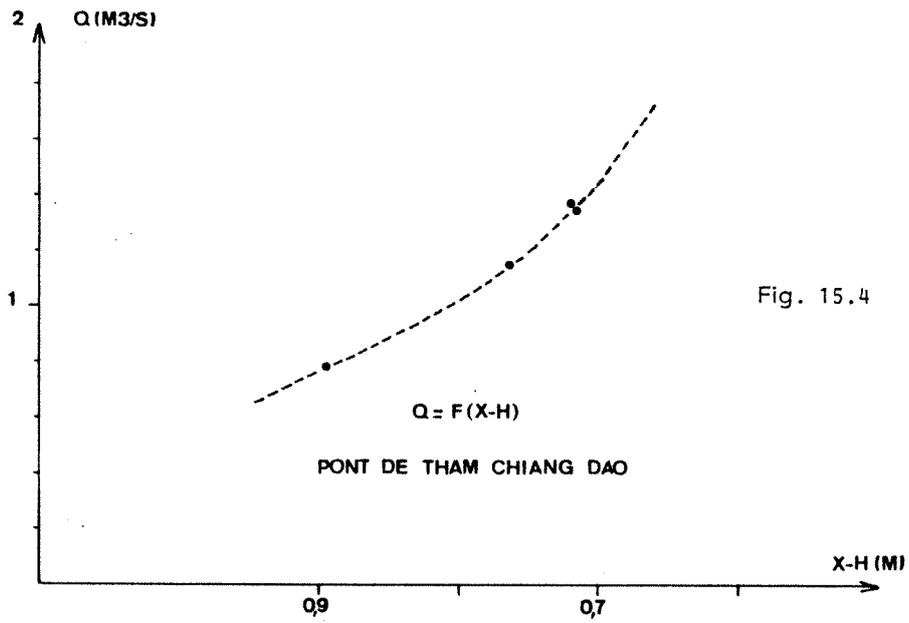


Fig. 15.3. Unité karstique du Doi Chiang Dao :
 limite d'affleurement des calcaires



- Les variations de pCO₂ et du dpH (cf. chap. 16) montrent qu'une nouvelle famille d'eaux commence à arriver ; ces eaux ont été récemment au contact d'une atmosphère à pCO₂ plus importante (percolation dans le sol) et possèdent un dpH négatif plus fort que les précédentes ; elles sont davantage sous-saturées : on aurait donc bien ici l'arrivée de précipitations récentes.

Si cette interprétation s'avère exacte on a alors un amortissement important par le karst des précipitations et une restitution à l'exutoire plus étalée dans le temps, signe d'un possible colmatage partiel.

Mais il devient du même coup peu probable d'obtenir une réponse bien individualisée à une averse unitaire, en saison des pluies ; de ce fait il est préférable de passer au suivi annuel et d'étudier le tarissement de saison sèche.

15.4. - QUELQUES CONSIDERATIONS PROSPECTIVES

Les développements qui suivent s'appuient d'une part sur nos résultats, d'autre part sur des données régionales. Il est évident qu'ils sont pour une (large) part prospectifs, d'aucuns diront spéculatifs, mais il s'agit :

- d'évaluer des ordres de grandeurs
- de fournir des éléments de comparaison avec les quelques estimations publiées sur des régions analogues,
- d'éviter, à ceux qui seraient tentés de le faire, d'effectuer les calculs à partir de nos données...

15.4.1. - Débit spécifique

Sous les réserves émises précédemment, on peut chercher à donner une idée du débit spécifique, mais des hypothèses simplificatrices doivent être introduites.

Ne disposant pas de la courbe des volumes restitués à l'exutoire pour l'année hydrologique en cours, on posera l'égalité de la contribution relative du mois de juillet par rapport à l'année complète, entre la rivière Mae Taeng et l'émergence de Tham Chiang Dao.

Sur ces bases, la contribution du mois de juillet représentant environ 15 % du volume total annuel, on arrive à un volume restitué de

l'ordre de 21.10⁶ m³/an. Le débit moyen de l'émergence est pris égal à 1,2 m³/s pour juillet.

Le module annuel obtenu est alors de 0,7 m³/s et le débit spécifique de 22 l/s/km².

Cette valeur est sensiblement double de celles respectivement données pour la Mae Taeng à Ban Muang Kut (12,5 l/s/km²) et pour la Ping à Chiang Dao (8,0 l/s/km²) : deux facteurs peuvent, entre autres, expliquer cette différence ;

- le gradient pluviométrique en fonction de l'altitude,

- le rendement hydrologique d'un karst, souvent supérieur à celui d'un bassin versant subaérien.

Ce module reste cependant très inférieur à certains modules spécifiques de bassins karstiques.

Par ailleurs, il faut considérer ce résultat comme une valeur minimum : en effet l'emmagasinement des précipitations dans un karst partiellement colmaté conduit à une restitution étalée dans le temps et à un débit à l'exutoire plus important en saison sèche que pour un bassin versant de surface.

Ainsi la valeur de la contribution relative du mois de juillet diminue-t-elle : ramenée à 10 %, soit une réduction d'un tiers, la valeur du volume restitué est portée à 38.10⁶ m³/an, toutes choses égales par ailleurs. Le débit spécifique est alors de 40 l/s/km² chiffre vraisemblablement plus proche de la réalité.

En tout état de cause, ceci traduit la nécessité de connaître le profil annuel de la courbe des débits.

15.4.2. - Eléments pour un bilan hydrologique

* Le bilan annuel peut être schématisé comme suit :

$$P = ETR + Q + \Delta R$$

P : pluie

ETR : évapotranspiration réelle

Q : débit à l'exutoire

ΔR : variation des réserves.

Si l'on admet, pour simplifier, ΔR nul, on a accès à l'ETR, connaissant P et Q.

* Dans le cas qui nous intéresse : si l'on prend pour débit spécifique 40 l/s/km², soit

Régions	Pluviométrie annuelle (mm)	Dissolution spécifique (mm/1000 ans)	Formule utilisée	Référence bibliographique
ATEA PNG Muller Range	3.500 - 4.500	40 - 80	Corbel	(5)
MATALI PNG Nouvelle Bretagne	10.000	460 - 590	?	(6)
MULU Sarawak	5.000	180 - 200	?	(7)
SULAWESI Sud-ouest	1.500 - 2.500	83	?	(8)

Tab. 15.2 - Dissolution spécifique de quelques régions karstiques du sud-est asiatique.

une lame d'eau écoulée de l'ordre de 1300 mm et une pluviométrie annuelle estimée à 2000 mm sur l'ensemble du bassin, on obtient un ETR de l'ordre de 700 mm.

* Cette démarche est donnée à titre indicatif, mais les valeurs trouvées ici reposent sur trop d'hypothèses simplificatrices et d'approximations pour être utilisées dans un projet.

15.4.3. - Dissolution spécifique

* Etant données les valeurs des paramètres suivants :

- surface du bassin : 30 km²
- volume annuel écoulé : 38.10⁶ m³
- dureté totale en équivalent CaCO₃ : 190 mg/l
- masse spécifique de roches carbonatées : 2500 kg/m³

L'application de la formule de Corbel (sans facteur correctif pour le pourcentage de surface karstique du bassin envisagé) donne une valeur de l'ordre de 100 mm/1000 ans pour la dissolution spécifique.

En comparaison, quelques ordres de grandeur relevés dans la littérature figurent en tableau 15.2.

* Compte tenu des restrictions émises, un calcul plus précis tenant compte des analyses chimiques effectuées (Chap. 16) est inutile. En tout état de cause on ne peut extrapoler de ce résultat une estimation du temps de mise en place du système, mais on peut affirmer que sous les conditions climatiques actuelles la karstification du Doi Chiang Dao se poursuit.

15.5. - CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'ensemble des travaux menés sur la cavité de Tham Chiang Dao, fera de celle-ci une cavité de référence pour les régions tropicales du sud-est asiatique. Il serait donc très utile de pouvoir compléter les connaissances hydrologiques et hydrogéologiques du massif. Trois axes semblent devoir être dégagés ;

- accéder au profil annuel de la courbe de débit à l'émergence, en intervenant notamment en saison sèche
- améliorer la connaissance de la pluviométrie en altitude,
- préciser les limites hydrogéologiques du bassin d'alimentation.

Le matériel utilisé lors de l'expédition (moulinet et échelle) peut permettre en profitant d'une saison plus favorable de préciser des caractéristiques du karst simplement entrevues cette année. Un complément de la courbe de tarage, la réalisation d'hydrogrammes de décrues par lecture d'échelle d'heure

en heure du karst noyé, doivent conduire à une estimation correcte de la réserve en eau du karst noyé et des paramètres de l'infiltration (si le régime postérieur à la crue reste non influencé par des précipitations notables).

Ces mesures simples, parfaitement réalisables par une expédition, même légère, devraient bien sûr être associées à une prospection des sources ou pertes éventuelles à la base du massif. Les données obtenues, combinées avec celles de l'étude hydrochimique et sédimentologique réalisée cette année donneraient sans doute une idée plus précise de l'importance des colmatages et de la karstification du Doi Chiang Dao (la percée potentielle, rappelons-le à l'attention des spéléologues, atteint ici plus de 1600 m !)

15.6. - BIBLIOGRAPHIE ET DOCUMENTATION

1. Thailand Hydrological Yearbook. Wateryear 1980. Vol. 23.
2. Thailand Hydrological Yearbook. Wateryear 1978. Vol. 21. Royal Irrigation Department Hydrology Division. Bangkok.
3. Archives Association Pyrénéenne de Spéléologie. Juillet-août 1985. Jaugeages et relevés hydrochimiques.
4. Guide sur la Thaïlande (en anglais). p.106-111. Réf. inconnue. XXX.
5. Caves And Karst of the Muller Range. ATEA 1978. Exploration in Papua New Guinea.
6. Spelunca : Papouasie - Nouvelle-Guinée. Sup. au n° 3 juillet-septembre 1981.
7. Solution and Erosion in the Karst of the Melinau Limestone in Gunung Mulu National Park. Sarawak Borneo. M.M. Sweeting in Actes du Symposium international sur l'érosion karstique. 1979.
8. Karst Regions in Indonesia. Dr. D. Balázs in Karszt-és Barlangkutató. 1968.
9. L'Hydrologie de l'ingénieur. Gaston Remenieras Eyrolles. 1976.

*

Nous remercions la Division Mécanique de NEYRTEC. Grenoble, qui nous a prêté un micro-moulinet et rendu ainsi possible l'acquisition de données quantitatives.

*

16. HYDROGÉOCHIMIE

F. BROUQUISSE
M. BAKALOWICZ

Par ce qu'elle transporte en solution, l'eau fournit des informations précieuses sur le milieu qu'elle a traversé, depuis la surface du sol. C'est pourquoi l'obtention de données hydrochimiques a été une part essentielle du programme de karstologie.

Le programme de collecte des échantillons ainsi que le protocole analytique ont été définis avec l'aide de M. Bakalowicz, chercheur au Laboratoire souterrain du C.N.R.S., où ont été effectuées toutes les analyses non réalisées sur le terrain, ainsi que le traitement des données.

Conformément aux méthodes mises au point et préconisées par l'Equipe d'Hydrogéologie du laboratoire souterrain, plusieurs sites ont été sélectionnés dans les trois principales régions étudiées. Ces sites possèdent une représentativité régionale (les émergences, les écoulements de surface aux pertes, par exemple) ou locales (certains écoulements souterrains comme l'infiltration au niveau de concrétions). De cette façon, il sera possible de dégager plus clairement les caractères propres aux écoulements dans le karst, que ce soit dans la zone d'infiltration ou dans la zone de ruissellement souterrain ou la zone noyée. Enfin, l'une des émergences a été soumise à un échantillonnage suivi au cours d'une période de crues afin de mettre en évidence certains caractères du fonctionnement du karst qu'elle draine.

16.1. - ENVIRONNEMENT ET SITES D'ECHANTILLONNAGE

La majeure partie des prélèvements concerne Tham Chiang Dao et Tham Pha Mon.

16.1.1. - Réseau de Tham Chiang Dao

Développée au niveau de la plaine alluviale, au bas des pentes abruptes du massif montagneux du Doi Chiang Dao, cette cavité à dominante horizontale présente deux niveaux principaux :

- les réseaux "Guano" et "Touriste" développés sensiblement à la même altitude que l'émergence ;
- le réseau "Supérieur" situé 30 m plus haut. Aucune perte d'écoulement de surface n'alimente apparemment ce drainage souterrain.

L'échantillonnage réalisé pendant le mois de

juillet 1985 a porté sur l'émergence (14 éch. 1,2,9,10,12,13,14,15,16,18,20,24,31,25), sur le karst noyé du réseau inférieur (4 éch. 3,19,6,11) et sur des ruissellements de voûte et paroi (1 éch. en réseau supérieur, 5 ; 2 en réseau inférieur, 4,21) soit 21 prélèvements au total (Fig. 16.1).

16.1.2. - Rivière de Tham Pha Mon

Située dans la région de la Nam Lang, cette cavité est un système perte-résurgence. La rivière circule sur du calcaire avant et après la perte, ainsi qu'en aval de la résurgence. De pente faible seule la partie en amont présente quelques ressauts. Cette traversée se développe sous une épaisseur de 20 à 100 m de calcaires. La surface vallonnée porte une couverture forestière dense sur un sol argilo-limoneux, épais en fond de dépression, quasi-inexistant sur les versants les plus abrupts.

Ce réseau a fait l'objet de 9 prélèvements, 5 sur le cours principal, 3 dans les affluents et 1 sur infiltration alimentant depuis la voûte des gours concrétionnés (32 à 40) (Fig. 16.2).

A cette cavité peut être rattaché le prélèvement d'une émergence voisine (Tham Pi, 23).

16.1.3. - Les autres sites d'échantillonnage

* Dans la région de Phangnga, caractérisée par la fréquence des grottes tunnel où des systèmes perte-résurgence sont développés au niveau de la plaine alluviale, 4 sites ont été prélevés, mais l'absence de mesures de pH (panne de l'appareil) limite l'intérêt de ces analyses (26 à 29).

* Les échantillons restants sont relatifs à : un écoulement de surface sur des alluvions limoneuses non calcaires (7), un ruisseau sur des colluvions (8), une source thermominérale (22) et une émergence vauclusienne dans les rizières (17).

16.2 - MESURES DE TERRAIN ET ANALYSES EN LABORATOIRE

16.2.1. - Travail de terrain

In situ, pour chaque prélèvement ont été simultanément effectuées les mesures du pH et de la température, et les analyses d'alcalinité

(TAC) et de dureté totale (TH) (Ph. 16.1).

* les prélèvements : échantillon de 100 cc en flacon poly-éthylène.

* pH : 2 pHmètres ont été utilisées :

Aqua Data APH 90 et APH 91, à électrode époxy à électrolyte liquide. L'APH 90 est muni d'une correction manuelle de température ; l'APH 91 possède une thermosonde et une correction automatique. L'étalonnage était effectué avec les tampons à pH7 et pH4.

* températures : elles ont été mesurées avec :

l'APH 91 (sonde intégrée)
thermomètre numérique Quick-Novodirect
thermomètre à mercure au 1/5°C (-10, +60).

* TAC et TH : coffrets d'analyse Merck (nous avons utilisé la procédure MERCK)

TAC(DC) : AquaMerck : Dureté carbonatée ; Réf. 8048 -titrage acidimétrique-
pipette de titrage : 0,2°d.

TH(DT) : AquaMerck : Dureté totale : Réf. 8039 -titrage complexométrique avec
Titriplex R III- pipette de titrage : 0,2°d

* Résistivité : quelques mesures ont été réalisées à l'aide d'un résistivimètre construit d'après les indications et plans de A. Delpy.

16.2.2. - Phase de laboratoire

* Analyses : sur l'ensemble des 40 échantillons ont été dosés :

Mg, Na, K, Cl, SO₄, SiO₂, NO₃

- Mg, Na, K ont été dosés par spectrométrie d'absorption atomique (spectromètre PHILIPS SP 90),

- les chlorures ont été dosés par colorimétrie (méthode mercurimétrique)
- les sulfates ont été dosés par turbidimétrie

- la silice a été dosée par colorimétrie (méthode au molybdate d'ammonium),

- le calcium a été calculé par la différence entre le TH et le Mg

- les nitrates ont été dosés par colorimétrie (méthode au salicylate de sodium).

Le spectrocolorimètre utilisé était un PHILIPS PYE UNICAM 1800.

* Traitement des données

Les paramètres suivants ont été calculés au moyen du programme SOLUTEQ de calcul des équilibres chimiques dans les solutions naturelles.

- pCO₂ : pression partielle de CO₂ (en %)

- dpH : différence entre le pH mesuré "in situ" et le pH à l'équilibre pour une eau à chimisme calco-carbonaté,

- B : erreur de balance ionique, définie comme la différence entre la somme des cations et celle des anions (en meq/l) divisée par leur somme (exprimée en %).

- IEC : indice d'échange de cations = $\frac{mCl - (mNa + mK)}{mCl}$, dans l'hypothèse où dans les pluies IEC = 0, c'est à dire $mCl = mNa + mK$ (m désignant la molalité).

- ISDoI : indice de saturation par rapport à la dolomite.

- M : minéralisation totale des matières dissoutes c'est à dire la somme des concentrations des solutés en mg/l.

16.3. - RESULTATS ANALYTIQUES

L'ensemble des résultats est consigné dans le tableau 16.1.

16.3.1. - Présentation

- pH et dpH : en unités pH

- t° : température en °C

- Ca, Mg, Na, K, Cl, SO₄, SiO₂, NO₃ en mg/l

- TAC en meq/l

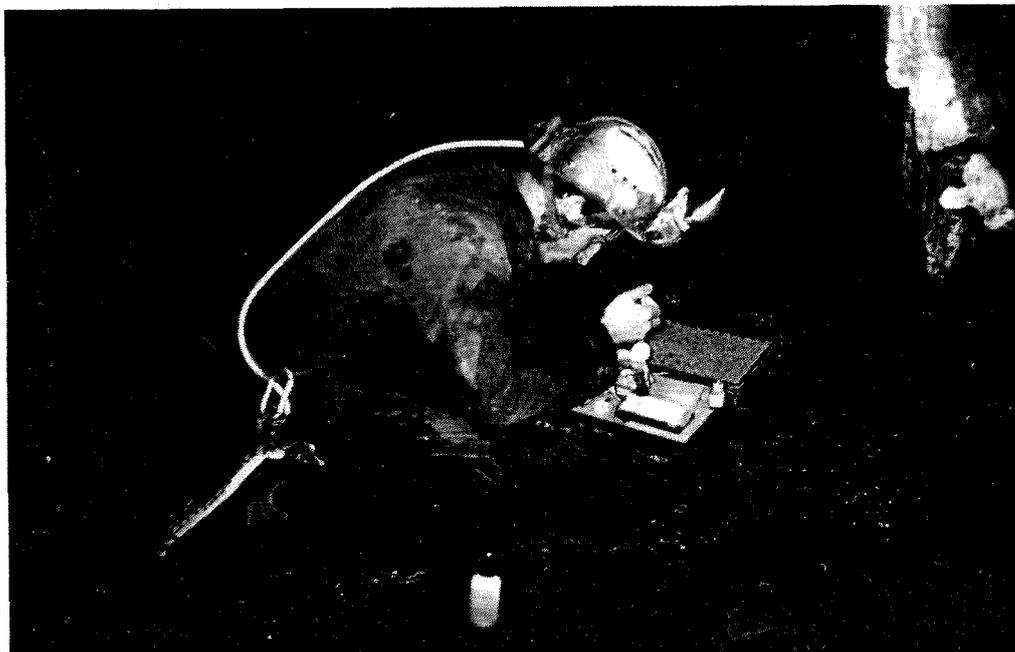
- TH en °Français

- pCO₂ en %

- B en %

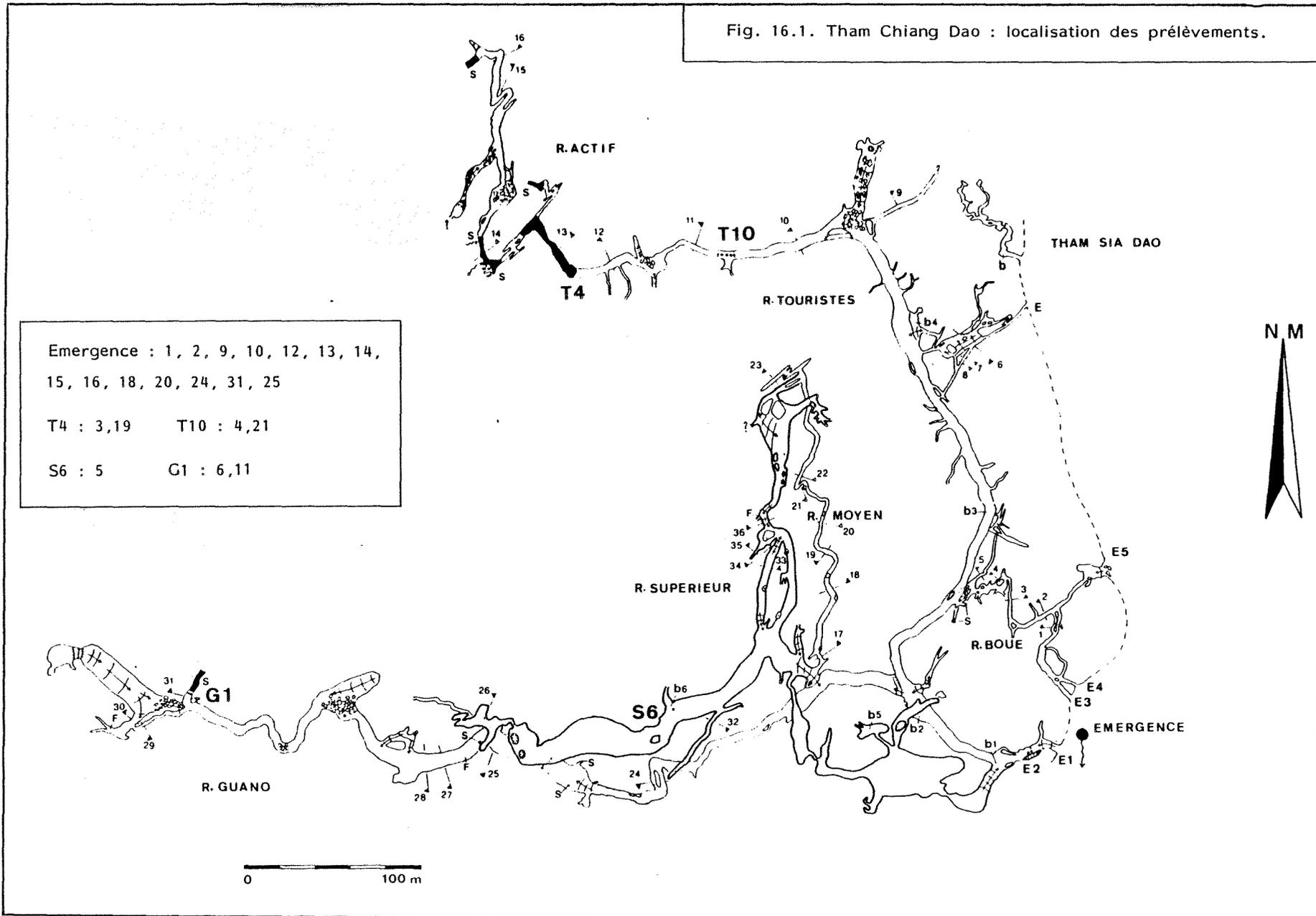
- M en mg/l.

Afin de faciliter les comparaisons, voici



Ph. 16.1. Analyses et mesures à Tham Pha Mon (Ph. L. Maffre)

Fig. 16.1. Tham Chiang Dao : localisation des prélèvements.



THAM PHA MON

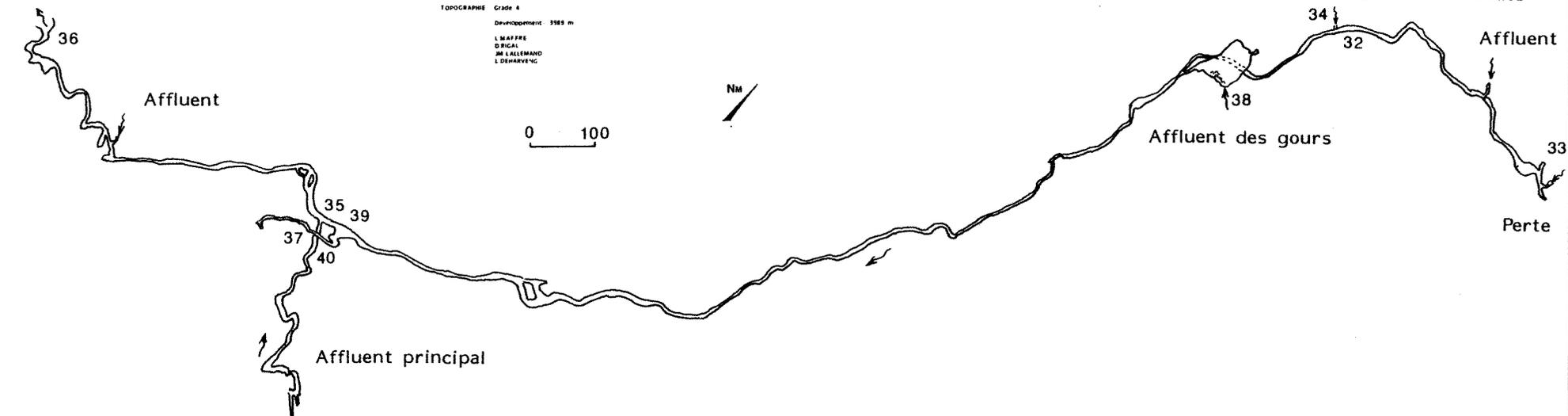
BAN SOPONG - CHANGWAT MAE HONG SON - THAILANDE

TOPOGRAPHIE Grade A
DATUM ODOMETRIE 1985 m
L. MAFFRE
D. RICAL
DR. K. ECKEMANN
L. DENHARVENC

0 100

Nm

Résurgence



32 : en amont de l'affluent, et en aval de la zone des cascades - 33 : perte - 34 : affluent -
35 : affluent principal au débouché dans la rivière - 36 : résurgence - 37 : affluent principal
38 : affluent des gours - 39 : en amont du confluent - 40 : affluent principal.

Fig. 16.2. Tham Pha Mon : localisation des prélèvements

FICHER : THAILAND
 DESCRIPTION :
 DERNIERE MISE A JOUR : 21-03-1986
 NOMBRE DE VARIABLES : 18
 NOMBRE D'US : 40

* N° *	* CODE *	* DATE *	* pH *	* t *	* IEC *	* Ca *	* Mg *	* Na *	* K *	* TAC *	* Cl *	* SO4 *	* SiO2 *	* TH *	* dpH *	* ISDol *	* pCO2 *	* B. I. *	* M *	* NO3 *
* * *	* * *	* * *	* * *	* °C *	* * *	* mg/l *	* mg/l *	* mg/l *	* mg/l *	* meq/l *	* mg/l *	* mg/l *	* mg/l *	* °F *	* * *	* % *	* % *	* mg/l *	* mg/l *	* * *
* 1 *	THA01	* 03-07-85 *	7.28	21.7	0.80	74.2	2.70	0.20	0.28	3.64	2.75	3.0	2.25	19.65	0.01	-1.15	1.09	2.18	308	0.80
* 2 *	THA02	* 06-07-85 *	7.23	21.2	0.61	85.6	2.70	0.15	0.20	3.46	1.05	1.5	2.10	22.50	-0.01	-1.26	1.15	12.54	305	0.40
* 3 *	THA03	* 06-07-85 *	7.01	21.6	0.34	80.4	2.95	0.25	0.45	3.71	1.20	0.5	2.70	21.60	-0.21	-1.61	2.06	7.37	316	1.40
* 4 *	THA04	* 06-07-85 *	6.92	22.2	0.53	135.0	2.55	0.20	0.20	6.71	1.05	0.5	3.60	34.80	0.13	-1.20	4.50	1.67	553	0.10
* 5 *	THA05	* 07-07-85 *	7.31	23.4	-0.60	106.6	12.00	10.00	12.50	5.57	16.70	2.0	3.90	31.60	0.36	0.05	1.55	7.71	504	6.80
* 6 *	THA06	* 08-07-85 *	7.16	21.7	0.55	103.8	3.00	0.22	0.22	3.61	1.20	0.5	2.20	17.20	-0.16	-1.40	1.43	-2.84	292	0.60
* 7 *	THA07	* 09-07-85 *	7.41	21.6	-3.78	26.2	3.10	2.50	1.55	1.46	1.10	2.5	12.80	7.85	-0.64	-1.95	0.33	5.43	139	0.08
* 8 *	THA08	* 09-07-85 *	7.47	20.9	-4.69	35.6	5.70	3.90	0.90	2.21	1.20	2.5	10.40	11.25	-0.30	-1.15	0.43	3.14	195	0.15
* 9 *	THA09	* 12-07-85 *	7.30	20.8	0.55	72.0	2.70	0.20	0.23	3.29	1.15	1.5	2.10	19.10	-0.03	-1.24	0.93	6.79	281	0.40
* 10 *	THA10	* 16-07-85 *	7.28	20.8	0.57	77.0	2.70	0.18	0.22	3.86	1.10	1.0	2.10	20.35	0.04	-1.13	1.14	2.18	320	0.10
* 11 *	THA11	* 16-07-85 *	7.21	21.4	0.53	75.0	3.00	0.20	0.20	3.82	1.05	1.0	2.25	20.00	-0.03	-1.21	1.34	1.85	316	0.35
* 12 *	THA12	* 16-07-85 *	7.28	20.8	0.54	66.4	2.85	0.18	0.23	3.54	1.05	0.5	2.20	17.75	-0.05	-1.22	1.05	-0.23	290	0.60
* 13 *	THA13	* 16-07-85 *	7.34	20.9	0.53	69.7	2.85	0.20	0.23	3.43	1.10	0.1	2.10	18.55	0.02	-1.11	0.89	3.69	286	0.45
* 14 *	THA14	* 16-07-85 *	7.24	20.8	0.57	66.2	2.80	0.19	0.22	3.36	1.15	1.5	2.10	17.70	-0.11	-1.35	1.09	1.89	279	0.35
* 15 *	THA15	* 17-07-85 *	7.14	20.8	0.50	74.0	2.85	0.22	0.23	3.21	1.10	1.0	2.10	19.65	-0.19	-1.54	1.31	9.62	277	0.02
* 16 *	THA16	* 17-07-85 *	7.27	21.0	0.52	72.4	2.85	0.21	0.22	3.50	1.10	1.5	2.10	19.30	-0.03	-1.21	1.06	4.27	294	0.05
* 17 *	THA17	* 19-07-85 *	6.66	23.5	0.31	152.2	13.00	0.35	0.24	7.64	1.10	1.5	5.40	43.40	-0.02	-0.84	9.37	6.26	640	0.10
* 18 *	THA18	* 21-07-85 *	7.05	21.2	0.18	68.4	3.10	0.40	0.32	3.64	1.10	1.5	2.40	18.40	-0.25	-1.59	1.84	0.05	300	1.80
* 19 *	THA19	* 21-07-85 *	6.93	21.6	0.32	74.6	3.05	0.30	0.32	3.71	1.10	0.5	2.90	20.90	-0.30	-1.76	2.48	5.74	313	1.25
* 20 *	THA20	* 24-07-85 *	7.06	21.2	0.31	77.4	3.20	0.35	0.28	3.71	1.15	1.0	2.45	20.70	-0.19	-1.50	1.83	5.11	313	0.35
* 21 *	THA21	* 24-07-85 *	7.08	22.2	0.32	125.8	2.60	0.30	0.31	6.04	1.10	0.1	3.40	32.50	0.22	-0.97	2.81	3.63	502	0.10
* 22 *	THA22	* 26-07-85 *	-	-	-	-	0.05	14.00	15.50	-	3.80	12.5	24.50	-	-	-	-	-	-	0.14
* 23 *	THA23	* 26-07-85 *	6.65	22.9	-3.55	73.6	12.50	2.60	1.85	4.29	1.25	1.0	12.50	23.55	-0.54	-1.59	5.53	5.78	367	0.13
* 24 *	THA24	* 30-07-85 *	7.05	21.0	0.36	68.8	3.20	0.30	0.23	3.54	1.05	1.5	2.25	18.55	-0.26	-1.61	1.79	1.77	294	0.34
* 25 *	THA25	* 04-08-85 *	7.41	21.0	0.39	70.2	3.10	0.30	0.26	3.64	1.15	0.5	2.10	18.95	0.12	-0.87	0.80	1.72	300	0.05
* 26 *	THA26	* 09-08-85 *	-	24.8	-	37.2	2.60	2.80	1.70	1.93	3.90	1.5	8.70	10.35	-	-	-	-	-	1.00
* 27 *	THA27	* 10-08-85 *	-	25.0	-	32.6	5.00	3.00	1.75	1.79	5.45	1.0	7.90	10.20	-	-	-	-	-	0.12
* 28 *	THA28	* 11-08-85 *	-	24.7	-	51.6	2.10	2.65	1.40	2.21	4.10	2.5	9.90	13.75	-	-	-	-	-	0.13
* 29 *	THA29	* 19-08-85 *	-	24.0	-	61.4	9.70	1.30	0.15	3.00	4.65	0.5	2.90	19.30	-	-	-	-	-	0.11
* 30 *	THA30	* 28-08-85 *	-	-	-	-	0.70	3.30	2.20	-	2.15	0.1	15.80	-	-	-	-	-	-	0.20
* 31 *	THA31	* 31-07-85 *	7.09	21.1	0.46	78.6	3.00	0.25	0.20	3.61	1.05	2.5	2.25	20.90	-0.16	-1.49	1.66	6.50	308	0.55
* 32 *	THA32	* 23-07-85 *	8.03	21.6	-2.34	46.8	8.00	1.50	1.50	2.71	1.10	6.0	9.90	15.00	0.44	0.38	0.14	4.09	240	0.10
* 33 *	THA33	* 23-07-85 *	7.91	21.8	-2.17	37.4	7.60	1.35	1.55	2.43	1.10	9.5	9.90	12.50	0.20	-0.04	0.17	-1.18	217	0.10
* 34 *	THA34	* 23-07-85 *	7.36	21.3	-1.60	73.8	9.00	1.90	1.07	4.00	1.50	0.5	11.00	22.15	0.12	-0.42	0.98	5.77	343	0.07
* 35 *	THA35	* 24-07-85 *	7.00	22.2	-1.64	76.0	10.20	1.50	1.09	4.43	1.25	8.0	10.80	23.20	-0.18	-0.97	2.52	1.11	379	0.12
* 36 *	THA36	* 24-07-85 *	7.28	21.8	-1.89	63.0	9.00	1.30	1.45	3.64	1.15	7.0	9.70	19.45	-0.06	-0.70	1.09	2.17	315	0.10
* 37 *	THA37	* 23-07-85 *	7.07	22.3	-1.73	79.0	10.20	1.50	1.06	4.64	1.20	7.0	10.30	23.95	-0.07	-0.77	2.25	0.66	394	0.13
* 38 *	THA38	* 29-07-85 *	7.07	22.0	0.07	142.0	9.30	0.15	0.87	7.50	1.10	0.5	4.10	39.30	0.34	-0.25	3.52	2.31	616	0.10
* 39 *	THA39	* 29-07-85 *	7.64	22.1	-1.71	53.2	7.60	1.20	1.55	2.71	1.20	9.5	10.00	16.45	0.12	-0.35	0.36	7.13	250	0.02
* 40 *	THA40	* 29-07-85 *	7.08	22.3	-1.70	83.2	10.20	1.55	1.08	4.71	1.25	4.5	10.60	25.00	-0.04	-0.72	2.23	2.63	400	0.13

140

Tab. 16.1 - Résultats analytiques

quelques équivalences entre unités habituellement utilisées :

1° F (Français) = 0,56 °d (Allemand) = 0,2 meq/l (d'ions alcalino-terreux) = 10 mg/l de CaCO₃ = 12,2 mg/l de HCO₃⁻ = 0,1 mmole/l (d'ions alcalino-terreux) = 0,2 mmole/l (ions monovalents).

16.3.2. - Comportement des variables

* Sur 34 échantillons ayant donné lieu à une analyse complète, 21 présentent un B inférieur à 5 %, 12 un B compris entre 5 et 10 % ; un seul dépasse 10 %. Une part de l'incertitude pourrait être attribuée au dosage délicat des sulfates, mais aussi à la relative imprécision des méthodes de dosage du TAC et du TH. La recherche des nitrates a dans certains cas amélioré la balance ionique.

* pH : les valeurs varient de 6,66 à 8,03, mais pour ces eaux bicarbonatées calciques, ces variations ne peuvent être interprétées, indépendamment des paramètres pCO₂ et dpH ; En effet, le pH des eaux carbonatées est fixé d'une part, par la teneur en CO₂ (liée à pCO₂), d'autre part le niveau de réalisation de l'équilibre chimique, donné par dpH.

* La température tourne autour de 21°C pour l'ensemble des prélèvements à l'émergence de Tham Chiang Dao ; elle est légèrement supérieure (22°C) pour les eaux de Tham Pha Mon, et atteint 25° dans la région de Phangnga.

* La minéralisation totale varie entre 140 et 640 mg/l, se situant vers 300 mg/l pour l'émergence de Tham Chiang Dao, s'élevant jusqu'à 500 mg/l pour une eau de percolation (alimentation d'une stalagmite : 4 et 21). Deux des valeurs les plus faibles (139 et 195 mg/l) correspondent à des écoulements de surface sur terrain non calcaire (7,8). Le maximum caractérise l'émergence vauclusienne de Nam Rue Takhean (17).

* Les teneurs en Mg, Na, K sont plutôt faibles, avec des variations pouvant être liées au type de couverture pédologique.

* La teneur en ions chlorures n'est notable qu'à Phangnga (proximité de la mer) où elle dépasse 2 mg/l.

* Les sulfates se trouvent également en très faible quantité, ne dépassant souvent pas 2,5 mg/l, à l'exception de Tham Pha Mon.

* Les teneurs en silice sont comprises entre 2,10 mg/l et 12,50 mg/l et sont notables à Tham Pha Mon.

* Les teneurs en nitrates sont très faibles, inférieures à 2 mg/l, à l'exception de l'échantillon n° 5, pollué.

* Les valeurs de TAC, qui compte tenu de la gamme de pH, correspondent aux teneurs en ions HCO₃⁻, s'étendent de 1,46 meq/l à 7,64 meq/l, soit de 89,1 à 466 mg/l de HCO₃⁻.

* Les TH sont compris entre 7,85 et 43,40°F. Variant de 18 à 20°F pour l'émergence de Tham Chiang Dao, ils ont des valeurs plutôt plus faibles à Phangnga, et sont très dispersés (entre 13 et 39°F) à Tham Pha Mon.

* Sur 34 échantillons, 22 sont sous saturés (dpH < 0), 12 sur-saturés (dpH > 0). En fait les eaux sont généralement légèrement sous-saturées et proches de l'équilibre.

* La pCO₂ atteint son maximum à Nam Rue

Takhean (17) avec une valeur voisine de 10 % (source vauclusienne en rizière).

16.4. - INTERPRETATION

16.4.1. - Tham Chiang Dao

* En dehors de l'échantillon n° 5 qui présente de très fortes valeurs en Mg, K, Na, Cl et dont le lieu de prélèvement semble avoir été pollué (la teneur en NO₃ le confirme) les teneurs en ces éléments restent très faibles ainsi que pour la silice et les sulfates.

Concernant la pCO₂ et le dpH, on peut remarquer ;

- une pCO₂ plus forte au siphon "Touriste" qu'au siphon "Guano". Ces pCO₂ sont inférieures aux valeurs mesurées à la pompe DRAEGER dans l'atmosphère ambiante de ces deux siphons (cf. chap. 17). En même temps la sous-saturation est plus marquée au siphon "Touriste" qu'au siphon "Guano". Ceci peut s'expliquer par le fait que le CO₂ est plus abondant en aval du siphon "Touriste".

- une forte pCO₂, pour les prélèvements effectués à la station T10 (n° 4 et 21), et un dpH positif, indiquant donc une eau sursaturée ; autrement dit cette eau a été soumise à une pCO₂ supérieure à l'actuelle, mais n'a pas fini de précipiter ses carbonates.

* L'évolution du chimisme de l'eau à l'émergence, rapprochée de la courbe de débit montre d'une part une augmentation des valeurs de pCO₂ entre la période du 3 au 12.7.85 et celle du 21 au 31.7.85, d'autre part un accroissement des teneurs en Mg, K, et Na entre les mêmes périodes (Fig. 16.3).

Ceci semblerait indiquer qu'une nouvelle famille d'eaux apparaît progressivement à l'émergence ; en effet, la montée de crue est marquée par une instabilité des paramètres physico-chimiques.

L'accroissement de la turbidité, de la pCO₂, des teneurs en Mg, K et Na et la diminution du dpH permettent de penser qu'il s'agit de l'arrivée de précipitations récentes. En effet, ces eaux ont été en contact avec une atmosphère à pCO₂ plus importante (percolation à travers les horizons superficiels), elles sont sous-saturées, plus loin de l'équilibre, c'est à dire qu'elles n'ont pas eu le temps d'utiliser tout leur CO₂ pour dissoudre le carbonate de calcium.

L'augmentation des Mg, K, Na traduit le lessivage de la couverture pédologique.

16.4.2. - Tham Pha Mon

* Contrairement aux eaux échantillonnées à Tham Chiang Dao celles prélevées dans ce système perte-résurgence du karst de la Nam Lang, sont beaucoup plus chargées en Mg, K, Na et SiO₂. Elles contiennent aussi en quantités un peu plus fortes des sulfates sauf deux prélèvements (34, 38) qui présentent une teneur extrêmement faible.

Il semble que l'on puisse imputer ces teneurs élevées à la couverture pédologique silicatée qui recouvre cette région de plateau

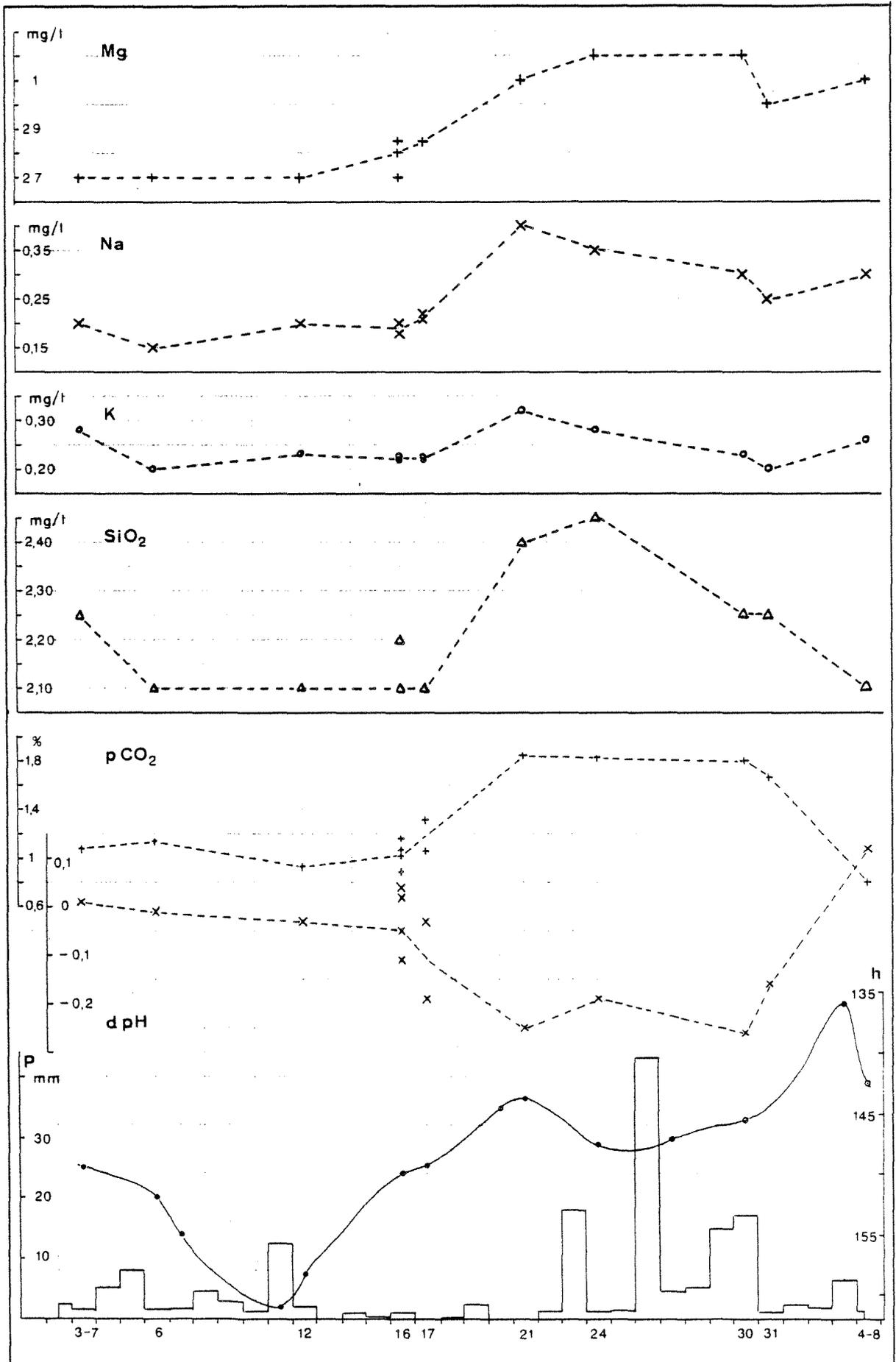


Fig. 16.3. Evolution du chimisme des eaux à l'émergence de Tham Chiang Dao

vallonné.

* La rivière principale a acquis ses caractéristiques à l'extérieur, en amont de sa perte : sa teneur en Ca^{++} et HCO_3^- est plus faible que celle des affluents mais augmente de la perte à la résurgence, en liaison avec les apports souterrains (33, 32, 39, 36).

