

Fédération Française de Spéléologie
SCX, AVENS, SAGA

CENOTE DU YUCATAN
RESEAU de XPU-HA
et de X-CARET
Rapport de l'expédition Xel-Ha 1998

Christian THOMAS
Philippe BRUNET
Gael MONVOISIN

Février 1999

LES GRANDS RESEAUX SOUTERRAINS DE QUINTANA ROO

La péninsule du YUCATAN se divise administrativement en trois états . Le QUINTANA ROO se situe au Nord Est de la péninsule . On y trouve les plus grands réseaux de grottes noyées de la planète . Plus de 300 kilomètres de siphons y ont été explorés essentiellement par des équipes américaines depuis environ quinze ans .

Les expéditions que nous y avons entreprises depuis 1995 ont permis d'explorer et de topographier une vingtaine de kilomètres de siphons . Nous avons par ailleurs entrepris d'importants travaux d'hydrogéologie, ainsi que des prélèvements biologiques

La plupart des réseaux se développent à proximité de la côte . Ils sont liés à quelques grandes exurgences côtières . Nous en donnons un aperçu ci-dessous .

I LE COMPLEXE DE RANCHO ERIC (66 000m)

YAXCH'EN

Un alignement de cénotes parfaitement visibles en photographie aérienne se poursuit par des formes de canyon labyrinthique sous marin à faible profondeur. Un grand lac qui s'ouvre à une centaine de mètres de la route, en face de l'entrée du Rancho Eric, constitue l'entrée du cénote YAXCH'EN. Ce cénote est aussi connu sous le nom de MUNDO ESCONDIDO, ou de cénote du RANCHO ERIC . Ce cénote dont le plan d'eau mesure 150 mètres de longueur a été exploré sur 12000 mètres pendant l'hiver 1997, par Gary et Kay WALTEN. Le point ultime atteint par les plongeurs est situé à 4550 mètres de l'entrée, ce qui a nécessité l'emploi de relais multiples et de deux scooters . Le réseau traverse relie plusieurs cénotes . Mais ceux-ci se situent soit dans des zones marécageuses, soit dans une jungle difficilement praticable, et leur accès et de ce fait impossible par la surface.

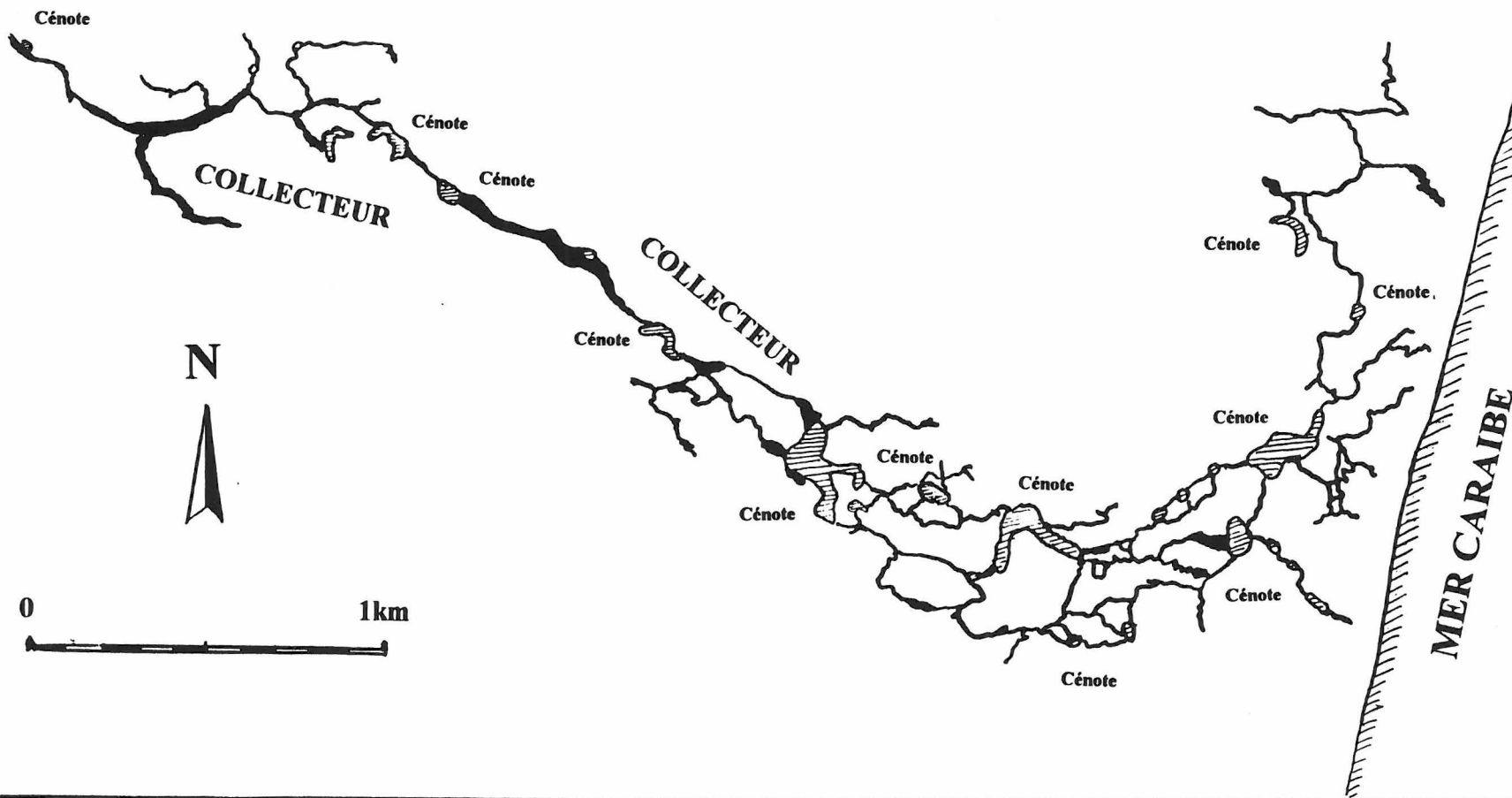
La photographie aérienne permet de déceler cet important système qui est aujourd'hui le plus septentrional connu sur la façade Est de Quintana Roo.

SISTEMA DEL MAR

Plus au Nord, les deux cénotes que nous avons repérés en 1997 et où nous avons exploré quelques centaines de mètres, CABANES TULUM et CAPE-HA ont été repris par Christophe le MAILLOT et Bernd BIRNBACH qui ont remarquablement exploré 18 000 mètres de galeries noyées, et connecté le réseau à la mer. Le réseau est connu sous le nom de SISTEMA DEL MAR . L'alignement de cénotes qui