* Les affluents (34, 38, 35, 37, 40) sont beaucoup plus minéralisés et drainent apparemment les terrains sus-jacents ; leur origine est purement autochtone.

L'origine des sulfates est à rechercher dans la lithologie.

* L'affluent des gours concrétionnés (38) a une minéralisation très forte (616 mg/l) mais présente la particularité d'être le seul à avoir une teneur en Na extrêmement faible et une teneur en K et SiO_2 inférieure aux autres prélèvements de la cavité. Par ses caractéristiques, il se rapproche des eaux de percolation et gouttage de Tham Chiang Dao (4, 21). Cette eau présente une pCO_2 non négligeable, elle est sursaturée, ce qui explique la précipitation et la présence des magnifiques gours concrétionnés sur lesquels elle ruisselle. Cette alimentation est temporaire et semble avoir en surface une origine très locale, en l'absence d'une couverture argilo-limoneuse, ou tout au moins très réduite.

* L'affluent principal en rive gauche présente des pCO_2 comprises entre 2,23 et 2,52 %. La présence de CO_2 a été ressentie dans l'atmosphère ambiante de la galerie ; une teneur de l'ordre de 2 à 2,5 % a été estimée plausible (cf. chap. 17). Faiblement sous-saturée cette eau contribue à rapprocher de l'équilibre celle de la rivière principale qui de sursaturée en amont du confluent (39) devient légèrement sous-saturée à sa résurgence (36).

* La rivière principale a une faible pCO_2 : celle-ci diminue après le passage d'une zone agitée de cascade ; corrélativement son pH augmente, puis diminue à nouveau pour devenir négatif à la résurgence, tandis que la pCO_2 remonte sous l'influence des apports de l'affluent principal en rive gauche.

Ce chimisme caractérise la contribution essentielle de la couverture pédologique et sédimentaire argilo-sableuse.

16.4.3. - Les autres sites

* Les deux écoulements de surface (7, 8) sont faiblement sulfatés, mais présentent une teneur notable en Na, K, et surtout en SiO_2 ($> 10 \text{ mg/l}$) ; en outre leur pCO_2 est inférieure à 0,5 %.

* L'échantillon n° 17, très fortement minéralisé (Ca, Mg, HCO_3^- , SiO_2) présente une forte pCO_2 , mais est faiblement sous-saturé, pratiquement à l'équilibre, ce qui veut dire que cette eau circule depuis longtemps avec un CO_2 acquis lui aussi depuis un certain temps, et non au niveau de la rivière ou elle émerge. Une origine profonde du CO_2 est possible : la source pourrait être partiellement hydrothermale. Sa température est par ailleurs un peu supérieure à celle des autres eaux souterraines du nord de la Thaïlande.

* Trois des eaux de la région de Phangnga possèdent de faibles TH et TAC. Par contre leur teneur en Na, K, Cl est notable. On peut

relier ceci à l'influence maritime et donc à la présence de ces ions dans les précipitations locales. Mais la silice y est également bien représentée, ce qui peut aussi signifier que l'origine de Na et K peut être pour partie recherchée au niveau de sols ou d'alluvions silicatés (26, 27, 28).

* La source de Tham Pi, à rapprocher de l'affluent principal de Tham Pha Mon porte la marque du couvert pédologique argilo-limoneux (Na, K, SiO_2), possède une forte pCO_2 , et se trouve fortement sous-saturée.

16.5. - CONCLUSION

L'analyse de ces résultats conduit à différencier plusieurs types d'eau :

- des écoulements de surface : faiblement minéralisés (7, 8, 33, 26, 27), certains alimentant des circulations karstiques
- des écoulements souterrains moyennement minéralisés, d'infiltration relativement rapide (1, 2, 3, 6, 9 à 16, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 28, 31, 34, 35, 37, 40),
- des suintements ou ruissellements fortement minéralisés (4, 21, 38).

On met en outre en évidence l'influence lithologique mais surtout celle de la nature de l'horizon pédologique. A Tham Pha Mon l'existence de sols argilo-limoneux épais explique d'une part la minéralisation en Na, K, SiO_2 , d'autre part les pCO_2 élevées du fait de la limitation de la diffusion du CO_2 produit, vers l'atmosphère. En fait, il est clair que les pCO_2 disponibles au niveau des sols sont déterminées non pas par le climat tropical, comme cela est souvent envisagé dans la littérature, mais par la présence d'une couverture et par sa nature. C'est précisément ce qui a déjà été observé sous les climats tempérés où les valeurs de la pCO_2 sont du même ordre de grandeur.

16.6. - BIBLIOGRAPHIE

1. Carbonate Chemistry of Groundwater From Tropical Tower Karst in South Thailand John. I. Pitman, oct. 1978, in Water Resources Research, vol. 14, n° 5.
2. Water Chemistry of Some Karst Environments in Norway, Michel Bakalowicz, 1984, Norsk Geogr. Tidsskr., vol. 38/209-214 Oslo.
3. Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification. Michel Bakalowicz, 1979, Thèse Doct. Sciences, Paris VI.
4. L'analyse de l'eau, E. Merck. 9e édition 1976, Darmstadt (RFA).
5. Aquamerck-Coffrets pour l'analyse de l'eau, E. Merck, 1978 Darmstadt (RFA).

* * *

Nous remercions :

- Les Etablissements MERCK pour l'aide matérielle qu'ils nous ont apportée,
- le Laboratoire souterrain du C.N.R.S. (Moulis), en particulier M. BAKALOWICZ pour son aide dans la mise sur pied du programme de géochimie, le traitement et l'analyse des données.

17. GAZ CARBONIQUE

L. DEHARVENG
A. BEDOS

La distribution et la dynamique du gaz carbonique dans les karsts tropicaux restent encore très mal connues. On dispose de rares mesures effectuées dans les sols (mise au point de Crowther, 1983), mais rien n'avait été publié à notre connaissance sur le CO₂ des cavités souterraines tropicales. Les observations réunies au cours de l'expédition Thaï-Maros 1985 apportent donc, particulièrement en ce dernier domaine, des résultats originaux qui font ressortir l'intérêt exceptionnel de certains sites prospectés pour les recherches futures.

MATERIEL ET METHODES.

Les mesures de teneur en gaz carbonique de l'atmosphère ont été réalisées à l'aide d'une pompe Draeger. Pour les pCO₂ du sol nous avons mis en oeuvre un protocole particulier décrit plus loin. Enfin, une enquête a été effectuée auprès des spéléologues ayant été confrontés au problème du CO₂ au cours de l'expédition.

La pompe détectrice Draeger :

La pompe détectrice de gaz Draeger (modèle 21/31) est constituée par une pompe à soufflet manuelle d'une capacité de 100 cm³. L'air aspiré traverse un tube amovible contenant un réactif qui a la propriété de se colorer en bleu-violet en présence de CO₂. La concentration du gaz, proportionnelle à la longueur de la zone colorée, est lue sur l'échelle graduée du tube. Selon les teneurs présumées, on utilise différents type de tubes (0,01% à 0,3% ; 0,1% à 6% ; 0,5% à 10% ; etc..) avec la possibilité de jouer, pour un même type, sur deux échelles correspondant soit à 1, soit à 5 coups de pompe.

La plupart de nos mesures ont été doublées d'une mesure de contrôle par soustraction, utilisant le même tube réactif et effectuée quelques secondes après la première. Dans les limites de précision qu'autorise l'échelle du tube réactif Draeger, les deux valeurs obtenues se sont dans tous les cas avérées égales.

Dans les cavités nous avons effectué nos mesures, autant que possible, à 1 m du sol et près de l'axe des galeries.

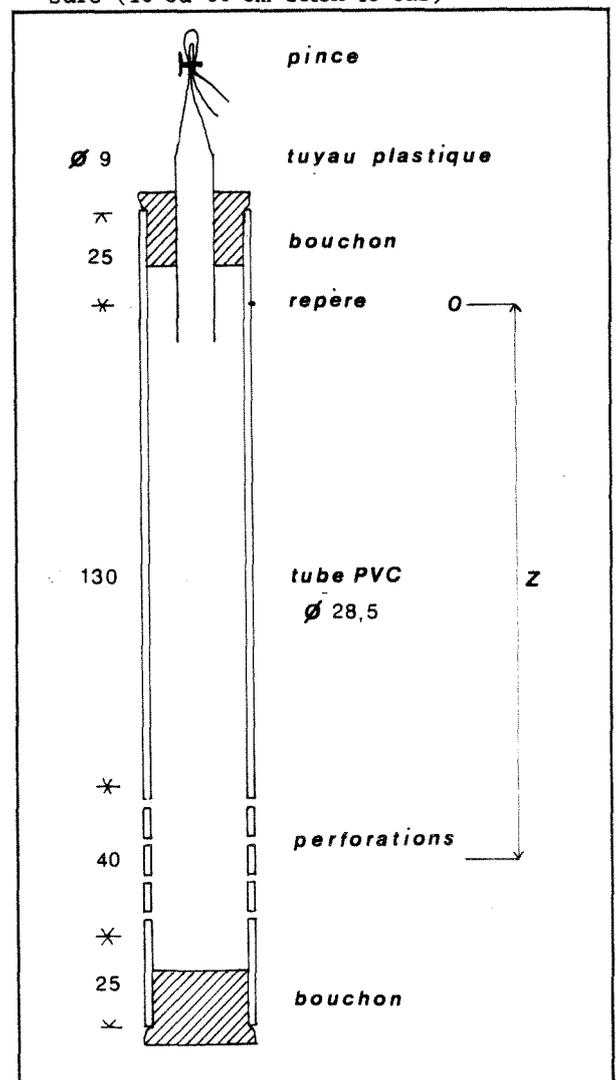
Mesure des pCO₂ dans les sols.

Dans les sols, la mesure des pCO₂ est beaucoup plus délicate à réaliser. Le protocole que nous avons adopté s'inspire de la méthodo-

logie suivie par les hydrogéologues du laboratoire souterrain du CNRS (Moulis - France).

1) On réalise tout d'abord un trou cylindrique à l'emporte pièce en enfonçant dans le sol un tube métallique dont les parois de faible épaisseur sont biseautées vers l'intérieur à l'extrémité inférieure pour limiter le tassement. Ce tube est enfoncé à -20 cm ou à -35 cm pour

Fig.17.1 - Tube PVC utilisé pour les mesures dans les sols. Z: profondeur de mesure (15 ou 30 cm selon le cas)



des mesures de pCO₂ à -15 et -30 cm.

2) On retire ce tube et la carotte de terre qu'il renferme et on le remplace par un tube en PVC de diamètre externe identique (fig.17.1). Le fond de ce tube est fermé hermétiquement par un bouchon de caoutchouc. Entre 3 et 7 cm de l'extrémité inférieure du tube, sont percés une trentaine de petit trous de 2 à 5 mm de diamètre, destinés à permettre la diffusion gazeuse à partir du sol. A 2,5 cm de l'extrémité supérieure est porté un repère indélébile indiquant la profondeur d'enfoncement. Deux longueurs de tube ont été utilisées, pour obtenir des mesures soit à -15cm, soit à -30cm. Enfin, l'extrémité supérieure du tube est fermée hermétiquement par un bouchon de caoutchouc que traverse un petit tuyau de plastique souple pincé à son extrémité; son diamètre doit permettre d'y enfoncer en force le tube réactif Draeger.

3) Une fois en place, ce dispositif est laissé plusieurs jours (Chiang Dao) ou plusieurs heures (autres lieux). Dans ce dernier cas il est impératif d'assurer une bonne étanchéité sol/tube, par exemple en enduisant ce dernier de boue avant de l'introduire dans le trou.

Questionnaire "CO₂" (tab.17.1)

Ce questionnaire, distribué à tous les participants, s'inspire des listes de symptômes déjà signalés dans la littérature (James et Dyson, 1981).

Tableau 17.1 : questionnaire "CO₂"

Dans quelle cavité - dans quelle partie - avez vous senti la présence de CO₂ ?

Quelle sensation avez-vous éprouvée ?

Avez vous senti ou ressenti :

- une odeur quelconque ?
- des difficultés à respirer ? lesquelles ?
- des maux de tête ? légers ou violents ?
- des sueurs ? froides ou chaudes ?
- des nausées ?
- des difficultés à vous mouvoir ?
- un étourdissement, une perte d'équilibre ?

Avez-vous pâli, rougi, bleui ?

Ces troubles ont-ils persisté après être sorti de la cavité ? Pendant combien de temps ?

LES CAVITES A CO₂ (tab. 17.2).

En Thaïlande, divers troubles plus ou moins intenses ont été ressentis par les explorateurs dans plusieurs des cavités parcourues. Ces troubles sont similaires à ceux ressentis par les mêmes personnes dans les cavités de Tham Chiang Dao et de Tham Pha Thaï où nous avons pu mesurer à l'aide du détecteur Draeger, d'importantes teneurs en CO₂. Ils rappellent également les effets physiologiques classiques du CO₂ sur l'organisme, tels qu'ils sont décrits dans la littérature (James et Dyson, 1981). En attendant une analyse plus précise nous considérons donc que le gaz carbonique est responsable des malaises éprouvés par les participants dans tous les cas que nous allons évoquer.

Parmi les 131 cavités explorées au cours de l'expédition Thaï-Maros 1985, 15 présentaient une teneur appréciable en CO₂. Elles se distribuent de façon très inégale dans les différentes régions. Dans certaines zones, aucun indice de CO₂ "en excès" n'a pu être relevé. Il en est ainsi des karsts de Sulawesi (Indonésie) où 56 cavités ont été explorées, et du karst des environs de Phangnga (sud de la Thaïlande); dans ce dernier cas, la plupart des 16 cavités visitées sont des grottes tunnels bien ventilées.

Les massifs calcaires du nord et de l'est de Chiang Dao ont été peu prospectés. Parmi les 13 cavités explorées, une seule était une "grotte à CO₂" : "grotte à gaz" de Ban Hoi Kron.

Sur le Doi Chiang Dao, le nombre des cavités reconnues est déjà plus significatif (17); la plupart ont une atmosphère calme peu ventilée. Cependant aucune d'entre elles ne renferme de fortes teneurs en CO₂ et le gaz n'a jamais constitué un obstacle à l'exploration. Les mesures précises effectuées à Tham Chiang Dao ont donné une teneur maximum de 2,9%, ne déterminant que des effets physiologiques mineurs chez les spéléologues (cf plus loin).

Une seule cavité a été explorée sur les vastes massifs calcaires du sud-ouest de Ngao : il s'agit de Tham Pha Thaï, où la pCO₂ dépasse 6,5% dans les galeries non ventilées; il s'agit là des teneurs maximales supportables (cf plus loin).

Sur le karst de la Nam Lang enfin, le gaz carbonique constitue un véritable problème. Près de 40% des cavités reconnues contenaient du CO₂, plusieurs d'entre elles en concentration telle que toute exploration était impossible. Ces "cavités à CO₂" sont aussi bien des gouffres (Hua Lao "Hara Kiri") que des pertes (Tham "Plaa") ou des grottes (Tham "Ai"). Seules les grottes fossiles assez sèches (Tham "Ini", Tham "Axi"...) ou bien ventilées (Tham Lot) semblent dépourvues de gaz. Toutefois, Tham "Plaa" présente, malgré un courant d'air appréciable, une atmosphère difficilement tolérable ou même insupportable pour certains sujets. Ces "grottes à CO₂" sont réparties entre différents systèmes karstiques dans un rayon de 7 km autour de Sop Pong (les prospections n'ayant pas porté au-delà). Le karst de la Nam Lang apparaît ainsi comme un véritable "karst à CO₂", l'importance du gaz étant probablement liées à certaines caractéristiques régionales. Dans ce cadre, et dans l'hypothèse très vraisemblable d'une origine pédologique du CO₂, plusieurs facteurs pourraient rendre compte des concentrations observées dans les réseaux profonds :

- une forte production de CO₂ dans les horizons pédologiques ;
- une diffusion ralentie par la grande épaisseur de la couverture limoneuse ;
- un transfert en profondeur sous forme dissoute, plus marqué en saison des pluies qu'en saison sèche.

L'observation directe confirme l'épaisseur considérable des sols dans le karst de la Nam Lang, déterminant un empâtement sensible des reliefs. Mais seules des séries de mesures dans les sols et les cavités à différentes saisons permettraient de confirmer et préciser ces hypothèses.

Tableau 17.2 - Cavités à CO₂, visitées au cours de l'expédition Thaï 85. Toponymie et numéro des cavités conformes au catalogue du chap. 3. - L'intensité des effets physiologiques ressentis par les explorateurs (initiales entre parenthèses, cf. Chap. 1) est graduée ainsi : + (sensation peu marquée, pas de malaises), ++ (malaises divers et maux de tête, mais exploration possible), +++ (exploration impossible, malaises très forts).

N° et noms des cavités	Intensité des effets ressentis
<u>Karst de la Nam Lang</u>	
NAL 5 Tham "AI "	+++ (AB)
NAL 7 Hua Lao "Hara Kiri"	++ (LM, DR)
NAL 6 Hua Lao "Innommé"	+++ (Lo D)
NAL 8 "Gouffre à CO ₂ " près de "Tha Bo"	+++ (Lo D)
NAL 16 "Gouffre à CO ₂ " près de Ban Tham	+++ (Lo D)
*NAL 12 Tham "Bendit ² 1"	+ (DR)
*NAL 13 Tham "Plaa" : à l'intérieur	+ (JPB); ++ (Lo D, Lu D, LM, DR); +++ (JG)
doline d'entrée	+ (AB, Lo D, JG)
*NAL17 Tham Pha Mon (laminoir, affluent)	+ (JPB, Lu D, DR)
NAL 23 Hua Lao "Butagaz"	+++ (LM)
<u>Karst du Doi Chiang Dao</u>	
CHD 8 "Gouffre P1"	+ (JPB)
*CHD 1 Tham Chiang Dao :	
- siphon Touristes	+ (Lo D, Lu D, BL)
- réseau Guano	+ (PL)
- boyau près de la pissette	+ (JPB)
<u>Karsts du nord et de l'est de Chiang Dao</u>	
PHD 6 Tham "Klaeb Yai" (partie aval)	+ (Lu D, PL)
PHD 9 Tham Klaeb	+ (PL)
PHD 14 "Grotte à gaz" près de Ban Hoi Kron	++ (BL)
<u>Karsts de l'est de Chiang Mai</u>	
PHT 1 Tham Pha Thai	+++ (Lo D, Lu D, PL, LM, DR)

LA GROTTTE DE CHIANG DAO.

Les nombreuses mesures effectuées dans Tham Chiang Dao sont exposées sur le tableau 17.3 et la figure 17.2. Les variations spatiales et temporelles observées traduisent de prime abord le caractère complexe du réseau ; il est néanmoins possible d'y reconnaître des régions bien caractérisées tant du point de vue thermique que par leur teneur en CO₂, ainsi que des gradients apparemment liés à des zones particulières (siphons, passages ventilés).

Les températures :

L'amplitude thermique de nos mesures s'élève à 2,1°C (de 21,8°C à la station T4 à 23,9°C à la station M2). L'atmosphère est plus froide dans les parties basses de la grotte (réseau Guano : 22,4°C ; réseau Touristes au-delà de T15 : 21,8°C à 22,8°C). Elle est plus chaude dans les parties hautes : 23,3°C à 23,9°C pour le réseau Supérieur. Deux stations (T4 et T16) présentent une baisse notable des températures par rapport aux stations voisines. Pour T4, on peut invoquer la proximité immédiate de l'eau du réseau actif (qui est à 21,6°C) comme facteur de refroidissement. En T16, à la bifurcation des ré-

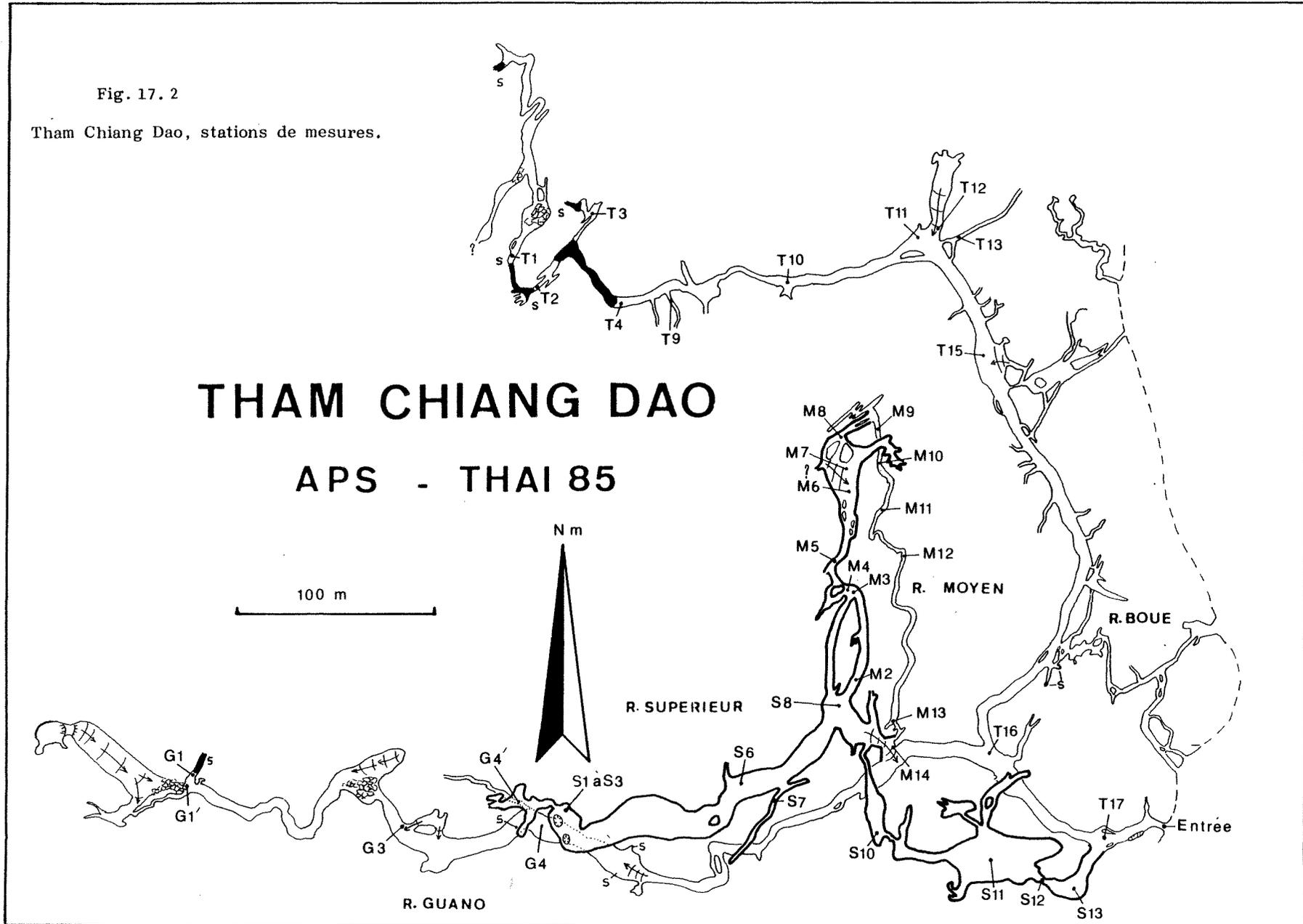
seaux Touristes et Guano, deux mesures distinctes nous ont donné 22,2°C, valeur faible en regard de la position de la station, et que nous n'avons pas su interpréter. On observe enfin d'importantes fluctuations thermiques aux stations S13 et T17 (0,5 à 0,6°C), proches de l'entrée de la cavité et donc encore nettement soumises aux variations extérieures de la température.

Les pCO₂ :

Au cours de 6 sorties, nous avons réalisé un total de 54 mesures réparties sur 41 points de mesure. L'étendue de la cavité n'autorisant pas une étude atmosphérique globale en une seule visite, la chaîne de mesures effectuée au cours d'une sortie a été raccordée à une autre chaîne de mesures au niveau de 1 ou 2 stations. Cette précaution a permis une reconstitution satisfaisante des profils de pCO₂ sur l'ensemble de la cavité, malgré les fluctuations temporelles. Une certaine distorsion entre chaînes de mesures (comme d'ailleurs entre mesures) ne peut cependant être exclue, et le profil général établi sur ces bases trouve ici des limites de validité difficiles à préciser. L'amplitude de nos mesures s'élève à 2,8% (de 0,1% en S13 à 2,9% en T1 et T2) ; pour une

Fig. 17.2

Tham Chiang Dao, stations de mesures.



Réseau Touristes . Réseau Actif

Réseau TOURISTES														
T1	T2	T3	T4	T9	T10	T11	T12	T13	T15	T16	T17	Sortie	Entrée	Source
6/7			2,5 (21.8)		2,55 (22°7)	2,2 (22°6)			2,0 (22°8)	1,5 (22°2)				
7/7											1,1 (22°7)	0,4 (24°4)	0,35	0,25
8/7										1,6 (22°2)				
10/7										1,0	0,5 (23°2)			
19/7	2,9	2,9	2,4											
31/7				2,1	2,1		2,1	2,1		1,0	0,5 (22°5)		0,55	0,55

Réseau Moyen

	M2	M3	M3'	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
10/7	1 (23°9)	1,3 (23°6)	1,6 (23°6)	1,6	1,4 (23°8)	1,4	1,0	0,9 (23°7)					
31/7									1	1	1,2	0,85 (22°8)	1

Réseau Supérieur

	S1	S6	S7	S8	S10	S11	S12	S13
7/7	1,0 (23°3)	1,1 (23°4)	1,0 (23°2)	1,0 (23°4)		0,6 (23°7)		0,6 (22°8)
10/7		0,6		0,5 (23°6)				0,1 (23°4)
31/7					0,65	0,6	0,5 (22°75)	0,7

Réseau Guano

	G1	G1'	G3	G4	G4'
8/7	2,1 (22°4)	2,2	1,8 (22°4)	1,3 (22°4)	2,0+

Tableau 17.3 - Détail des mesures de pCO₂ et de températures (ces dernières entre parenthèses) effectuées en juillet 1985 dans la grotte de Chiang Dao.

même station, elle atteint 0,6% (S6, S13, T16 et T17). Les teneurs en CO₂ sont les plus élevées dans le réseau actif (2,9%) et près du siphon du réseau Guano (G1 et G2 : 2,1-2,2%). Dès qu'on s'en éloigne, les pCO₂ baissent rapidement. La première partie du réseau Supérieur (S8 à S13) présente les pCO₂ les plus faibles (0,5 à 0,7%) ; les teneurs sont un peu plus élevées dans la branche ouest (0,6 à 1,1%) et plus encore dans la branche nord (0,85 à 1,6 %).

Discussion :

Les profils de pCO₂ (et de température) observés dans Tham Chiang Dao semblent obéir à deux facteurs principaux :

- 1°) la proximité des nappes d'eau et circulations actives ;
- 2°) la ventilation des conduits.

Les pCO₂ augmentent lorsqu'on se rapproche des régions hydrologiquement actives de la cavité, qui apparaissent ainsi comme les sources probables de gaz carbonique conformément à l'hypothèse avancée par Bakalowicz (1979).

On notera dans le même ordre d'idée les variations relatives parallèles des pCO₂ de l'eau et de l'air au niveau du lac des Touristes et du siphon terminal du réseau Guano (tab.17.4).

Tableau 17.4-- pCO₂ de l'air et de l'eau dans deux stations de tham Chiang Dao.

	Eau	Air
Lac des touristes	2.06-2.48	2.4-2.9
Siphon Guano	1.34-1.43	2.1-2.2

LA GROTTTE DE THAM PHA THAI (tab.17.3).

L'exploration de cette cavité en janvier 1981 (Deharveng et Couze, 1983) avait permis de réaliser quelques observations particulièrement intéressantes, à savoir l'existence d'un remplissage rhyolitique en place dans certaines galeries et la présence, dans un passage latéral, d'un gaz indéterminé dont les effets (violents maux de tête, essoufflement) nous

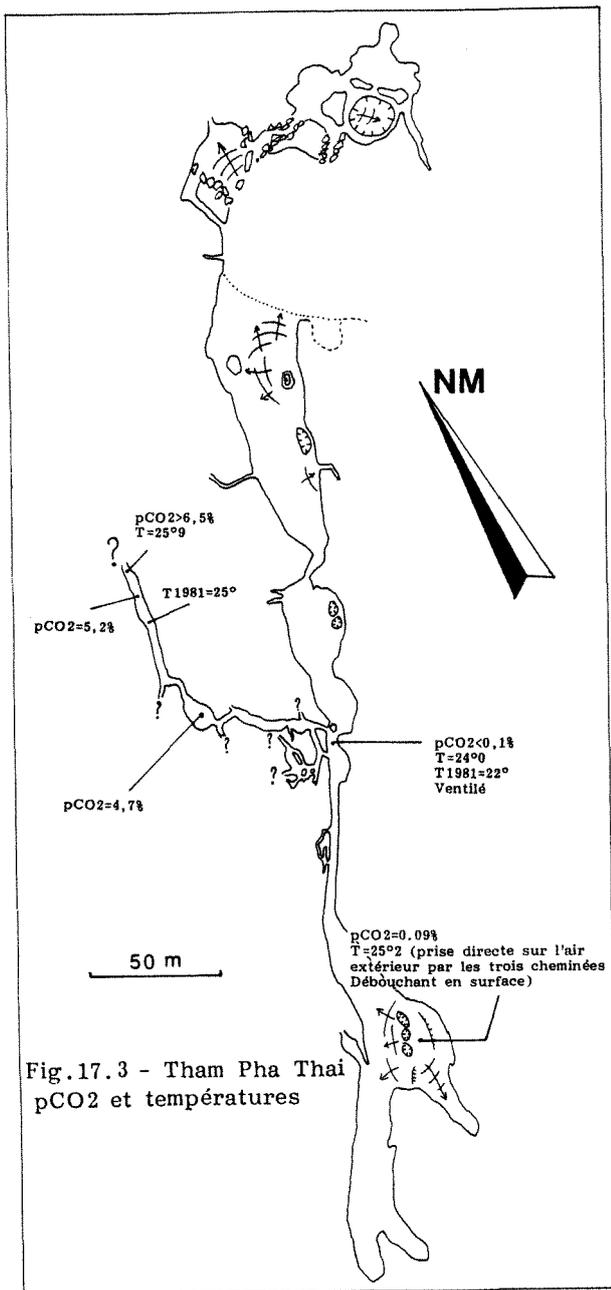


Fig.17.3 - Tham Pha Thai
pCO₂ et températures

avaient alors contraints à rebrousser chemin. Nous sommes retournés à Tham Pha Thai en 1985, afin d'y réaliser quelques mesures et prélèvements d'échantillons. Nous avons dû stopper l'exploration au même endroit qu'en 1981 : ainsi, en saison sèche (janvier 1981) comme en saison des pluies (juillet 1985) le point limite de la progression physiquement possible n'avait pas varié.

Les mesures réalisées en 1985 permettent de penser que le CO₂ est à l'origine des désagrèments rencontrés par les explorateurs. Tham Pha Thai apparaît comme une cavité constituée d'une vaste galerie fortement ventilée d'orientation nord-sud sur laquelle se greffe un système labyrinthique légèrement descendant se dirigeant vers le nord-ouest c'est-à-dire l'intérieur du massif. Plus on avance dans ces dernières galeries, plus la pCO₂ et la température s'accroissent. En moins

de 150 m, on passe d'une pCO₂ inférieure à 0,1% à une pCO₂ supérieure à 6,5%, tandis que la température s'élève de 24,0°C à 25,9°C. A ce point extrême, la cavité se poursuit par un passage plus étroit (1x2 m) en pente descendante (vu sur -1,5m) dans lequel il nous a été impossible de nous aventurer (violente sensation d'oppression, maux de tête, grosses difficultés respiratoires).

Nous sommes donc confrontés dans Tham Pha Thai à des teneurs en CO₂ :

- très élevées ;
- semblables en saison sèche et saison des pluies ;
- dont l'accroissement est associé à une augmentation de la température dans un conduit descendant ;
- dans une grotte à remplissage rhyolitique en place, d'âge indéterminé (datation en cours).

Ces éléments autorisent à retenir, à côté de l'hypothèse classique d'un CO₂ d'origine pédologique, la possibilité d'une origine profonde de ce gaz.

EFFETS PHYSIOLOGIQUES DU CO₂.

Le dépouillement du questionnaire CO₂ (tab.17.1) est résumé sur le tableau 17.5. Dix personnes ont, dans au moins une des cavités explorées au cours de l'expédition, ressenti des effets physiologiques que l'on peut attribuer au CO₂. Les différences observées entre les réponses tiennent à des facteurs individuels, et à la diversité des teneurs en gaz auxquelles ont été confrontés les explorateurs selon les cavités.

La variabilité individuelle de sensibilité au CO₂ est énorme. Ainsi, J.G. n'a pas pu pénétrer dans Tham "Plaa", alors que L.M. et D.R. ont pu lever 670m de topographie dans cette même cavité (soit 2h de séjour), quoique non sans problèmes (essoufflement, maux de tête).

Tous les sujets signalent des problèmes respiratoires. Cinq d'entre eux (sur 10) ont souffert de maux de tête. Les difficultés motrices ont gêné 6 personnes, mais peuvent être liées à l'essoufflement. Les autres sensations signalées varient d'une personne à l'autre. Ces résultats placent tous les sujets de l'enquête dans la même catégorie : les "pink buffers" de James et Dyson (1981) caractérisés par une réaction d'hyperventilation en réponse à l'exposition au CO₂. La limite supérieure de tolérance peut être fixée à 6,5-7% de CO₂ (Tham Pha Thai), ce qui correspond sensiblement au seuil indiqué par James et Dyson (1981) ; mais, alors que ces auteurs soulignent la possibilité de demeurer plusieurs heures dans une telle atmosphère, nous n'avons été capables de la supporter que quelques minutes.

Notre objectif serait maintenant de dépasser ce seuil limite de 6,5-7%, afin d'une part de suivre l'évolution des pCO₂ atmosphériques corrélativement à celles des pCO₂ et du chimisme des eaux, d'autre part de préciser l'influence du gaz sur le peuplement animal souterrain. Le karst de la Nam Lang constitue le cadre géographique le plus approprié pour ce travail. Il reste à mettre au point des techniques d'exploration souples pour atmosphère à forte concentration de CO₂.

	AB	JPB	Lo D	Lu D	CD-BL	JML	PL	LM	DR
Odeur	-	oui	oui	très légère	-	-	-	-	-
Saveur	-	-	salée	-	-	-	-	Sensation dans la gorge	-
Respiration	R. haletante, essoufflement	gêne respiratoire (et psychologique)	Souffle court, oppression	même essoufflement qu'en altitude	R. accélérée essoufflement, oppression, cage thoracique ressermée	difficulté à respirer	hyperventilation	R. violente, essoufflement	accélération instantanée du rythme
Maux de tête	non	non	moyens "barre"	barre	non	non	légers et momentanés à violents et persistants	violents ceinture autour du crâne	assez forts (de plus en plus)
Sueurs	non	non	non	non	chaudes	non	chaudes parfois	non	non
Nausées	non	non	non	non	non	non	non	non	non
Mobilité	impossibilité de remonter sans aide	-	-	tout effort pénible, même la marche	un peu lourd	difficultés à se mouvoir	-	difficultés	nécessité de progresser lentement
Etourdissement	tête qui tourne comme avant perte de connaissance	non	non	non	non	oui	non	non	non
Diurée	quelques minutes	0	quelques minutes à 1/2 h	maux de tête : quelques dizaines de minutes	0	quelques minutes	maux de tête : 10 h	maux de tête : 1/4 h.	maux de tête : 4 h.

Tableau 17.5 - Dépouillement du questionnaire CO2 : sensations éprouvées par les explorateurs.

MESURES DANS LES SOLS (tab.17.6).

Le projet initial était de réaliser un suivi pour la température, le CO2 et l'humidité dans les sols de 2 stations sur les flancs du Doi Chiang Dao. Les pluies quasi-journalières déterminant une saturation constante en eau des sols nous ont conduits à abandonner ce programme, si bien que nous n'avons effectué que quelques mesures ponctuelles de température et de pCO2 réparties sur 4 stations distinctes (tab.17.6). On constate :

1) un profil thermique classique, stabilisé dès -15cm.

2) une dispersion assez importante des valeurs de la pCO2.

3) une pCO2 maximum à -15cm, puis décroissant vers -20cm et -30cm dans 4 relevés ; une pCO2 maximum à -30cm dans 2 relevés. Ce dernier type de profil est celui

obtenu par Crowther (1983) dans la péninsule malaise.

4) une pCO2 plus forte dans le sol épais et horizontal de pied de versant à Chiang Dao.

Ces valeurs entrent dans l'éventail des pCO2 observées en sols calcaires tropicaux telles que les a résumées Crowther (1983) à la suite d'une analyse bibliographique exhaustive. Comme le souligne cet auteur, les résultats diffèrent selon la méthode de mesure adoptée. Nos données, obtenues à l'aide d'un détecteur Draeger, le plus employé à ce jour, sont donc plus particulièrement comparables à celles de Pitman (1978) (tab.17.7).

Bien entendu, nos résultats sont trop fragmentaires pour supporter une interprétation plus approfondie. Ils nous ont du moins permis de maîtriser une technique simple et efficace de mesure de pCO2 dans le sol qui sera appliquée de façon plus systématique lors de prochaines expéditions.

	Doi Chiang Dao Pied du karst, alt. 445 m Sol épais horizontal Terre rouge - alluvions au pied d'un grand arbre pH : 6,7 à 7,2	Doi Chiang Dao. Alt. 510 m Sur les flancs du massif calcaire, Pente forte - petit replat Sol marron sous bambous pH : 6,9	Tham "Klaeb Yai" alt. 660 m Sol épais, Forêt secondaire Pente d'une dépression calcaire	Tham Pha Thai Alt. 400 m Terre noire entre blocs calcaires, Végétation clairsemée basse		
	4 août	5 juillet	30 juillet	31 juillet	3 août	6 août
- 30 cm	2,5	0,40 (25°8)	0,7 (23°7)	0,6	0,08 (22°8)	
- 20 cm						0,3
- 15 cm	1,5	0,35 (25°5)	1,2 (23°8)	1,1	0,5 (22°75)	0,5
- 10 cm					(22°9)	0,2
- 5 cm			(24°5)			
Litière 0			1	0,06	(23°45)	
+ 20 cm	1,0		0,05 (25°5)	0,05	0,2 (23°55)	

Tableau 17.6 - Mesures de pCO2 et de températures dans les sols.

CONCLUSIONS.

L'importance du gaz carbonique au niveau des processus tant biologiques que spéléogénétiques méritait qu'on y consacre une part de l'activité scientifique de l'expédition Thaï-Maros 1985. Ceci nous a permis de nous familiariser avec les problèmes et avec les techniques de mesure des pCO₂, mais également de mieux focaliser pour l'avenir les axes de recherches à privilégier en ce domaine. C'est incontestablement au niveau de la production, de la diffusion et du transit du CO₂ dans les horizons pédologiques que les données manquent le plus, du fait, peut-être, de la complexité des phénomènes mis en jeu.

La découverte du "karst à CO₂" de la Nam Lang nous ouvre un champ de recherche prometteur. Les objectifs d'une future expédition pourraient être de mener dans cette région un travail prioritaire sur les sols, afin de préciser l'évolution des pCO₂ en fonction de la profondeur, du type stationnel et des précipitations, compte tenu qu'un suivi sur un cycle annuel n'est pas envisageable pour le moment. Des mesures sur les atmosphères souterraines seraient également à réaliser, tout particulièrement, et dans la limite des possibilités techniques, au-delà du seuil 6,5-7% de CO₂, et en relation avec l'analyse hydrochimique des eaux.

REMERCIEMENTS

Cette étude a pu être effectuée grâce à l'aide de la Société Draeger que nous remercions ici, ainsi que tous les membres de l'expédition qui ont contribué à la réalisation des mesures sur le terrain.

BIBLIOGRAPHIE :

- BAKALOWICZ M., 1979.- Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification - Thèse Doc. d'Etat, Paris : 269pp ;
- BAKALOWICZ M., 1979.- L'anhydride carbonique dans la karstogénèse - Actes Symp. Int. Erosion karstique :41-48 ;
- BACHELIER G., 1968.- Problèmes relatifs à l'atmosphère du sol et utilisation possible d'un détecteur de gaz pour la mesure de sa teneur en gaz carbonique - Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 6 (1) : 96-104 ;
- CHOPPY J., 1983.- Processus climatiques dans les vides karstiques ; 2. Composition de l'air - Paris, 1983, 88pp ;
- CROWTHER J., 1983.- Hydrology of autogenic percolation systems in some tropical karst outcrops, West Malaysia - J. Hydrol., 60: 227-242 ;
- CROWTHER J., 1983.- Carbon dioxide concentrations in some tropical karst soils, West Malaysia - Catena, 10 : 27-39;
- CROWTHER J., 1983.- A comparison of the rock tablet and water hardness methods for determining chemical erosion rates on karst surfaces - Z. Geomorph. N. F., 27 (1) : 55-64 ;
- CROWTHER J., 1984.- Meso-topography and soil cover in tropical karst terrain, west Malaysia - Z. Geomorph. N. F., 28 (2) : 219-234 ;

Région (auteur)	Caractéristiques du site de mesure	Profondeur (en cm)	pCO ₂ (moyenne/mini-maxi)			Durée/intervalle (méthode)
Maros (Sulawesi) (Mac Donald, 1976)	Karst à tourelles, végétation secondaire sur les pentes Plaine alluviale bordure du karst, rizières	?	0,9/0,2-2,0			?
		?	4,3/2,6-6,0			?
Phangnga (Thaïlande) (Pitman, 1978)	Karst à tourelles pied de pente	15	2,7/2,2-3,2			5 jours/1 jour (Draeger)
G. Mulu (Sarawak) (Sweeting, 1979)	Près d'une grotte de pied de falaise Terrasse alluviale	10	0,45/?			?
		25	0,65/?			
		50	0,65/?			
		10	0,7/?			
		25	0,8/?			
Nouvelle Bretagne (Papouasie) (Maire et Pernette, 1980)	Forêt pluvieuse des Mts. Nakanai	(horizon Ao)	0,02/?			?
		40	0,45/?			
Wof Main Range (W Malaysia) (Crowther, 1984)	Karsts à tourelles et "Setul Boundary Range". Pentas et pied de versant	15	0,67/0,16-1,58			1 ans/3-6 semaines (puits de diffusion et seringue)
		30	1,16/0,27-3,26			
		60	1,98/0,49-5,83			
Guilin (Chine) (Wang, cité par Tricart, 1985)	1 - Forêt tropicale 2 - Bois de bambous 3 - Végétation herbacée	0	1	2	3	?
		20	0,6/?	1,0/?	0,8/?	
		40	0,8/?	2,6/?	1,5/?	
		60	1,4/?	2,8/?	1,4/?	
		100	1,9/?	1,8/?	2,1/?	
		150	2,02/?	3,4/?	1,4/?	
		200	3,4/?	4,6/?	3,15/?	
			4,0/?	6,0/?	2,4/?	

Tableau 17.7 pCO₂ des sols karstiques d'Asie tropicale (d'après Crowther, 1984, complété)

- DEHARVENG L., GOUZE A., 1983.- Expédition en Thaïlande - Rapport spéléologique, Toulouse, 1983, 15pp ;
- JAMES J., DYSON J., 1981.- CO₂ in caves - Caving Int. Mag., 13 : 54-59 ;
- MAIRE R., PERNETTE J.P., 1980.- Le karst de la forêt pluvieuse des monts Nakanaï - Bull. Assoc. Géogr. Franç., 472 : 325-331 ;
- MIOTKE F.D., 1974.- Carbon dioxide and the soil atmosphere - Abh. Karst- und Höhlenkunde, Reihe A, 9 : 1-49 ;
- PITMAN J., 1978.- Carbonate chemistry of groundwater from tropical tower karst in south Thailand - Am. Geophys. Union, 14 (5) : 961-967 ;
- RENAULT P., 1968.- Sur la distinction de plusieurs régions karstiques en raison de la teneur en anhydride carbonique des atmosphères de grottes - C.R. Acad. Sc. France, 267 (26) : 2288-2290 ;
- RENAULT P., 1979.- Mesures périodiques de la pCO₂ dans les grottes françaises au cours de ces dix dernières années - Act. Symp. Int. Erosion karstique : 17-33 ;
- RENAULT P., 1982.- Le CO₂ dans l'atmosphère de quelques cavernes du Quercy (département du Lot - France) - Bull. S.C. Périgueux, 74 : 1-116 ;
- RENAULT P., 1982. - CO₂ atmosphérique karstique et spéléomorphologie. Intérêt pour les spéléologues - Rev. Belge Géogr., 1 : 121-130 ;
- RENAULT P., 1983.- Le CO₂ atmosphérique dans les grottes de montagne - Atti Convegno Int. sul carso di alta montagna, Imperia 1982 : 198-202 ;
- RENAULT P., BRUNET J., 1981.- Les variations de la pCO₂ atmosphérique dans les grottes des Pyrénées centrales. Grottes de Moulis et de Niaux (Ariège) - Coll. de Seyssins sur le karst : 5-18 ;
- ROQUES H., 1963.- Sur la répartition du CO₂ dans les karsts - Ann. Spéol., 18 : 141-184 ;
- ROSSI G., 1979.- Quelques observations sur le CO₂ dans les sols tropicaux et leurs conséquences possibles sur la dissolution des calcaires - Act. Symp. Int. Erosion karstique : 35-39 ;
- TRICART J., 1985.- Quelques aspects du karst en Chine - Karstologia, 5 : 53-60 ;
- TRUDGILL S.T., 1977.- The role of a soil cover in limestone weathering, cockpit country, Jamaica - Proc. 7th Int. Speleol. Cong., Sheffield : 401-404 ;

18. SÉDIMENTOLOGIE ET GÉOMORPHOLOGIE

Le. DEHARVENG

Nous avons procédé à la description sédimentologique des galeries de deux des plus vastes cavités du nord de la Thaïlande, Tham Klaeb Yaï et Tham Chiang Dao. Des observations sur la disposition des dépôts, leur nature et leur fréquence, conjointement à des analyses granulométriques des remplissages et à l'étude morphométrique des galets nous ont permis d'obtenir des indices sur la genèse de ces cavités. Quelques précisions sont enfin apportées sur les remplissages rhyolithiques de Tham Pha Thai.

18.1. - THAM KLAEB YAI

Tham Klaeb Yaï se situe à une vingtaine de km au nord de Chiang Dao, à l'ouest de la route de Fang. Elle se développe dans les mêmes calcaires permien que ceux de Tham Chiang Dao, au niveau de la plaine alluviale.

18.1.1. - Lithologie

Il s'agit d'un calcaire bio-micritique clair, veiné de calcite. Aucune différence notable dans la lithologie ne permet d'expliquer les différents styles de galeries. Il faut plutôt rechercher la cause dans la tectonique (fracturation plus ou moins intense induisant des zones de faiblesse) et dans la genèse elle-même (écoulement libre ou en charge, turbulence, etc...).

18.1.2. - Morphologie et remplissages

La morphologie de cette cavité est très contrastée. Une description sommaire en est donnée dans le chapitre 5 (topo : fig. 5.6).

1. - Galerie moyenne (de l'entrée supérieure au ressaut R5) (Fig. 18.1).

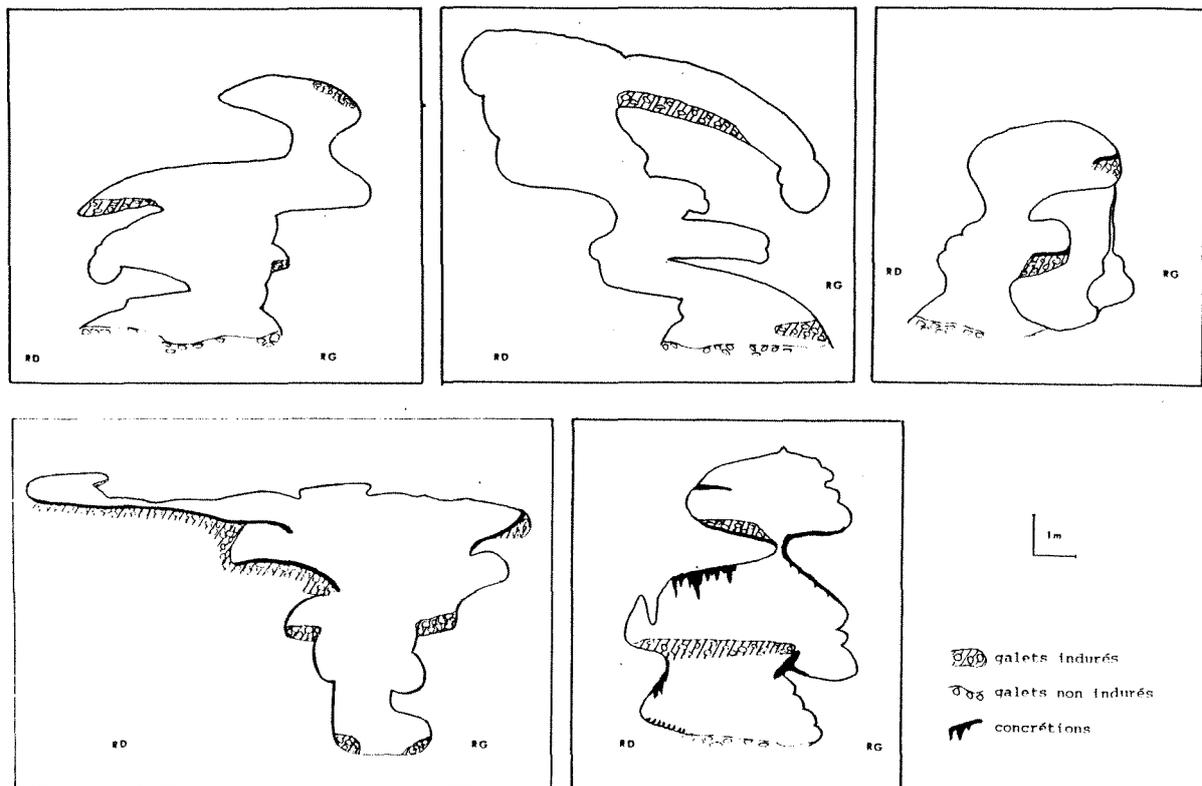


Fig. 18.1 - Tham Klaeb Yaï : coupes de galeries

* C'est une vaste galerie creusée en larges méandres superposés et décalés les uns par rapport aux autres (Ph. 18.1). L'écoulement lent sur un faible dénivelé entraîne le creusement des berges concaves et l'alluvionnement des berges convexes. Les anastomoses de plafond sont témoins d'une première phase d'érosion dans une galerie en charge avec écoulement lent.

* Dans cette partie de la grotte les remplissages sont constitués de galets plus ou moins cubiques de 2 à 8 cm de côté, émoussés aux angles. Ces galets sont noyés dans une matrice sableuse peu abondante. Les dépôts ne montrent pas de figures de sédimentation particulières. On les trouve en banquettes reliques indurées, sapées à leur base, étagées jusqu'au plafond. La nature pétrographique des alluvions y est constante (Ph 18.2).

En ce qui concerne les dépôts du lit actif, l'analyse granulométrique (Fig. 18.4(6)) indique un courant violent qui débarrasse les alluvions de toute partie fine.

On a donc unicité de l'origine des apports au cours du temps pour la galerie moyenne. Cette disposition nous amène à envisager deux types de genèse :

1-a) creusement en plusieurs phases (Fig. 18.1)

b) colmatage de la cavité entière

c) décapage progressif laissant des alluvions témoins indurées par le concrétionnement.

ou

2-a) creusement

b) colmatage

c) décapage avec nouvelle phase de creusement et ceci répété plusieurs fois.

2. - Galerie aval (aval du ressaut R5)

Cette galerie est nettement plus étroite avec plafond parfois très haut et quelques passages larges et bas ; elle est encombrée de blocs éboulés.

Cette partie de la grotte est très peu concrétionnée ; les remplissages sont de 3 types :

- des sables grossiers plus ou moins argileux, au sol, surtout concentrés au niveau des passages bas,

- des argiles et sables "boueux" dans la partie aval,

- des galets émoussés, de forme cubique.

Ils sont couverts d'un enduit noir (oxyde de manganèse ?). On les trouve au sol (lit du cours d'eau) et en grande concentration à l'aplomb du ressaut R5 qui alimente une grosse coulée stalagmitique. Leurs dimensions varient de 3 à 10 cm.

Les dépôts récents constitués principalement de débris végétaux, parfois plaqués aux parois à plus de 2 mètres de hauteur, attestent la violence des crues de cette rivière. Lors de notre passage en début de saison des pluies, il n'y avait qu'un mince filet d'eau et quelques flaques résiduelles.

3. - Le réseau fossile

Il est situé au dessus du réseau aval. C'est un système de vastes galeries aux parois polies. Le régime hydrologique a dû être proche de celui de la partie moyenne, bien qu'on n'y observe pas d'aussi beaux méandres.

Le concrétionnement est peu important, mis à part quelques grosses coulées, barrant parfois la galerie. Les dépôts au sol sont du type argilo-sableux.

Ce réseau se trouve en continuité avec la galerie moyenne dont il constituait probablement à l'origine la partie aval. Il n'a pas subi de colmatage et les dépôts sont des sables et des argiles. Cette observation nous donne un indice supplémentaire et permet de conclure plutôt à un colmatage unique de la galerie moyenne (hypothèse 1), alors que la jonction avec la galerie aval était établie, le réseau fossile étant déjà sous sa forme actuelle.

18.2. - THAM CHIANG DAO

Cette grotte est située à 5 km à l'ouest du village de Chiang Dao au pied du massif du Doi Chiang Dao qui culmine à 2200 m. Une description sommaire en est donnée dans le chap. 4.

18.2.1. - Disposition et nature pétrographique des dépôts

* Le réseau supérieur.

On trouve quelques dépôts argilo-limoneux au sol, rarement des remplissages de petits galets. Aucun remplissage fossile en banquettes indurées et surélevées n'a été observé (les dépôts au sol, en dehors de toute datation, ou autres indices, peuvent bien sûr être fossiles). Donc, en l'absence d'autres données, nous concluons à l'unicité probable de la phase de remplissage.

La nature des galets observés nous donne un élément de comparaison avec les autres réseaux. En effet aucun galet de grès n'a été trouvé, contrairement à ces derniers.

Il faut donc envisager 2 apports distincts amenant d'une part les galets de grès, d'autre part les autres galets. Une seule de ces deux origines auraient alimenté cette partie du réseau.

* Réseau moyen

Il s'agit d'un boyau assez sec. On y trouve un sol nu, ou quelques centimètres d'un limon plus ou moins calcifié recouvrant par endroits quelques décimètres de sable et galets fins (sortie de la chicane).

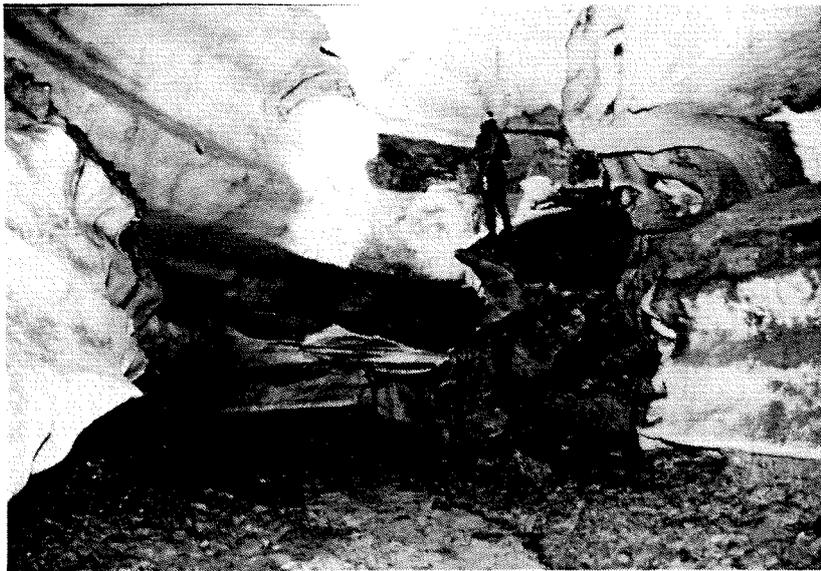
Il semble que les remplissages ne renferment pas de galets de grès. Ce réseau est à mettre en parallèle avec le réseau supérieur en ce qui concerne ses dépôts.

* Le réseau Guano (Fig. 18.2)

Les dépôts y sont abondants et variés. On peut distinguer plusieurs types :

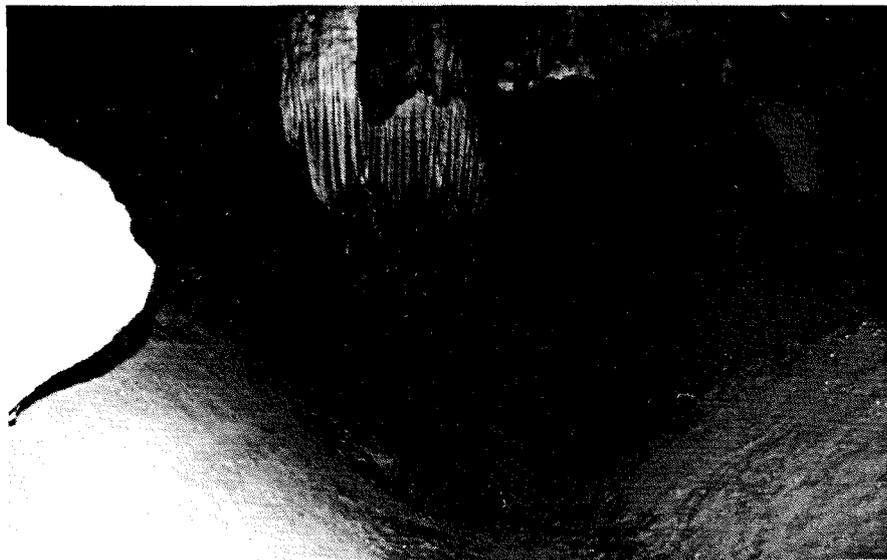
. dépôts indurés de sable et galets légèrement pentés vers le centre de la galerie, se présentant sous forme de reliques de banquettes perchées jusqu'à plus de 2 mètres au dessus du sol actuel.

. sable fin et argiles en fines lamines. Ces dépôts varvés peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur et forment des banquettes



Ph. 18.1 - Tham Klaeb Yaï
(ph. F. Brouquisse)

Ph. 18.2 - Tham Klaeb Yaï :
banquette indurée
(Ph. F. Brouquisse)



Ph. 18.3 - Tham Chiang Dao, réseau Guano : banquette en V (Ph. P. Leclerc)

recoupées en V (Ph. 18.3). On trouve de nombreux galets d'argile roulés et aplatis dans le fond du lit. Ces dépôts traduisent des épisodes d'un dépôt rythmique (varves) de matériau fin (donc dépôt calme) de crues mineures répétées.

Un film argileux recouvre presque tous les dépôts. Il s'agit d'un dépôt fin de débordement de crues.

Du point de vue pétrographique, les grès représentent environ 2/3 des galets ; l'autre

tiers est constitué de galets d'une roche siliceuse amorphe et de roches diverses.

On a donc ici au moins deux origines d'apports simultanés puisqu'on trouve mélangés grès et autres roches.

Dans la partie aval du réseau (environ 10 m en amont du Petit Bouddha jusqu'à la confluence avec le réseau Touristes) on a des dépôts lités de sable à granules de Quartz (\emptyset 1 à 3 mm). Il faut donc envisager un apport local d'origine différente pour expliquer ces dépôts.

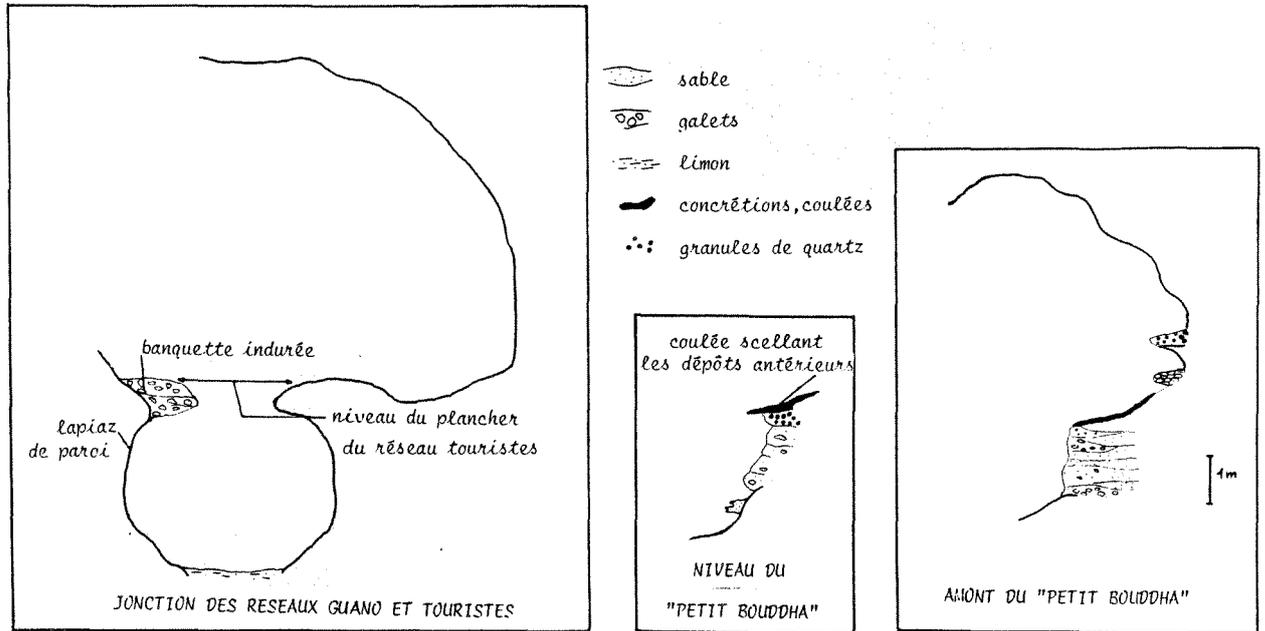


Fig. 18.2 - Tham Chiang Dao : coupes de galeries

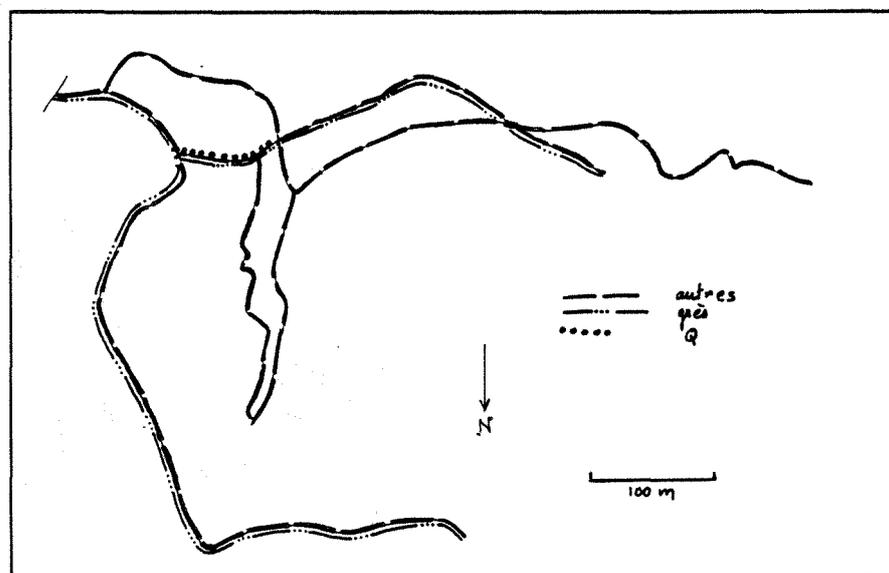


Fig. 18.3 - Tham Chiang Dao : schéma de la répartition pétrographique des galets

* Réseau Touristes

La partie éclairée est trop piétinée pour faire des observations significatives. On remarque toutefois en aval de la confluence avec le réseau supérieur un épais dépôt conservé près de la paroi. Il s'agit de sables et galets millimétriques à stratification entrecroisée et lenticulaire.

Dans la partie non éclairée on trouve en abondance divers types d'accumulations :

- des sables fins plus ou moins limoneux, préférentiellement accumulés en zone calme (niches, courbes...),

- des argiles fines, rouges, en lamines millimétriques sur quelques dizaines de centimètres d'épaisseur (dans des boyaux latéraux)

- des banquettes de sable et galets, plus ou moins indurées. On en trouve au moins 2 niveaux fossiles, étagés contre les parois,

- des accumulations en poches de galets lavés, triés, au sol ; elles sont situées à l'aval de blocs tombés.

Il y a permanence de la nature lithologique des galets, mais au moins 3 épisodes de remplissage (2 niveaux fossiles + l'actuel).

On trouve également quelques dépôts sableux à granules de quartz millimétrique à la confluence du réseau guano.

On a donc 3 sources de matériel détritique (Fig. 18.3), dans la grotte de Chiang Dao :

- les galets de grès
- les galets d'autre nature apport simultanément
- les granules de quartz (apport du réseau guano)

18.2.2. - Granulométrie (Fig. 18.4 et 18.6)

Pour l'étude granulométrique des sédiments de Tham Chiang Dao, nous avons utilisé un lot de tamis dont les mailles étaient : 0,05/0,1/-0,2/0,5/1/2/5/10/20 mm. Les pesées ont été faites sur une balance de ménage (précision 2 gr). Malgré l'imprécision due aux conditions matérielles, nous avons pu établir des courbes granulométriques partielles des sédiments et calculer quelques indices granulométriques, rassemblés dans le tableau 18.1.

Il ressort de cette étude qu'il existe plusieurs types de dépôts :

1) $S < 2,5$: le sédiment est bien classé
 $S < 1$: l'asymétrie est négative. On a un classement maximum du côté des grossiers, traduisant un dépôt agité de type torrentiel. Q_d et $Hé$ sont faibles, $Hé$ d'autant plus qu'il ne reflète que les 25 % de sédiments les mieux classés.

Les échantillons de ce type ont été prélevés au sol (poches de galets à l'aval de blocs) ou dans des banquettes fossiles sous des dépôts sableux fins. Ils correspondent à un sédiment de type torrentiel, avec un rema-

N° échantillon	Q1	Q2	Q3	S	So	QdΦ	Hé
(1) CD 1	3,4	12,7	18,1	0,38	2,31	1,2	0,6
CD 2	4,6	11,5	18	0,63	1,98	1	0,7
CD 4 (f)	3,7	10,9	15,8	0,49	2,07	1,1	0,6
CD 12 (f)	9,8	13,7	18,8	0,98	1,39	0,5	0,5
CD 14	18	25	35	1,01	1,39	0,7	0,5
CD 18 (f)	12	16	19	0,89	1,26	0,4	0,3
CD sup	6	10	15	0,9	2,4	0,7	0,6
G2	2,7	9,5	14	0,42	2,28	1,2	0,5
(2) CD 8	0,46	4	15,2	0,29	7,1	2,7	1,3
CD 10 (f)	0,44	4,6	12,2	0,32	4,71	2,3	0,9
CD 13 (f)	0,30	3,05	10,8	0,35	6,0	2,6	1
CD 15	0,55	4,3	10	0,25	4,66	2,3	1,2
CD 16	0,3	9,8	15	0,07	5,84	2,6	0,6
(3) GX1	0,55	1,05	1,65	0,82	1,73	0,8	0,7
G1	1,1	1,8	4,3	1,46	1,98	1	0,8
G petit bouddha	1,05	1,85	4,4	1,35	2,05	1,1	0,8
(4) CD 3 (f)	-	-	-	-	-	-	2,2
Guano CD	-	-	-	-	-	-	1,6
(5) CD9 (f)	0,06	0,07	0,09	1,04	1,19	0,3	0,3
(6) TK	13	20,4	32	1,00	1,57	0,7	0,7

Q1 = premier quartile (25 %) - Q2 = médiane (50 %) - Q3 = 3e quartile (75 %)

$S = \frac{Q1 \times Q3}{Q2^2}$: indice d'asymétrie - Indique la répartition du sédiment par rapport à la médiane

$So = \sqrt{\frac{Q3}{Q1}}$: sorting index de TRASK : coefficient de mauvais classement

QdΦ de KRUMBEIN : coefficient de mauvais classement (entre Q1 et Q3)

Hé = hétérométrie de CAILLEUX de l'intervalle d'ordonnée 25 % le mieux classé.

Tab. 18.1 - Tableau des indices granulométriques

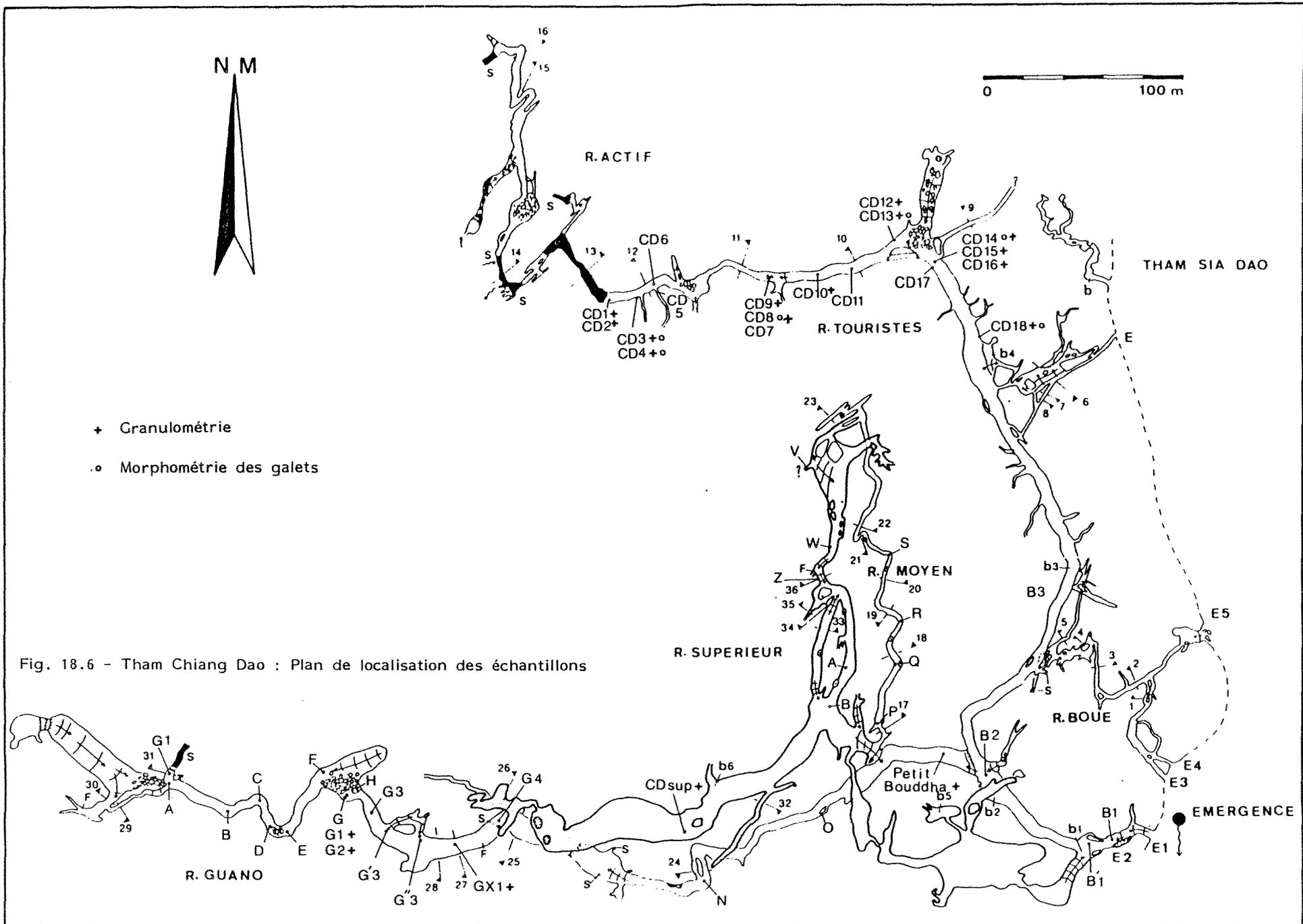
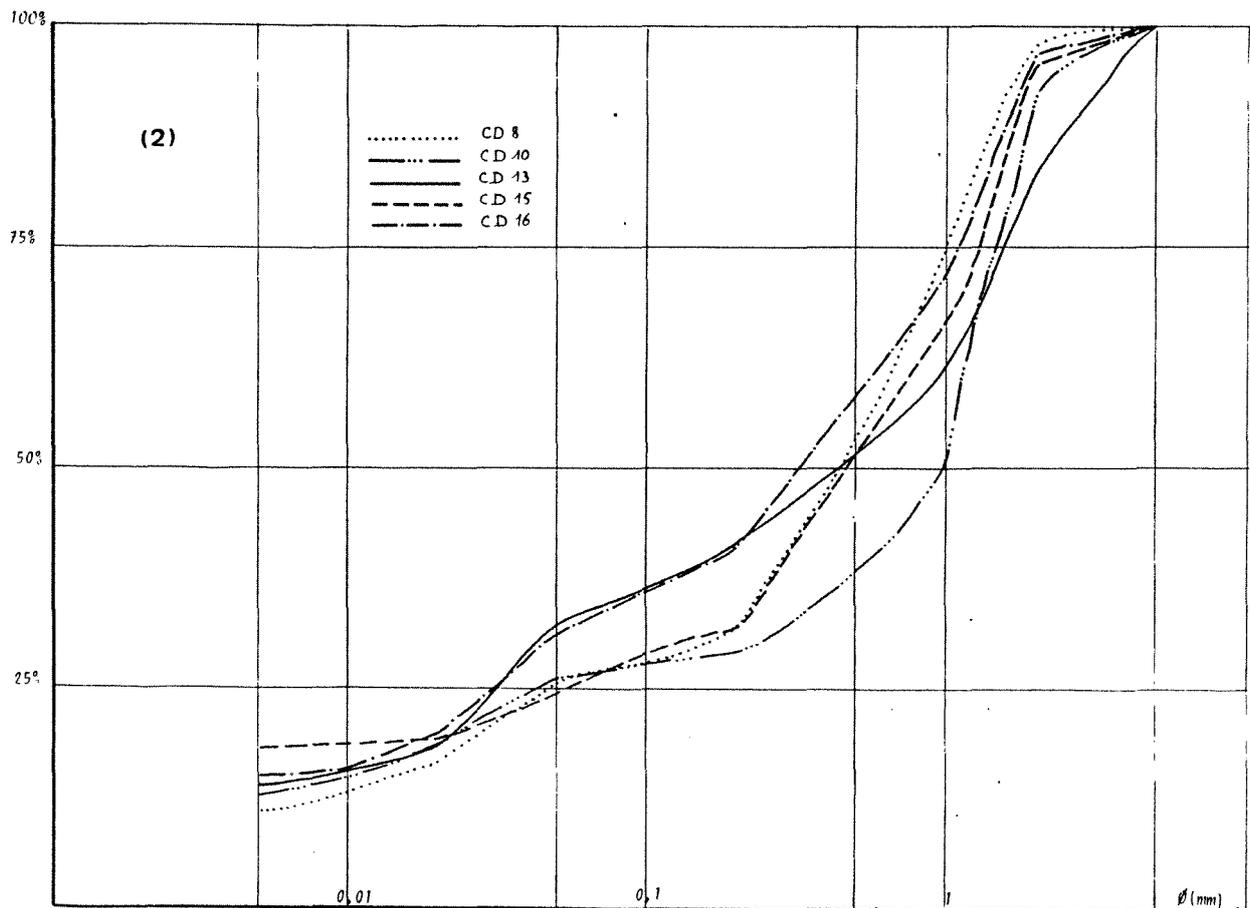
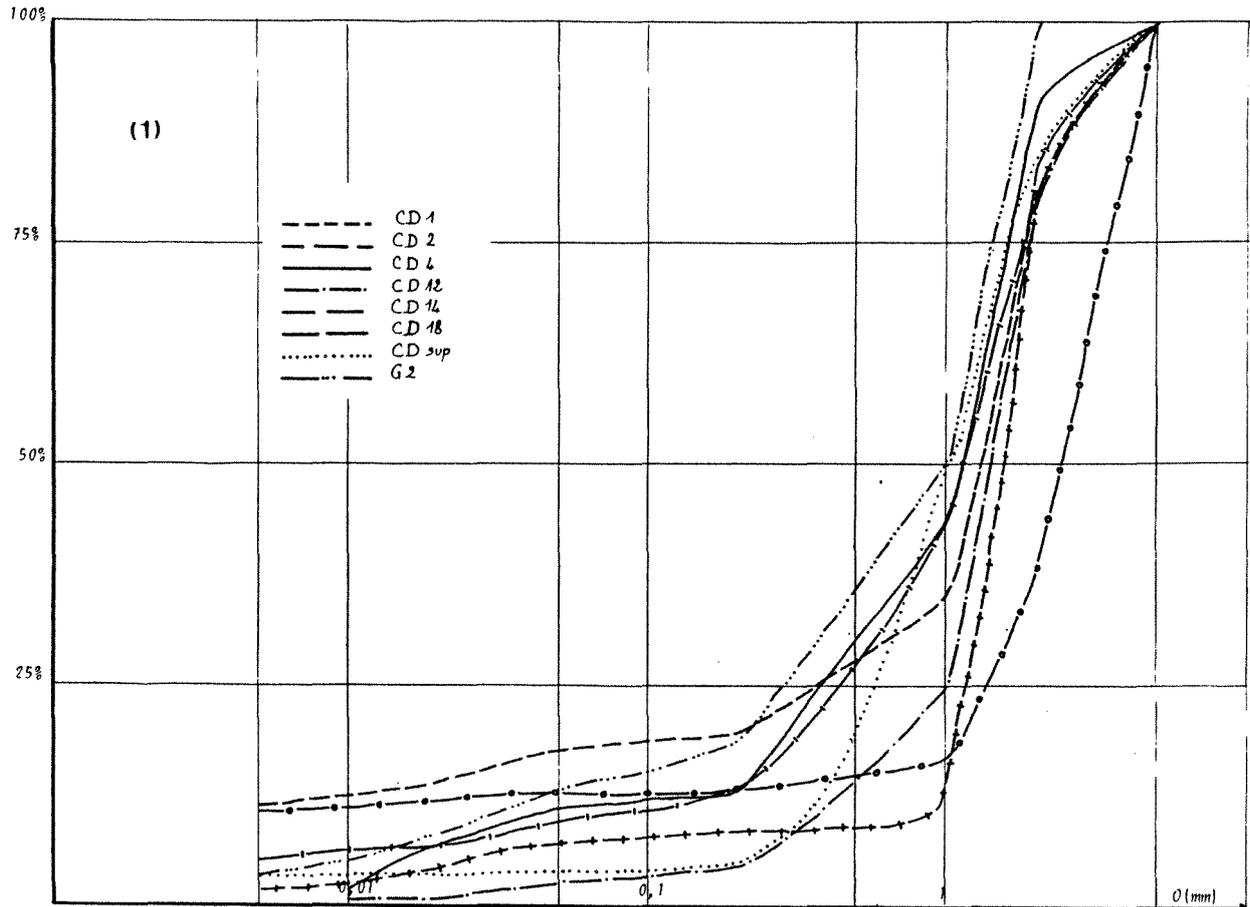
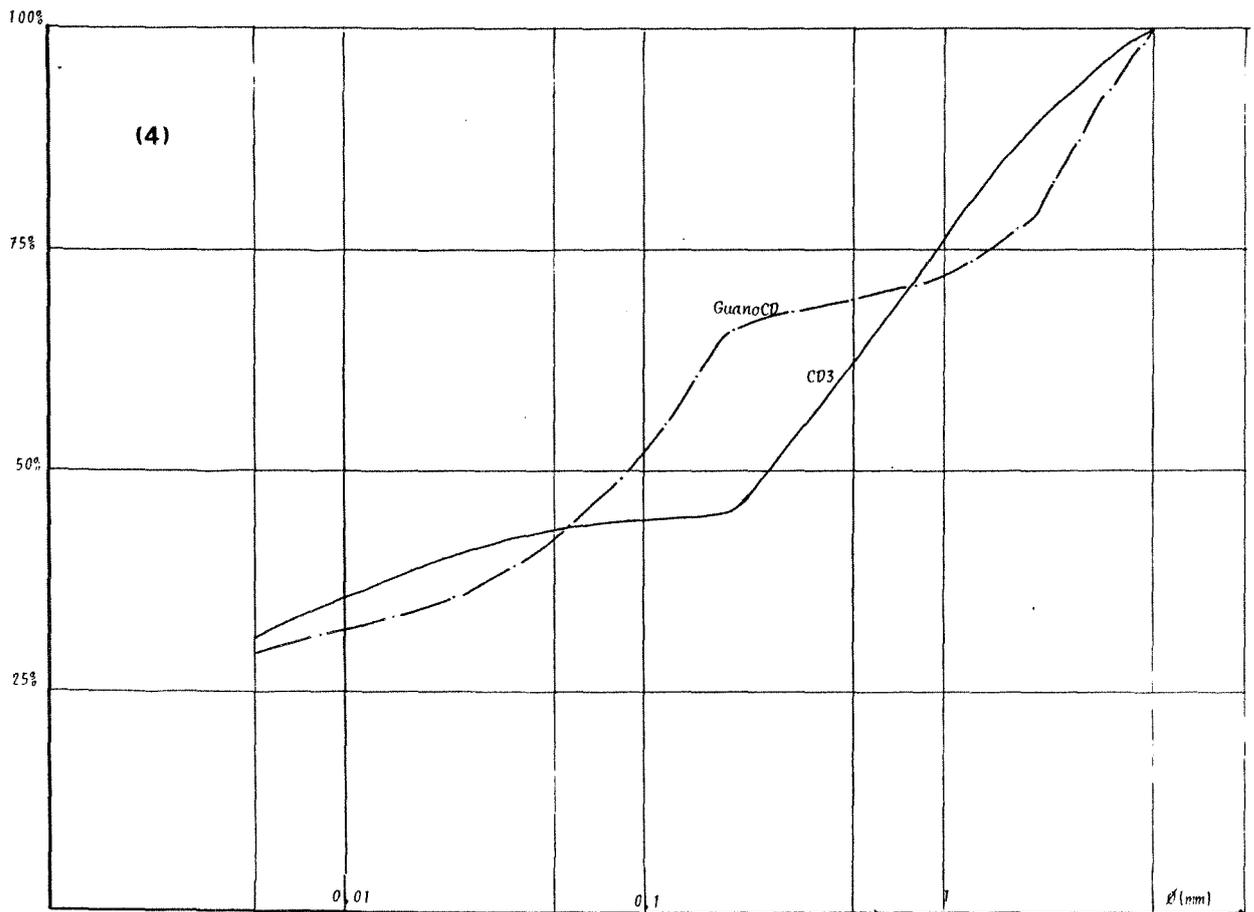
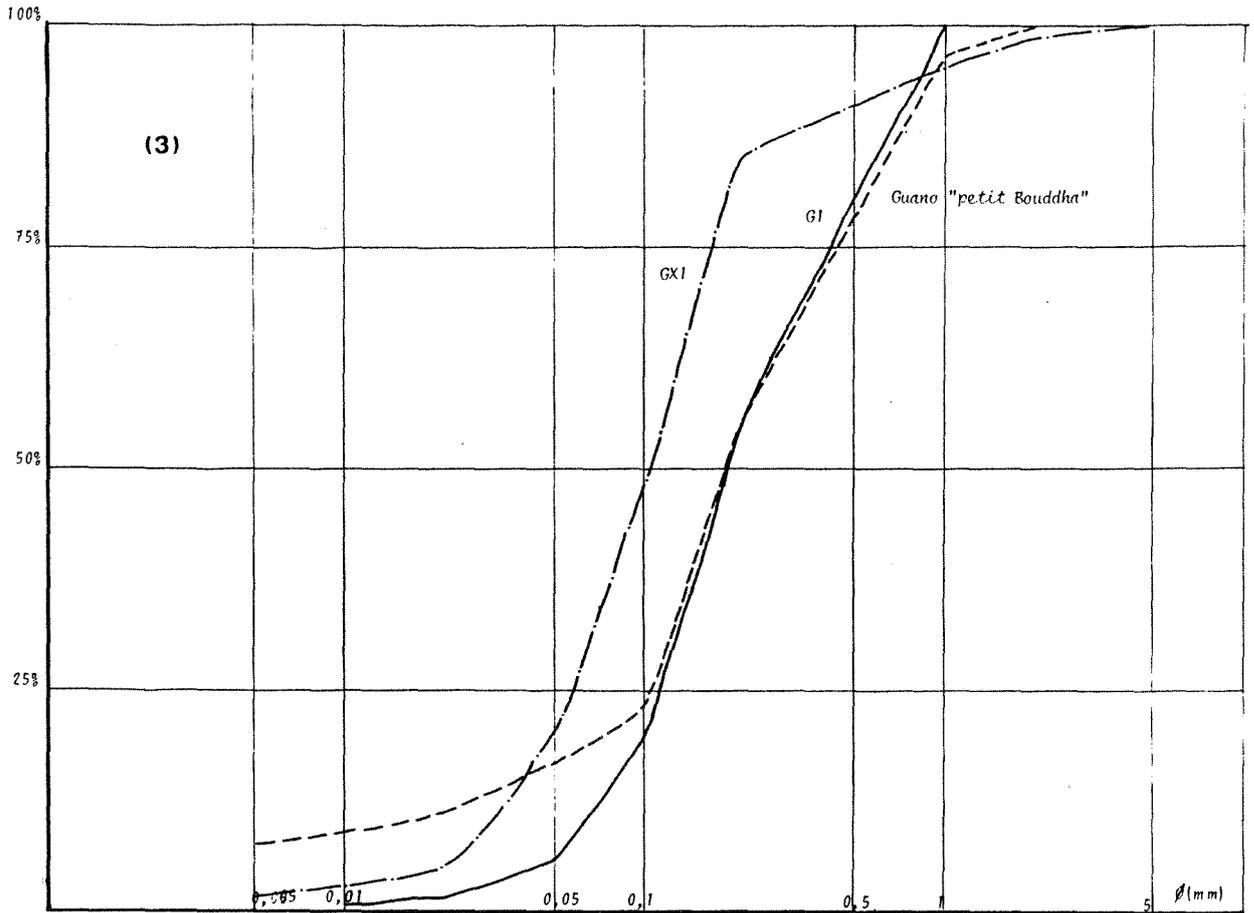
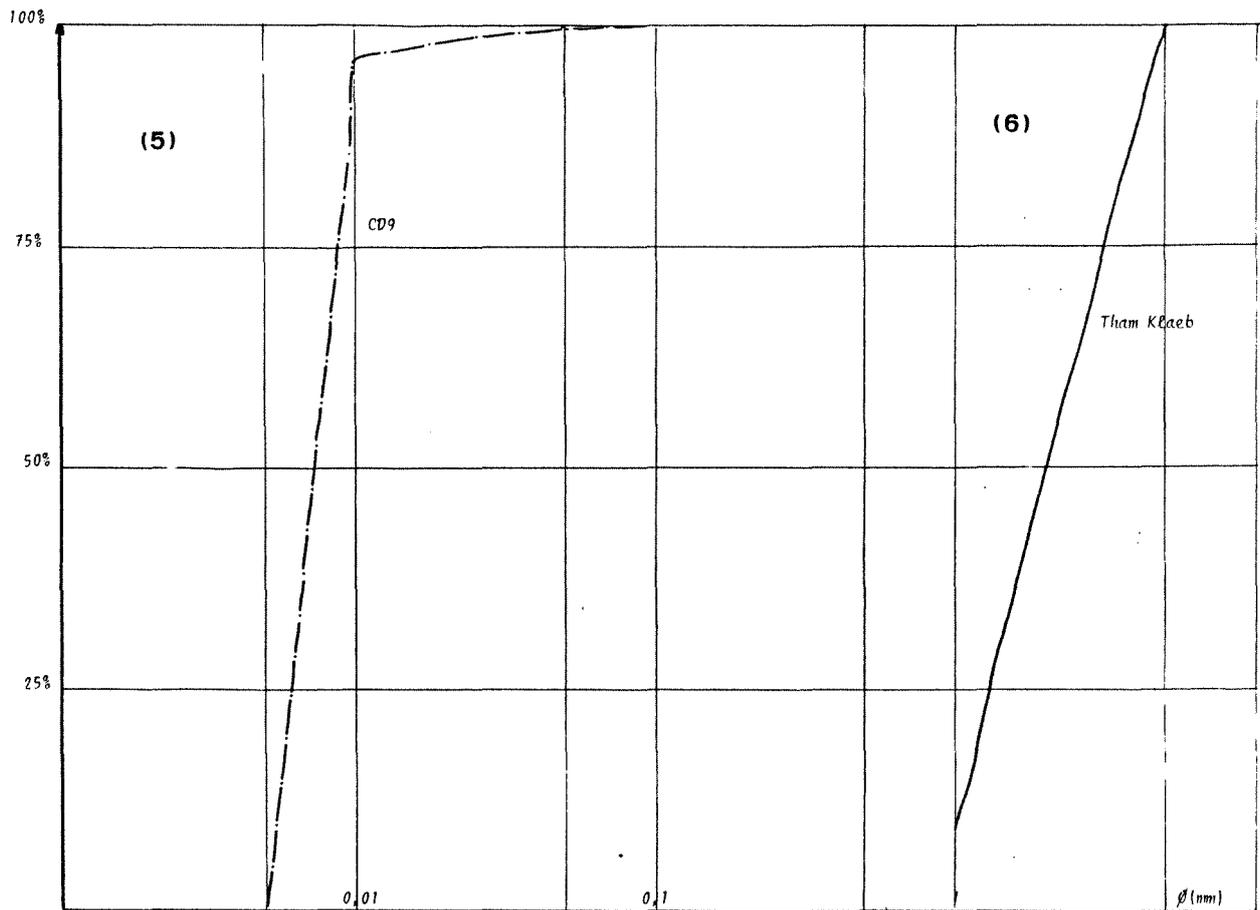


Fig. 18.6 - Tham Chiang Dao : Plan de localisation des échantillons

Fig. 18.4 - Courbes granulométriques







niement entraînant la disparition des particules sableuses fines.

2) $S_o > 2,5$: le sédiment est mal classé
 $S \ll 1$: le classement maximum se trouve du côté des grossiers. On a un dépôt typiquement torrentiel.

Q_d et H_e sont élevés et traduisent le mauvais classement.

Les courbes marquent plusieurs ressauts. C'est un sédiment immature mal trié, peut être avec des mélanges.

Ces sédiments, prélevés comme les précédents au sol ou dans des banquettes fossiles, n'ont pas été remaniés après dépôt. On y trouve mélangés sable et graviers. De telles courbes sont représentatives de dépôts agités, torrentiels.

3) $S_o < 2,5$
 Q_d et H_e sont faibles. On a un sédiment de sable grossier, bien classé.

4) On a un sédiment mal classé (forte hétérométrie). Ces courbes plurimodales sont le reflet de mélanges de sédiments de granulométries différentes, par variation de la capacité de transport (variations de la topographie du lit, et de la violence des crues).

5) La courbe CD9 est celle d'un sable lessivé et trié par clapotis et ruissellement en zone calme (anse). Les couches sont de ce fait légèrement pentées vers le centre de la galerie.

L'étude granulométrique des sédiments ne permet pas de déceler d'évolution dans le temps ou le long des galeries de régimes de dépôts. Les différents types identifiés sont tributaires essentiellement de leur lieu de dépôt (morphologie, topographie du sol, zones abritées, zones calmes en retrait du courant principal...).

18.2.3. - Morphométrie des galets

* Méthodologie

L'analyse morphométrique des galets a été effectuée sur 7 lots de 50 à 100 galets. N'ont été pris en compte que les galets de grès (les mieux représentés pétrographiquement) sauf pour l'échantillon CD 18s qui concerne des galets siliceux.

La méthode consiste à mesurer pour chaque galet (Fig. 18.5) :

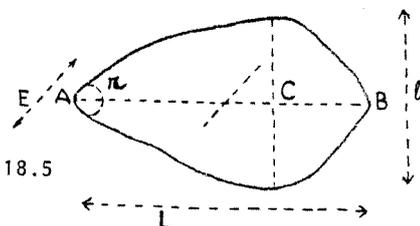


Fig. 18.5

L, sa plus grande longueur
 l, sa plus petite longueur
 E, son épaisseur
 r, son rayon de courbure

$$I = \frac{(2r)}{L} \times 1000 : \text{indice d'émousé}$$

$$A = \frac{(L + l)}{2E} \times 100 : \text{indice d'aplatissement}$$

$$D = \frac{AC}{L} \times 1000 : \text{indice de dissymétrie}$$

Pour chaque indice une courbe a été établie, et les médianes (rang n/2) indiquées.

* Résultats

Les courbes d'aplatissement sont pluri-

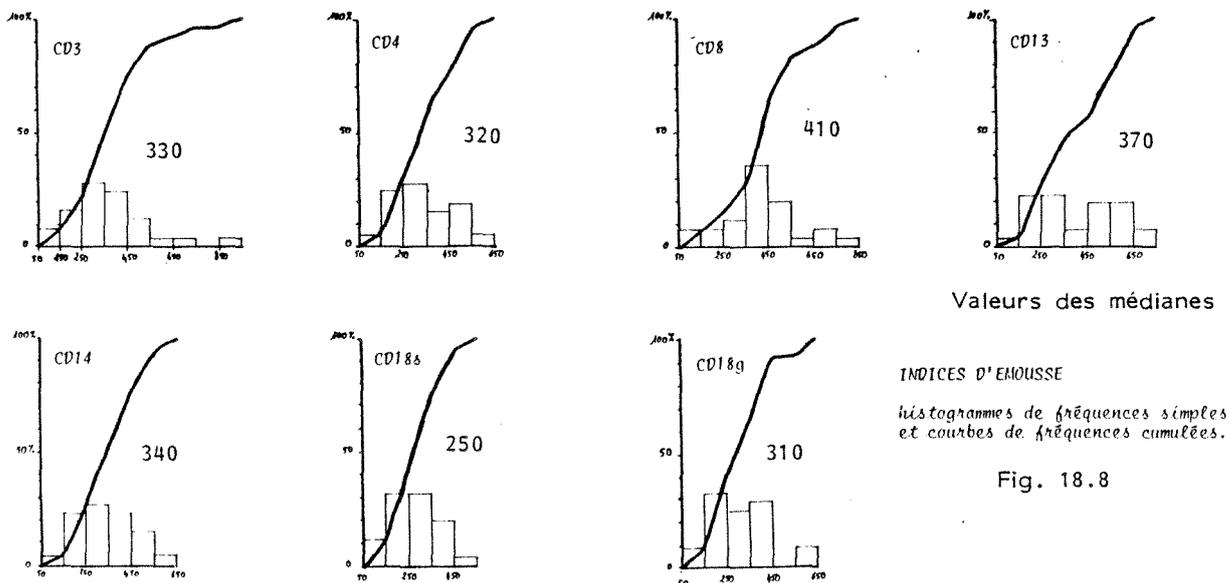
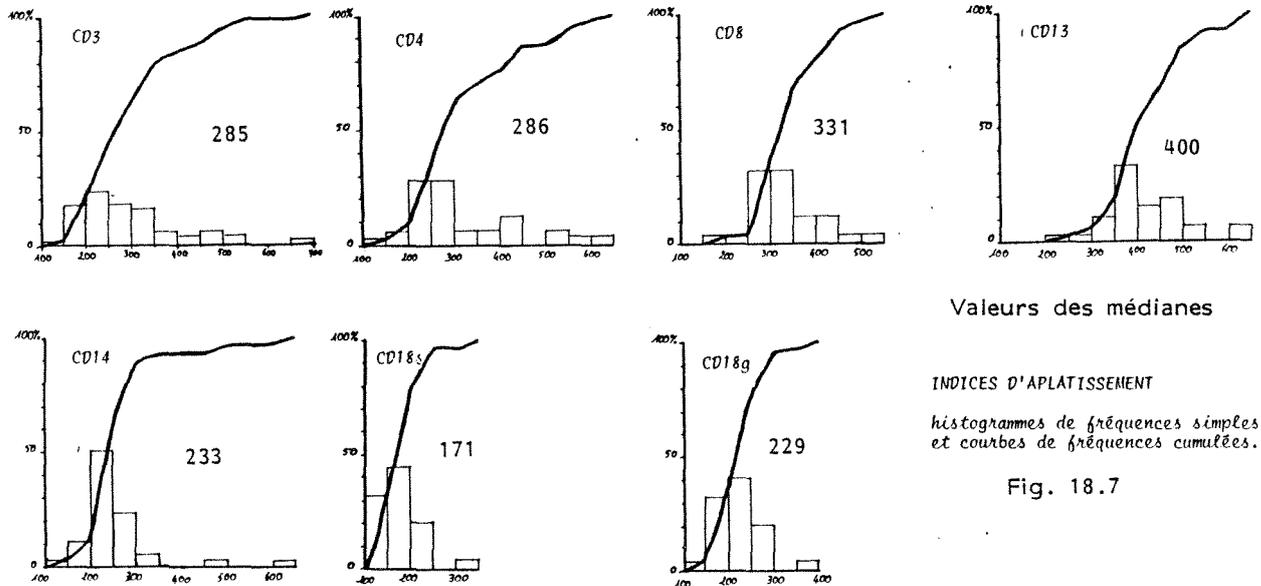
modales, indiquant une certaine diversité de l'origine des apports et de la nature pétrographique (plusieurs types de grès). On note que les courbes CD 14, CD 18s, CD 18g sont plus relevées que celles des 4 autres échantillons (Fig. 18.7).

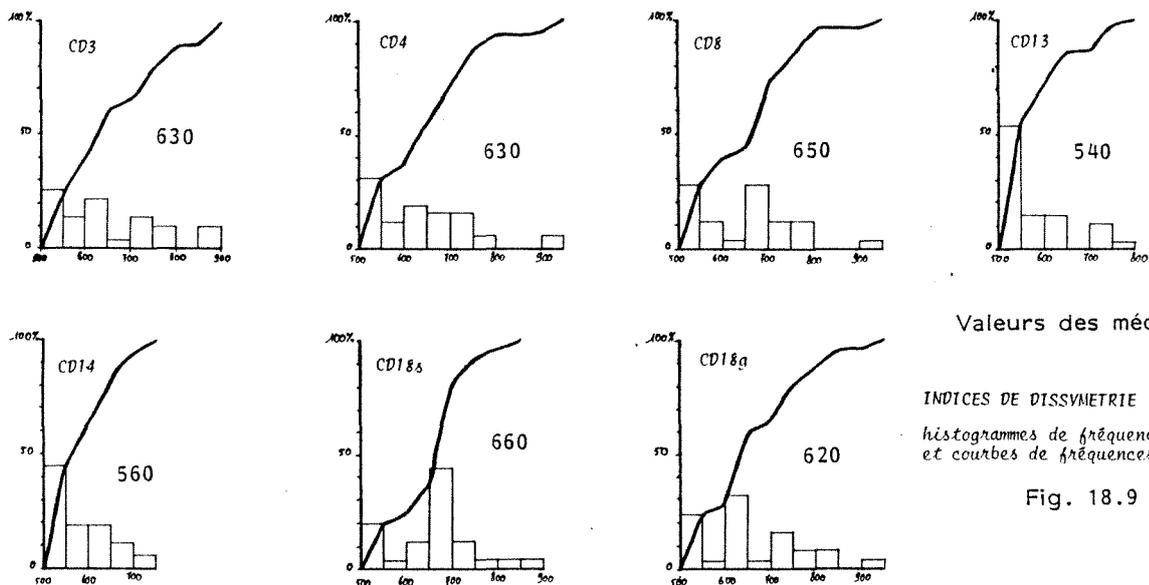
De même pour l'indice d'émousé, les courbes CD 14, CD 18s et CD 18g présentent une plus grande homogénéité (Fig. 18.8).

Par contre aucune évolution n'est décelée pour la dissymétrie (Fig. 18.9).

* Interprétation

Le peu d'échantillons étudiés ne nous donne pas assez d'éléments pour conclure. On se bornera à constater une légère différence des courbes CD 14, CD 18s, CD 18g tendant vers une plus grande homogénéité en ce qui concerne l'émousé et l'aplatissement. Cela pourrait éventuellement résulter d'un apport latéral au niveau de la grande salle des blocs.





Valeurs des médianes

INDICES DE DISSYMETRIE
histogrammes de fréquences simples
et courbes de fréquences cumulées.

Fig. 18.9

Le diagramme de HJULSTROM (Fig. 18.10) permet une approche de la vitesse du courant de transport qui serait de 1 à 2 m/s. Les travaux de KUENEN font estimer le trajet parcouru à plus d'une dizaine de kilomètres.

18.2.4. - Conclusion. Hypothèses

Le manque de prospection de surface et de données géologiques précises nous permettent seulement d'émettre quelques hypothèses. La présence de nombreux galets allochtones nous font considérer l'existence de plusieurs pertes qui alimentent, ou ont alimenté, les diverses parties du réseau : dans le vallon situé au nord de la grotte existe (ou a existé) probablement l'une d'elle. Une autre perte apportant des galets de nature différente pourrait être située à l'arrière (ouest) du massif. L'origine de l'apport tout à fait local des granules de quartz reste obscure.

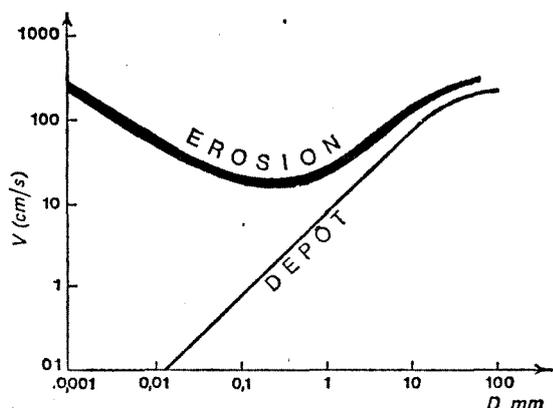


Fig. 10. — Dépôt d'une particule de diamètre D mm donné en érosion d'un sédiment de même diamètre suivant la vitesse V cm/s du courant, d'après Hjulström.

Fig. 18.10 - Diagramme de Hjulström

18.3. - LE TUF RHYOLITIQUE DE THAM PHA THAI

La grotte de Tham Pha Thai est située à quelques kilomètres au sud de Ngao province de Lampang. Elle s'ouvre dans les calcaires massifs du Trias inférieur de la formation de Pha Kan.

Les galeries de cette grotte fossile ont été envahies par des coulées de lave qui tapissent le sol, recouvrant des concrétions et comblant les anfractuosités des parois rocheuses. L'observation microscopique de lames minces nous montre une roche à texture pyroclastique ; on y observe des quartz rhyolitiques et des cristaux plus ou moins éclatés de quartz et de feldspath. La croissance d'agrégats radiés remplit parfois les vacuoles. Il s'agit de Prehnite ou plus vraisemblablement de Pumpellyite. Ces silicates (d'Al, Ca, Na) indiquent un stade faible de métamorphisme (ou hydrothermalisme dû aux fluides de la lave ?). L'oxydation est plus intense dans des zones qui représentent d'anciennes fiammes (structures orientées). Il s'agit donc d'un tuf rhyolitique, produit d'un volcanisme acide à intermédiaire, faiblement explosif.

Un échantillon de roche est en cours de datation au laboratoire de pétrographie de l'institut Dolomieu de Grenoble. La datation sur roche totale par la méthode Potassium/Argon devrait fournir des indices intéressants sur la vitesse d'évolution de la karstification. En effet, la postériorité des coulées par rapport à la phase de creusement et de concrétionnement est sans équivoque.

*

Cette étude a pu être réalisée grâce aux Ets. SAULAS qui ont fourni les tamis ; nous les en remercions ici.

19. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET CATALOGUE

L. DEHARVENG
P. LECLERC
B. LEBRETON
J.-P. BESSON
J. GIBERT

Un matériel zoologique très important a été récolté lors de l'expédition Thaï-Maros 85. Son tri et sa répartition entre les différents spécialistes est encore loin d'être achevée. L'étude taxonomique du matériel ne fait elle-même que débuter, et se poursuivra encore plusieurs années. Dans ces conditions, les travaux présentés dans les chapitres suivants, six mois après notre retour, ne sauraient constituer que des approches préliminaires qui ont permis de soulever quelques problèmes intéressants relatifs à l'écologie et à la biogéographie du sud-est asiatique. Il n'est peut être pas inutile de rappeler que la méconnaissance taxonomique de la plupart des groupes zoologiques concernés constitue aujourd'hui encore, dans ces régions, un lourd handicap à toute recherche biologique approfondie. Le § 19.2 pourra donner un aperçu des lacunes en ce domaine.

19.1. METHODES, ET MATERIEL.

19.1.1. L'organisation sur le terrain

Les objectifs ayant été définis et harmo-

nisés au départ, l'activité de chaque chercheur était relativement autonome dans ce cadre. La location d'une maison dans le village de Chiang Dao a permis de disposer d'un laboratoire de terrain "en dur" très utile pour le traitement des échantillons avec notamment une batterie de plus de 70 dispositifs de Berlèse en activité quasi-permanente, et pour le stockage du matériel.

Une partie du travail dans ce pays a été réalisé en collaboration avec des chercheurs de l'Université de Chiang Mai, sous l'égide du National Research Council of Thailand dont il nous est agréable de souligner ici l'efficacité.

19.1.2. Les techniques de récoltes

Dans le but de réaliser un inventaire faunistique aussi complet que possible, nous avons mis en oeuvre une grande variété de techniques de récoltes :

- pour la faune terrestre : prélèvements à vue (au pinceau et à l'aspirateur), piégeages, tamisages de litières, lavages de sols, extractions sur berlèse.

Les seuls problèmes rencontrés ont été l'envahissement de certains berlèses par des

	CAVERNICOLES		EPIGES		TOTAUX
	Terrestres	Aquatiques	Terrestres	Aquatiques	
Crotte de Chiang Dao	59	29	0	0	88
Doi Chiang Dao	7	1	86	14	108
Nord et est de Chiang Dao	29	6	17	4	56
Région de Chiang Mai et de Lampang	10	0	80	4	94
Nam Lang	18	11	50	4	83
Kanchanaburi	1	0	0	0	1
Phangnga et Krabi	13	2	9	4	28
Totaux	137	49	242	30	458

Tableau 19.1 - Répartition numérique des prélèvements faunistiques réalisés en Thaïlande au cours de l'expédition Thaï 1985.

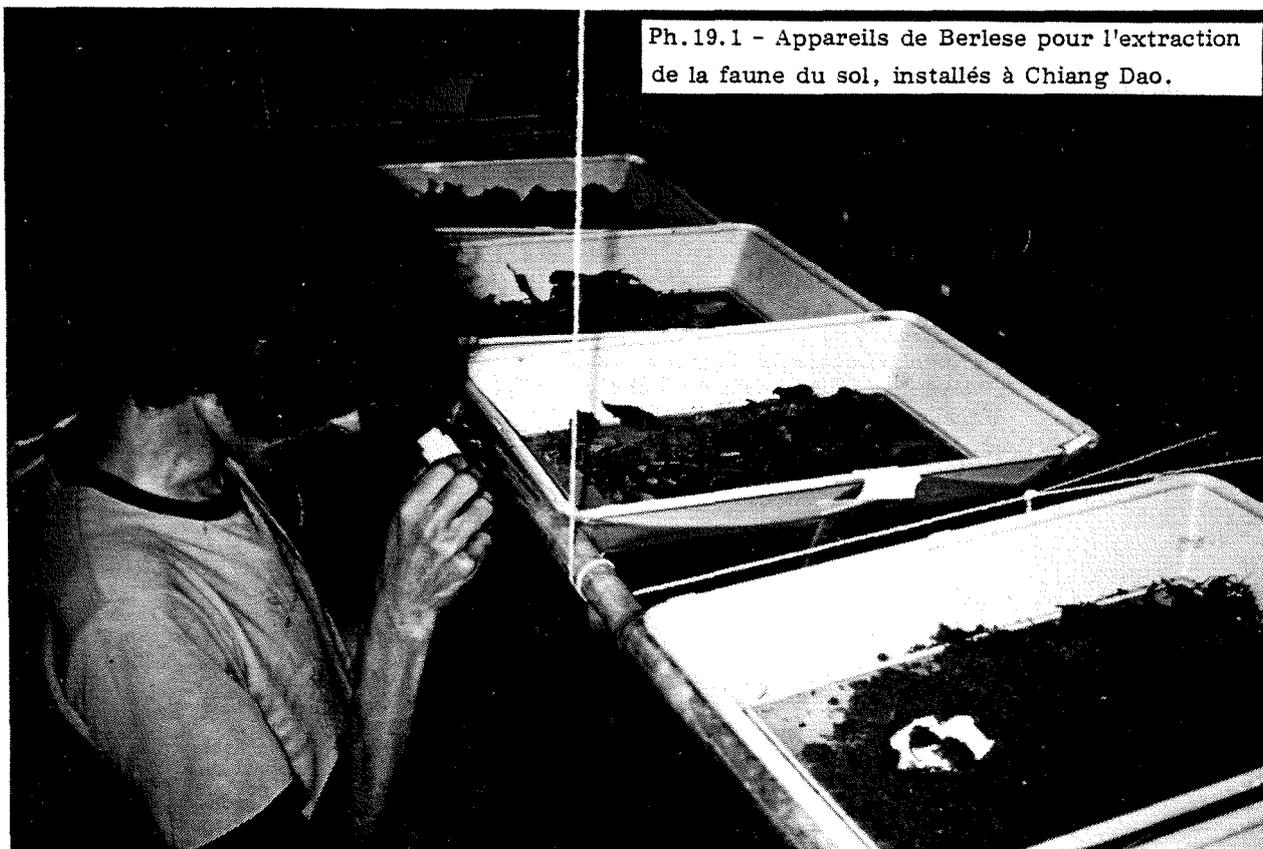
colonies de fourmis ou la visite de ces dispositifs par les chats! L'utilisation de répulsifs n'a pas permis de sauver les prélèvements touchés.

- pour la faune aquatique : récoltes à vue, au filet, filtrations, sondage Karaman-Chappuis, pompes Bou-Rouch, nasses, balances appâtées, substrats artificiels.

En ce domaine les principales difficultés rencontrées ont été causées par l'importance des limons argileux qui entravent la prospection du domaine interstitiel en colmatant les dispositifs de prélèvement.

19.1.3. Les prélèvements : tableau 19.1

Chaque prélèvement renferme une quantité variable d'invertébrés, dont le tri n'est pas encore terminé. De nombreux spécialistes français et étrangers participent à l'étude taxonomique du matériel. Quelques premiers résultats ont déjà été obtenus et sont exposés ci-dessous. Le grand nombre des taxons nouveaux, dans la plupart des groupes examinés jusqu'ici, confirme la connaissance très insuffisante que nous avons de la faune thaïlandaise.



Ph.19.1 - Appareils de Berlese pour l'extraction de la faune du sol, installés à Chiang Dao.

19.2. - CATALOGUES.

A chaque organisme identifié à un rang inférieur à la famille sont associées 3 rubriques :

1. Région(s) de Thaïlande où nous l'avons récolté, avec les abréviations suivantes : CL (région de Chiang Mai-Lampang), DC (Doi Chiang Dao), DI (Doi Inthanon), KP (région de Krabi-Phangnga), NE (karsts au nord et à l'est de Chiang Dao), SO (région de Sopong : karst de la Nam Lang) et TC (grotte de Chiang Dao). Pour la localisation de ces différentes régions, voir la fig. 19.1.

2. Milieu(x) où nous l'avons rencontré en Thaïlande, avec les abréviations suivantes : ext (extérieur), gua (guano), sol (sol) et sout (milieu souterrain karstique).

3. Remarques diverses biogéographiques ou écologiques.

19.2.1. - Flore

Quelques prélèvements d'algues ont été réalisés dans différents milieux. Un seul a pu être étudié jusqu'ici.

CYANOPHYCEES (dét. Dr. COUTE)

- *Geitleria calcarata* Friedmann, 1955

1. KP

2. sout.

19.2.2. - Faune aquatique

L'étude du matériel récolté est moins avancée que pour la faune terrestre. Outre les quelques taxons répertoriés ci-dessous, nos prélèvements renfermaient de nombreux nématodes, enchytreides, achètes, hydracariens, crustatés eucarides, syncarides et ostracodes, ainsi que des larves d'insectes variées. Ce matériel est en cours de tri.

CRUSTACES : Syncarides

- ? *Parabathynella* sp. 1.TC 2.sout

CRUSTACES : Copépodes (dét. B. LEBRETON - étude partielle).

Calanoïdes

- *Pseudodiaptomus* sp 1.KP 2.ext

Cyclopoïdes

- *Eucyclops permixtus* Kiefer, 1928 1.KP 2.sout
 - *Tropocyclops prasinus* (Fischer, 1860) 1.KP 2.sout
 - *Tropocyclops prasinus cf guwana* Kiefer, 1931 1.DC 2.sout
 - *Microcyclops varicans cf rubellus* (Lilljeborg, 1901) 1.KP 2.ext
 - *Microcyclops moghulensis* Lindberg, 1959 1.KP 2.sout
 - *Thermocyclops cf decipiens* Kiefer, 1929 1.NE 2.sout,ext
 - *Thermocyclops opculifer* Kiefer, 1930 1.NE 2.ext

Harpacticoïdes

- *Euterpina acutifrons* (Dana, 1948) 1.KP 2.sout
 - *Elaphoidella cf grandidieri* (Guerne et Richard, 1893) 1.TC,KP 2.sout
 - *Onychocamptus cf mohammed* (Blanchard et Richard, 1891) 1.KP 2.sout

POISSONS (dét. J. DURAND - Etude partielle)

Cyprinidae

- sp. 1.SO 2.sout

19.2.3. - Faune terrestre

PROTOZOAIRES

THECAMOEBIENS(dét. L. BONNET - étude partielle).

- *Deharvengia* sp. 1.DC 2.sol
 - *Lamtopyxis* sp. 1.DC 2.sol
 - *Planhoogenraadia* sp. 1.DC,CL 2.sol
 - *Pseudawerintzewia* sp. 1.DC,CL 2.sol

ANNELIDES

ACHETES (non étudiés)

Une espèce de sangsue a été trouvée à Tham Ban Oui Haen, en plafond au dessus de la rivière souterraine :

- sp. 1.DC 2.sout

OLIGOCHETES (non étudiés)

Lombrics et Enchytraeides sont présents en grand nombre dans les sols.

MOLLUSQUES

GASTEROPODES (non étudiés)

De nombreuses espèces se rencontrent dans les cavités et dans les sols. Dans les grottes, ces animaux constituent un des éléments caractéristiques des biocénoses.

ARTHROPODES

ARACHNIDES (cf. Chap. 23)

Acariens

Opilioacaridae (dét. P. LECLERC)

De très nombreux Acariens appartenant à divers groupes ont été recueillis partout et dans tous les biotopes échantillonnés. Seule a été étudiée une espèce de Notostigmates :

- *Paracarus n.sp.* 1. KP 2.sout

Araignées (non étudiées)

De très nombreuses espèces ont été recueillies partout et dans pratiquement tous les biotopes échantillonnés. Différentes familles sont représentées (cf. 23.2).

Opilions (dét. M. RAMBLA - étude partielle)

Cyphophthalmes

Stylocellidae 1 gen./1 esp.

- *Stylocellus n.sp.* 1. NE,CL 2.sout,sol

Laniatores

Phalangodidae : 7 gen./7 esp.

Phalangodinae

- *Bupares chelicornes* Roewer, 1927 1. KP 2.sout
- *Buparellus dibunichelis* Roewer, 1949 1. DI 2.sol
- *Tithaeus siamensis* Roewer, 1949 1. NE 2.sol

Epedaninae

- *Euepedanus pentaspinulatus* Susuki, 1985 1. NE,CL 2.sol
- ? *Paratakaoia sp.* 1. TC,DC,NE 2.sout
- *Zepedanulus ishikawai* Susuki, 1971 1. DC 2.sout

Sarasinicinae

- *Tegestria pinangensis* (Thorell, 1890) 1. KP 2.sout

Biantidae : 1 gen./1esp.

- *Biantes n.sp.* 1. KP 2.sol

Assamiidae : 3 gen./3 esp.

- *Bandonā palpalis* Roewer, 1927 1. TC,NE,SO 2.sout,sol
- *Neopygoplus siamensis* Susuki, 1985 1. (TC),NE 2.sout,sol
- *Paramaracandus sexdentatus* Susuki, 1985 1. CL 2.sout

Palpatores

Leiobunidae : 1 gen./1 esp.

- *Leiobunum sp.* 1. DC 2.sout

Gagrellidae : 2 gen./2 esp.

- *Gagrella sexmaculata* Susuki 1. DC 2.sous écorces
- *Deutobunus unicolor* Roewer, 1911 1. DC 2.sous écorces

Palpigrades (dét. B. CONDE - étude partielle)

Eukoenenidae

- *Eukoenenia n.sp.* 1. TC 2.sout
- *Koeneniodes spiniger* Condé, 1984 1. DC 2.sol

Pseudoscorpions (dét. P. LECLERC - étude partielle)

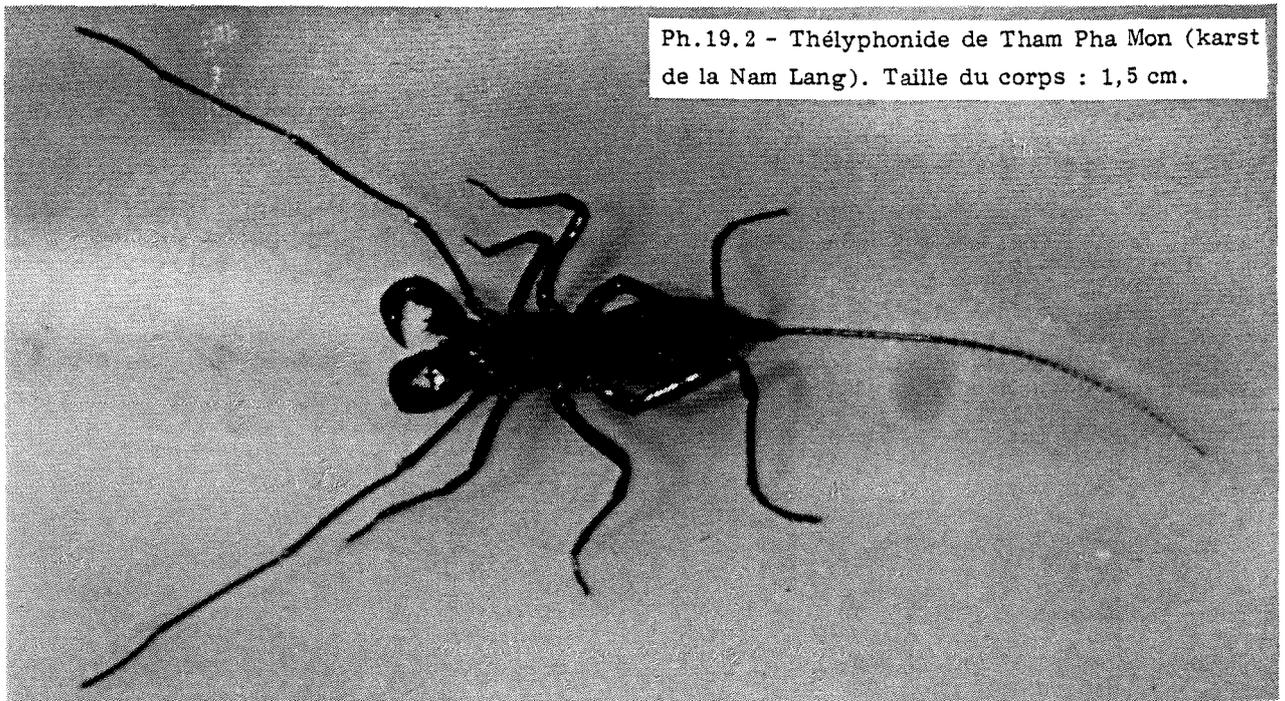
Chthoniidae

- *Tyranochthonius* avec plus d'une quinzaine d'espèces la plupart nouvelles, dans les grottes, les sols et sous les écorces.

Dithidae

- ? *Ditha sp.* 1. DC,SO,KP 2.sous écorces

Ideoroncidae avec une espèce troglobie à Tham Poug Chang et quelques espèces dans les sols.



<u>Atemnidae</u>		2.sout
<u>Cheliferidae</u>		2.sout
<u>Chernetidae</u>	1.TC,NE	2.sout
Amblypyges (dét. P. LECLERC - étude partielle)		
<u>Charontidae</u>		
- <i>Catagius</i> sp.	1.KP	2.sout
- <i>Stygophrynus</i> sp. 1	1.KP	2.sout
- <i>Stygophrynus</i> sp. 2	1.KP	2.sout
Schizomides (dét. P. LECLERC - étude partielle)		
- <i>Schizomus</i> spp.	1.TC,KP	2.sout,sol
Thelyphonides (dét. P. LECLERC - étude partielle)		
- gen.1 sp.	1.NE	2.sout
- gen.2 sp.	1.SO	2.sout
Scorpions (dét. M. VACHON)		
<u>Buthidae</u> : 1 gen./1 esp.		
- <i>Lychas mucronatus</i> (Fabricius, 1798)	1. NE	2.sous écorces
<u>Ischnuridae</u> : 1 gen./1 esp.		
- <i>Liocheles australasiae</i> (Fabricius, 1775)	1. NE,DC	2.sous écorces
<u>Scorpionidae</u> : 1 gen./1 esp.		
- <i>Heterometrus (H.) spinifer spinifer</i> (H. & Ehr.)	1. KP	2.sol
<u>Vaejovidae</u> : 1 gen./1 esp.		
- <i>Scorpiops (S.) oligotrichus</i> Fage, 1933	1. DC	2.sous écorces
<u>CRUSTACES</u>		
Isopodes Oniscoidea (dét. H. DALENS - étude partielle, cf. chap. 24)		
<u>Styloniscidae</u> : 3 gen./3 esp.		
- gen.1 sp.	1. SO	2.sout

- gen.2 sp.	1. SO	2.sout
- gen.3 sp.	1. SO	2.sout

Philosciidae : 3 gen./5 esp.

- gen.4 sp.1	1. KP	2.sout
- gen.4 sp.2	1. NE	2.sout
- gen.5 sp.1	1. TC,DC	2.sout
- gen.5 sp.2	1. CL	2.sout
- gen.6 sp.	1. KP	2.sout

Armadillidae : 2 gen./4 esp.

- <i>Cubaris</i> sp.1	1. SO	2.sout
- <i>Cubaris</i> sp.2	1. NE,CL	2.sout
- <i>Cubaris</i> sp.3	1. TC	2.sout
- ? <i>Armadillo</i> sp.	1. KP	2.sout

Copépodes Harpacticoïdea (dét. B. LEBRETON, étude partielle)

- <i>Elaphoidella</i> spp.	1.DC	2.sol
----------------------------	------	-------

DIPLOPODES (non étudiés)

Les DiplopoDES sont diversifiés et nombreux tant dans les sols que dans les cavités souterraines. Chaque cavité renferme souvent de 2 à 4 espèces qui paraissent distinctes d'un massif à l'autre (Ph. 19.1).

CHILOPODES (non étudiés)

Scutigermorphes	1. NE	2.sout	3.un ex.
Scolopendromorphes	1. CD	2.sol	3.rares
Lithobiomorphes	1. DI,DC	2.sol	3.assez rares
Geophilomorphes	1.partout	2.sol	3.très fréquents

SYMPHYLES (non étudiés)

Les Symphyles sont très fréquents dans les sols, partout.

PAUROPODES (non étudiés)

Les Pauropodes sont assez fréquents dans les sols, partout.

INSECTES

Thysanoures (non étudiés)

Quelques exemplaires çà et là dans les sols et dans certaines grottes (Tham Rang Nok).

Diploures

Campodeidae (dét. B. CONDE - étude partielle)

- <i>Lepidocampa</i> (L.) spp. complexe weberi	1.DC	2.sol	3.plusieurs espèces
- " (<i>Paracampa</i>) spp.	1.DC	2.sol	3.quelques espèces
- n.gen. n.sp.	1.NE	2.sol	

Japygidae (dét. J. PAGES - étude partielle)

- <i>Parajapyx</i> (<i>Grassjapyx</i>) n.sp.(?)	1.NE	2.sol
- <i>Indjapyx</i> sp. plusieurs espèces	1.SO,KP	2.sol
- n.gen. n.sp.	1.TC	2.sout

Projapygidae (dét. J. PAGES - étude partielle)

- <i>Symphylurinus</i> sp.	1.KP	2.sol
----------------------------	------	-------

Protoures (non étudiés)

Assez fréquents dans les sols un peu partout.

Collemboles (dét. L. DEHARVENG - étude partielle, cf. chap. 26)

Hypogastruridae : 7 gen., 12 esp.

- <i>Acherontiella</i> n.sp.	1.CL	2.sout:guano
------------------------------	------	--------------

- <i>Ceratophysella</i> gr. <i>armata</i> Nicolet, 1841	1. DI	2. sol
" gr. <i>denticulata</i> (Bagnall, 1941)	1. DC	2. sol
" n.sp.1	1. DC	2. sol
" n.sp.2	1. DI	2. sol
- <i>Chinogastrura</i> cf <i>duplicispinosa</i> (Yosii, 1954)	1. DI	2. sol
- <i>Cyclograna</i> sp.	1. DC,CL	2. sol
- <i>Willemia buddenbrocki</i> Hütner, 1959	1. DC	2. sol
- <i>Xenylla</i> (3 esp. en étude)	1. DC,CL	2. sol
- cf <i>Xenyllina</i> sp.	1. DC,NE	2. sout

Brachystomellidae : 1 gen., 1 esp.

- <i>Brachystomella</i> sp.	1. DC	2. sol
-----------------------------	-------	--------

Neanuridae : 22 gen/60 esp.

Pseudachorutinae

- cf <i>Aethiopella</i> n.sp.	1. DC,DI	2. sol
- cf <i>Brasilimeria</i> n.sp.	1. CL,SO	2. sol
- <i>Ceratrimeria</i> sp.	1. CL	2. sol
- cf <i>Furculanurida</i> n.sp.	1. DC	2. sol
- <i>Micranurida</i> sp.1 et sp.2	1. DC	2. sol
- <i>Pseudachorudina</i> n.sp.	1. DI	2. sol
- <i>Pseudachorutes</i> (au moins 8 esp., nouvelles	1. DC,DI,SO	2. sol
- n.gen.(proche <i>Arlesia</i>) n.sp.	1. DC,DI	2. sol

Uchidanurinae

- <i>Denisimeria caudata</i> (Denis, 1948)	1. DC	2. sol
--	-------	--------

Frieseinae (6 esp. probablement nouvelles)

- <i>Friesea</i> sp.1 à sp.4	1. DI	2. sol
- " sp.5 et sp.6	1. DC	2. sol

Neanurinae

Groupe primitif à tubercules non différenciés.

- <i>Paleonura</i> n.sp.1 à n.sp.4	1. DC	2. sol
- " n.sp.5 et n.sp.6	1. DI	2. sol
- " n.sp.7	1. DC,CL,SO	2. sol
- " n.sp.8	1. CL	2. sol
- " n.sp.9	1. SO	2. sol
- <i>Paranura</i> n.sp.		

Lignée blasconurienne sensu Cassagnau, 1983.

- <i>Blasconura</i> n.sp.1	1. DC	2. sol
- " n.sp.2	1. KP	2. sol
- n.gen.1 n.sp.1	1. DC,CL,SO	2. sol
- " n.sp.2	1. DC	2. sol
- " n.sp.3	1. DI	2. sol
- n.gen.2 n.sp.1 à n.sp.4	1. DI	2. sol
- " n.sp.5	1. DC,SO	2. sol
- " n.sp.6	1. DC	2. sol
- " n.sp.7	1. SO	2. sol
- " n.sp.8	1. centre Thaïlande	2. sol
- n.gen.3 n.sp.	1. DI	2. sol

Lignée bilobellienne

- <i>Pronura</i> n.sp.	1. DC,CL,SO,NE	2. sol
- n.gen.4 n.sp.	1. DI	2. sol
- <i>Thaianura uemasoi</i> Yosii, 1961	1. DC,DI	2. sol
- " n.sp.	1. DC	2. sol

Lignée lobellienne

- n.gen.5 (cf <i>Lobella</i>) n.sp.1	1. SO	2. sol
- " (") n.sp.2	1. SO,CL	2. sol

Incertae sedis

- n.gen.6 n.sp.	1. CL	2. sol
- n.gen.7 n.sp.	1. DC,SO	2. sol
- n.gen.8 n.sp.	1. DC,SO,CL	2. sol

Odontellidae : 1 gen./5 esp.

- <i>Odontella</i> (<i>Superodontella</i>) spp. (5 esp.)	1. DC,SO,CL	2. sol
--	-------------	--------

Onychiuridae : 2 gen./2 esp.

- <i>Onychiurus</i> sp.	1. DI	2. sol
- <i>Protaphorura</i> sp.	1. DC,CL,SO	2. sol

Isotomidae : 9 gen./15 esp.

Anurophorinae

- <i>Folsomia n.sp.1 et n.sp.2</i>	1. DI	2.sol
- " <i>n.sp.3</i>	1. DC	2.sol
- <i>Folsomides exiguus</i> Folsom, 1932	1. DC,SO,NE	2.sol et rarement sout.
- <i>Folsomina onychiurina</i> Denis, 1931	1. DC,SO,KP	2.sol et rarement sout.
- <i>Isotomiella cf paraminor</i> Gisin, 1942	1. DC,CL	2.sol
- <i>Isotomodes trisetosus</i> Denis, 1923	1. DC,SO	2.sol
- <i>Proisotoma n.sp.1</i>	1. DI	2.sol
- " <i>n.sp.2</i>	1. DC	2.sol

Isotominae

- <i>Isotoma (I.) n.sp.1</i>	1. DC	2.sol
- " " <i>n.sp.2</i>	1. DI	2.sol
- " (<i>Parisotoma</i>) sp.	1. DI	2.sol
- " (<i>Pseudisotoma</i>) sp.	1. DI	2.sol

Tomoceridae : 1 gen./2 esp.

- <i>Tomocerus n.sp.1</i>	1. DC	2.sol
- " <i>n.sp.2</i>	1. DI	2.sol

Oncopoduridae : 2 gen./2 esp.

- <i>Hartomillisia oculata</i> (Mills, 1937)	1. DC,CL,NE,SO	2.sol
- <i>Oncopodura n.sp.</i>	1. NE	2.sout

Entomobryidae (études en cours ; les espèces souterraines de *Sinella* analysées jusqu'ici semblent différentes de celles du sol).

- <i>Pseudosinella n.sp.</i>	1. TC	2.sout
- <i>Sinella spp</i>	1. DC,TC,SO	2.sout (souvent gua.)

Paronellidae : 2 gen./9 esp.

- <i>Troglopedetes n.sp.1</i>	1. DC	2.sout
- " <i>n.sp.2</i>	1. NE	2.sout
- " <i>n.sp.3</i>	1. NE	2.sout
- " <i>n.sp.4</i>	1. SO	2.sout
- " <i>n.sp.5</i>	1. PK	2.sout
- " <i>n.sp.6</i>	1. CL	2.sout
- <i>Troglopedetina n.sp.1</i>	1. DC	2.sol
- " <i>n.sp.2</i>	1. DC	2.sol
- " <i>n.sp.3</i>	1. DC	2.sol

Cyphoderidae (non analysés ; au moins 1 esp.)

- cf <i>Cyphoderus sp.</i>	1. DC	2.sol
----------------------------	-------	-------

Symphyleona (nombreux genres, non analysés). A signaler un Arrhopalitidae :

- <i>Arrhopalites sp.</i>	1. DC	2.sout
---------------------------	-------	--------

Neelipleona : Neelidae (non analysés)

- <i>Megalothorax cf minimus</i> Willem, 1900	1. DC	2.sol
- <i>Neelus sp.</i>	1. DC,SO	2.sol

Blattoptères (dét. F. STONE - étude partielle)

cf Nocticolidae (formes non ou peu guanobies ; fondamentales dans les biocoenoses souterraines)

- sp.1	1. TC	2.sout
- sp.2	1. NE	2.sout
- ? sp.3	1. CL	2.sout

famille ?

- sp.4	1. SO	2.sout
--------	-------	--------

D'autres Blattes ont été observées un peu partout, sur le guano des grottes et dans les sols ; elles n'ont pas encore été étudiées.

Isoptères (non étudiés)

Partout à basse altitude dans les sols.

Orthoptères (ils sont présents et abondants dans la plupart des cavités ; non étudiés)

- <i>Tachycines (Gymneta) adelungi</i> Chopard, 1921	1. NE,TC	2.sout
--	----------	--------

Psocoptères (dét. LIENHART - étude partielle limitée pour l'essentiel aux récoltes réalisées à vue. Des espèces anthropophiles n'ont donc pu pénétrer accidentellement que dans les cas d'extraction par Berlèse, signalés par une astérisque).

Ectopsocidae

- *Ectopsocus* sp. 1. DC 2. sol 3. genre subcosmopolite déjà connu dans la région orientale

Epipsocidae

- larve juv. 1. CL 2. sol

Lepidopsocidae

- *Perientomum* sp. 1. TC 2. sout. 3. genre oriental

Liposcelidae

- *Belapha* sp. 1. CL, TC 2. sout.
 - *Liposcelis entomophilus* (Enderlein, 1907)* 1. TC 2. sout 3. subcosmopolite
 - " *bostyophilus* Badonnel, 1931 1. TC 2. sout 3. subcosmopolite

Pachytroctidae

- *Pachytroctes* sp. 1. TC 2. sout. 3. genre tropical

Psocidae

- *Trichadenotecnum* sp. 1. SO 2. sout: gua 3. genre cosmopolite

Psyllipsocidae

- *Psyllipsocus* sp. 1. SO 2. sout 3. genre cosmopolite
 - *Psocathropos microps* Enderlein, 1903* 1. TC, DC, SO 2. sout, sol 3. cosmopolite

Homoptères (non étudiés - très nombreux dans tous les sols)

Hétéroptères (non étudiés)

Reduviidae (?) : observés dans différentes grottes dans toutes les régions souvent à proximité du guano (Ph. 19.2).

D'autres hétéroptères guanobie, endogés ou mésophiles ont été récoltés.

Thysanoptères (non étudiés - bien représentés dans les sols)

Coléoptères

Staphylinidae (dét. J. OROUSSET - représentés dans les sols par de très nombreuses espèces - étude partielle)

- *Edaphus* n. spp. 1. DC 2. sol
 - *Stenaesthetus* n. sp. 1. DC 2. sol
 - *Osoriinae* n. spp. 1. DC 2. sol

Stenidae

- ? spp. 1. CL 2. écorces 3. pullulation locale

Pselaphidae (dét. C. BESUCHET - de très nombreuses espèces dans les sols, non étudiées - deux formes cavernicoles, cf. chap. 27)

- n. gen. n. sp.1 1. SO 2. sout
 - " n. sp.2 1. DC 2. sout

? Trechidae (non étudiés)

- sp. 1. NE 2. sout 3. microphthalme

? Mordellidae (non étudiés)

- sp 1. TC, NE 2. sout, gua 3. ailé, attiré par la lumière et très abondant

Tenebrionidae (non étudiés)

Catopidae (non étudiés)

Ptilidae (non étudiés - groupe dominant dans les sols)

Nombreuses autres familles représentées, en cours de tri.

Lépidoptères (non étudiés)

Tineoidea - sp

1. Partout 2. sout :gua

Quelques autres groupes de Lépidoptères ont été capturés en grottes, où ils ont peu nombreux.

Hyménoptères (non étudiés)

Formicoidea - spp

1. Partout 2. tous milieux
3. Présence d'espèces endogées aveugles dans le sol profond.

D'autres groupes d'Hyménoptères sont bien représentés dans les relevés. Une espèce ailée de petite taille est fréquente dans la grotte de Chiang Dao.

Diptères

Drosophilidae (dét. TSACAS - étude partielle) - *Drosophila* sp.

1. DC 2. épigé (piège)

Keratoplatidae (dét. L. MATILE - étude partielle) - sp. (larve de grande taille)

1. SO 2. sout

Nombreux autres groupes représentés dans les sols (formes souvent aptères) et dans les cavités.

VERTEBRES

REPTILES (non étudiés)

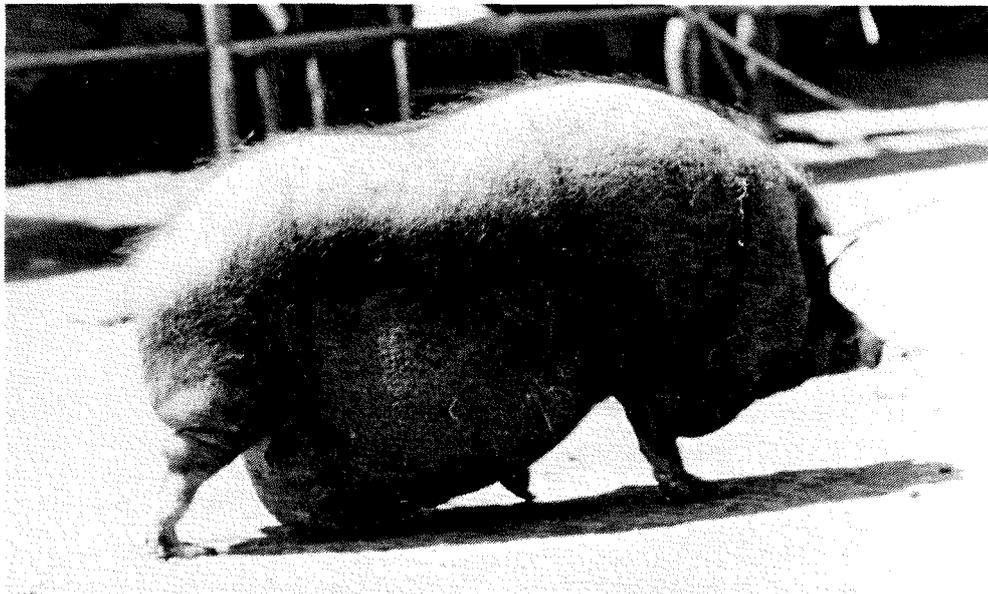
Les serpents sont assez fréquents dans les cavités dans toutes les régions. Près des entrées se tiennent parfois des Geckos.

OISEAUX (non étudiés)

Des Salanganes n'ont été observées que dans quelques grottes du sud.

MAMMIFERES (non étudiés)

Les Chiroptères sont omniprésents dans la majorité des cavités souterraines thaïlandaises. Des rongeurs ont également été rencontrés. De nombreux ossements ont été récoltés dans les galeries pour étude.



Ph.19.3 - Pays Toradja (Sulawesi). Etude en cours...

20. CONSIDÉRATIONS SUR LE PEUPELEMENT DES MILIEUX TERRESTRES

L. DEHARVENG
P. LECLERC

Jusqu'à ces dernières années, la faune souterraine du monde tropical indo-pacifique n'était connue que par un petit nombre d'espèces décrites dans des travaux dispersés, les Batu caves de Malaisie et Farm Cave en Birmanie ayant seules fait l'objet de recherches faunistiques approfondies (Annandale et al., 1913; Mc Lure et al., 1967). Les expéditions spéléologiques anglo-saxonnes récentes, en offrant une place significative aux biospéologues, ont permis d'accroître considérablement nos connaissances en ce domaine, puisque, outre les études déjà citées, on dispose actuellement de données assez complètes sur la faune souterraine de deux régions de Nouvelle-Guinée : Téléfomin (expédition anglaise de 1975 - Chapman, 1976) et Muller Range (expédition australienne de 1978 - Smith, 1980), ainsi que sur celle d'un grand karst de Bornéo :

Mulu (expéditions anglaises de 1978 et 1980 - Chapman, 1982).

La faune édaphique, beaucoup plus riche, est encore moins bien connue. Les données demeurent très fragmentaires et les groupes les plus importants restent à étudier presque entièrement (Acariens, Collemboles, microcoléoptères...).

Les récoltes abondantes effectuées au cours de l'expédition Thaï-Maros 1985 complètent un important matériel asiatique encore à l'étude (provenant des Philippines, de Java et de Nouvelle-Guinée) pour une région d'intérêt faunistique considérable : à savoir la Thaïlande au nord de l'isthme de Kra, noeud de démarcation majeur pour la végétation et la faune tropicale (Jacobs, 1974). Quelques observations préliminaires ont été également réalisées à Sulawesi (Indonésie), située dans la zone de

	Annandale et al. 1913 Farm Cave (Birmanie) ou environs	Mac Lure et al. 1967 Batu Caves (Malaisie péninsulaire)	Chapman, 1982 Mulu (Malaisie: Borneo)	Expédition Thaï-Maros 1985		
				Thaïlande (N.O.)	Thaïlande (Sud)	Maros (Indonésie Sulawesi)
Gastéropoda	•	+++	?	+++	?	++
Arachnida						
Amblypygida	•	+++	+++	-	+++	+++
Schizomida	•	?	?	+	+	+
Palpigradi	?	?	?	+	-	-
Araneae	•	+++	+++	+++	+++	+++
Opilions	?	?	++	+	+	+
Pseudoscorpions	?	+	?	++	+	+
Acari trombidiiidae	?	?-	?	+++	?	?+
Isopoda Oniscoïdea						
Styloniscidae	?	?	?	++	-	?
Philosciidae	?	?	?	+++	+	+++
Armadillidae	?	+++	+++	+++	+++	+++
Diplopoda	•	+++	+++	+++	+++	+++
Insecta : Collembola						
Troglopedetes	?	?	?	+++	+++	?
Sinella	?	?	?	+++	+++	?
Insecta : Pterygota						
Blattodea						
(cf) Nocticolidae	?	?	(?+++)	+++	?	++
autres familles	?	+++	+++	++	+	?
Orthoptera	•	+++	+++	+++	+++	+++
Heteroptera cf Reduviidae	?	+++	++	++	++	?
Lepidoptera (dans guano)	•	+++	+++	+++	+++	?
Diptera	?	+++	+++	+++	+++	+++
Psocoptera	•	++	+	+++	?	?

Tableau 20.1 - Invertébrés terrestres caractéristiques de la faune cavernicole d'Asie du sud-est. Importance relative des groupes dans la faune souterraine :

- Représenté (sans plus de précision)
- + Relativement rare
- ++ (Assez) bien représenté
- +++ Très bien représenté
- Probablement absent.
- ? Non signalé, présence possible ou probable.

balance des faunes australienne et orientale, au niveau de la ligne de Wallace. Par ailleurs, la prise en compte simultanée des milieux souterrain et édaphique nous a permis de mieux définir les caractères et l'originalité de leur peuplement respectif. Enfin, en menant une prospection approfondie de plusieurs unités karstiques voisines et de deux massifs isolés de haute altitude (2200 - 2500 m), nous avons pu mettre en évidence un microendémisme remarquable au niveau de plusieurs groupes d'Arthropodes terrestres.

Nous caractériserons sommairement les différents milieux prospectés par :

- . leur spectre faunistique (représentant l'éventail des groupes zoologiques dominants) ;
- . le degré d'inféodation et les adaptations morphologiques caractéristiques des espèces rencontrées dans le milieu considéré ;
- . les facteurs mésologiques prépondérants et les grands traits de la structure biocénotique qui en résulte ;
- . enfin, le niveau d'endémisme des taxons représentés, évaluation approximative et indirecte du degré de morcellement du milieu à grande échelle géographique.

20.1. LE MILIEU SOUTERRAIN:

Il est caractérisé par :

- un spectre faunistique homogène qui se retrouve dans toutes les cavités étudiées, et, à quelques détails près, dans le sud de la Thaïlande, en Birmanie à Farm Cave (Annandale et al., 1913), aux Batu caves de Malaisie (Mc Lure et al., 1967), dans les réseaux de Mulu à Bornéo (Chapman, 1982) et dans les

grottes du karst de Maros à Sulawesi (premières observations)(tab.20.1). Cette faune est qualitativement très différente de celle des cavités tempérées au niveau des familles ou des ordres dominants.

- une inféodation stricte de la plupart des espèces au domaine souterrain, à l'exception de quelques guanobies. Nous n'avons ainsi rencontré dans nos prélèvements de la région de Chiang Dao que très peu d'espèces qui soient communes aux horizons édaphiques et aux cavités karstiques (tab.20.2)(1). L'absence de Milieu Souterrain Superficiel (MSS) ou son faible développement, dû à des facteurs paléoclimatiques (absence de glaciations quaternaires) et climatiques actuels (responsables du colmatage rapide des fissures et des éboulis) pourrait être à l'origine de cette partition du milieu apparemment plus marquée qu'en région tempérée. Toutefois, d'importantes populations d'espèces épigées peuvent se rencontrer sous terre; elles ont alors pénétré dans les cavités le plus souvent à la faveur d'une perte de cours d'eau épigé et restent cantonnées aux abords des débris de crues (Tham Pha Mon dans le karst de la Nam Lang, et de nombreuses cavités de la région de Phangnga).

(1) L'abondance des psoques - pour la plupart non cavernicoles - dans la grotte de Chiang Dao elle-même pourrait être liée à la fréquentation très importante et très ancienne de cette cavité - sanctuaire par l'homme. Toutefois, quoique plus rares, les psoques sont également présents dans des cavités moins fréquentées.

Tableau 20.2. - Les principaux groupes zoologiques de la mésofaune à Tham Chiang Dao et dans les horizons édaphiques profonds du karst sus-jacent.

* : groupe accidentel dans le milieu souterrain (1 ou 2 exemplaires récoltés)

n : plus de 2 espèces.

Le cas des psocoptères n'a pas été pris en compte ici (cf. § 20.1).

Nombre d'espèces rencontrées

	Seulement dans la grotte	Seulement dans le sol	A la fois dans la grotte et dans le sol
Gastéropodes	1-2	n	0
Palpigrades	1	1	0
Pseudoscorpions	2	n	0
Oniscoides	2	n	0
Diplopodes	2-3	n	0-?1
Campodeïdes	0	n	0
Japygides	1	1-2	0
Collemboles			
<i>Mesachorutes</i>	1	0	0
<i>Folsomides</i>	0*	1	0*
<i>Folsomina</i>	0*	1	0*
<i>Isotomiella</i>	0	2	0
<i>Isotomodes</i>	0	1	0
<i>Sinella</i>	1-2	?n	0
<i>Pseudosinella</i>	1	0	0
<i>Troglopedetes</i>	1	0	0
<i>Troglopedetina</i>	0	2-3	0
Blattes cf Nocticolidae	1	0	0

- La présence de nombreuses espèces morphologiquement modifiées en rapport avec la vie souterraine : dépigmentation, anophtalmie, et, le cas échéant, élongation des appendices (Chap. 23, 24, 26 et 27). La troglomorphie est donc loin d'être l'apanage des faunes souterraines des régions tempérées.

- Une structure biocénétique déterminée par la présence, la nature et l'importance du guano comme dans les cavités du karst de Mulu (Chapman, 1982). On observe dans la plupart des cavités deux contingents faunistiques distincts : d'une part un ensemble de formes cavernicoles presque exclusivement constitué de troglobies, qui peuple les régions dépourvues d'amas importants de guano ; d'autre part, un ensemble de formes guanobies. Cette dernière communauté prend souvent une importance telle qu'elle masque la présence des formes troglobies.

- Un taux d'endémisme très élevé pour les groupes non guanobies analysés jusqu'ici sous cet angle : Collemboles du genre *Troglopedetes* (chap.26) Isopodes Oniscoïdes (chap.24) et probablement Pseudoscorpions du genre *Tyranochtonius* (Chap. 23). Chaque unité karstique possède des espèces qui lui sont propres, généralement affines des espèces des unités karstiques voisines. L'origine de cette diversification spécifique pourrait être liée à la structure du milieu hypogé en Thaïlande. En effet alors qu'en zone tempérée le MSS assure la continuité du milieu souterrain hors des massifs karstiques, son absence ou, tout au moins, son faible développement signalé plus haut, pourrait restreindre le domaine souterrain au seul domaine endokarstique, beaucoup plus morcellé.

En conclusion, la faune que nous avons rencontrée dans les cavités thaïlandaises présente tous les caractères d'une faune véritablement cavernicole. Sa diversité est comparable à celle reconnue dans le milieu souterrain des régions tempérées les plus riches (zone méditerranéenne). Les groupes représentés sont généralement différents mais les tendances adaptatives d'ordre morphologique sont les mêmes ; enfin, le microendémisme est aussi, si ce n'est plus marqué, que dans les cavités de nos régions.

20.2. LE SOL PROFOND.

En régions tempérées, la faune des horizons édaphiques profonds est représentée par des espèces de petite taille, à morphologie particulière en rapport avec la structure interstitielle du milieu. Nous avons retrouvé cette faune endogée en Thaïlande au-dessous de 1000m d'altitude, où elle présente les caractères suivants :

- Spectre faunistique homogène, bien qu'encore mal connu, pour les différentes stations prospectées en Thaïlande. Les groupes zoologiques dominants se retrouvent dans d'autres régions asiatiques (Philippines, Nouvelle-Guinée, Sulawesi - observations inédites). Certains d'entre eux sont les mêmes qu'en régions tempérées (Coléoptères Staphylinides et Psélapides, Diploures Campodeïdes et Japygides, Collemboles Isotomidae), cette similitude pouvant atteindre le niveau générique ou même

spécifique pour certains Collemboles (*Isotomiella*, *Isotomodes trisetosus*).

- En Thaïlande, seule une fraction de la faune endogée semble strictement liée au sol profond (certains Coléoptères Osoriinae, Collemboles du genre *Isotomodes*). De nombreuses espèces (Palpigrades, Collemboles) se retrouvent aussi dans les horizons superficiels de litière. Par contre, la pénétration dans le domaine souterrain reste exceptionnelle, ou liée à un transport passif notamment par perte de cours d'eau épigé.

- De nombreuses espèces endogées ont un faciès typique d'euédaphomorphes : dépigmentées, anophtalmes, vermiformes et le cas échéant à appendices réduits (divers Staphylinides, Collemboles, Japygides). Ces adaptations morphologiques sont identiques à celles observées chez les endogés des zones tempérées.

- L'aptitude à l'endémisme, encore mal connue, semble très variable. On rencontre côte à côte des espèces subcosmopolites (comme le Collembole *Isotomodes trisetosus*) et d'autres localisées, en l'état actuel, à une seule station (certains Collemboles du genre *Paleonura* ou certains Staphylinins).

En définitive, la faune endogée de Thaïlande présente des caractères voisins à bien des égards de celle des régions tempérées. Mais les difficultés de récoltes font qu'elle reste extrêmement mal connue, et devra faire l'objet de recherches faunistiques prioritaires.

20.3. LES STRATES EDAPHIQUES SUPERFICIELLES.

La minéralisation rapide des litières sous climat tropical se traduit par une épaisseur réduite des horizons édaphiques superficiels en zones forestières. Cette situation retentit sur le peuplement animal de ces milieux de la façon suivante :

- La densité du peuplement calculée à l'unité de volume et plus encore de surface est très inférieure à celle observée dans les sols forestiers tempérés.

- En termes de formes biologiques au sens de Gisin (1943), on constate une différence souvent considérable avec les milieux homologues des zones tempérées : les formes de type euédaphiques et celles de l'atmobios prennent une grande importance quantitative au détriment des mésophiles. Nous l'avons souligné par ailleurs en ce qui concerne les collemboles (Chap. 26) ; pour l'ensemble de la faune, on retrouve ce phénomène, notamment pour le contingent des euédaphiques dont une partie peuple à la fois les strates profondes et superficielles du sol (palpigrades, symphyles, diploures et divers coléoptères).

- Le spectre faunistique se montre très large et très variable selon la localité et la région considérées. Cette variabilité concerne en fait essentiellement l'élément atmophile et à un moindre degré l'élément mésophile, les groupes de type euédaphique restant les mêmes partout. Localement, le pullulement des termites peut déterminer une réorganisation complète des biocénoses autour de cet Insecte.

- Les espèces de ce milieu comprennent enfin de nombreux endémiques, principalement parmi

les formes mésophiles et atmophiles. Toutefois, nous n'y avons pas rencontré d'espèces à répartition aussi restreinte que les formes cavernicoles citées plus haut, du moins à basse ou moyenne altitude.

Bien que mal connu, le peuplement des strates superficielles du sol se montre donc structuré de façon très différente de ce qu'il est en régions tempérées, en raison notamment des particularités de la pédogénèse tropicale (et localement de l'abondance des termites). En fait, il ne possède pas d'originalité marquée vis à vis des milieux sous-jacents (milieux édaphiques profonds) ou sus-jacents (strate herbacée), du moins en dessous de 1000-1500 m. L'altitude détermine une structuration progressive des biocénoses sur le modèle de ce qu'on observe en région tempérée ; au-dessus de 1800 m au Doi Inthanon ou au Doi Chiang Dao, on retrouve ainsi une prédominance marquée des espèces mésophiles dont une forte proportion est d'ailleurs issue de lignées d'origine paléarctique. C'est également en altitude que se manifeste un endémisme très intense au sein de cette faune mésophile ; seuls les Collembolés ont été étudiés de façon assez poussée sous cet angle, et nous renvoyons donc au chapitre 26 pour plus de précisions.

20.4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.

L'analyse du matériel récolté au cours de l'expédition Thaï-Maros 1985 est encore loin d'être terminée. Les premiers résultats nous ont cependant permis de dégager certains traits importants des peuplements terrestres souterrain et édaphique, qui traduisent l'originalité de leur organisation biocénotique et leur intérêt tant biogéographique qu'évolutif. Sur ces bases, la poursuite du travail s'articulera autour de deux objectifs principaux :

- Réaliser à Sulawesi (Indonésie) un travail de récoltes systématique comparable à celui mené en Thaïlande. Nous disposerions ainsi d'une couverture équilibrée du sud-est asiatique pour les peuplements souterrain et édaphique, avec en particulier des données sur les deux zones-clé du domaine : Sulawesi (au niveau de

la ligne Wallace) et l'isthme de Kra en Thaïlande.

- Approfondir la prospection des massifs du nord-ouest de la Thaïlande, notamment en altitude et dans le domaine souterrain, afin d'aborder de façon plus précise les problèmes d'endémisme et de spéciation, et de façon simultanée sur les différents modèles déjà reconnus (Pseudoscorpions : cf chap.23; Isopodes : cf chap.24; Collembolés : cf chap.26). Ce travail est bien entendu envisagé dans le cadre d'une collaboration entre les spécialistes concernés.

BIBLIOGRAPHIE

- ANNANDALE N., COGGIN BROWN J. et GRAVELLY F.H., 1913. The Limestone Caves of Burma and the Malay Peninsula. *Journal of the Asiatic Society of Bengal.* 9 (10) : 391-424.
- CHAPMAN P., 1982. The ecology of Caves in the Gunung Mulu National Park, Sarawak. *Cave Science*, 9 (2) : 142-159.
- CHAPMAN P., 1976. Speleobiology in the British New Guinea Speleological Expedition, 1975. *BCRA transactions*, 3 (3-4) : 192-203.
- GISIN H., 1943. Okologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im Schweizerischen Exkursionsgebiet. *Rev. Suisse. Zool.*, 50 (4) : 131-224.
- JACOBS M., 1974. Panorama botanique de l'archipel malais (plantes vasculaires) in *Ressources naturelles de l'Asie tropicale humide.* UNESCO Paris, pp. 285-320.
- MACLURE H.E., BOO-LIAT LIM et WINN S.E., 1967. Fauna of the Dark Cave, Batu Caves, Kuala Lumpur, Malaysia. *Pacific Insects*, 9 (3) : 399-428.
- SMITH G.B., 1980. Biospeleology in Caves and Karst of the Muller Range. J. James et J. Dyson ed., pp. 121-127.



Ph. 20.1 - Pays Toradja (Sulawesi). Buffle.

21. BRÈVES REMARQUES SUR LA FAUNE AQUATIQUE

B. LEBRETON

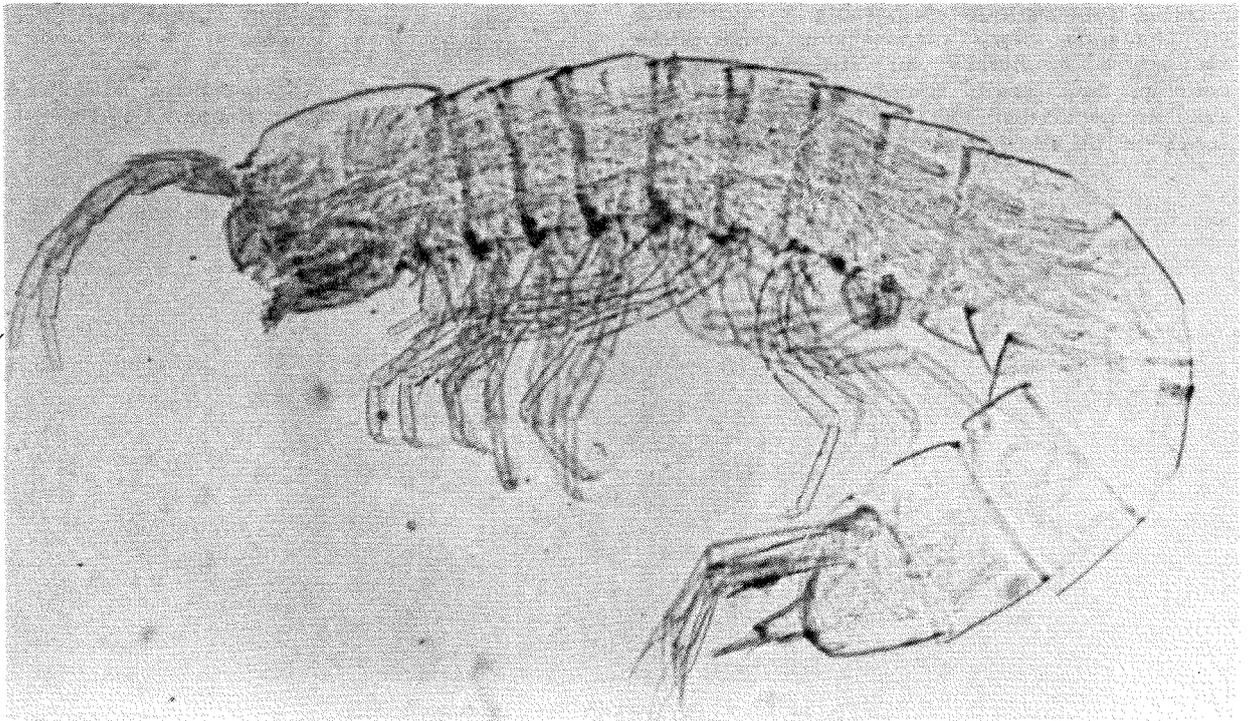
La Thaïlande a, de très longue date, fait l'objet de recherches empiriques en milieu aquatique continental car cette région est très riche en eaux de surface. Dès le XVIII^e siècle, des recherches de base ont été poursuivies afin de mieux connaître les milieux et les organismes qu'ils abritent. Une mise au point est publiée par Dussart en 1974. Il faut attendre 1981 pour que l'étude du domaine souterrain difficile à prospecter surtout en région tropicale, soit enfin abordée avec la découverte dans un prélèvement réalisé par Brignoli et Helou dans l'île de Phuket de 3 espèces de crustacés : *Stenasellus brignolii* Pesce et Argano, 1981, *Elaphoidella margaritae* Pesce et Apostolov, 1985, et *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857).

Lors de l'expédition Thai-Maros 1985, différents milieux aquatiques superficiels, interstitiels et souterrains, des terrains perméables en petit ou perméables en grand, ont été prospectés. Ainsi dans le domaine souterrain ont été réunies de riches collections comprenant des Nématodes, des Sangsues, des Oligochètes, des Mollusques, des Hydracariens,

des Crustacés Copépodes (cf. Chap. 25), Ostracodes, Syncarides, Eucarides (Crabes et Crevettes), et des Poissons. Bien qu'il soit encore trop tôt pour présenter une analyse faunistique détaillée (seuls une dizaine de prélèvements ont été analysés) quelques éléments méritent d'être et déjà d'être signalés.

Ainsi, comme pour la faune terrestre, le spectre faunistique global observé dans le domaine souterrain du nord de la Thaïlande, est très nettement distinct de ce que l'on observe dans la zone méditerranéenne. En Thaïlande on remarque tout particulièrement la fréquence des Crustacés Eucarides qui s'oppose à une relative rareté des Amphipodes. Ces caractéristiques générales semblent comparables à ce qui est connu dans la péninsule malaise (Batu Caves), à Bornéo ou en Nouvelle-Guinée, bien que les informations concernant la faune aquatique souterraine de ces régions demeurent très fragmentaires.

Parmi les taxons recueillis, la présence de Bathynelles dans une flaque d'eau permanente dans le réseau supérieur de Tham Chiang Dao apparaît plus particulièrement intéressante,



Ph. 21.1 - Bathynelle de tham Chiang Dao. Taille : 2 mm

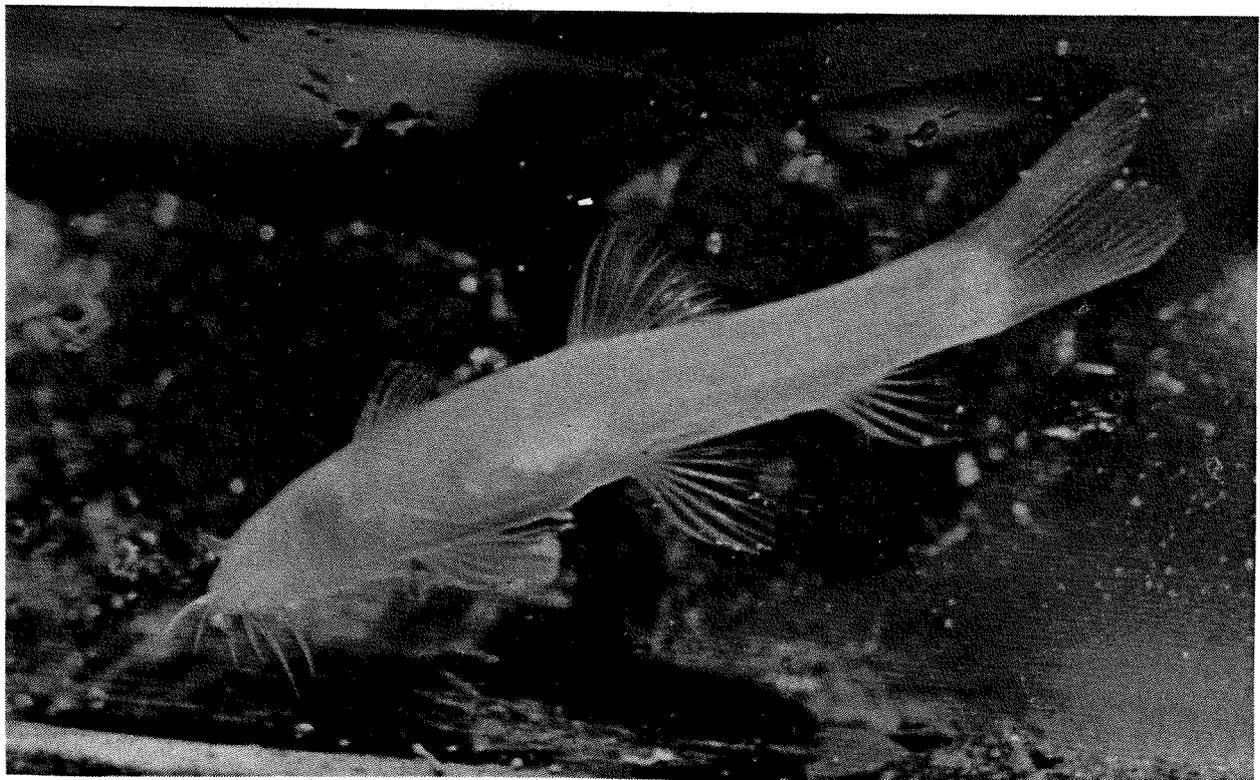
dans la mesure où ce groupe est constitué de formes relictuelles qui dans, le domaine souterrain, sont considérées comme des troglobies anciens (Ph. 21.1). Cette espèce thaïlandaise constitue la seconde forme souterraine du groupe dans le sud-est asiatique, la première ayant été décrite des Batu Caves (Malaisie) : *Parabathynella malaya* (Sars, 1929).

Enfin l'observation dans plusieurs cours d'eau souterrains de diverses espèces de Poissons et surtout la découverte parmi ceux-ci d'un Cyprinidae (n.sp.?) dépigmenté et microphthalmalme révèle le grand intérêt que présente l'étude du milieu aquatique souterrain thaïlandais (Ph. 21.2). Début 1986, une équipe française travaillant sur d'autres régions karstiques du pays a d'ailleurs observé et récolté une ou deux espèces de poissons cavernicoles anopthalmes appartenant à une famille différente (Ostermann, comm. pers.)

Ces quelques résultats nous ont amené à envisager un effort particulier lors des prochaines expéditions dans le domaine de l'hydrobiologie.

BIBLIOGRAPHIE

- DUSSART B.H., 1974 - Biologie des eaux continentales de l'Asie tropicale humide, in UNESCO, Ressources naturelles de l'Asie tropicale humide (Recherches sur les ressources naturelles, XII), 361-383.
- PESCE G.L. et ARGANO R. 1981. - Stenasellidi del Sud-est asiatico : *Stenasellus brignolii* n. sp. di Thailandia (Crustacea Isopoda : Asellota). Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona, 8 : 435-441.
- PESCE G.L., APOSTOLOV A.M., 1985. - *Elaphoidella margaritae* sp. n., a new phreatobitic harpacticoid from subterranean waters of Thailand. Acta zoologica Bulgarica, 28, 70-75.
- SARS G.O., 1929. - A remarkable new cave. Crustacea (*Parabathynella malaya*). Journ. Fed. Malay. States Mus., XIV, 3-4, 339-351, 2 pl.



Ph. 21.2 - Cyprinidae de tham Pha Mon (karst de la Nam Lang). Taille : 7 cm.

22. THÉCAMOEBIENS

L. BONNET

Les prélèvements de sols effectués en Thaïlande en juillet et août 1985 par les biologistes de l'expédition Thaï-Maros 1985 sont actuellement en cours d'étude. Ils ont déjà livré une abondante faune thécamoebienne (Rhizopodes Testacés) dont les caractéristiques sont :

1°) abondance d'espèces cosmopolites ayant le caractère d'indicateurs biologiques ; par exemple le genre *Pseudowerintzemia*, caractéristique de certains types de sols calcimorphes;

2°) présence d'espèces à distribution géographique limitée, notamment :

- espèces d'affinité gondwaniennes (des genres *Lamtopyxis*, *Planhoogenraadia*,...) déjà signalées du Népal, d'Indonésie et des prélèvements thaïlandais effectués en 1981 par les mêmes

chercheurs.

- espèces (très rares) appartenant au peuplement de la Nouvelle-Guinée (genre *Deharvenigia*).

- nombreuses espèces fréquentes en Afrique occidentale (Côte-d'Ivoire) et représentant peut être des relictés d'un peuplement centro-gondwanien.

Au vu des résultats apportés par l'étude des sols sud-asiatiques, il serait intéressant d'étendre les prospections à des régions telles que Bornéo, les Célèbes, dans le cadre de recherches mettant en relation la faune thécamoebienne des sols et la tectonique des plaques. De nombreuses espèces thécamoebiennes à distribution limitée se sont en effet révélées comme des indicateurs paléogéographiques.



Excentriques. Grotte B3 (Sulawesi).

23. ARACHNIDES

P. LECLERC

Ce premier bilan réalisé moins de six mois après le retour en France des collections est bien évidemment très fragmentaire, souvent parce que les animaux n'ont pas encore été examinés par les spécialistes concernés mais aussi parce qu'il s'agit pour certains groupes des premières données conséquentes concernant la faune thaïlandaise.

23.1 - ACARIENS:

Des Acariens terrestres ont été très régulièrement recueillis dans la plupart des cavités visitées, tant dans le nord que dans le sud de la Thaïlande. Des Trombidions de grande taille apparaissent assez constamment dans les grottes, où on les observe le plus souvent, déambulant sur les parois ou les talus d'argile parsemés de quelques débris organiques et fientes de Chauves-souris. En aucun cas ces formes ne peuvent être qualifiées de guanobies; par contre, il semble bien qu'il s'agisse de formes troglobies puisqu'elles sont totalement absentes dans les différents prélèvements de faune du sol qui ont été réalisés. Les amas de guano ont, de leur côté, une faune acarologique nettement distincte, abondante avec une large proportion de parasitiformes.

Il faut également mentionner la découverte dans une grotte du sud d'une importante population d'Opilioacarides, Acariens primitifs et rares. Cette forme nouvelle, appartient au genre *Paracarus* (Redikorsev, 1937) dont l'unique espèce connue a été découverte en Kirghizie et au Kazakhstan. L'espèce thaïlandaise se distingue très nettement par ses appendices fortement allongés; en outre, elle apparait relativement dépigmentée et les structures oculaires présentent des degrés de régression variables selon les individus. Ces animaux ont été observés tout au long des galeries, principalement sur les plaques de guano ancien où ils sont assez abondants. Il est pratiquement certain qu'il s'agit là d'une forme troglobie.

Le tri des prélèvements de faune du sol réalisés par la méthode de Berlese n'est pas encore fini, or la faune acarologique y est toujours très abondante. En conséquence, la répartition de ces collections auprès des différents spécialistes susceptibles d'être intéressés n'a pas encore été faite.

23.2 - ARAIGNEES:

La faune aranéologique des cavités thaïlandaises est à la fois abondante et diversifiée. Les éléments les plus évidents, sinon les plus spectaculaires, sont constitués par de grandes Araignées qui courent un peu partout, à la recherche de proies diverses (*Eusparassidae* ?, *Selenopinae* ?). Beaucoup d'autres familles sont représentées: *Psechridae* (?), *Pholcidae*, *Sicariidae*, *Drassidae* (?), *Ochyroceratidae*, etc...; dans le sud des mygalomorphes ont également pu être observées et collectées. Parmi toutes ces familles, plusieurs des espèces recueillies présentent, de toute évidence, des caractéristiques morphologiques de troglobies: anophthalmie, dépigmentation, allongement des appendices et de surcroît elles n'ont pas été retrouvées dans les sols. Il s'agit, le plus souvent, de formes de très petite taille.

Ces collections n'ont pas encore été adressées à un spécialiste.

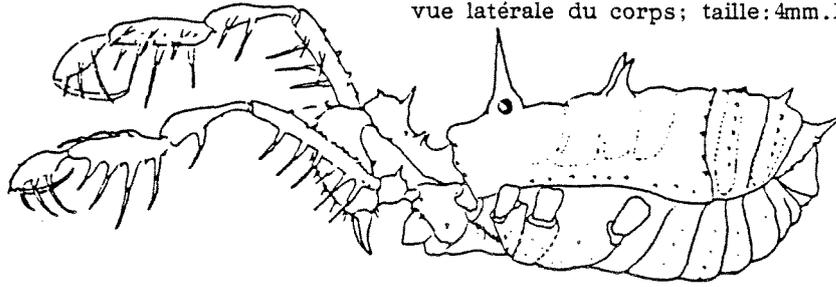
23.3 - OPILIONS:

Une partie des collections a déjà été étudiée par le Dr. Maria Rambla du département de Zoologie de l'Université de Barcelone, et nous l'en remercions très vivement.

Dans une récente synthèse sur les Opilions de Thaïlande, Susuki (1985) dénombreait 85 espèces et 41 genres. Les premiers résultats de Thaï 85, révèlent une espèce nouvelle de *Stylocellidae* (sous-ordre des *Cyphophthalmes*): *Stylocellus n.sp.*, découverte dans deux grottes ainsi que dans une station du milieu endogé, dans la région de Chiang Mai, et la présence de la famille des *Biantidae* (sous-ordre des *Laniatores*) avec une espèce nouvelle: *Biantes n.sp.*, découverte dans la faune du sol près de Ban Ao Luk au sud de l'isthme de Kra. De plus nos collectes ont fourni un mâle de l'espèce *Euepedanus pentaspinulatus* Susuki, 1985, découvert dans le milieu endogé devant l'entrée de la rivière souterraine de Tham "Klaeb Yai".

Les Opilions se rencontrent assez régulièrement dans les grottes Thaïlandaises, le plus souvent en petit nombre, et cela, aussi bien dans le nord que dans le sud, mais aucune forme strictement troglobie n'a pu encore être découverte. Seuls, les *Phalangodidae* *Epedaninae* appartenant au genre *Para-*

Fig. 23.1 - *Euepedanus pentaspinulatus* Susuki, 1985; vue latérale du corps; taille: 4mm. D'après Susuki 1985



takaia (?) dont ce premier lot ne contient que des jeunes stades présentent une morphologie de cavernicole plus marquée. Cette espèce observée dans les galeries des rivières souterraines de Tham "Klaeb Yaï", de Ban Oui Haen et dans Tham Chiang Dao, se trouve sur les parois stalagmitées dans les parties profondes des galeries.

23.4 - PALPIGRADES:

Une petite série de Palpigrades a pu être récoltée dans les diverses grottes visitées. Ces captures n'ont pas encore été examinées par le Prof. Condé, mais il est très vraisemblable que parmi les différentes espèces recueillies se trouvent des formes troglobies. C'est certainement le cas pour l'*Eukoenia n.sp.* découvert dans Tham Chiang Dao par L. Deharveng et A. Gouze en 1981 (B. Condé, sous presse), dont de nouveaux exemplaires ont pu être retrouvés lors de Thaï 85.

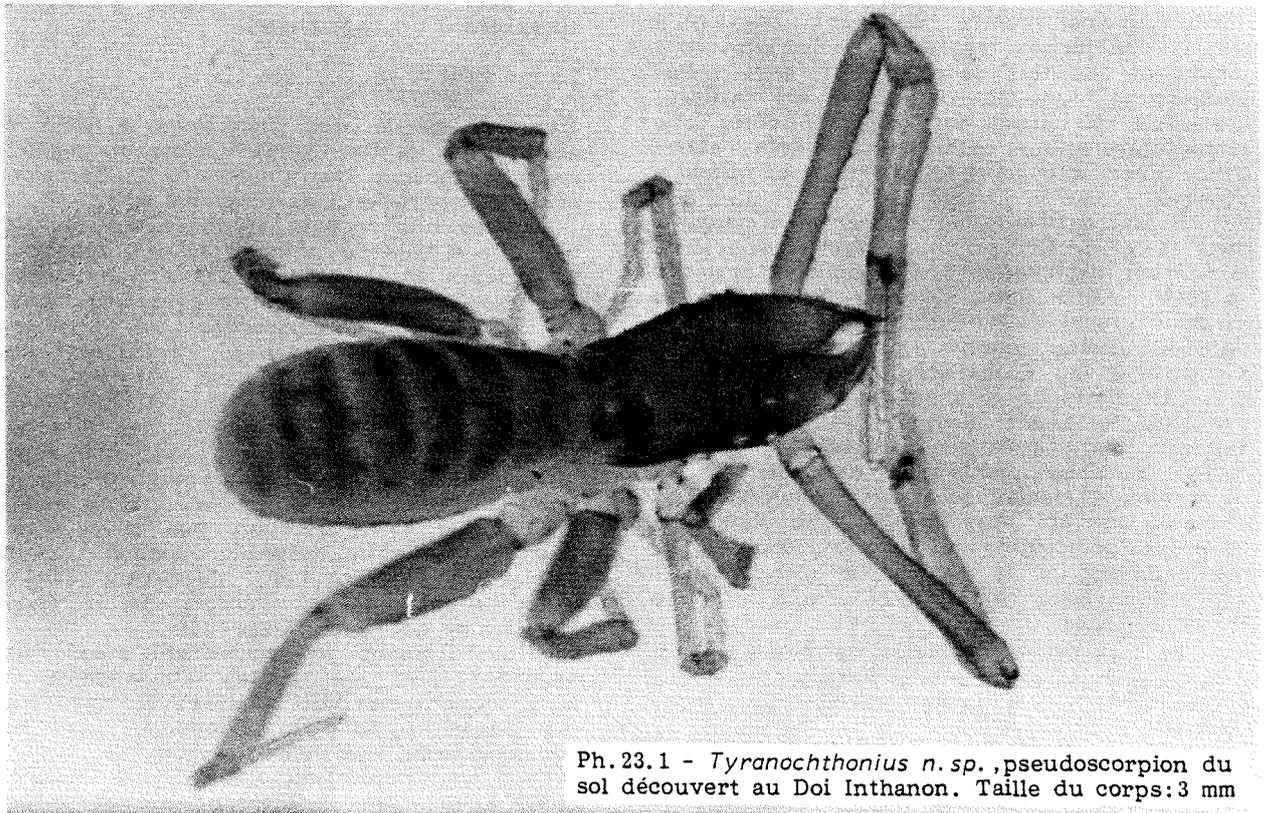
Les récoltes dans les différents compartiments du domaine édaphique ont également été fructueuses et devraient être d'un grand

intérêt pour préciser les affinités entre ces formes et les espèces souterraines. Elles contiennent très probablement de nouveaux exemplaires de *Koeneioides spiniger* Condé, 1984, qui avait été découvert dans en 1981 dans le sol près de Tham Ki Nok. Dans tous les cas, il s'agit des premières données conséquentes concernant cet ordre d'Arachnides en Thaïlande.

23.5 - PSEUDOSCORPIONS (Ph. 23.1)

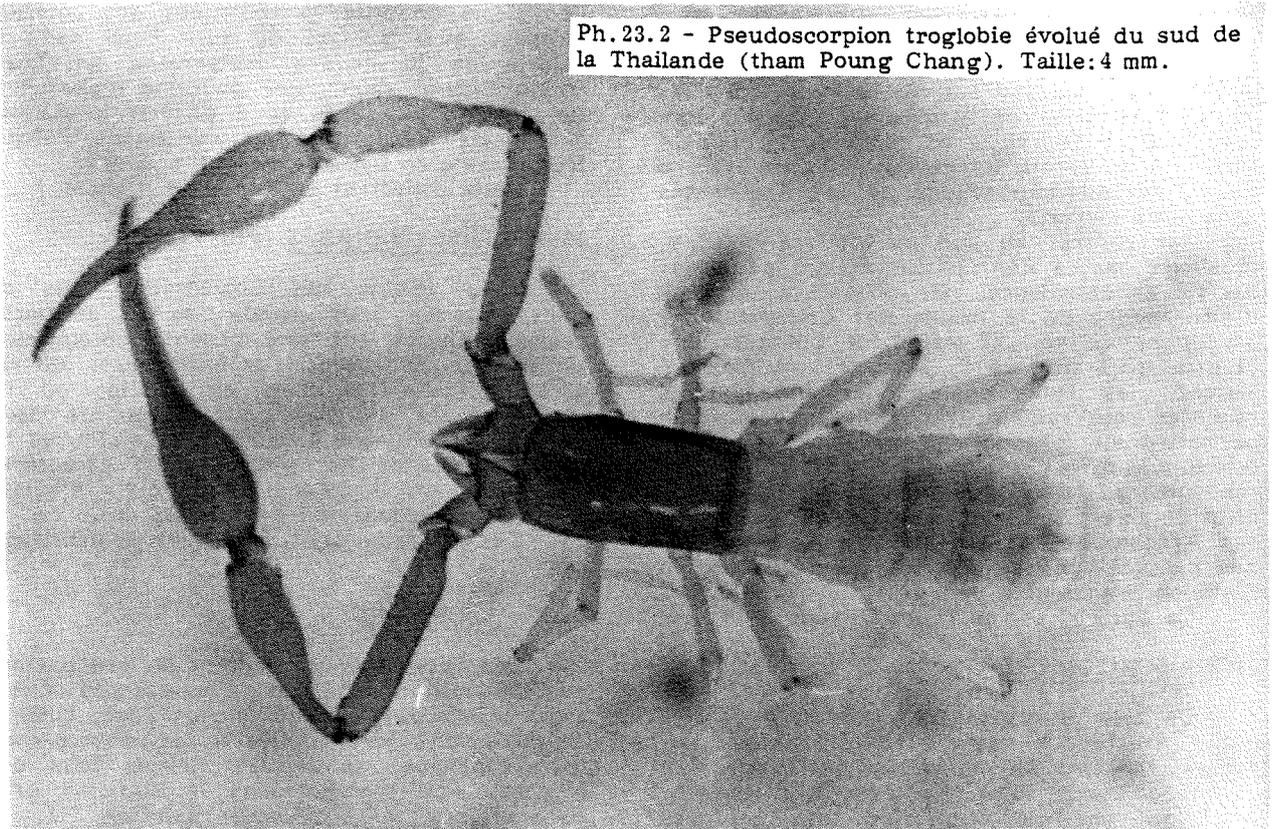
Aucune étude axée sur les Pseudoscorpions de Thaïlande n'a été réalisée jusqu'à ce jour et l'on ne dispose que de données éparses dans la littérature et souvent anciennes, qui, de ce fait, nécessitent d'être revues à la lumière des connaissances actuelles. Les récoltes de Thaï 85 auxquelles s'ajoutent les collections réalisées par L. Deharveng et A. Gouze en 1981, devraient permettre de réaliser une première synthèse.

Ces Arachnides sont apparus assez fréquents dans les grottes Thaïlandaises. Les plus répandus appartiennent à la famille des



Ph. 23.1 - *Tyranochthonius n.sp.*, pseudoscorpion du sol découvert au Doi Inthanon. Taille du corps: 3 mm

Ph.23.2 - Pseudoscorpion troglobie évolué du sud de la Thaïlande (tham Poug Chang). Taille:4 mm.



Chthoniidae. Au sein de cette famille, le genre *Tyranochthonius* dont la répartition connue est largement pan-tropicale, semble s'être particulièrement diversifié dans les karsts du nord-ouest, et notamment sous terre. Parmi les animaux cavernicoles découverts, au moins 3 espèces sont anophthalmes et dépigmentées, et très certainement, troglobies. L'une de ces formes peuple les différents réseaux de Tham Chiang Dao et il a été possible de préciser sommairement ses préférences biotiques. Ainsi la quasi-totalité des exemplaires capturés (près de 30), l'ont été sur des talus d'argile humide mais non détrempée, parsemée de quelques fientes de Chauves-souris qui attirent des Acariens, des Collemboles et des Psoques, proies principales des Pseudoscorpions. Il s'agit là d'un biotope très semblable à ceux fréquentés par les Chthoniidae troglobies méditerranéens.

Dans le sud aucun représentant de cette famille n'a été découvert sous terre.

Cependant, ces Pseudoscorpions ne sont pas les seuls présents dans le domaine souterrain thaïlandais. Ainsi des Chernetidae, des Cheliferidae et des Atemnidae (?) ont également été découverts dans certaines cavités, tant dans le nord que dans le sud, mais ce sont des formes peu évoluées morphologiquement, toujours très pigmentées et sans régression oculaire particulière. Il semble qu'il s'agisse, dans la plupart des cas, de formes phorétiques abandonnées là par leurs hôtes temporaires: vraisemblablement des Chauves-souris. Toutefois, quelle que soit l'origine de ces espèces, l'une d'entre-elles, au moins, peut être qualifiée de guanobie. En effet, dans la grotte de Tham Chiang Dao, une population de plus d'une centaine de Chernetidae d'une

même espèce à tous les stades, depuis la protonympe jusqu'à la femelle gravide, a été découverte dans une plaque de guano d'un peu plus de 2 m² (de semblables populations ont pu également être observées dans quelques grottes à Chauves-souris en Europe). Quelques exemplaires d'une espèce voisine ont été capturés dans la galerie principale de la rivière souterraine de Tham "Klaeb Yaï", près des amas de guano, mais sans que la population ait pu être localisée précisément. Il semble que ces groupements puissent perdurer pendant plusieurs années sous la dépendance directe des colonies de Chiroptères. Ainsi, il est à noter que la forme de Tham Chiang Dao avait déjà été capturée par L. Deharveng et A. Gouze en 1981.

Finalement, dans le sud, une seule forme cavernicole, aveugle et dépigmentée, a pu être capturée. Un premier examen très sommaire semble indiquer qu'il s'agit d'un Ideoroncidae appartenant à un genre vraisemblablement nouveau dont la morphologie rappelle celle des Neobisiidae troglobies européens du genre *Parablothrus*.

En outre, la richesse et la diversité des prélèvements de faune édaphique devraient permettre de dresser un large inventaire de la faune pseudoscorpionologique des régions karstiques visitées.

L'examen détaillé de ces collections vient juste de débiter.

23.6 - AMBLYPYGES:

Nous n'avons observé aucun Amblypyge dans les karsts du nord de la Thaïlande, que ce soit dans les grottes ou à l'extérieur. Cela ne veut certainement pas dire que ces animaux

sont totalement absents de cette région, mais ils y sont, pour le moins, rares. Différentes espèces ont été capturées, voici près de cent ans, un peu plus au sud en Birmanie dans les Farm caves près de Moulmein (*Stygophrynus cavernicola* Thorell, et *Catagius pusillus* Thorell). Il serait intéressant de préciser la répartition biogéographique de ces Arachnides dans cette région.

Par contre, au sud de l'isthme de Kra, plusieurs des cavités visitées étaient peuplées, parfois en abondance, par différentes espèces d'Amblypyges de la famille des Charontidae : *Stygophrynus* sp. (2 esp.) et *Catagius* sp. (1 esp. différente de *C. pusillus*). Malheureusement, les collections et les observations réalisées sont restées trop fragmentaires pour permettre de préciser le degré d'adaptation biologique à la vie souterraine des espèces rencontrées. La seule chose que l'on puisse affirmer, c'est l'importance des populations de ces Arachnides dans les chaînes alimentaires des peuplements souterrains, tout au moins à l'échelon prédateur.

Ce matériel est en cours d'étude.

23.7 - SCHIZOMIDES (Ph. 23.2)

De très intéressantes collections de ces petits Arachnides ont pu être réalisées. Les formes thaïlandaises appartiennent toutes au genre *Schizomus* sensu Rowland. Les observations qui ont été faites lors des captures montrent qu'à l'extérieur, ces animaux se trouvent essentiellement sous des pierres, généralement peu enfoncées dans un sol relativement humide. En grotte, on retrouve souvent cet habitat lapidicole. C'est notamment le cas de l'espèce découverte dans Tham Chiang

Dao. Mais on observe également des animaux localisés à la surface du sol. Ainsi dans la galerie de la rivière souterraine de Tham Pong Chang, plus d'une douzaine d'exemplaires, des deux sexes et à différents stades, ont pu être découverts sur une plaque d'argile très humide en bordure de petits gours.

Cette collection est en cours d'étude.

23.8 - THELYPHONIDES (Ph. 23.3)

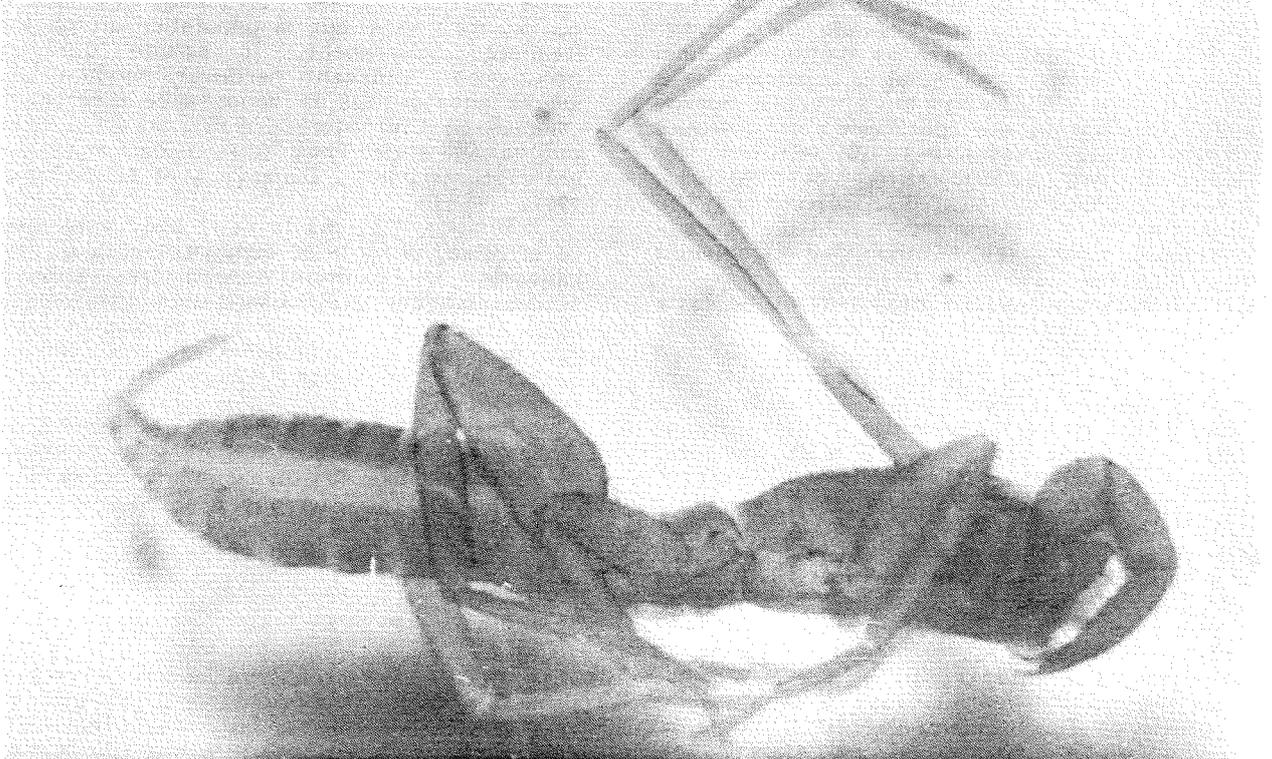
Très voisins des Schizomides mais de taille nettement plus grande que ces derniers, ces Arachnides ont une biologie notablement différentes. Seulement trois exemplaires ont été récoltés, tous les trois en grotte, où ils couraient sur les parois. Il s'agit de deux espèces appartenant à des genres distincts. Ni l'une ni l'autre ne présente des caractères régressifs et il semble bien qu'il s'agisse d'éléments troglodites.

Ces animaux sont en cours d'identification.

23.9 - SCORPIONS:

Des Scorpions se trouvent un peu partout en Thaïlande. Dans le nord, les espèces collectées: *Scorpiops* (*S.*) *oligotrichus* Fage, *Liocheles australasiae* (Fabricius) et *Lychas mucronatus* (Fabricius) se tenaient toutes sous des écorces. Par contre, dans le sud les gros *Heterometrus* (*H.*) *spinifer spinifer* (H. et Ehr.) ont été découverts sous des pierres mais toujours à l'extérieur. Seul un Scorpion a pu être observé en grotte dans cette région mais sans pouvoir être collecté et identifié. On ne peut toutefois exclure la présence quasi-permanente de certaines espèces dans les

Ph. 23.3 - *Schizomus* n. sp., schizomide cavernicole de la grotte de Chiang Dao. Taille du corps: 5 mm.



cavités du sud, comme c'est le cas dans les Batu caves en Malaisie. Dans une grotte de Sulawesi nous avons pu observer une espèce appartenant au genre *Chaerilus*, totalement anophtalme et dépigmentée. Ce serait le premier Scorpion aveugle de la région indo-malaise.

L'étude de ces animaux a été réalisée par le Prof. Vachon que nous remercions très vivement.

BIBLIOGRAPHIE :

ANNANDALE N., BROWN J.C., GRAVELY F.H., 1913.- The limestone caves of Burma and the Malay Peninsula - Journal of the Asiatic Society of Bengal, 9 (10), 391-424, pl. 18-22;

BEIER M., 1932.- Pseudoscorpionidea I. Subord. Chthoniinea et Neobisiinea - Das Tierreich, 57: 258pp;

BEIER M., 1932.- Pseudoscorpionidea II. Subord. Cheliferinea - Das Tierreich, 58: 294pp;

GRAVELY F.H., 1915.- A revision of the oriental subfamilies of Tarantulidae (Order Pedipalpi) - Records of the Indian Museum, 11: 433-457;

SUSUKI S., 1985.- A synopsis of the Opiliones of Thailand (Arachnida).1. Cyphophthalmi and Laniatores - Steenstrupia, 11 (3): 69-110;



Bouddhas dans la grotte de Chiang Dao

24. ISOPODES

H. DALENS

Les Isopodes terrestres sont bien représentés dans le matériel récolté lors de l'expédition Thai-Maros 1985, mais seules les espèces souterraines de Thaïlande ont été analysées jusqu'à présent. Elles appartiennent à trois familles :

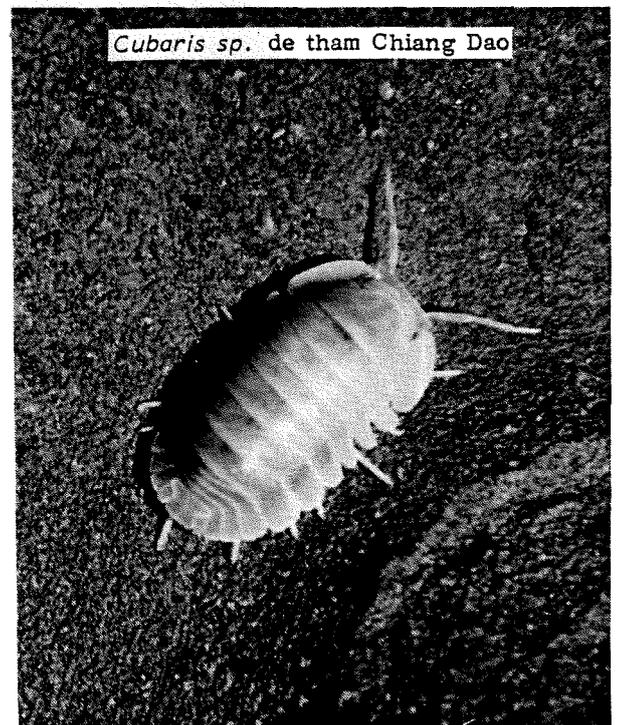
a) celle des Styloniscidae. Cette famille de répartition gondwanienne typique (Vandel, 1952) est représentée dans le milieu souterrain de Thaïlande par trois espèces appartenant à trois genres différents, toutes anophtalmes et dépigmentées, et limitées aux cavités du karst de la Nam Lang. Il est à signaler que dans la grotte de Tham Pha Mon ces trois genres se trouvent réunis.

b) celle des Philosciidae. D'origine également gondwanienne (Vandel, 1973), cette famille est essentiellement représentée dans les régions tropicales et australes ; régions où elle présente fréquemment des formes adaptées à la vie cavernicole, complètement dépigmentées et anophtalmes : une espèce connue en Assam, une autre en Birmanie, une en Australie, une en Nouvelle-Guinée et une dans l'archipel des Ryu-Kyu. Encore plus nombreuses existent des formes qui, soit partiellement dépigmentées et à appareil oculaire plus ou moins régressé, soit même totalement dépigmentées et non oculées, sont des humicoles ou des endogés.

Dans les prélèvements ramenés de Thaïlande, se trouvent cinq espèces appartenant à trois genres. L'un de ces genres, pigmenté et oculé, est représenté par une espèce que l'on trouve dans les réseaux à guano des grottes de la région de Phangnga ; une autre espèce, épigée, a été récoltée au nord de Chiang Dao près de Tham Ngam. Les deux autres genres sont dépigmentés et anophtalmes. L'un d'eux qui présente des caractères primitifs est représenté par deux espèces ; l'une que l'on retrouve dans tout le massif de Chiang Dao, l'autre qui peuple la grotte de Tham Pha Tai. Le second de ces genres, plus évolué, se retrouve au sud à Tham Sam et à Tham Pong Chang.

c) celle des Armadillidae. C'est la famille la mieux représentée dans les régions tropicales, la majorité de ses représentants étant propres aux régions de l'hémisphère austral. Le type armadillien se serait différencié sur le continent australien qui renferme les formes les plus primitives de cette famille. Quatre espèces appartenant à deux genres ont été récoltées dans les grottes de Thaïlande. Le premier genre, et de loin le mieux représenté, est le

genre *Cubaris*. Une espèce partiellement dépigmentée, à antennes et péréiopodes assez allongés, peuple la grotte de Tham Pha Mon. Une autre espèce à pigmentation pratiquement normale et à appareil oculaire bien développé mais traduisant toutefois une certaine régression par rapport aux formes franchement épigées, se trouve au nord de Chiang Dao (Tham "Klaeb Yaï", Tham Tab Tao) et à l'est de Chiang Mai (Tham Maung On). Dans la grotte de Chiang Dao on trouve une autre espèce qui ressemble fort à la précédente, mais s'en distingue par une réduction plus poussée de l'appareil oculaire, une atténuation plus ou moins prononcée de la pigmentation et une lame frontale plus élevée. Enfin, chez tous ces individus on note un allongement des antennes et des péréiopodes. Pour tous ces caractères, il existe néanmoins un certain polymorphisme. Plus au sud dans la région de Phangnga (grottes de Tham Sam et Tham Pong Chang), on trouve une espèce bicolore jaune brun et gris très caractéristique qui semble pouvoir se rattacher au genre *Armadillo*, dont la quasi totalité des espèces sont cantonnées en Médi-



terrane orientale, une espèce ayant cependant été décrite de Madras en Inde. Chapman (1982) signale également une espèce dans les grottes de Mulu à Bornéo (Sarawak).

CHAPMAN P., 1982 - The ecology of caves in the Gunung Mulu National Park, Sarawak - Trans. Brit. Cave Res. Assoc., 9(2): 142-162 ;

VANDEL A., 1952 - Les Trichoniscides (Crustacés; Isopodes) de l'Hémisphère Austral. Leur place systématique. Leur intérêt biogéographique - Mém. Mus. Hist. Nat. Paris, N.S., sér. A, Zoologie, 6 : 1-116;

VANDEL A., 1973 - Les Isopodes terrestres de l'Australie. Etude systématique et biogéographique - Mém. Mus. Hist. Nat. Paris, sér. A, Zoologie, 82 : 1-171;



Doi Chiang Dao vers 1700 m. Végétation dégradée à graminées et cultures de pavots au premier plan (décembre 1980).

25. COPÉPODES

B. LEBRETON
B. DUSSART

Le groupe des Copépodes dépasse de loin les autres Entomostracés par la variété de ses types, le nombre de ses espèces et la quantité de ses individus. Ils sont un véritable indice révélateur des caractéristiques du milieu (Dussart, 1967 et 1969 ; Lescher-Moutoué, 1973 ; Rouch, 1968 et 1980).

La Thaïlande constitue un vaste territoire et jusqu'à présent les Copépodes n'y ont fait l'objet que de très peu de recherches. En effet, Capart (1943) cite quelques Copépodes parasites de poissons d'eau douce, puis Boonsom (1984) dresse une liste provisoire des Copépodes épigés, libres et dulçaquicoles tandis que Pesce et Apostolov (1985) abordent le domaine souterrain et y signalent *Elaphoidella margaritae* en association avec "*Mesocyclops leuckarti*" (1). A ces travaux s'ajoutent les collections de Volz, déterminées par Daday (1906), et de Krempf, étudiée par Rose (1924) ainsi que les récentes études de Lai et Fernando (1981) et de Dussart (1983, 1984 et 1985) (tab. 25.1).

PREMIERES DETERMINATIONS.

- A - District de Fang
1 - Tham Tab Tao; eau de percolation dans la grotte:
Thermocyclops cf decipiens
2 - Tham Klaeb Yaï; flaque à l'extérieur devant la résurgence:
Thermocyclops cf decipiens
Thermocyclops operculifer
- B - District de Chiang Dao
- Tham Chiang Dao; réseau actif et flaques:
Tropocyclops prasinus cf guwana
Elaphoidella cf grandidieri
- C - District de Phangnga
- Tham Pong Chang; gours perchés et

- 1 - Avant la mise au point de Kiefer (1891), il était admis que le genre *Mesocyclops* était surtout représenté par l'espèce réputée cosmopolite *M. leuckarti*; à présent, la taxonomie de ce genre est plus claire, quoiqu'encore imparfaite, et il semblerait qu'il y ait une erreur de diagnostic en ce qui concerne cette espèce.

rivière souterraine :

Elaphoidella cf grandidieri

- D - District de Krabi
- Tham Thorani; dans la rivière souterraine
Eucyclops permixtus
Tropocyclops prasinus
Microcyclops moghulensis
Euterpina acutifrons
Onychocamptus cf mohammed
- E - District de Phuket
- Thara Pattong Hotel; dans un ruisseau pollué:
Pseudodiaptomus sp.
Microcyclops varicans cf rubellus

REMARQUES SUR LES ESPECES.

Eucyclops permixtus Kiefer, 1928

Cette espèce est connue d'Afghanistan et de Penjab (Inde). Son aire de répartition est donc élargie au sud-est asiatique.

Tropocyclops prasinus (Fisher 1860)

Déjà signalée de Thaïlande, du sud de l'Iran, de la Chine, de la Malaisie, de Sri-Lanka, du Japon et de l'Inde.

Tropocyclops prasinus cf guwana Kiefer, 1931

Signalée seulement de l'île de Java, son aire de répartition est élargie au nord

Le genre *Microcyclops*:

Sur la quarantaine d'espèces que contient ce genre, deux ont été rencontrées:

M. varicans cf rubellus (Lilljeborg, 1901) qui n'a été observée qu'en région tempérée jusqu'à ce que Dussart et Fernando (1985) la signalent en Sri-Lanka; et *M. moghulensis* Lindberg, 1959 qui est une espèce rare confinée pour l'instant au sous continent indien et à ses abords (Pakistan, Himalaya, Birmanie)

Thermocyclops cf decipiens Kiefer, 1929

Cette espèce est reconnue comme l'une des plus répandues dans les eaux subéquatoriales de l'ancien et du nouveau monde. Une étude plus fine des populations permettra de préciser le statut systématique de ce taxon.

Thermocyclops operculifer Kiefer, 1930

Peu commune, car depuis sa découverte en 1930 sur l'île de Lombok, elle n'avait été

Tab. 25.1. - Copépodes de Thaïlande signalés dans la littérature jusqu'en 1985 (à l'exclusion des parasites). Les espèces retrouvées dans les quelques prélèvements de l'expédition Thaï 85 analysés jusqu'ici sont indiquées par un astérisque.

Calanoïdes

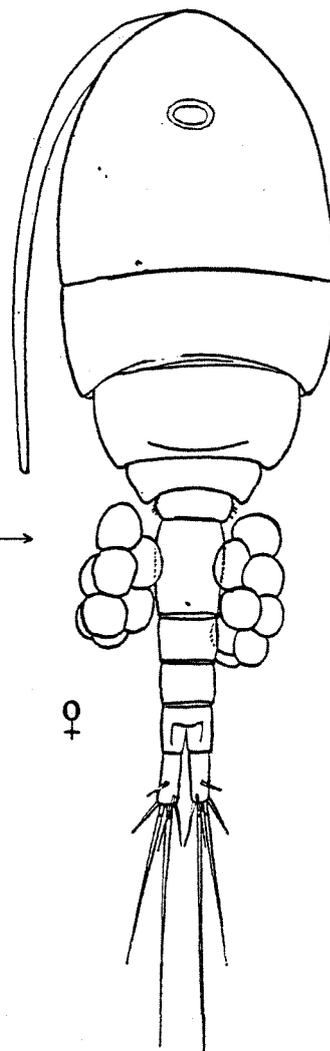
- *Sinocalanus tenellus* Kikuchi, 1928
- *Pseudodiaptomus daughlihi* Sewell, 1932
- *Eurytemora* sp.
- *Phyllodiaptomus annae* (Apstein, 1907)
- " *javanus* (Grochmalicki, 1915)
- *Neodiaptomus schmackeri* (Poppe et Richard, 1892)
- " *mephistopheles* Brehm, 1933
- " *blachei* (Brehm, 1951)
- " *botulifer* Kiefer, 1974
- " *malaindosinensis* Lai et Fernando, 1978
- *Allodiaptomus raoi* var. *membranigera* Brehm, 1933
- *Sinodiaptomus chaffanjonii* (Richard, 1897)
- *Tropodiaptomus doriai* (Richard, 1894)

Cyclopoïdes

- *Macrocyclops cf distinctus* (Richard, 1887)
- *Tropocyclops prasinus* (Fischer, 1860)*
- *Paracyclops fimbriatus* (Fischer, 1853)
- " *cf fimbriatus*
- *Ectocyclops phaleratus* (Koch, 1838)
- " sp.
- *Acanthocyclops vernalis* (Fischer, 1853)
- *Diacyclops nanus* (Sars, 1863)
- *Microcyclops varicans* (Sars, 1863)*
- " *anceps* (Richard, 1897)
- *Cryptocyclops bicolor* (Sars, 1863)
- "*Mesocyclops leuckarti*" (Claus, 1857)
- " *cf thermocyclopoïdes* Harada, 1931
- *Thermocyclops oithonides* (Sars, 1863)
- " *cf crassus* (Fischer, 1853)

Harpacticoïdes

- *Elaphoidella grandidieri* (Guerne et Richard, 1893)*
- " *margaritae* Pesce et Apostolov, 1985
- *Schizopera jugurtha* (Blanchard et Richard, 1891)
- *Nitocra platypus* Daday, 1906



signalée qu'en 1954 des îles Gilbert (Kiefer, 1930 et Lindberg, 1954). Par suite de sa découverte en Thaïlande, son aire de répartition est donc très largement étendue.

Euterpina acutifrons (Dana, 1948)

Cette espèce cosmopolite vit dans le plancton marin et au voisinage des côtes, en eau même légèrement dessalée.

Elaphoidella cf grandidieri (Guerne et Richard, 1893)

Le genre *Elaphoidella*, encore fort mal connu, comprend de nombreuses espèces d'eaux douces et muscicoles. Espèce à large répartition intertropicale, déjà signalée de Thaïlande.

Onychocamptus cf mohammed (Blanchard et Richard, 1891)

Espèce d'eaux saumâtres, vivant parfois en eaux douces, jamais dans le milieu proprement marin, elle est très eurytherme. Elle fréquente les mares, les étangs, les rivières, les petits et les grands lacs, les estuaires et tous les milieux saumâtres. Elle est assez commune et largement répartie dans le monde.

REMARQUES GÉNÉRALES

Les Copépodes n'ont été analysés à ce jour que dans 6 des 79 prélèvements de faune aquatique réalisés au cours de l'expédition. Dix des espèces rencontrées (sur 11) ont été déterminées au niveau spécifique et correspondent à des formes déjà connues, soit subcosmopolites (2 espèces), soit pantropicales (2 espèces), soit limitées au domaine oriental ou aux régions voisines (6 espèces). Trois espèces avaient déjà été signalées de Thaïlande. Seulement 4 prélèvements de faune souterraine ont été étudiés ; deux d'entre eux, effectués dans les cours d'eau de petits systèmes pertes-résurgence, ne renferment comme on pouvait s'y attendre, que des espèces de type épigé. Les deux autres échantillons (A 1 et B), qui proviennent d'eaux de percolation ou de ruisseau souterrain non lié à des pertes, ne nous ont eux aussi fourni que quelques formes de type épigé. Signalons enfin que de nombreux prélèvements de sol réalisés au berlèse ont donné une assez grande abondance de Copépodes, notamment divers *Elaphoidella* en cours d'étude (Ph. 25.1).

BIBLIOGRAPHIE

- BOONSOM J., 1984 - The freshwater zooplankton of Thailand (Rotifera and Crustacea). - *Hydrobiologia*, 113, : 223-239.
- CAPART A. 1943. - Notes sur les Copépodes parasites. I. Quelques Copépodes parasites des poissons d'eau douce de Thaïlande. *Bull. Mus. roy. Hist. nat. Belg.*, 19, 8, 12 p.
- DADAY E. v., 1906, Untersuchungen über die Copepoden-fauna von Hinterindien, Sumatra und Java, nebst einem Beitrag zur Copepoden-kenntnis der Hawaii-Inseln. (*Zool. Jahrb. Syst.*, XXIV, pp. 175-203).
- DUSSART B., 1967. - Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale (tome I). Calanoïdes et Harpacticoïdes. Boubée, Paris, pp. 1-500.
- DUSSART B., 1969. - Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale (tome II). Cyclopoïdes et Biologie. Boubée, Paris, p. 1-292.
- DUSSART B. H. & D. DEFAYE, 1983. - Répertoire mondial des Crustacés Copépodes des eaux intérieures, I. Calanoïdes. Editions CNRS, Bordeaux/Paris, 224 pp.
- DUSSART B.H., FERNANDO C.H., MATSUMURA-TUNDISI T. and SHIEL R.J., 1984. A review of systematics, distribution and ecology of tropical fresh water zooplankton. *Hydrobiologia*, 113, 77-91.
- DUSSART B.H. & FERNANDO C.H., 1985. - Les Copépodes en Sri Lanka (Calanoïdes et Cyclopoïdes). *Hydrobiologia*, 127, 229-252.
- DUSSART B.H. & DEFAYE D., 1985. - Répertoire mondial des Crustacés Copépodes des eaux intérieures. II. Cyclopoïdes. Edit. CNRS, Bordeaux/Paris, 225 p.
- KIEFER F., 1930. - Neue Ruderfusskrebse von den Sunda-Inseln. *Zool. Anz.* LXXXVI, 187-189.
- LAI H.C. & C.H. FERNANDO, 1981. - The freshwater Calanoïda Crustacea of Thailand. *Hydrobiologia* 76 : 161-178.
- LESCHER-MOUTOUE F., 1973. - Sur la Biologie et l'écologie des Copépodes cyclopoïdes hypogés (Crustacés). - *Ann. Spéol.*, 28, 3 : 429-502, 4, : 581-674.
- LINDBERG K., 1954. - Cyclopoïdes (Crustacés Copépodes) d'îles du Pacifique Sud (Mélanésie et Micronésie) et de Bornéo. - *K. Fysiogr. Salisk. Lund Förh.*, 24, 18, 14 p.
- PESCE G.L., & APOSTOLOV A.M., 1985. - *Elaphoidella margaritae* sp. n., a new phreatobitic harpacticoid from subterranean waters of Thailand. *Acta zoologica Bulgarica*, 28, 70-75.
- ROSE M., 1924. - Sur le plankton du golfe de Siam et des côtes d'Annam. (*Bull. Soc. Zool. Franc.*, XLIX, pp. 482-486).
- ROUCH R., 1968. - Contribution à la connaissance des Harpacticides hypogés (Crustacés Copépodes). *Ann. Spéol.*, 23, 1, p. 5-165.
- ROUCH R., 1980. - Les Harpacticides indicateurs naturels de l'aquifère karstique. *Mém. h. Sér. Soc. géol. France*, 1980, 11, 109-116.



Tham Chiang Dao

26. COLLEMBOLLES

L. DEHARVENG

Un matériel considérable a été récolté pendant l'expédition Thaï-Maros 1985. Les régions nord-ouest du pays ont été plus particulièrement prospectées, mais nous avons également réalisé à titre de reconnaissance quelques prélèvements dans le sud (Tab.19.1). Plusieurs collègues qu'il nous est agréable de remercier ici, nous ont en outre confié pour étude leurs propres récoltes de Collembolles (P. Beron, D. Burckhardt, H. Enghoff, I. Löbl, F. Stone). La simple identification des espèces nécessitera certainement plusieurs mois de travail. Mais l'examen préliminaire du matériel permet d'ores et déjà de faire ressortir quelques caractères généraux de la faune rencontrée, que nous exposerons dans cette note.

26.1 - LA FAUNE COLLEMBOLLOGIQUE DE THAÏLANDE. ETAT DE NOS CONNAISSANCES.

Les rares travaux publiés sur les Collembolles de Thaïlande font état de 31 espèces réparties en 20 genres et 5 familles (Yosii, 1961 et 1976, Takeda, 1981, Mari Mutt, 1984 et 1985), en ne prenant en compte que les taxa déterminés au niveau spécifique. Sur ce nombre, 18 espèces n'ont pas été signalées en dehors de ce pays (tab.26.1).

Le matériel étudié dans ce travail, constitué pour l'essentiel par les récoltes de l'expédition Thaï-Maros 1985, permet d'ajouter à la faune Thaïlandaise 124 espèces, inédites pour la plupart, démontrant ainsi notre méconnaissance profonde du peuplement collembologique de cette région. Toutefois, malgré leur importance, ces nouvelles données restent encore très limitées, tant sur le plan géographique que sur le plan taxonomique.

Du point de vue géographique, les récoltes ont été concentrées sur une petite portion du nord-ouest de la Thaïlande, autour de Chiang Mai et de Chiang Dao; le reste du territoire n'a fait l'objet que de prospections sommaires sur un très petit nombre de localités (tab.19.1).

Du point de vue taxonomique, les analyses ont surtout porté sur les Neanurinae, divers Isotomidae euédaphiques et le genre cavernicole *Troglopedetes*. Plusieurs groupes aussi fondamentaux et diversifiés dans les biocénoses édaphiques que les Pseudachorutinae et les Entomobryidae ont à peine été abordés à ce jour.

Malgré ces lacunes, nos données permettent de se faire une première idée des peuplements

édaphiques et souterrains; leur physiologie, établie à partir des récoltes de Chiang Dao et du Doi Inthanon, s'avère en effet très semblable, au niveau de la richesse spécifique ou des genres dominants, à celle observée dans les quelques prélèvements effectués dans d'autres régions du pays.

26.2 - STRUCTURES DES PEUPELEMENTS EDAPHIQUES FORESTIERS

Dans l'attente d'une analyse plus précise, l'examen direct des relevés fait apparaître le rôle prépondérant de l'altitude et de l'horizon édaphique considéré dans la structure biocénétique des peuplements.

26.2.1. - L'altitude.

Nos prélèvements de sols s'échelonnent de 500 à 2500 m, avec en particulier un transect complet de 500 à 2200 m pour le Doi Chiang Dao.

A basse et moyenne altitude, la faune est typiquement tropicale. Les prélèvements renferment un nombre d'espèces peu élevé représentées chacune par un petit nombre d'exemplaires. Cette pauvreté spécifique des milieux édaphiques tropicaux, déjà signalée au Népal par Cassagnau (1977) et dans l'est de la Thaïlande par Takeda (1981), contraste avec la richesse et l'abondance de la faune dans les milieux homologues des régions tempérées.

Le spectre des formes biologiques (sensu Gisin, 1943) dans les sols tropicaux de Thaïlande peut être caractérisé par :

- La dominance des euédaphiques (pigments et yeux absents, appendices courts) et des formes voisines microphthales et faiblement pigmentées. Dans cette catégorie, on rencontre une majorité d'espèces de petite taille des genres *Paleonura*, *Protaphorura*, *Folsomides*, *Folsomina*, *Isotomiella*, *Isotomodes*, *Sinella*, *Troglopedetina*, *Harlomillsia* et *Megalothorax*, comme l'avait d'ailleurs noté Takeda (1981) dans le nord-est de la Thaïlande. Quelques espèces de grande taille sont aussi représentées, appartenant au genre *Alloscopus* ou à la sous-famille des Neanurinae : n.g.2 (fig.26.1), n.g.5, n.g.6 et n.g.7.

- L'abondance des épigéomorphes (pigment foncé, yeux bien développés, appendices longs) avec essentiellement de nombreux Paronellidae.

- L'importance mineure des hémiedaphiques (pigment et yeux présents, appendices plutôt

Tab. 26.1. - Collemboles de Thaïlande signalés dans la littérature jusqu'en 1985. Seules ont été prises en compte les espèces déterminées au niveau spécifique. Les noms de genres sont ceux employés par les auteurs.

MM 85 : Mari Mutt, 1985 ; Takeda : Takeda, 1981 ; Y. 61, Y. 76 : Yosii 1961, Yosii 1976

* Espèce retrouvée dans nos prélèvements.

	Référence	Localités en Thaïlande	Présence hors de Thaïlande
Famille Neanuridae			
<i>Lobella (L.) erawan</i> Yosii, 1976	Y.76	Phet Buri, Khao Chang	-
" " <i>kraepelini</i> (Börner, 1906)	Y.76	Trang	+
" (<i>Lobellina</i>) <i>khaochongensis</i> Yosii, 1976	Y.76	Khao Chong	-
* <i>Thaianura umesaoi</i> Yosii, 1961	Y.61	Doi Inthanon	-
<i>Vitronura hirtella</i> (Börner, 1906)	Y.76	Khao Chong	-
Famille Isotomidae			
<i>Folsomides parvus</i> Folsom, 1934	Takeda	Khon Kaen	+
* <i>Folsomina onychiurina</i> Denis, 1931	Takeda	"	+
<i>Isotomiella minor</i> Schaeffer, 1896	Takeda	"	+
<i>Isotomina thermophila</i> (Axelson, 1900)	Takeda	"	+
Famille Entomobryidae			
<i>Acrocyrthus bipunctatus</i> Yosii, 1961	Y.62	Doi Inthanon	-
<i>Dicranocentus fasciatus</i> Yosii, 1961	Y.61	"	-
" <i>indicus</i> Bonet, 1930	Takeda	Khon Kaen	+
* " <i>thaicus</i> Yosii, 1961	Y.61, MM85	Doi Inthanon, D. Chiang Dao	-
<i>Discocyrthus sublobatus</i> Yosii, 1961	Y.61	Doi Inthanon	-
* <i>Heteromurus (Alloscopus) thailandensis</i> Mari Mutt, 1985	MM 85	Doi Chiang Dao	-
<i>Homidia cingula</i> Börner, 1906	Takeda	Khon Kaen	+
<i>Lepidocyrtus cf cyaneus</i> Tullberg, 1871	Y.61	Doi Inthanon	-
" <i>medius</i> Schaeffer, 1898	Y.61	"	-
<i>Seira thailandica</i> Yosii, 1961	Y.61	"	-
?* <i>Sinella cf höfti</i> Schaeffer, 1896	Y.61, Takeda	Doi Inthanon, Khon Kaen	+
Famille Paronellidae			
<i>Callyntrura marginata</i> Yosii, 1961	Y.61	Doi Inthanon	-
" <i>semilineata</i> Yosii, 1961	Y.61	"	-
" <i>spinifera</i> Yosii, 1961	Y.61	"	-
" <i>unilineata</i> Yosii, 1961	Y.61	"	-
<i>Dicranocentroides coomani</i> Delamare-Deboutteville, 1948	Y.61	"	+
<i>Microparonella ceylonica</i> Yosii, 1966	Takeda	Khon Kaen	+
<i>Salina grisescens</i> Yosii, 1961	Y.61	Doi Inthanon	-
" <i>maculata</i> Yosii, 1961	Y.61	"	-
" <i>pulchella</i> Goto, 1955	Y.61	Tham Chiang Dao	+
" <i>transversalis</i> Yosii, 1961	Y.61	Doi Inthanon	-
" <i>yoshikawai</i> Yosii, 1961	Y.61	"	-
Famille Neelidae			
* <i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	Takeda	Khon Kaen	+



Ph. 26.1 - Forêt claire de basse altitude près de Ban Pang Kha (Lampang).

courts), contrairement aux milieux homologues des régions tempérées.

En altitude une discontinuité physiologique majeure apparaît vers 1700 - 1800 m (1600 m au Doi Pui) avec le développement d'un cortège d'espèces à morphologie d'hémiédaphiques (appartenant aux genres *Ceratophysella*, *Chinogastrura*, *Cyclograna*, *Folsomia*, *Isotoma* s.l.). Ces formes à affinités paléarctiques dominent lorsque les conditions stationnelles sont les plus froides (forêts et tourbières au sommet du Doi Inthanon, 2500 m). On observe parallèlement une forte régression des euédaphiques de l'étage tropical, qui ne se trouvent pas remplacés par leurs homologues d'origine tempérée. Les épigéomorphes restent abondants mais ils sont représentés par des genres différents (*Tomocerus* notamment).

Cette évolution des peuplements avec l'altitude est sous la dépendance directe et indirecte des facteurs climatiques. Ce sont en particulier les caractères pédologiques qui peuvent rendre compte des variations observées. A cet égard, le contraste est frappant entre les épaisses litières forestières de l'étage montagnard, reposant sur un humus noir et profond, et les litères de la zone tropicale, très maigres et directement en contact avec un sol argilo-limoneux dépourvu d'horizon humifère bien caractérisé; l'importance du contingent des hémiédaphiques suit fidèlement le degré de développement de la litière et de l'humus.

26.2.2. Différenciation du peuplement avec la profondeur.

Nous avons signalé par ailleurs l'existence d'une faune endogée bien caractérisée dans les sols de Thaïlande (Chap.20), mise en évidence par des séries de prélèvements couplés litière-

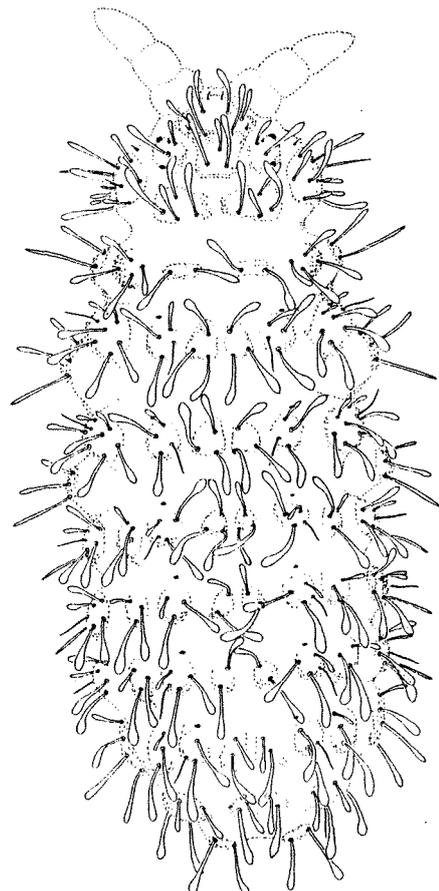


Fig. 26.1 - Neanurinae (n.g.2, n.sp.1) mésophile endémique du Doi Inthanon au dessus de 2000 m.

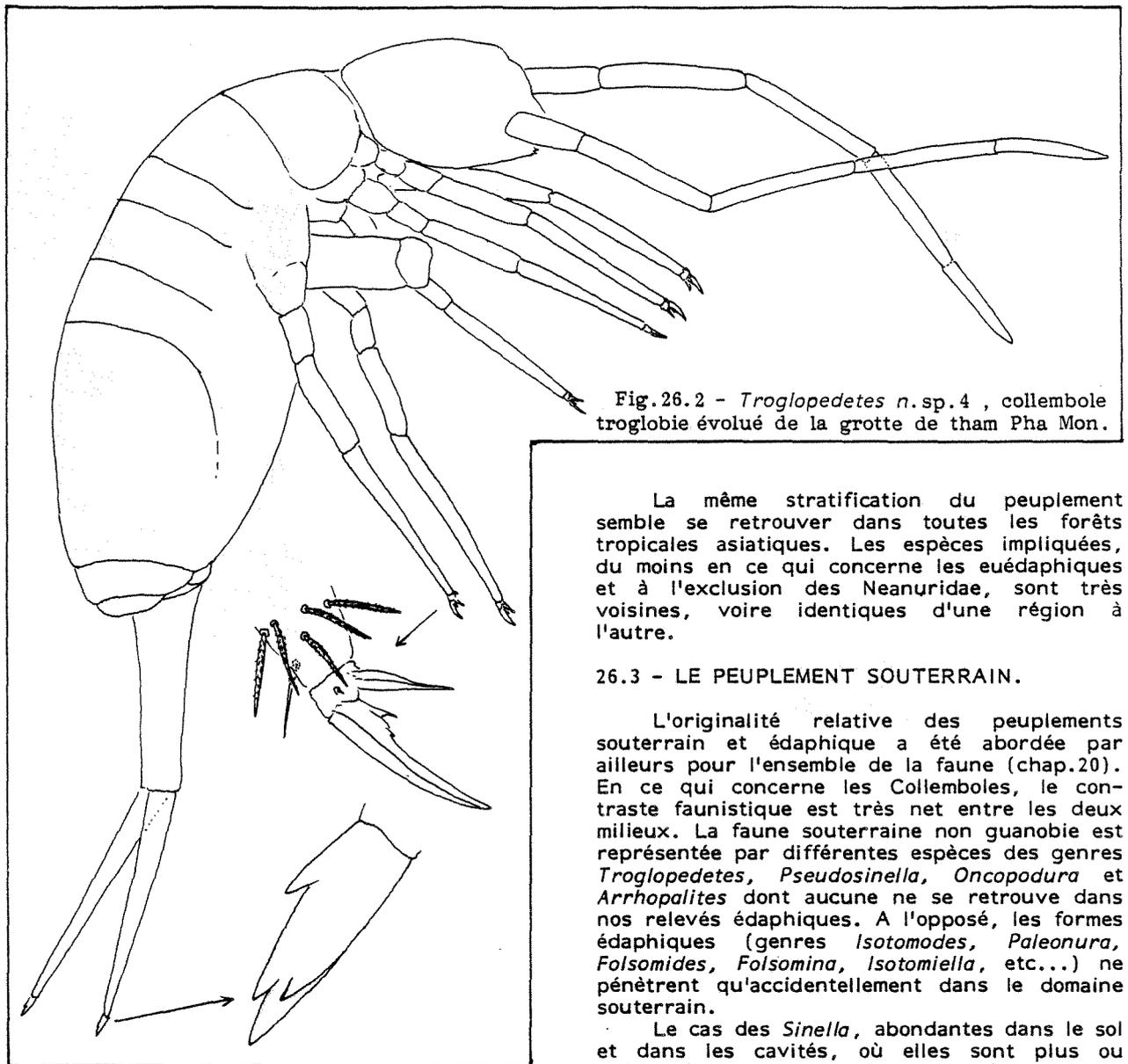


Fig.26.2 - *Troglopedetes* n. sp.4 , collembole troglobie évolué de la grotte de tham Pha Mon.

La même stratification du peuplement semble se retrouver dans toutes les forêts tropicales asiatiques. Les espèces impliquées, du moins en ce qui concerne les euédaphiques et à l'exclusion des Neanuridae, sont très voisines, voire identiques d'une région à l'autre.

26.3 - LE PEUPELEMENT SOUTERRAIN.

L'originalité relative des peuplements souterrain et édaphique a été abordée par ailleurs pour l'ensemble de la faune (chap.20). En ce qui concerne les Collemboles, le contraste faunistique est très net entre les deux milieux. La faune souterraine non guanobie est représentée par différentes espèces des genres *Troglopedetes*, *Pseudosinella*, *Oncopodura* et *Arrhopalites* dont aucune ne se retrouve dans nos relevés édaphiques. A l'opposé, les formes édaphiques (genres *Isotomodes*, *Paleonura*, *Folsomides*, *Folsomina*, *Isotomiella*, etc...) ne pénètrent qu'accidentellement dans le domaine souterrain.

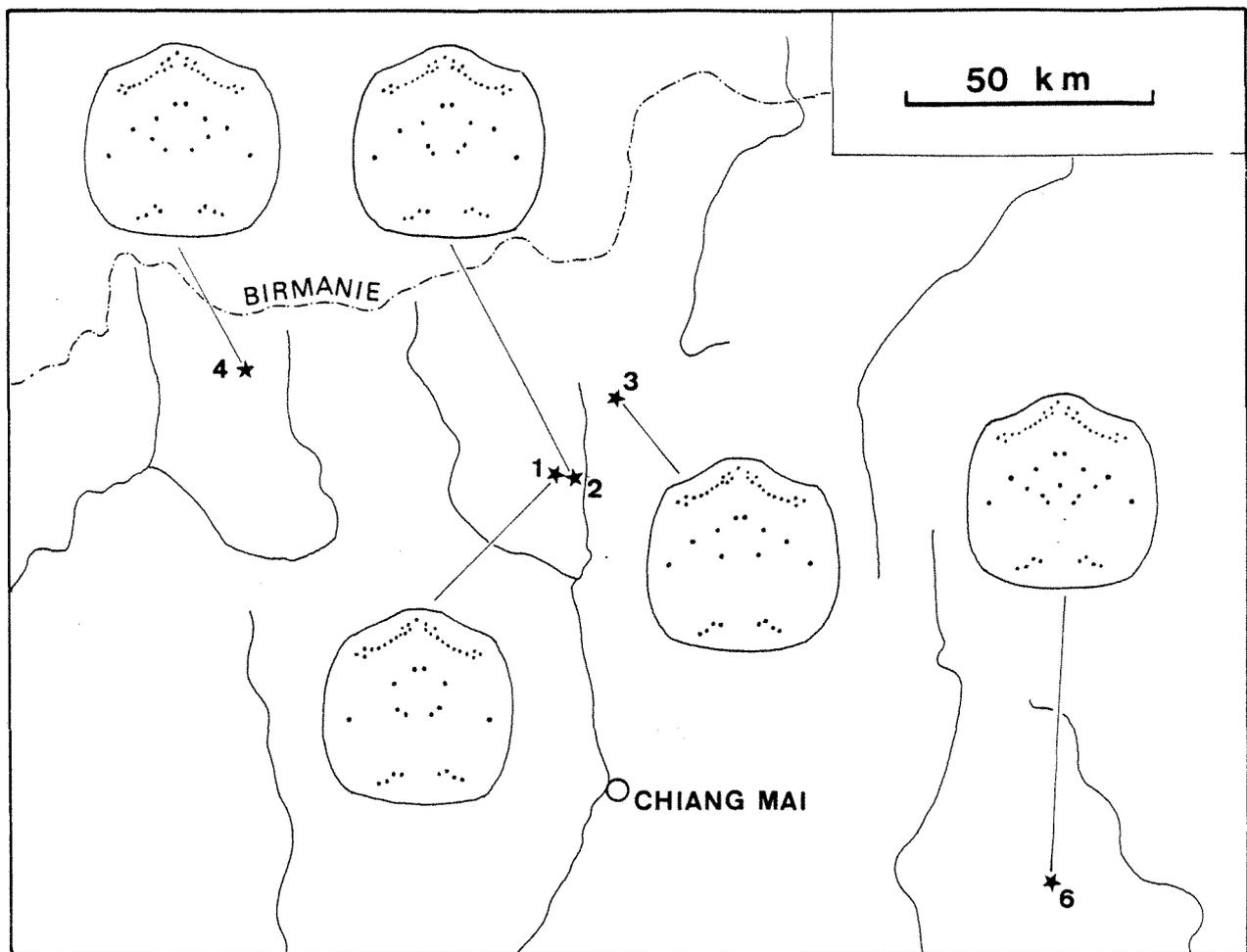
Le cas des *Sinella*, abondantes dans le sol et dans les cavités, où elles sont plus ou moins liées au guano, n'a pas pu être pris en compte étant donné la confusion taxonomique qui règne au sein de ce genre. Un second genre guanobie fréquent (*Acherontiella*) n'a été rencontré que dans les cavités souterraines. Quant aux autres formes citées dans le catalogue des espèces (chap.19), elles correspondent à des exemplaires isolés, manifestement hors de leur milieu, là où elles ont été récoltées (*Xenyllina*, *Folsomides*, *Folsomina*).

Du point de vue de la diversification géographique du peuplement, les quelques résultats disponibles montrent là encore, un opposition faune édaphique/faune souterraine. Ainsi, le genre troglobie *Troglopedetes* est constitué de nombreuses espèces distinctes, chacune restreinte à une unité karstique (fig.26.2).

Nous n'avons rien trouvé de comparable dans la faune endogée, dont les espèces ne semblent guère présenter, du moins à basse altitude, de tendance marquée à la spéciation géographique. Ainsi, les *Isotomodes*, *Isotomiella*, *Folsomides* et *Folsomina* sont les mêmes dans toutes les régions prospectées. Seul le

/sol profond réalisés dans la région de Chiang Dao en-dessous de 1000 m d'altitude. *Isotomodes trisetosus* constitue chez les Collemboles l'élément le plus caractéristique de cette faune édaphique. Bien que peu diversifiés, les Collemboles endogés comprennent encore différentes espèces de *Paleonura*, *Isotomiella* et *Folsomina*, incomplètement analysées, dont certaines se retrouvent dans les litières superficielles.

Ce dernier horizon héberge une faune plus riche où dominent souvent des espèces de type morphologique euédaphique appartenant aux genres *Protaphorura*, *Paleonura*, *Folsomides*, *Folsomina*, *Alloscopus* et *Sinella*, qu'on s'attendrait plutôt à trouver dans le sol profond. Le contingent des espèces mésophiles est moins bien représenté avec divers Neanuridae (nombreuses espèces), *Folsomides*, *Lepidocyrtus*, *Troglopedetina* et *Harlomillsia*. Les formes atrophiles sont nombreuses et diversifiées (Paronellidae, Entomobryidae, Symphypleona).



genre *Paleonura* échappe à cette règle, mais il appartient à la sous-famille des Neanurinae dont l'aptitude à la diversification spécifique est un caractère bien établi.

26.4 - AFFINITES.

La discussion des affinités de la faune thaïlandaise suppose une connaissance faunistique minimum des régions voisines. Or, malgré la place souvent prépondérante qu'ils occupent au sein des peuplements édaphiques et souterrains, les Collemboles d'Asie tropicale ont été jusqu'ici fort peu étudiés. L'essentiel des données disponibles provient des travaux de Yosii (1959 à 1982) et de Cassagnau (1982 à 1984). Elles couvrent un nombre limité de régions, parmi lesquelles seuls le Népal et Sarawak (Bornéo) ont fait l'objet de recherches approfondies. Nous avons heureusement accès à une source d'information complémentaire constituée par le matériel collemologique aujourd'hui considérable récolté par différents chercheurs (Besuchet, Beron, Bournes, Burckhardt, Cassagnau, Löbl et nous-mêmes) au cours d'expéditions antérieures en Assam, Indes, Ceylan, Indonésie, Philippines et Papouasie.

Dans ce cadre la faune du nord-ouest de la Thaïlande (seule région du pays sur laquelle nous disposons de données satisfaisantes) apparaît constituée de prime abord par deux contingents distincts :

Fig.26.3 - *Troglopedetes cavernicoles* du nord-ouest de la Thaïlande, avec la disposition des macrochètes sur la tête, caractéristique de chaque espèce.

n.sp.1:tham Ban Oui Haen ; n.sp.2:tham Chiang Dao ; n.sp.3:tham Klæb Yai ; n.sp.4:tham Pha Mon ; n.sp.6: tham Pha Thai (n.sp.5:plus au sud)

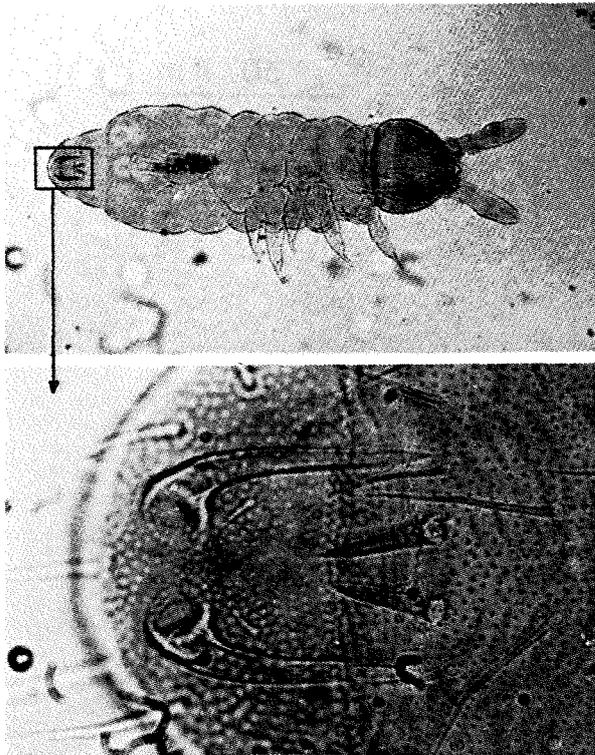
- l'un d'affinités paléarctiques
- l'autre de caractère tropical.

26.4.1. Contingent à affinités paléarctiques.

Il comprend 11 genres ou sous-genres distincts: *Ceratophysella*, *Chinogastrura*, *Cyclograna*, *Paranura*, *Onychiurus*, *Protaphorura*, *Folsomia*, *Isotoma* (*Isotoma*), *I. (Pari-sotoma)*, *I. (Pseudisotoma)* et *Tomocerus*.

Seuls, *Paranura* et *Protaphorura* ont des représentants à basse altitude. Tous les autres genres sont limités aux zones les plus élevées du Doi Inthanon et du Doi Chiang Dao, généralement au-dessus de 1500 m. Les espèces à affinités paléarctiques ne dominent réellement au sein des biocénoses que dans la région sommitale du Doi Inthanon, constamment froide et humide.

Pour la plupart des espèces rencontrées, il n'est pas possible de préciser les affinités au sein de la région paléarctique. Ainsi, les genres *Ceratophysella*, *Onychiurus*, *Protaphorura*, *Folsomia*, *Tomocerus* et *Isotoma* s.l. possèdent des espèces sur toute l'Asie tropicale jusqu'en Australie, bien que leur centre d'origine soit incontestablement paléarctique.



Ph.26;2 - *Chinogastrura cf. duplicispinosa*, espèce caractéristique des sols forestiers de haute altitude au Doi Inthanon, avec détail des épines anales.

La connaissance phylogénétique de ces genres est d'ailleurs trop rudimentaire pour apporter des informations fiables sur les affinités des formes thaïlandaises. Les trois genres restant (*Chinogastrura*, *Cyclograna* et *Paranura*) dénotent des affinités évidentes avec la région paléarctique orientale (Japon et Corée) ; nous rapportons même le *Chinogastrura* récolté en Thaïlande à l'espèce *duplicispinosa* (Yosii, 1954) de Chine, Corée et Japon.

26.4.2. Les espèces tropicales.

La plupart des autres espèces peuvent être considérées comme issues de lignées tropicales, ce qualificatif recouvrant une réalité plus écologique que biogéographique. Au sein de cet énorme contingent, seuls quelques groupes ayant fait l'objet de recherches taxonomiques et phylogénétiques approfondies sont susceptibles de nous apporter l'information biogéographique recherchée. La sous-famille des Neanurinae est incontestablement la plus intéressante à cet égard car la plus diversifiée et la mieux étudiée en Asie tropicale.

A - Les Neanurinae.

Avec 15 genres et 37 espèces, les Neanurinae sont particulièrement bien représentés en Thaïlande. Tous les genres (à l'exception de *Paranura sp.*, à affinités paléarctiques discutées plus haut) sont issus de lignées tropicales. Deux grands groupes se dégagent de cette faune : l'un à affinités malésiennes (nota : la Malésie correspond à la province biogéographique qui va de la péninsule malaise à l'archipel Bismarck - Whitmore, 1981), l'autre à affinités indo-africaines.

a/ Les affinités avec la Malésie sont

illustrées par la lignée lobellienne ; largement dominante de la Nouvelle-Guinée à la Malaisie, elle devient très minoritaire dans le nord-ouest de la Thaïlande, où ne semblent subsister que les espèces les plus hygrophiles à l'exclusion des mésophiles.

b/ Les genres à affinités indo-africaines sont représentés par les lignées bilobellienne et blasconurienne.

La lignée bilobellienne possède 3 genres en Thaïlande : *Pronura*, n.g.1, et *Thaianura*. *Pronura* est un genre primitif très diversifié dans les régions éthiopienne et indienne ; avec une espèce en Thaïlande, ainsi qu'un nouveau genre très voisin (n.g.1, n.sp.), il traduit une affinité faible, d'origine sans doute ancienne, avec le domaine indo-africain. Le genre *Thaianura*, endémique de Thaïlande, est au contraire hyperévolué, et si particulier que son rattachement à la lignée bilobellienne mériterait d'être rediscuté.

La lignée blasconurienne trouve en Thaïlande son centre de diversification maximum (4 genres et 15 espèces). Les genres rencontrés indiquent des affinités incontestables avec le sud de l'Inde (genre *Blasconura*), mais également avec la chaîne himalayenne ; la lignée phylliomérienne, très diversifiée dans cette dernière région (Cassagnau, 1981) est en effet phylétiquement proche de la lignée blasconurienne, dont certains genres (n.g.2) possèdent un habitus très voisin des *Phylliomeria* Delamare, 1948.

Le genre *Paleonura*, le plus primitif des Neanurinae par ses structures tégumentaires, est répandu dans toutes les régions tropicales afro-asiatiques, avec également quelques représentants en Amérique du nord. Sa connaissance phylogénétique est encore insuffisante pour nous permettre de préciser les affinités des 9 espèces thaïlandaises.

Il reste enfin 3 genres inédits, tout à fait aberrants, dont le rattachement aux Neanurinae n'est d'ailleurs pas encore certain. Nous réservons l'étude de leurs affinités à un travail ultérieur.

B - Autres collemboles.

Les informations sont plus fragmentaires et les interprétations plus délicates. Ainsi, la découverte en Thaïlande du genre *Xenyllina* (connu seulement en Côte d'Ivoire et au Kenya) et d'un autre genre voisin de *Brasilimeria* (spécial au Brésil) témoigne peut-être plus de l'insuffisance de nos connaissances taxonomiques et des lacunes de nos prospections faunistiques que de réelles affinités.

Le seul indice incontestable d'affinité avec la Malésie nous est fourni par le genre *Denisimeria*, dont une espèce est en Thaïlande (*D. caudata*), les deux autres dans la péninsule malaise (*D. longlobata* Massoud, 1964) et Bornéo (*D. martyni* Yosii, 1980).

26.4.3. Conclusions.

L'analyse des Neanurinae a clairement établi que la plupart des genres thaïlandais présentaient des affinités occidentales (indiennes ou africaines), l'élément d'origine malésienne étant peu important. Ce résultat, à première vue surprenant (les chaînons du nord-ouest de la Thaïlande se continuent sans aucune interruption jusqu'à la péninsule malaise), s'accorde en réalité aux données de la

littérature, qui considèrent l'isthme de Kra comme une frontière biogéographique majeure en Asie tropicale (Jacobs, 1974).

Il est cependant difficile d'extrapoler ces observations à l'ensemble de la faune collemboologique de Thaïlande, car les Neanurinae présentent des aptitudes à la dispersion beaucoup plus limitées que celles des autres groupes de Collembolés. Il serait fort intéressant d'étudier dans cette perspective biogéographique le comportement des espèces atmophiles et mobiles d'Entomobryoides ou de Symphypleona.

26.5 - ENDEMISME.

Les Collembolés thaïlandais présentent tous les types de répartition classiques, depuis les subcosmopolites jusqu'aux endémiques plus ou moins stricts. Nous nous sommes particulièrement intéressés à cette dernière catégorie, dans le but d'y déceler des modèles favorables à l'étude de la spéciation en milieu tropical. Les résultats préliminaires de nos analyses semblent confirmer cet espoir et méritent d'être exposés ici.

26.5.1. Les espèces à vaste répartition.

Plusieurs espèces de la faune thaïlandaise se retrouvent dans les régions tropicales américaine, africaine et asiatique. Elles peuvent donc être considérées comme pantropicales, parfois même subcosmopolites lorsqu'elles débordent sur certaines régions tempérées. Ce sont des espèces de petite taille, euédaphiques pour la plupart : *Folsomides exiguus*, *Folsomina onychiurina*, *Isotomiella paraminor*, *Isotomodes trisetosus* et *Harlomisilla oculata*. Signalons ici que le statut taxonomique des formes réunies sous le nom d'*Isotomiella paraminor* demanderait à être précisé, les *paraminor* européens différant notablement de ceux des régions tropicales.

26.5.2. L'endémisme supra-spécifique.

Plusieurs genres rencontrés dans nos prélèvements ne sont actuellement connus que de Thaïlande. Ils appartiennent tous à la famille des Neanuridae (*Thaianura* et plusieurs nouveaux genres), et correspondent vraisemblablement à des endémiques de la région Birmanie-Thaïlande-Laos, mais le matériel disponible ne permet pas encore de se prononcer sur ce point. Il est en outre fort possible que les nouveaux genres n.g.3 et n.g.4 soient limités au Doi Inthanon, constituant alors de remarquables microendémiques. Du moins ces deux genres n'ont-ils pas été rencontrés dans les régions voisines.

26.5.3. L'endémisme au niveau spécifique et infraspécifique.

L'endémisme est particulièrement marqué au niveau spécifique, et peut-être infraspécifique, dans notre matériel, avec toutefois des différences importantes selon la lignée et selon le biotope considérés.

Les Neanurinae, dont la malléabilité morphologique au cours de l'évolution a été reconnue depuis longtemps, se sont différenciés de façon explosive et spectaculaire, la plupart des 37 espèces reconnues pouvant être considérées comme des microendémiques. A

l'opposé, les Anurophorinae thaïlandais sont des formes expansives souvent pantropicales, à l'exception de deux *Proisotoma*.

L'isolement relatif des biotopes, actuel et passé, joue également un rôle primordial dans le développement de l'endémisme. Deux milieux sont particulièrement intéressants à cet égard : la haute montagne et le milieu souterrain.

En haute montagne (au-dessus de 1800 m en l'occurrence), deux localités ont été prospectées : le Doi Inthanon (2500 m, point culminant de Thaïlande) et le Doi Chiang Dao (2200 m). Leurs faunes collemboologiques sont bien distinctes l'une de l'autre, et diffèrent aussi nettement de celle des régions basses. Ces deux massifs renferment une forte proportion de microendémiques issus principalement de lignées psychrophiles d'origine paléarctiques, mais également de certains groupes tropicaux (Neanurinae du genre *Paleonura* et de la lignée blasconurienne) (Chap. 20).

Le milieu souterrain est quant à lui morcellé par la discontinuité des affleurements calcaires dans lesquels il se développe ; mais également - et c'est sans doute une de ses particularités en zone tropicale - par l'absence vraisemblable de MSS bien développé entre les différentes unités karstiques, obstacle majeur au flux génique interpopulation (cf. chap.20). Cette organisation du milieu est sans doute à l'origine chez *Troglopedetes*, genre le plus caractéristique du domaine souterrain dans cette région, de la pulvérisation observée en espèces voisines faiblement mais nettement caractérisée (fig.26.2), chacune étant limitée à une aire géographique restreinte. La même analyse est actuellement en cours sur le genre *Sinella*, également bien représenté dans toutes les cavités étudiées, et il a d'ores déjà été possible d'y reconnaître plusieurs espèces distinctes.

CONCLUSIONS

La Thaïlande, par sa facilité d'accès et sa position au carrefour de deux régions biogéographiques importantes (indienne et malésienne) offre un territoire privilégié pour l'étude de la faune tropicale asiatique. Dans ce cadre, les Collembolés, avec notamment les Neanurinae, peuvent constituer de précieux indicateurs biogéographiques.

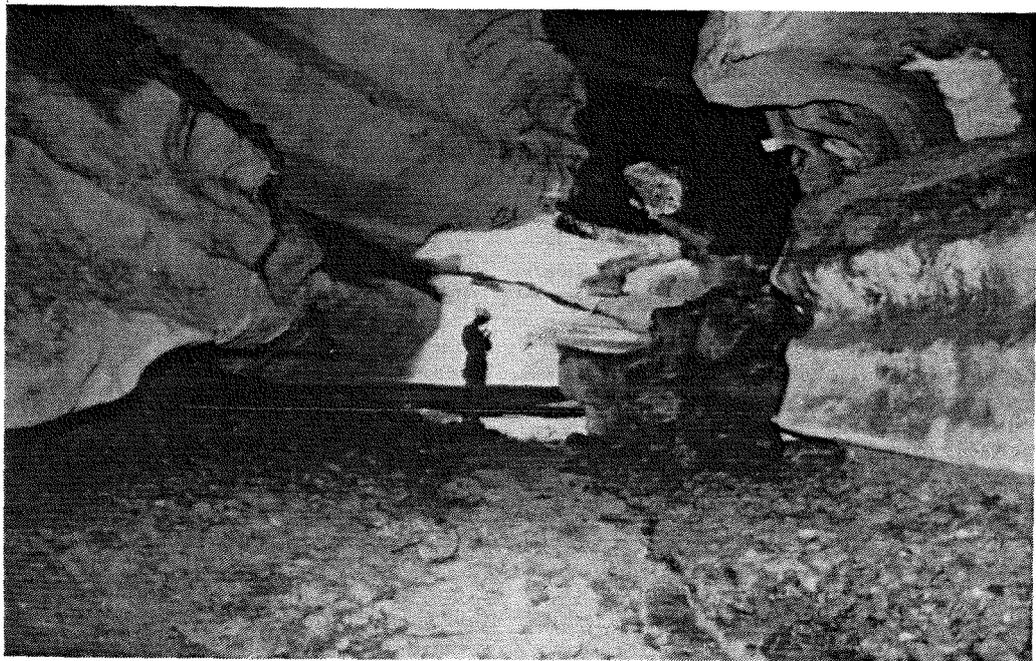
D'un point de vue évolutif, les récoltes de l'expédition Thaï-Maros 1985, ont permis de mettre en évidence l'influence du morcellement de certains milieux continentaux sur l'apparition de nouvelles espèces : milieu de montagne d'une part, milieu souterrain d'autre part. Les résultats préliminaires montrent qu'en ce domaine, plusieurs groupes de collembolés - et en premier lieu les Neanurinae et le genre *Troglopedetes* - pourraient constituer d'excellents modèles pour l'étude de la spéciation en milieu tropical.

La poursuite des recherches en Thaïlande sera donc envisagée dans deux directions : sous l'angle biogéographique, afin de préciser la zone de balance des faunes malésiennes et indienne au niveau de l'isthme de Kra, en fonction de l'aptitude à la dispersion chez différents groupes de collembolés ; sous l'angle évolutif, afin de réaliser une couverture plus

serrée des populations souterraines de *Troglopedetes* et des populations édaphiques de Neanurinae, l'objectif étant de déterminer quelles barrières au flux génique pourraient être à l'origine de la spéciation dans les sols et dans les karsts tropicaux.

- CASSAGNAU P., 1966 - Données préliminaires sur les Collemboles édaphiques de l'Himalaya népalais - Coll. Int. CNRS Ecol. et Geol. Himalaya : 129-134;
- CASSAGNAU P., 1981 - Les Collemboles du sol, marqueurs biogéographiques dans l'Himalaya et le subcontinent indien - C.R. Table Ronde CNRS, Toulouse, avril 1979. Cahiers Népalais : 37-52;
- CASSAGNAU P., 1983 - Un nouveau modèle phylogénétique chez les Collemboles Neanurinae - Nouv. Rev. Ent., 13 : 3-27;
- GISIN H., 1943 - Okologie und Lebensgemeinschaften der Schweizerischen Excursiongebiet - Rev. Suisse Zool., 50 (4) : 131-224;
- JACOBS M., 1974 - Panorama botanique de l'archipel malais (plantes vasculaires) - in Ressources Naturelles de l'Asie tropicale humide, UNESCO, Paris : 285-320;

- LEGRIS P., 1974 - Végétation et floristique de l'Asie continentale tropicale humide - in Ressources Naturelles de l'Asie tropicale humide, UNESCO, Paris : 237-259;
- MASSOUD Z., GRUIA M., 1973 - Collemboles arthropleones de Cuba récoltés en 1969 par la mission cubano-roumaine - in Résultats des expéditions biospéologiques cubano-roumaines à Cuba, 1 : 327-343;
- MARI-MUTT J., 1985 - Eight new species of *Dicranocentrus* and redescription for *D. thaicus* and *D. pilosus* (Collembola : Entomobryidae : Orchesellinae) - J. Agric. Univ. Puerto Rico, 59 : 297-322;
- MARI-MUTT J., 1985 - Three new species of *Heteromurus (Alloscopus)* and descriptive notes for species of the subgenus (Collembola : Entomobryidae) - The Florida Entomol., 68(2) : 335-346;
- TAKEDA H., 1981 - Effects of shifting cultivation on the soil meso-fauna with special reference to collembolan populations in the North-East Thailand - Mem. Coll. Agric., Kyoto Univ., 118 : 45-60;
- YOSII R., 1961 - On some Collembola of Thailand - Nature and Life in Southeast Asia, 11 : 171-198;
- YOSII R., 1976 - On some Neanurid Collembola of Southeast Asia - Nature and Life in Southeast Asia, 7 : 257-299;



Tham Klaeb Yai, galerie moyenne.

27. COLÉOPTÈRES - PSÉLAPHIDES

C. BÉSUCHET

Comme dans toutes les régions tropicales, les Pselaphidae sont abondants et diversifiés dans les sols. Dans les prélèvements de l'expédition Thaï-Maros 1985 ils sont représentés par de nombreuses espèces actuellement en cours de tri. Seules ont été examinées les formes cavernicoles dont quelques exemplaires ont été récoltés à vue dans les cavités du nord-ouest de la Thaïlande.

Il faut d'abord dire que les Psélaphides cavernicoles sont toujours rares ou très rares et qu'ils sont encore presque inconnus dans la région orientale (une seule citation).

Les dix exemplaires récoltés en Thaïlande appartiennent à un genre nouveau de la tribu des Batrisini. Les pattes et les antennes de

ces animaux sont très longues et grêles ; les femelles sont microphtalmes tandis que les mâles ont des yeux relativement bien développés. Il s'agit à mon avis plutôt de troglaphiles que de troglobies, mais ils sont totalement absents dans les récoltes faites à l'extérieur des grottes (des milliers de Psélaphides ont été récoltés en 1985 par mes collègues I. Löbl et D. Burckhardt dans différentes régions de la Thaïlande). Ce genre nouveau est représenté par deux espèces.

Sp.1 : Tham Pha Mon (Karst de la Nam Lang), 2 mâles et 2 femelles;

Sp.2 : Tham Ban Oui Haen (Doi Chiang Dao), 1 mâle et 5 femelles.

28. ALGUES

P. LECLERC

Dans le porche de la grotte de Tham Sam, nous avons constaté la présence d'un revêtement bleuâtre sur les parois et le plafond, qui évoquait fortement les colonies d'une algue cavernicole telle que *Geitleria calcarea* qui peut être observée dans quelques grottes de France. Un prélèvement a été réalisé et adressé au Dr. Couté du Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, qui a bien voulu étudier ce matériel et nous l'en remercions très vivement. Un premier examen semble bien confirmer qu'il s'agit précisément de cette algue.

Geitleria calcarea Friedmann, 1955, est une Cyanophycée terrestre. Elle fut découverte dans des grottes d'Israël, puis retrouvée, toujours sous terre, en France, en Espagne, en Yougoslavie, mais aussi en Floride, aux

Bahamas et dans le Pacifique sud aux îles Cook. Cette algue recouvre les parois de la zone obscure de l'entrée des cavités en formant un revêtement bleu-gris essentiellement dû à des filaments incrustés de carbonate de calcium (Couté, 1983).

La découverte de ce végétal en Thaïlande confirme la répartition cosmopolite de cette espèce qui montre ainsi une étonnante constance écologique.

BIBLIOGRAPHIE :

COUTE A., 1983.- Ultrastructure d'une Cyanophycée cavernicole : *Geitleria calcarea* Friedmann (Hormogonophycidés, Stigonématales) - Mém. Biospéol., 10 : 227-232;

ANNEXES

A1. - ADMINISTRATIF (François BROUQUISSE)

Pour les formalités administratives classiques se rapporter aux guides (cf. A8).

Quelques points cependant :

1. - Papiers officiels

Thaïlande : envoyer à l'ambassade ou au Consulat :

- attestation de voyage de l'agence
- passeport
- formulaire de demande de visa
- montant du visa 50,00 f.
- 3 photos

Indonésie : pas besoin de visa pour séjour inférieur à 2 mois.

2. - Se munir de photocopies de votre passeport et de plusieurs photos d'identité :

- en cas de perte du passeport
- pour les autorités locales
- pour laisser à l'ambassade de France, etc...

3. - Autorisations officielles

Pour une activité à caractère scientifique il faut obtenir des autorisations et un visa de recherche.

La demande peut être effectuée soit au nom de l'association, c'est ce que nous avons fait en Indonésie, soit à titre personnel, comme nous avons procédé en Thaïlande.

Dans tous les cas, il y a un dossier à remplir détaillant le programme envisagé, son financement, les compétences et titres des postulants, les cautions de personnalités scientifiques, etc... et éventuellement la signature d'un contrat portant sur la prise en charge de spéléologues ou chercheurs du pays d'accueil (cas de l'Indonésie).

Pour la Thaïlande, l'autorisation a été obtenue en 3 mois (demandée à titre personnel). S'adresser à :

NATIONAL RESEARCH COUNCIL.
196 Phahonyothin Road.
Bangkok 9. THAILAND

Pour l'Indonésie, au terme de 2 ans de tractations et de rebondissements en tous genres, dont la défection du responsable de la fédération indonésienne de spéléologie et son blocage des dossiers, et de centaines d'heures

passées sur les paperasses, nous n'avons pu obtenir les autorisations nécessaires pour l'été 85. L'administration indonésienne très bureaucratique, et certains organismes semblent plus soucieux de drainer un maximum d'argent d'initiatives étrangères que de favoriser une collaboration dénuée d'arrière pensées. S'adresser à :

LIPU. Jl. Jenderal Gatot Subroto n° 10
JAKARTA SELATAN. INDONESIA

4. - Organismes officiels

Ambassade Royale de Thaïlande : 8 rue Greuze. 75116 - PARIS.

Office du Tourisme de Thaïlande : 90 av. des Champs Elysées. 75008 - PARIS.

Ambassade d'Indonésie : 49, rue Cortambert. 75016 - PARIS.

Ambassade de France à Bangkok : 35 Custom House Lane, New Road (Charoen Krung) Bangkok. Thailand.

Ambassade de France à Jakarta : Jl. Thamrin 75. Jakarta. Indonesia.

5. - Compagnies aériennes

THAI : 123, av. des Champs Elysées.
75008 - PARIS

GARUDA : 17, av. Hoche. 75008 - PARIS.

6. - Santé

Aucune vaccination n'est obligatoire, mais ;

- polio, tétanos impératifs
- autres vaccinations accessoires
- traitement préventif du paludisme.

7. - Assurances

En plus de l'assurance FFS, il est utile de souscrire une couverture supplémentaire type : Mondial-Assistance, Europe-Assistance, Maif-assistance, FSI, ...

A couverture analogue, les tarifs pour le sud-est asiatique tournent autour de :

1 mois

450 F.

2 mois 580 F.
Par mois supplémentaire 300 F.

8. - Agences de voyages

Nous avons pris Nouvelles Frontières et le Point.

9. - Devises

Il n'y a eu aucun problème pour les voyageurs francs ou dollars (Thomas Cook, Visa). Nous avons pu les échanger à Bangkok, Chiang Maï, Jakarta et Ujung Pandang.

Pour les cartes de crédit, nous avons pu utiliser la carte VISA en paiements auprès de certains commerçants, à Bangkok, Chiang Maï, Jakarta, et pour retirer de l'argent à Bangkok Chiang Maï, Jakarta et beaucoup plus difficilement à Ujung Pandang (Etab. bancaire "DU-TA").

A2. - TRANSPORTS, HEBERGEMENT ALIMENTATION (Français BROUQUISSE)

Les indications données dans cette annexe viennent en complément ou pour actualiser les renseignements fournis par les guides. Elles sont donc valables pour les lieux où nous sommes passés durant l'été 85.

1. - Les Transports

* Transports internationaux

Nous sommes passés par l'agence "Nouvelles Frontières" :

- Bruxelles-Bangkok : (Cie Roumaine "Taron")
A.R. : 3.790,00 F.
- Bangkok-Jakarta : (Cie "Thai Airways")
A.R. : 3.250,00 F.

Dates à retenir et billets à prendre au moins 3 mois avant le départ pour les vols Europe-Bangkok ; au moins 1 mois pour les vols "Inter-Asie".

Taxes d'aéroport :
à Jakarta : 6.000 Rp. (48,00 F.)
à Bangkok : 120 B. (42,00 F.)

Le retour en "open" est possible (Jakarta et Bangkok) mais très aléatoire à Bangkok (il faut dans ce cas s'inscrire sur place le plus tôt possible).

Dans tous les cas faire confirmer ses dates à l'arrivée, au siège de la Cie aérienne.

Il est possible d'avoir des vols Europe-Jakarta directs (stop éventuel à Bangkok) moins chers qu'avec la solution que nous avons adoptée, de dissocier l'acheminement sur la Thaïlande de celui sur l'Indonésie.

* Transports intérieurs

Thaïlande :

Réseau aérien
Les principales villes de Thaïlande sont desservies par la "Thai Airways" à des prix

compétitifs.

Pour notre part nous n'avons utilisé que la liaison aérienne :
Chiang-Maï-Mae Hong Son :
A.S. 130 km 300 B (98,00 F)
pour gagner le karst de la Nam Lang en raison de l'état des pistes.

Réseau routier

Il est très développé : compagnies de bus et "taxis-pick-up" :

a) Les bus sont le moyen de transport le plus pratique et le moins cher. Prix minimum :

- Bangkok-Chiang Maï :
A.S. 714 km 133 B (47,00 F)
- Bangkok-Phuket :
A.S. 922 km 166 B (58,00 F)
- Chiang-Maï-Chiang Dao :
A.S. 70 km 16 B (5,60 F)

Les voyages sont parfois pénibles : les places sont étroites et les suspensions souvent défectueuses (tarifs les moins chers).

Le prix du bus tourne autour de 6 à 8 centimes le km.

b) Le taxi est plus cher que le bus (fonction du lieu : ville-campagne, si c'est touristique ou pas et du type de taxi).

- Chiang Dao-Tham Chiang Dao :
5 km 5 B (1,75 F)
- Paï-Sop Pong :
43 km 20 B (7,00 F)
- Sopong-Mae Hong Son :
68 km 30 B (10,50 F)

Les taxis ne partent que lorsqu'ils sont pleins : entre 3 et 8 personnes. Le prix du taxi débute à 15 centimes le km.

Ces prix sont des minimums et peuvent doubler dans les secteurs les plus touristiques.

Le marchandage est possible pour les taxis.

Réseau ferré :

Bon marché mais beaucoup moins développé (même ordre de prix que le bus).

Indonésie :

Les vols intérieurs sont assurés principalement par trois compagnies : Garuda, Merpati et Mandala : les prix peuvent varier de 1 à 1,5 entre Garuda et Mandala. Nous avons pris :

- Jakarta-Ujung Pandang :
Aller (Merpati) (via Surabaya)
1.450 km 115.850 Rp. (930,00 F)
- Ujung Pandang-Jakarta :
Retour (Mandala) (via Surabaya)
1.450 km 105.000 Rp (840,00 F)

A Sulawesi, les transports sont assurés par des minibus et des "taxis-pick-up" :

- Aéroport Hassanudin-Bantimurung :
25 km 500 Rp. (4,00 F)
- Maros-Bantimurung
15 km 250 Rp (2,00 F)
- Bantimurung-Kappang
17 km 400 Rp. (3,20 F)
- Maros-Rantepao
350 km 3.000 Rp (24,00 F)

- Ujung Pandang-Bantimurung
45 km 500 Rp (4,00 F)
On tourne entre 10 et 20 centimes le km.
. Train (Java seulement) et bateau :
- Jakarta Surabaya : Train couchette
700 km (BIMA) 1 nuit. 21.700 Rp (1) (173,60 F)
- Surabaya-Ujung Pandang : bateau 4e classe
800 km (PELNI LINE) 24 h. 25.500 Rp (2) (204 F).

. Le marchandage est possible auprès des agences de voyage locales pour les vols intérieurs (sauf Garuda).

(1) En 3e classe assise : 6.800 Rp (54,40 F)
(2) En classe économique (deck) : 21.000 Rp (168,00 F).

* Le fret

Aérien :

En bagages accompagnés on a théoriquement droit à :

{ 20 kg dans la soute
1 bagage à main (20x40x55cm) encombrement maxi. : on peut arriver à y caser 15 kg.
donc au total : 35 kg.

Il existe une tolérance variable et aléatoire de quelques kg pour la soute.

Au-delà, c'est de l'ordre de 1 % à 2 % du prix du billet par kg supplémentaire.

Maritime

(1) C'est le moyen que nous avons choisi pour acheminer 1 mois 1/2 à l'avance 6 cantines de matériel, de Toulouse à Bangkok.

a) L'agence DANZAS-Toulouse a assuré l'expédition :

- * prise à domicile - docks de Bangkok
- * 6 cantines - 250 kg - 0,9 m3
- * 2.500,00 F.

Le matériel est déclaré comme "effets personnels" (articles non commerciaux). Il faut fournir une liste détaillée, par cantine, du matériel, et sa valeur, le poids et le volume des cantines, le tout en anglais.

b) Pour la récupération aux douanes de Bangkok après signature du bordereau d'enlèvement par le groupe assurant le transport maritime (SCANDUTCH/CGM) se présenter au service des douanes du port de Bangkok. Un employé "s'occupe" des papiers et "multiples contrôles" (700,00 F) et assure le transport de l'intérieur des docks à votre domicile (50,00 F) (durée : une journée...).

(2) au retour :

a) La Société SSP PACKING-90/4 Suksavittaya Lane Silom Road-Bangkok 10.500 - prend en livraison à domicile et se charge de l'expédition jusqu'aux entrepôts du SERNAM (port autonome de Marseille).

Même démarche : liste détaillée, valeur, poids, rubrique : effets personnels

- * prise à domicile - docks de Marseille
- * 6 cantines - 420 kg - 0,94 m3
- * 1.900,00 F.

b) Délai d'acheminement : 1 mois et demi.
- Aller à Marseille valider les bordereaux né-

cessaires au siège de la CGM, puis au service des douanes qui vise le bordereau d'enlèvement. Se présenter ensuite au SERNAM et enlever. L'ensemble de ces démarches est gratuit et dure environ 2 heures.

- On peut passer par un transitaire-transporteur (BEDEL) : cher (2.000,00 F), long, compliqué, et pas très "correct", qui assure le transport Marseille-Toulouse.

Transport en Thaïlande :

On peut être amené à payer un supplément en bus, pour les cantines accompagnées. Nous n'avons pas eu recours à un transporteur pour Bangkok-Chiang Dao et ignorons les tarifs.

Prix de revient total du fret

A.R. : Toulouse/Toulouse :

Un peu moins de 6.000,00 F. pour environ 300 kg. - 1 m3.

NB : Etablir les papiers au nom d'un particulier avec procuration pour des tiers et non au nom d'une association, et se munir de plusieurs exemplaires.

2. - L'Hébergement

* Nous avons la chance d'avoir des points de chute à Bangkok et à Jakarta chez des expatriés. Cela nous a beaucoup aidés et nous devons particulièrement remercier ici J.F. SCHE et C. MOURET.

A Chiang Maï, qui nous a servi de plaque tournante pour les divers secteurs visités dans le nord de la Thaïlande, nous avons été accueillis par L. GABAUDE dont la connaissance du pays et la gentillesse, ont largement contribué à la réussite de notre séjour.

* Une fois gagnées nos zones de prospection, l'hébergement de base s'est fait à l'hôtel "chinois" du coin ou dans une maison du village louée pour un prix modique (Sop Pong). La nature de nos objectifs l'imposait en ce qui concernait le programme scientifique sur le massif du Doi Chiang Dao. Dans les autres régions (Nam Lang, Phangnga et Maros) l'étendue des secteurs abordés et le peu d'éléments précis dont nous disposions rendaient nécessaire une implantation centrale dans un village. Comme ultime solution, il est possible de se faire héberger dans les temples pour de courtes périodes (ex. : Thap Put).

Aux Célèbes, nous avons séjourné à Bantimurung dans l'un des deux hôtels rudimentaires du parc national.

A partir de là, les sorties sur le terrain n'ont jamais dépassé trois jours consécutifs (2 bivouacs sous terre à 20°C, hébergement chez l'habitant, sous tente au Doi Chiang Dao). Les hamacs n'ont été utilisés qu'en intérieur (maison de Sop Pong), les duvets seulement au Doi Chiang Dao (16° à 1700 m) et à Maros où les nuits sont fraîches.

Nous avons ainsi pu échapper à la perte de temps représentée par l'installation et la mise sur pied d'un camp de base sur le terrain, avec ses sujétions.

* à Chiang Dao, l'hôtel "Pieng Dao" dispose d'une dizaine de chambres très correctes,

de 2 à 4 places pour un prix de 21 F à 35 F la chambre par nuit (hôtel en dur). Nous avons loué une maison (rez-de-chaussée, un étage) utilisée comme laboratoire de terrain, et habitable, pour 350,00 F le mois (construction en bois).

. à Sop Pong, dans le karst de la Nam Lang, la location du "bungalow" s'est faite pour 100 F pour 3 semaines.

. à Bantimurung, la chambre à deux revient à 40,00 F/jour.

3. - L'Intendance

* La nourriture locale est très correcte en Thaïlande. En outre, il est possible d'européaniser notamment les petits déjeuners dans les nombreuses petites échoppes. A Sulawesi, c'est parfois moins facile. Ceci est valable pour les villages de quelque importance. Sur le terrain et en pleine brousse, on ne trouve souvent que du riz et un peu de maïs. Le reste doit être emporté. Il peut être utile, sinon conseillé, de prévoir un minimum de produits déshydratés, type "vivres de course".

Dans la mesure où l'on peut loger et manger chez l'habitant, le problème des moyens de cuisson ne se pose pas. Il n'y a pas de réchauds type bleuets ou optimus. En prévoir un pour les raids où l'on a besoin d'autonomie. Le manque d'eau reste un problème majeur dans certains secteurs, même en début de saison des pluies, surtout si l'on ne connaît pas les quelques rares sources (Doi Chiang Dao et intérieur du karst à pitons et corridors de Maros).

La désinfection de l'eau est très fortement conseillée (hydrochloration ou ébullition).

*

* Quelques prix :

Thaïlande

1 Bath = 0,35 F.

Alimentation

Repas	15-45
Petit déjeuner	20
Riz frit+légumes+ petits morceaux de viande (khaopat)	10-15
"Noodle-soup"	10
Cuisse de poulet	5
Beignet	2
Sachet de bananes séchées	10
Pain (de mie)	
petit paquet	4-8
grand paquet	14
Beurre (250 gr.)	25
Confiture (250 gr.)	25
Lait concentré (boîte)	10
Banane (kg)	8
Ramboutan (kg)	4
Fruits (kg)	4-12
"Milk chocolate"	6
Sprite	5-6
Coca Cola	"
Fanta	"
Glace au chocolat	4
Bière (1/2 à 3/4)	45

Habillement

Tee-shirt "Lacoste"	50
Jean	40-180
Pantalon léger	40-70
Nus-pieds plastique	20
Slip	25
Chemise	80-130
Short	25
Ceinturon	35

Divers

Bus Bangkok	2
Taxi Chiang Maï (tuk-tuk)	5-10
Guide-interprète par jour (plus nourri-logé)	300-500
Savon	5-6
Ampoule 3,5 v à vis (à l'unité)	12
Double de clé	10
Journal Thaï	3
Journal Thaï en anglais (!)	5
50 kg carbure (Bangkok)	760
PQ	4
Coupe-coupe	135
1 brûleur Camping Gaz (type R)	570
1 bouteille Camping Gaz (type 901 - 5 heures)	400
Aérogramme	6,5 +
Carte postale	2-4
Affranchissement lettre	12,5
Affranchissement carte	8
Carte routière Thaïlande (APA)	90
Téléphone (cabine publique Bangkok intra-urbain)	1

Indonésie

(Sulawesi) 1 Roupiah = 0,008 F.

Alimentation

Repas	600-1200
Petit déjeuner	500
riz gluant (1 part)	50
Plat riz blanc	250
2 oeufs	300
boîte maquereaux	300
Boîte sardines	400
Pain (de mie)	
grand paquet	350
petit paquet	250
"Petit pain"	100
Biscuits "de guerre"	200
Biscuits sucrés	700
Gâteau	50
Confiture (250 g.)	500
Glace (verte et rose !)	250
Crème chocolat	
nestlé (boîte)	750-800
lait concentré (boîte)	650-750
Thé non sucré	100
Thé sucré	250
Café	300
Coca Cola	300

Divers

Taxi ou minibus	
Aéroport-Centre Jakarta	3000
Gambir station-Aéroport (navette bus)	2000

Bemo Jakarta	100
Bus Jakarta	150
Carbure/kg	800-750
Casque de chantier	2000
10 ampoules à vis 3,8 v	1000
Chambre à air camion	
neuve	6000
usagée	1250
Gonflage pour 2 pneus	300
28 photocopies	700
2 l. alcool + 1 l. formol	3000
Cigarettes (1 paquet)	
(Kretex aux clous de girofle)	500
Aérogramme	425
Affranchissement lettre	450
Affranchissement carte postale	360
Guide-interprète/jour + nourri	5000
Taxi chartérisé/jour	10000-12000

* Nous avons fonctionné sur un budget de 50 F. par personne et par jour comprenant l'hébergement, l'intendance et les petits transports journaliers.

Nous avons amené par fret :

- sachets purée
- cruesli
- sachets de nescafé
- sachets minute-soupe.

* En Indonésie mais surtout en Thaïlande, il est préférable d'acheter certains articles sur place plutôt que de les amener de France, notamment les vêtements.

4. - Prix de revient

Au départ de Toulouse, en incluant :

- voyages
- hébergement, alimentation, transports intérieurs,
- assurance
- frais collectifs

1 mois en Thaïlande nous est revenu à : 7.600F
2 mois et demi en Thaïlande et Sulawesi à :
14.800 F.

A3. - EQUIPEMENT ET PROGRESSION (François BROUQUISSE)

Il existe suffisamment d'ouvrages et rapports d'expédition à l'étranger abordant ces questions pour que nous ne tentions pas ici de réaliser le guide du parfait spéléologue en exploration dans des karsts tropicaux. En outre on rencontre presque autant d'avis que de gens "autorisés" à donner le leur. Nous nous contenterons donc d'indiquer quelques éléments ou appréciations personnelles.

En tout état de cause ne pas oublier les répercussions des paramètres suivants ;

- le poids du matériel à porter
- le contexte climatique et la nature du terrain ou l'on progresse,
- les problèmes de communication avec les locaux
- les dangers objectifs potentiels plus importants que chez nous, surtout en Thaïlan-

de (guérilla, banditisme, serpents, CO2, crues, absence de secours-spéléo, etc...).

1. - Equipement personnel

* Equipement de surface :

- 1 sac à dos type montagne avec jupe
- (1 hamac) (1 moustiquaire) 1 couverture survie épaisse,
- 1 duver léger "de plage" et/ou 1 sac à viande (1 matelas mousse)
- 1 chemise manches longues, 1 jean, 1 short, slips, tee-shirts
- 1 maillot de bain, 2 paires chaussettes laine (coton),
- 1 pull léger - 1 poncho - 1 chapeau (foulard/béret basque... ou casque à pointe)
- (1 vêtement correct pour les autorités: pantalon-chemise, jean et nu-pieds à proscrire)
- 1 paire sandales, 1 paire "pataugas", lunettes soleil, frontale,
- 1 paire guêtres, sacs plastiques étanches,
- 1 nécessaire toilette (savon+brosse à ongles+serviette toilette/bain), 1 nécessaire repas perso., 1 gourde métal (plastique prohibé : moisissures), 1 bout de tissu coton à tout faire,
- de quoi écrire (stylo-mine), nécessaire de réparation en tout genre.

NB : parapluie inutile...! Eviter le "look militaire", préférer les vêtements en coton. Pharmacie personnelle cf. A.6.

* Equipement spéléo

- 1 combinaison toile ou synthétique non enduite, type speleus-speleogliss (1)
- 1 sous-vêtement : équinoxe si altitude, sinon laine ou rhovyl pour aquatique (1)
- "pataugas" type KSB (Karrimor)(2).
- 1 ou 2 paires de gants (cuir ou forte toile, type jardin ou chantier),
- 1 casque mixte+piézo (3), 1 lampe acéto (3), baudrier, longes, sangle torse, ceinture (4).
- descendeur, poignée, croll, mousquetons, poulie (4),
- couverture survie
- 1 sac Sherpa et/ou 1 kit
- 1 foulard (cavités à guano et miasmes divers... !).

(1) On peut fréquemment remplacer par jean ou treillis + chemise manches longues, ou short + tee-shirt.

(2) Les "vrais" pataugas ne font pas 8 jours d'explo ou de prospection sérieuse (roche coupante, épines, etc...). Il faut soit prendre des bottes (controversé) soit des chaussures intermédiaires entre le pataugas et les chaussures de montagne, si possible en matière synthétique : nylon renforcé, plastique. Se méfier des modèles "chaussures vertes", à gros picots notamment : certains sont très chers et se sont avérés sans aucune résistance...!

(3) En reconnaissance on peut gagner du poids (frontale, pas de casque).

(4) idem : en réseau avec peu de verticales : 1 poignée, 2 mousquetons, de la sangle (boudrier et prussik)

* L'éclairage

- Electrique :

. piles : on ne trouve en général que des piles rondes salines. Ayant bénéficié d'une dotation SAFT-MAZDA nous n'avons pas eu l'occasion de tester les piles locales.

. ampoules : on trouve des ampoules de "3,8v" (3,5v) et de 2,5v à culot lisse et à vis, mais elles sont de très mauvaise qualité en Indonésie et claquent au bout de quelques minutes !

. conclusion : achetez peut être vos piles sur place, mais sûrement pas vos ampoules.

- Carbure : on en trouve assez facilement : Bangkok, Chiang Maï, Sud pour la Thaïlande, Ujung Pandang, Maros pour les Célèbes. Il est de qualité médiocre et dégage beaucoup de chaleur...

- Eclairage local : on trouve

. les lampes torches "chinoises"
. les lampes-tempête à pétrole
. les lampes à pétrole avec manchon, de forte puissance mais encombrantes, utilisées par les guides de grottes touristiques.

2. - Equipement collectif de surface

Sous ce titre nous comprenons en fait tout ce qui a trait à la logistique d'un camp ou de bivouacs.

En réalité cette rubrique est très extensible et dépend beaucoup des zones explorées. Selon que l'on peut être hébergé et nourri (moyennant finances) chez l'habitant, même en pleine forêt, la question de l'infrastructure matérielle, se pose ou pas.

En ce qui nous concerne, en 2 mois 1/2 nous n'avons qu'une seule fois dû utiliser une tente et un moyen autonome de cuisson (butagaz), et jamais les hamacs (sauf à Sop Pong).

On peut préconiser au moins :

- 1 tente ou 1 bâche plastique + moustiquaire
- des machettes
- un moyen de cuisson autonome (type optimo à pétrole ou multi-combustible)
- bidon d'eau 5 l
- de la ficelle et des élastiques de chambre à air... !

Il faut savoir qu'en Indonésie, et surtout en Thaïlande, on trouve pratiquement de tout jusque dans les villages de moyenne importance (1000 à 2000 habitants). Cela va de la pile ronde à la pile bouton pour calculatrice, au boulon de 8 en passant par la photocopieuse (japonaise et de bonne qualité), le tube de pvc et la cornière métallique. Il y a une diversité des produits beaucoup plus importante que dans n'importe lequel de nos hypermarchés et de nombreux objets indispensables là-bas qu'on ne trouve plus chez nous depuis 20 ans ou fort difficilement.

3. - Prospection

* Dans des zones couvrant plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de km², la prospection passe par les contacts avec les locaux et donc par le guidage, sous peine d'inefficacité.

- A moins de considérer qu'en tant qu'européen, touriste, "expert" ou compétent, (presque) tous les droits nous sont acquis et que l'on se range dans la catégorie des "néos" m'as-tu-vus et margoulins du Paris-Dakar, une certaine déontologie nous semble à la base du respect le plus élémentaire. On se reportera utilement à l'article de Claude Mouret et Claude Chabert (Spelunca n° 15, juillet-septembre 1984) qui a le mérite de poser clairement ces problèmes, même si sur certains aspects on peut avoir une perception différente.

- En Thaïlande nous avons eu l'aide d'un guide-interprète trilingue (Thaï, Lisu et anglais) fort précieuse dans la mesure où même des rudiments de thaï sont inopérants dans des régions montagneuses aux multiples ethnies et dialectes. Attention : les guides "pour touristes" ont quelquefois de la peine à suivre le rythme !

- Aux Célèbes, c'est grâce aux services d'un guide forestier du parc national de Bantimurung que nous avons pu en quelques semaines obtenir des résultats extrêmement positifs.

* Une fois quittées les voies de communication où l'on peut utiliser les bus et taxis camionnettes, il ne reste que le 4x4 ou la moto dans les rares endroits où existent des pistes forestières praticables (quasiment impossible en saison des pluies). Tout le reste se fait, bien sûr, à pied.

* La documentation bibliographique et cartographique est très hétérogène, généralement en anglais, parfois en thaï ou indonésien, souvent difficile à obtenir.

En ce qui concerne les documents topographiques et géologiques :

En Thaïlande : on peut obtenir les cartes topographiques au 1/250.000, de bonne qualité,

Les cartes au 1/50.000 sont très difficiles à avoir et ne sont délivrées, le cas échéant, que très officiellement pour des missions ou recherches de type scientifique. Il est éventuellement possible d'en consulter et photocopier certaines par l'intermédiaire des laboratoires universitaires de géologie ou géographie. Il en est de même des photos aériennes (raisons militaires).

Les cartes géologiques existantes sont commercialisées : coupures à 1/250.000 en général.

En Indonésie : en dehors des cartes routières à petite échelle, la couverture est discontinue et irrégulière, du 1/1.000.000 au 1/50.000.

Les coupures disponibles pour les Célèbes, au 1/50.000 sont des tirages d'après calque, de mauvaise qualité.

La couverture géologique est également très fragmentaire. Des coupures correctes au 1/250.000 sont disponibles pour une partie des Célèbes.

Les photos aériennes ne sont pas disponibles pour raisons militaires.

4. - Progression en surface

Nous avons été amenés à circuler dans des terrains très diversifiés allant de la mangrove et des marais côtiers à Phangnga, aux "prairies" d'altitude du Doi Chiang Dao, de la forêt dense de la Nam Lang aux corridors karstiques de Bantimurung.

* Dans les zones de forêt dégradée et en altitude où des savanes d'herbes robustes de 2 à 2,50 m de haut repoussent sur les parcelles défrichées et abandonnées, la machette est indispensable en dehors des quelques rares traces que l'on sent du bout des pieds et que l'on suit sans les voir. L'éloignement, la chaleur humide et le relief accidenté rendent la progression longue et pénible (200 m en 1 heure dans les "prairies" du Doi Chiang Dao en distance bien sûr, pas en dénivelé !).

* Dans le karst de Maros, le cheminement est relativement aisé dans le fond des corridors et sur les pitons où la forêt reste en général assez claire. Les difficultés dans ce dernier cas proviennent davantage de la verticalité des parois et de la nécessité de l'escalade.

* Dans les mangroves, l'insécurité provient de la nature parfois peu stable du fond et de la nécessité de nager dans des eaux troubles où sont sensées vivre des "bestioles" peu recommandables...

Dans tous les cas il vaut mieux progresser en pantalon et chemises à manches longues (sangsues, fourmis, moustiques). Des guêtres (serpents et autres...) et un chapeau (soleil, fourmis, scolopendres,...) sont utiles.

Une remarque doit être faite sur la possibilité de trouver de l'eau pour boire. Indépendamment de la désinfection indispensable (hydrochloration) il est paradoxalement parfois difficile de trouver de l'eau en saison des pluies !

En forêt, la saturation peut être totale, l'humidité omniprésente, sans qu'existe d'accumulation localisée de l'eau. Dans le massif du Doi Chiang Dao, calcaire, il n'y a pas d'eau en surface.

L'utilisation de la couverture de survie pour recueillir les averses est le seul moyen (utilité d'un bidon), mis à part l'eau du pluviomètre de terrain improvisé, après mesure du volume récupéré...!

On peut également espérer trouver en profondeur des écoulements au fond d'une cavité (gouffre P1).

5. - Conditions d'exploration et matériel d'équipement

Excepté sur le Doi Chiang Dao où le potentiel existant aurait nécessité une spéléologie verticale si nous étions passés, les réseaux explorés sont à dominante horizontale ; nous n'avons donc utilisé que très peu de cordes et de matériel de progression.

Dans les parties aquatiques des cavités indonésiennes, des canots auraient été utiles, notamment pour la topo. Dans Gua Salukkan Kallang, des arrêts prolongés et parfois acrobatiques en eau profonde ont amené des débuts d'hypothermie. A basse altitude, les températures de l'eau souterraine étaient clémentes (20 à 23°C en Thaïlande), en équilibre avec la température de l'air. Par contre, le milieu ambiant était à 14°C à 1700 m sur le Doi Chiang Dao.

La présence de CO₂ a mis fin à plusieurs explorations, constituant un danger réel dans différentes cavités du karst de la Nam Lang.

Les risques de crues, non négligeables en Thaïlande (début de la saison des pluies), ne nous ont pas inquiétés à Maros où les explorations se sont faites à l'étiage. Mais les traces observées et la taille des troncs d'arbres entraînés sous terre à plusieurs km dans Gua Salukkan Kallang donnent à réfléchir sur ce qui doit se passer aux mois de décembre et janvier...

Nous disposions de torches Aquaflash qui nous ont été parfois fort utiles. Nous avons trouvé sur place des chambres à air de camion, ayant fait l'impasse sur les canots. Sans être indispensables ces derniers restent tout de même appréciables en cas de longs biefs. L'alternative est de prendre une néoprène mince avec un gilet de sauvetage.

En ce qui concerne les équipements, nous avons utilisé peu de spits, mais beaucoup d'amarrages naturels ; le rocher corrodé s'y prête bien : privilégier la sangle, la cordelette et les coinceurs.

En fait, hormis en Thaïlande quelques rivières souterraines en crue où le débit était trop important pour passer, et la présence de CO₂ dans le karst de la Nam Lang, nous n'avons pas rencontré de problèmes techniques particuliers.

Enfin, deux bivouacs sous terre dans le réseau de Gua Salukkan Kallang nous amènent à conseiller :

- 1 Karrimat
- 1 sac à viande ou enveloppe de bivouac
- 1 sous-vêtement sec (rhovyl, laine légère)
- 1 couverture de survie.

En résumé, trois paramètres sont à prendre en compte dans la prévision du matériel à emporter :

- la température
- l'importance des verticales
- la fréquence des tronçons aquatiques.

Pour les cavités à CO₂, le problème reste entier : l'utilisation de masques à capsules (Draeger) pourrait être envisagée (dans la mesure où le % d'oxygène est suffisant par ailleurs...).

A4. - TOPOGRAPHIE (François BROUQUISSE)

1. - Le cadre conceptuel

Plusieurs facteurs font de la topographie une nécessité fondamentale.

1/ les relevés topographiques concrétisent l'exploration.

2/ ils présentent un aspect objectif et sont des documents quantitatifs

- 3/ c'est sur eux que peuvent s'appuyer :
- . la prospection et l'exploration en permettant d'orienter les recherches.
 - . tout travail d'étude, fondamental ou appliqué, notamment en karstologie physique et en biologie.

Ces facteurs impliquent la réalisation de documents sérieux et fiables d'autant que l'on se trouve dans le cadre d'une expédition à caractère scientifique à l'étranger.

En effet :

- . le temps est limité : généralement nous n'avons vu les cavités qu'une seule fois.
- . une fois retourné en France, il n'est pas question de revenir en week-end pour refaire un bout de topo erroné...!

Dans cette optique, nous avons dans le cadre de la préparation de ce projet, assuré une formation pour ceux qui le souhaitaient, en topographie et cartographie, avant le départ.

En outre avaient été établies quelques règles simples pour la conduite sur le terrain :

- 1/ participation de tous à la topographie
- 2/ progression et topographie simultanées
- 3/ mise au propre et report topo provisoire sur place.

Si le 2e point a été globalement appliqué, il faut malheureusement reconnaître que le 1er a fortement laissé à désirer !... Quant au 3e il a été inégalement suivi...

Malgré tout, le bilan topographique se révèle largement positif puisqu'une trentaine de km a été réalisée au total.

2. - Le matériel utilisé

* Nous disposions de :

- compas et clinomètre SUUNTO, compas CHAIX, topoplast,
- Topofils et décamètres.

Nous avons emmené avec nous un stock important de bobines : il est souvent difficile d'adapter les bobines achetées sur place au modèle classique de topofil TSA.

Il est recommandé d'étanchéifier les appareils SUUNTO (avec un produit type mastic au silicone ou colle néoprène) autour du cadran et de l'oignon pour empêcher le développement des microorganismes verdâtres (!) et de l'humidité, et éviter le dépôt des particules argileuses.

Enfin nous avons le matériel nécessaire pour la préservation des données et le report provisoire.

3. - Les documents finaux

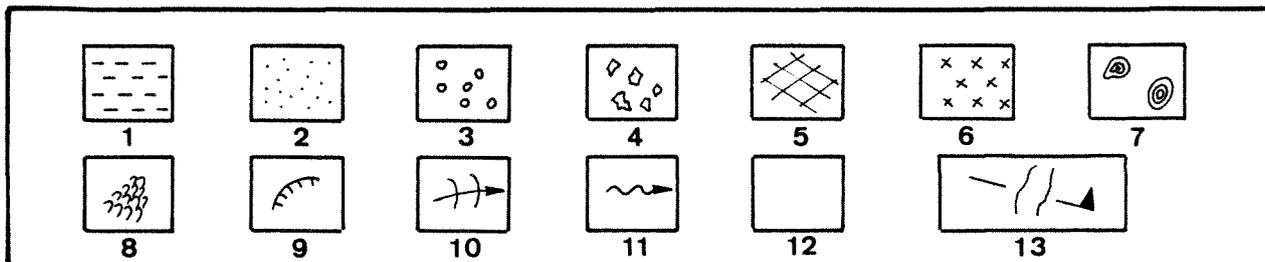
* Chaque cavité a fait l'objet d'un document plus ou moins complet selon son importance ou son intérêt. Celui-ci comporte un descriptif et une figure (croquis d'exploration ou topographie). En outre on se rapportera au catalogue synthétique, notamment pour les coordonnées.

* Le degré de précision des topographies se réfère à la grille préconisée par l'UIS (Signes spéléologiques conventionnels, UIS 1978). La majeure partie des relevés est de grade 4 (Tab. A4.1). La répartition par région et le classement des cavités de plus de 500 m de développement sont présentés au chapitre 1. (Tab. 1.1 et 1.2).

* Les principaux figurés utilisés sont rassemblés dans le tableau A4.2.

	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4	Total
Thaïlande	0	1.238	1.450	13.410	16.098
Indonésie	335	738	0	14.150	15.223
TOTAL	335	1.976	1.450	27.560	31.321

Tab. A4.1 - Précision des relevés topographiques (en mètres)



1 : Argile ; 2 : Sable, Limon ; 3 : Galets ; 4 : Blocs ; 5 : Dalle structurale ; 6 : Dyke, Sill ; 7 : Concrétionnement ; 8 : Gours ; 9 : Ressaut, Puits, Banquette ; 10 : La flèche indique le bas de la pente ; 11 : Ecoulement pérenne ; 12 : Cote relative à l'entrée principale ; 13 : La flèche indique le sens d'observation des sections.

Tabl. A4.2. Principaux figurés utilisés.

* Pour chaque cavité sont donnés :
 - le développement (Dév.), le dénivelé (Dén.), éventuellement l'extension plane, c'est à dire la longueur du plus grand axe de la cavité (grand axe) et celle de l'axe perpendiculaire (petit axe) permettant d'inscrire toute la cavité dans le rectangle ainsi généré, enfin la précision.

A5. - REPORTAGE (François BROUQUISSE)

* Notre projet initial prévoyait la couverture reportage de l'ensemble de l'expédition. L'équipe qui en avait pris la responsabilité nous a "lâchés" quelques semaines avant le départ, créant une situation particulièrement difficile :

- par rapport aux aides qui nous avaient été attribuées,
 - vu l'impossibilité, au dernier moment, de trouver une équipe de remplacement sérieuse, ne serait-ce qu'en raison du délai pour réserver les billets.

Nous avons donc dû nous limiter à des documents traditionnels laissés à l'initiative individuelle de chacun !

. photo (diapositives couleur, noir et blanc)

. cinéma Super 8
 . quelques enregistrements sonores.

* Matériel utilisé

. Photo :
 - Appareils 24x36 variés : HDS, Voigtlander, Nikon, Canon, etc...
 à noter l'intérêt du HDS : très bonnes photos sous terre jusqu'à 5 m, léger, solide. Quelques faiblesses : paysages, encrassage des boutons et blocage, absence de pose (peut être modifié à l'usine),

- Flashs électroniques Braun, National, Nissin, etc. et accessoires. Nous étions insuffisamment équipés pour les grands volumes.

- Pellicules :
 Kodachrome, 64,25,
 Ektachrome 400
 Agfa 100S
 Ilford PAN F 50
 Ilford FP4 125

. Cinéma :
 - 2 caméras Super 8
 Bauer Variogon 1:1,8 - 8,40
 Sankyo - ES 66 XL
 - Chargeurs Kodachrome 40

. Son :
 - Uher 4200 Report Stereo : beaucoup trop lourd, nous l'avons très peu utilisé
 - Radiola RA-430,
 très léger, mais nécessité d'adapter la prise micro-qualité d'enregistrement moyenne.
 Utiliser du silicagel pour préserver pellicules, bandes et appareils de l'humidité.

* Résultats

Un montage diapo est en cours de réalisation (100 vues).

Le montage du film est prévu, complété par de nouvelles prises de vue l'été prochain.

A6. - RAPPORT MEDICAL (Dominique VIDAL)

Préparer le suivi médical de cette expédition ne fut pas une mince affaire. Nous savions que sur place nous ne pourrions pas compter sur la présence d'un médecin. Dès lors nous avons cherché des informations sur les différentes pathologies dont nous pourrions être les victimes durant le séjour sous ces latitudes ; et essayé de tout prévoir sur le plan du matériel pour faire face à toute éventualité (hormis cependant le matériel de réanimation). Dans cette tâche l'Institut Pasteur nous a apporté son concours en nous donnant différents dossiers dont un sur les animaux venimeux et vénéneux de ces régions et un dossier voyage. De quoi faire l'ébauche des premières conduites à tenir, bien utile lorsqu'on ne dispose que de quelques notions de base pour point de départ. Par la suite nous avons consulté différents ouvrages sur les pathologies tropicales, ainsi que les rapports médicaux de deux expéditions. Puis ce fut les nombreuses lettres aux laboratoires pour obtenir ce qui allait constituer les quelques 30 kg de matériel médical.

I. - PREMIERES INVESTIGATIONS

Tous les membres de l'expédition ont rempli une fiche médicale complète qui nous donnait le profil médical de chacun et nous renseignait sur les éventuelles possibilités d'allergies, les traitements en cours, les affections chroniques. Par ailleurs, une information à titre prophylactique sur les vaccinations utiles a été communiqué à tous. Chacun a complété son programme de vaccination en fonction : TAB, Diphtérie, tétanos, Polio, injection de gamma-globulines contre l'hépatite A et vaccin contre l'hépatite B (pour deux équipiers seulement).

II. - PROPHYLAXIE

Pour la prévention du paludisme dont tous nous connaissions la virulence dans ces régions (nombreux cas de résistances à des traitements inappropriés), nous avons décidé de prendre 1 comprimé de Nivaquine pendant 6 jours, au 7e jour 1 comprimé de Fansidar. Cela du jour du départ jusqu'à deux mois après le retour. Nous avons pu grâce au laboratoire des Produits Roche bénéficier d'une dose unique de Mefloquine (actuellement un des produits les plus efficace contre le paludisme mais non commercialisé). Dose qui a été prise en association avec la Nivaquine pendant le même laps de temps et au même rythme.

Quelles que soient les conditions auxquelles nous serions soumis, nous devions pouvoir désinfecter notre eau. A cet effet les comprimés d'Hydrochlonezone dont la consommation a été très largement suivie ont permis de limiter de façon notable l'importance des rares problè-

mes digestifs.

En ce qui concerne l'hygiène, l'environnement sanitaire, en dehors de séjours dans des endroits plus reculés lors des prospections, a toujours été très satisfaisant d'où le peu de problèmes cutanés et digestifs qui en résultent directement.

Histoplasmosse : En liaison avec l'Hôpital du Kremiin-Bicêtre et son chef du service de parasitologie le Dr. P. Bourée, 11 membres de l'expédition ont fait l'objet d'un prélèvement sanguin pour le dépistage de cette affection pulmonaire. Durant notre séjour des prélèvements de guano dans les différentes cavités visitées ont été faits dont nous n'avons pas encore tous les résultats. Au retour, les prélèvements sanguins faits en contrôle se sont avérés négatifs pour chaque participant déjà testé au départ.

III. - PROBLEMES MEDICAUX

Angine : Il y a eu 3 cas d'angine, dont une sévère avec asthénie, fièvre, toux sèche. Celle-ci cédera à un traitement symptomatique à base de Doliprane et une antibiothérapie de quelques jours (Erythromycine 500).

Digestif : Peu de cas de diarrhée et leur degré de gravité n'a jamais dépassé l'administration de quelques comprimés d'Ercefuryl ou Intetrix. Un seul cas de douleurs abdominales persistantes a nécessité un traitement par Spasfon.

Au retour, on retrouve dans un prélèvement sanguin de contrôle des anticorps apparus à la suite d'une infestation par la "Douve", sans autre signe clinique, pour un seul de nos équipiers.

Deux cas aussi, d'amibiases, asymptomatiques jusqu'à la coproculture, traitées par Flagyl.

Enfin, on note la confirmation par prélèvement sanguin des traces d'une récente infestation par le virus de la Dengue chez un équipier. Probablement, un autre mais pour lequel je n'ai pas confirmation autrement que par la clinique.

Problèmes cutanés : Pas de problèmes majeurs de mycoses ou maladies de peau ayant nécessité une véritable médicalisation.

Malgré les repellents contre les insectes, un cas d'allergie (localisée plus spécialement sur les membres inférieurs) par nombreuses piqûres d'insectes a été traité par Nizoral, Phenergan pommade et Polaramine Repetabs.

Une piqûre d'insecte infectée s'est traduite par l'apparition d'une lésion avec phlyctènes à type de brûlure avec une légère ulcération locale à l'endroit de la piqûre. Le traitement a été pendant quelques jours des soins quotidiens de désinfection et une petite antibiothérapie locale par Aureomycine avant de lui permettre de sécher à l'air libre.

Muscles, tendons : Un seul cas de tendinite à un genou. Traité par Nifluril per os.

IV. - NOTRE PHARMACIE

Dénomination du produit	Quantité emportée	Quantité utilisée
1. - ANTIBIOTIQUES		
Bactrim Fort (sulfamethoxazole)	75	0
Agram (amoxicilline)	180	0
Clamoxyl (amoxicilline 500mg)	120	40
Netromycine (injectable)		
100 mg	12	0
150 mg	23	0
Claforan 1 g (injectable)	20	0
Bristopen 500 mg (pénicilline)		
comprimé	48	0
inject.	20	0
Transcylone		
150 mg injectable	10 amp	0
250 mg injectable	10	0
Hiconcil (amoxicilline)	24 cp	10
Propiocrine 500 mg	240	0
Urikline 200 mg (Trimethoprime)	50	0
Doxycline	16	0
Erythromycine 500 mg (sachet)	75	15
2. - DIGESTIF		
Flagyl (Netromidazole) 250mg	500	10
Intetrix	140	80
Ercefuryl 200 mg	380	60
Spasfon		
comprimé	90	30
inject.	34	0
Diarsed comprimé	40	0
Imodium comprimé	40	0
Deliproct		
suppositoires	15	0
tubes	5	0
Dulcolax suppositoires	25	0
Proctolog		
tubes	4	0
suppos.	15	0
Phosphalugel	10	0
Dehydroemetine injectable	24	0
3. - ANTALGIQUES		
Propofan	60	3
Avafortan (noramidopyrine)		
inject.	10	0
comp.	30	0
Baralgine (noramidopyrine)		
suppo.	40	0
compr.	240	0
Glifanan (glafenine) comp.	270	15
Algo buscopan		
inject.	12	0
suppo.	6	0
comp.	40	0
Doliprane (paracétamol)	80	60
Aspirine	120	20
Aspro	180	20
Visceralgine Forte		
inject.	21	0
comp.	60	0
4. - ANTI-MYCOSIQUES		
Polyginax (ovules)	20	0
Auréomycine tube	10	1
Fucidine Leo tube	7	0
Diprosept tube	7	0

Diprosone (bétaméthasone) tub.	6	0
Daktarin (miconazole)		
tube	5	0
comp.	240	0
Mycostatine		
suspension	2	0
comp.	80	0
Nizoral	60	30
5. - O.R.L. - OPHTALMO.		
Eludril (10 cp/plaquettes)	34	5
Cortiphenicol collyre	3	0
Neomycine collyre	2	0
Gentalline col. (gentamicine)	1	0
Bifedrine (gouttes nasales)	2	0
Antibio-Synalar (gtt. auricul.)	7	0
Néomycine-Hydrocortisone	3	0
6. - ANTI-PALUDEEN		
Nivaquine (comprimés)	2200	2000
Fansidar	100	85
7. - ANTI-HISTAMINIQUES		
Phenergan		
inject.	10	0
tube	3	2
Polaramine Repetabs	60	10
Polaramine		
inject.	20	0
comp.	90	0
Cetavlon tube	2	1
Teldane 60 mg (Terfenadine)	42	0
8. - CORTICOIDES		
Solumedrol (injectable)		
120 mg	4	0
40 mg	4	0
20 mg	4	0
Soludecadron (injectable)		
20 mg	5	0
4 mg	9	0
9. - VITAMINES		
Laroscobine	400	50
Benerva	300	20
Vitascorbol (boîtes)	19	5
Alvityl	150	50
10. - ANTI-INFLAMMATOIRES		
Nifluril		
tube	9	1
comp.	120	30
Minalfène	60	0
Surgam	540	60
Tanderil	480	0
Voltarène	30	0
Decontractyl		
tube	8	0
comp.	400	0
11. - ANXIOLYTIQUES-SOMNIFERES		
Temesta		
1 mg (boîte)	5	0
2,5 mg (boîte)	5	0
Tranxène		
5 mg	20	0
10 mg	20	0
Halcion		
0,50 mg (comp.)	60	10
0,25 mg (comp.)	60	10
12. - ANESTHESIQUES LOCAUX		
Xylocaïne 1 % flacons	2	0

13. - ANTISEPTIQUES		
Hexomedine flacons	6	1
Betadine		
scrub rouge flacons	5	0
scrub jaune flacons	6	1/2
Eosine	1	0
Eau oxygénée	1	0

14. - PANSEMENT		
Antibiotulle boîtes	1	0
Biogaze boîtes	2	0
Tulle gras boîtes	1	0
Bétadine tulle boîtes (petites)	2	0
Pansements tout prêts	10	5
Elastoplast		
10 cm	10	0
15 cm	10	0
5 cm	5	0
Mefix (toutes tailles)	10	0
Sparadrap (rouleaux)	30	1
Surgifix (rouleau)	1	0
Compresses stériles (x5)	20	2
Compresses non stériles (x5)	20	0
Coton (rouleau)	1	0
Bandes velpeau	15	0
Comprimés de Solustéril	10	0

2 sets à pansement avec (par set)

1 sonde canelée		
1 pince à griffes		
1 pince sans griffe		
1 pince de Kocher		
1 paire de ciseaux		

1 set à point avec

1 pince sans griffe		
1 petit ciseau		
1 pince de Kocher		
1 pose agrafes + agrafes		
Bistouri + lames	20	0
fil de suture	5	0
aiguilles serties	5	0
Steristrip (paquet)	5	0
Thrombase flacon	3	0
Epingles de sûreté	20	0
Gants stériles (7)	5	0
Seringues		
10 ml		
5 ml		0
1 ml		
aiguilles		
IM		
IV		0
SC		
trocards		
Aspivenin	4	0
Garrot	1	0
Thermomètre	3	
Appareil à tension	1	
Stéthoscope	1	

15. - MATERIEL DE TRAUMATOLOGIE

Attelles gonflables de jambe	2	0
Attelle gonflable de bras	1	0
Minerve	1	0
Bandes plâtrées 10 cm	7	0
Jersey (rouleau) 10 cm	1	0
Tubigrip rouleau 25 cm	1/2	0

V. - SUR LE TERRAIN

Pour les équipes qui se détachent pour

des prospections loin du camp de base, il était prévu des troussees plus petites permettant de mettre en train différents traitements et de faire les premiers pansements d'une blessure.

Traumatologie :

- 1 attelle gonflable de jambe
- 1 attelle gonflable de bras
- Bandes Velpeau 1.

Pansement :

- Sparadrap : 1
- Compresses stériles (x5) : 3
- Stéristrip : 1
- Mefix ou élastoplast (1 rouleau)
- Epingles de sureté
- Lames de bistouri
- 1 ciseau.

Antiseptiques locaux

- Hexomédine : 1
- Bétadine jaune : 1

Antalgiques

- Propofan : 6 cp.
- Doliprane : 10 cp.
- Aspirine + Aspro : 30 cp.

Digestif

- Flagyl : 24 cp.
- Spasfon : 20 cp.
- Hydrochloratione : réserve de cp.
- Ercefuryl : 20 cp
- Imodium : 10 cp
- Vitamines.

Anti-inflammatoires

- 20 cp. Surgam ou Tandénil (selon les troussees).
- Nifluril : 1 tube.

Antimycosiques :

- Nizoral : 20 cp
- Daktarin : 1 tube

Anti-histaminique :

- Polaramine ou Teldane : 20 cp.

Antibiotiques :

- Clamoxyl : 24 cp
- Bristopen : 24 cp.

Collyre

- Cortiphénicol : 1 fl.

Aspivenin : 1 étui.

Somnifère

- Temesta 2,5 mg. : 10

Nivaquine Fansidar : réserve de comprimés.

Après bilan, la composition de cette trousses de secours valable pour une équipe de 3 à 4 personnes, semble devoir être maintenue.

VI. - BILAN

Le bilan médical au retour est tout à fait positif. Grâce à la faible consommation sur place des médicaments emportés nous avons pu

(comme nous l'avions envisagé dès le départ en emportant une pharmacie aussi lourde) céder à une antenne médicale d'un camp de réfugiés la presque totalité de la pharmacie.

Pour le problème de la conduite à tenir face à une morsure de serpent venimeux nous avons emporté avec nous 4 étuis ASPI VENIN. Il ne nous a heureusement pas été donné l'occasion de tester ce matériel. D'autre part, pour les sérums notre intention était de les acheter sur place. Finalement la variété des espèces et les problèmes soulevés par la conservation de ces sérums nous ont conduits à nous en passer. En réalité, la solution à ce problème est encore à trouver...

Nous remercions ici les différents laboratoires qui nous ont apporté leur aide :

Bouchara, Cassenne, Cetrane, Ciba-Geigy, Cilag, Clin Midy, Delagrangé, Diamant, Etriss, Fish, Hoechst, Fournier, Innothera, Janssen, Labaz, Lebrun, Leo Lucien, Pharmacie Centrale de France, Riker, Robert, Roche, Roussel, Sandoz, Specia, 3M, Travenol, Unilabo, Upjohn, Upsa, Wieth Byla.

Remerciements aussi au Dr. J. Buchan pour ses conseils.

Bibliographie

"Parasitologie Tropicale" Grandes endémies. Epidémiologie, Prophylaxie, par M. Larrivière, Edition Faucher.

Rapports médicaux :

- * de l'expédition australienne : Caves and Karst of the Muller Range. Exploration in Papua-New Guinea, par M. Martyn.
- * de l'expédition anglaise in Cave Science BCRA vol. 9 n° 2, juin 82, "Mulu", par J. Buchan.

A7. - FINANCES (Laurent MAFFRE)

Dépenses :

1. - TRANSPORTS

* <u>Vols Internationaux</u>	
17 A.R. Bruxelles-Bangkok	64.430,00
8 A.R. Bangkok-Jakarta	26.000,00
* <u>Voyages intérieurs</u>	
Thaïlande	4.500,00
Indonésie : Jakarta-Ujung Pandang	11.200,00
Taxis-bus	1.500,00
* <u>Fret International</u>	
- aller	2.516,00
- retour	2.392,00
- dédouanement	752,00

Total Transports	113.290,00

2. - <u>INTENDANCE</u>	
Thaïlande	7.900,00
Indonésie	3.500,00

	11.400,00
3. - <u>HEBERGEMENT</u>	
Thaïlande	4.400,00
Indonésie	2.380,00

	6.780,00
4. - <u>GUIDES</u>	
Thaïlande	2.100,00
Indonésie	560,00

	2.660,00
5. - <u>MATERIEL</u>	
* Scientifique	1.923,00
* Spéléologique	4.312,00
* Divers (popote, carburé...)	1.940,00

	8.175,00
6. - <u>REPORTAGE</u>	
* Photo	2.077,00
* Cinéma	2.793,00
* Son	392,00

	5.262,00
7. - <u>VISAS</u>	
Thaïlande	850,00
8. - <u>FRAIS ADMINISTRATIFS</u>	
Avant	2.500,00
Pendant	230,00

	2.730,00
TOTAL DES DEPENSES	151.147,00

Le détail des différentes dépenses effectuées ayant été traité dans les annexes précédentes, il est inutile de revenir dessus. Il est intéressant de noter le % de chaque poste sur l'ensemble du budget.

1. Les transports représentent 75 % (!!!) dont :
60 % pour les vols internationaux
11 % sur les voyages intérieurs (2/3 pour Jakarta-Ujung Pandang)
0,4 % pour le fret
2. Intendance = 7,5 %
3. Hébergement = 4,5 %
4. Guides = 1,75 %
5. Matériel = 5,4 % (Tout le matériel spéléo collectif à l'exception des cordes appartenait à l'un ou l'autre d'entre nous. Seule une petite partie du matériel scientifique fut achetée)
6. Reportage = 3,5 % (Uniquement pour les prises de vues, les tirages et les montages restent à faire).
7. Frais Administratifs = 1,8 % (celà paraît ridicule, mais pourtant maints dossiers et paperasses furent envoyés ici ou là-bas).

Pour la "vie quotidienne" sur place, nous nous étions fixée une base de :
- Pour dormir : 10 F/jour/personne
- Pour manger : 20 F/j/p (on est pas français pour rien...)
- Pour se déplacer : 10 F/j/p
- Pour le reste (!) : 10 F/j/p

Soit un budget de 50 F/j/p. Cette estimation s'est avérée suffisante, elle a été respectée très facilement et cela sans que nous n'ayons en aucun cas, dormi dans des nids de puces, fait du pick-up stop ou mangé du buffle enragé (manquerait plus que ça...).

Recettes :

F.F.S.	3.000 F
C.R. Midi Pyrénées	15.000 F

Au jour du départ, toutes nos démarches auprès d'éventuels "partenaires financiers" s'étaient montrées infructueuses.

Bonne surprise après notre retour : le Conseil Régional de Midi-Pyrénées débloquent une partie de la subvention de 50.000 F accordée pour soutenir le programme des expéditions de l'Association Pyrénéenne de Spéléologie, et la F.F.S. versait la dotation pré-expé, attribuée au mois de mai.

*

A8. - DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES ET BIBLIOGRAPHIE GENERALE (François BROUQUISSE)

Nous donnons ici les références des documents topographiques et géologiques utiles ainsi qu'une bibliographie générale succincte.

I. - THAILANDE

- . THAILANDE - Guides M.A. - Edition 1982
Marc VILLETTE
- . THAILANDE - Guide touristique -
Achille CLARAC et Henri PAGAU-CLARAC. DK Bangkok - Thailand
(C'est le meilleur guide existant en Français, très complet sur les aspects historique, culturel et religieux).

- . LA THAILANDE ET SES POPULATIONS
Michel HOANG - Editions complexe - Bruxelles.
- . THE SHELL GUIDE TO THE NATIONAL PARKS OF THAILAND.
Bangkok Thailand 1982.
- . DES PAYS ET DES HOMMES. La Thaïlande aujourd'hui.
LAROUSSE, Découvrir n° 8, 1983.
- . LA THAILANDE et le voyage en Birmanie.
Collection Monde et Voyages. LAROUSSE.
- . THAILAND . APA MAPS - Carte routière 1/1.500.000
- . THAILANDE - Carte routière 1/1.600.000. A-Productions ASTROLABE - PARIS.

. Cartes Topographiques au 1/250.000

- NF. 47-15. Amphoe FANG
- NE. 47-2. Amphoe CHIANG DAO
- NE. 47-3. Changwat CHIANG RAI
- NE. 47-6. Changwat CHIANG MAI
- NE. 47-7. Changwat LAMPANG
- ND. 47-7. Changwat SUPHAN BURI
- NC. 47-14. Changwat PHANGNGA

Peuvent être commandées à : ROYAL THAI SURVEY DEPARTMENT. Supreme Command Headquarters. Bangkok 10200 - THAILAND.

. Cartes géologiques au 1/250.000

- * Geological Map of Northern Thailand
(German Geological Mission in Thailand)
Sheet 1 : NAN (1976)
Sheet 2 : CHIANG RAI (1977)
Sheet 3 : PHAYAO (1977)
Sheet 4 : CHIANG DAO (1980)
Sheet 5 : CHIANG MAI (1982)
Sheet 6 : AMPHOE LI (1981)
Sheet 7 : THONG PHA PHUM (1979).
- * Geological Map of Thailand. Department of mineral resources Thailand.
Changwat LAMPANG.
- . Geological Map of Thailand 1/1.000.000. 1969. Department of mineral resources.
Thailand (2 feuilles).

Les documents cartographiques peuvent être commandés à :
GEO CENTER - INTERNATIONALES LANDKARTENHAUS GmbH
Honigwiesenstr 25
D. 7000 - STUTTGART 80 - RFA.

II. - INDONESIE

- . INDONESIE - Collection des Guides DELTA-FLAMMARION - 1982.
- . INDONESIE - Jacques KLEIN - Les Guides des cinq continents. Hachette 1982.
- . L'INDONESIE AUJOURD'HUI - Anne ROCHEGUDE - Les Editions J.A. 1982.
- . DES PAYS ET DES HOMMES - L'Indonésie aujourd'hui.
LAROUSSE. découvrir, n° 13 (Java-Sumatra) n° 14 (Bali), n° 15 (Sulawesi et petites îles de la Sonde), 1983.
- . Pierre LABROUSSE. Méthode d'Indonésien. 2 volumes.
Vol. 1 Cahier d'Archipel 3 - Asiathèque 1978
Vol. 2 Cahier d'Archipel 4 - Asiathèque 1978
- . A.M. ALMATSIER. Efficient Bahasa Indonesia. A method for english speaking Learners.
MUTIARA - Jakarta 1983, (très bonne méthode).
- . Dictionnaire de poche Indonésien-Français A. WIDYAMARTAYA B.A. 1984.

- . Dictionnaire de poche Français-Indonésien. A. TEGUH MARDI SANTOSA B.A. 1984.
- . "PARLEZ INDONESIEN" un guide pour être compris. JOHN BARKER. Editions APA. 1981.
- . BORNEO 83. Expédition spéléologique Française en Indonésie. Kalimantan.
- . INDONESIA HANDBOOK. Bill DALTON. 3e édition 1985. (très complet, en anglais)
- . Cartes topographiques au 1/50.000
Régions de PANGKAJENE, MAROS et BANTIMURUNG
SULAWESI NR 46 : 75/XXXIII - A, B, C, D (4 feuilles)
 : 75/XXXIV - A, B (2 feuilles)
- . Cartes topographiques au 1/100.000
SULAWESI NR 45 : 75/XXXIII
 : 75/XXXIV
- . Index des cartes topographiques : "Index of topographic maps" 1983.
- . Cartes géologiques + notices :
1/250.000 : UJUNG PANDANG, BENTENG and SINJAI (2100, 2110, 2109)
1/250.000 : PANGKAJENE and WATAMPONE (2111, 2111).
1/1.000.000 : UJUNG PANDANG (sheet VIII).
- . Index des cartes et publications géologiques
"List of publications and maps" 1984.
- . Carte 1/625.000 Sulawesi Selatan 1979. PT. PEMBINA

Les documents cartographiques peuvent être commandés à :
GEOLOGICAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTRE
Jl. Diponegoro 57. Bandung. INDONESIA.

III. - DOCUMENTATION GENERALE

- . CAVES OF MULU'80. A.J. EAVIS. British - Malaysian Speleological Expedition to Sarawak
The Royal Geographical Society. London 1981.
- . CAVE SCIENCE. BCRA. Mulu'80. Expedition
Vol. 9 n° 2, june 1982.
- . BCRA Transaction. vol. 3, n° 3 et 4 (expédition en P.N.G.) déc. 1976.
- . CAVES AND KARST OF THE MULLER RANGE - Exploration in Papua New Guinea - ATEA 78
1980.
- . Nouvelle Guinée. Fédération Française de Spéléologie. 1978.
Expédition de Reconnaissance. COGESF - FFS 1979.
- . Expédition spéléologique. CONGO 84. S.C. Albi, juillet 1984.
- . SUDESTASIE. Magazine mensuel. 17, rue du Cardinal Lemoine, 75005 - PARIS.
- . ECUADOR 82. Expédition spéléologique de la SSPPO - Pau.
- . LE GUIDE DU ROUTARD. Asie du Sud-est. Hachette 1984/85.
- . PAPINEAU'S GUIDE TO ASEAN LANDS OF TROPICAL BEAUTY. 6e éd. 1975.
- . SPELUNCA. Suppl. au n° 3. 1976. spécial n° 1. GUATEMALA.
- . PAPOUASIE NOUVELLE GUINEE. Rapport de l'expédition FFS en P.N.G.
Spelunca spécial supplément au n° 3. 1981.
- . Cartes américaines (Département de la Défense).
au 1/1.000.000 : Série ONC (Operational Navigation Chart)
au 1/500.000 : Série TPC (Tactical Pilotage Chart).
Le Sud-ouest des Célèbes est couvert par les feuilles ONC M-11, ou TPC M-11C et TPC
M-11 B. (commandes à l'Astrolabe)
- . ASIA, SOUTH-EAST. World Travel Map, BARTHOLOMEW 1/5.800.000.
Librairies spécialisées
L'ASTROLABE : 46, rue de Provence - 75005 - PARIS
L'ASIATHEQUE : 6, rue Christine - 75006 - PARIS.
SUDESTASIE : 17, rue du Cardinal Lemoine. 75005 - PARIS.

REMERCIEMENTS

Ce projet a été mis sur pied sous l'égide de l'ASSOCIATION PYRENEENNE DE SPELEOLOGIE, association loi 1901 à but non lucratif. Il n'a donc eu aucune vocation à caractère commercial et a été réalisé sur la base de l'autofinancement par ses participants, tous intervenants à titre bénévole.

Un important travail de recherche d'aides et de subventions a été mené, tant auprès des collectivités locales, (Conseil Régional, Midi Pyrénées, Conseil général de la Haute Garonne, Mairie de Toulouse), ministères (Jeunesse et Sports, Industrie et Recherche, Affaires étrangères), fédérations sportives (FFS, FFM), laboratoires de l'université et du C.N.R.S., qu'auprès du secteur privé, organismes bancaires, fabricants et dépositaires de matériel et équipements.

Nous tenons ici à remercier tous ceux qui à un titre où à un autre nous ont aidés et ont ainsi contribué au succès de ce projet, et plus particulièrement :

* Les organismes publics et laboratoires :

- le Conseil Régional Midi-Pyrénées,
- la Fédération Française de Spéléologie,
- la Fédération Française de Montagne,
- le Laboratoire d'Ecologie des Arthropodes Edaphiques (Toulouse),
- le Laboratoire Souterrain du C.N.R.S. (Moulis),
- le Laboratoire de Biologie Souterraine (Lyon),
- le Centre d'Ecologie des Ressources Renouvelables (Toulouse),
- le Laboratoire d'Hydrobiologie (Toulouse),
- le Laboratoire de Géologie Sédimentaire et de Paléontologie (Toulouse),
- le Laboratoire de Sédimentologie - Institut Dolomieu (Grenoble),

* Les entreprises privées et les fournisseurs

Saulas et Cie, Précis Mécanique, Neyrtec, Draeger-Brandt, Merck-Clevenot, Saft-Mazda, Karrimor, Petzl, TSA, L'Argonaute, Mondial Sport, Sopad Nestlé, Quaker-France, Uncle Ben's, Charlet, Ilford.

* Les laboratoires pharmaceutiques.

Bouchara, Cassenne, Cetrane, Ciba-Geigy, Cilag, Delagrangé, Diamant, Etriss Sarl, Fisch, Hoechst, Innothera, Janssen, Lebrun, Léo-Lucien, Pharmacie centrale de France, PF Médicament (3 M Santé), Riker, Robert et Carrière, Roche, Roussel, Sandoz, Schering, Spécia, Unilabo, Upjohn, Upsa.

* Les personnalités, collègues et amis.

Mrs H. Tazieff, Pdt. A. Raymond, Pr. L. Lareng, B. Thoer, M. Barrard, Pr. P. Cassagnau, Pr. J. Rey, Pr. R. Cinet, C. Juberthie, R. Magniez, I. Löbl, V. Aellen, A. Fayard, Pr. Monchoux, Mme P. Greenslade, C. Benech, Mme V. Benech, F. Pradal, M. Bakalowicz, A. Mangin, T. Pélissié, M. Duchêne, G. Jauzion, M. Audetat, D. Wellens, De Laportalrière, M. et T. Vintrou, S. Bougerolle, Melle F. Carrère, C. Martin et N. Cheutin, Mr. Gabart.

Nous remercions également ceux qui nous ont aidés à l'étranger :

J.F. Séché, L. Gabaude, Mlle Amon, A. Laurent (Sophie), J. Boulbet, J.P. Daniel, A. Gottardi, Père Bataille, A. Saemee, Mrs P. Wara Aswapati et Mr. Païtoon en Thaïlande ; C. Mouret et Mr. Baharuddin en Indonésie.

Sans oublier Lucien Gratté pour son aide et ses conseils.



APS 86-1

ISBN 2-906273-00-7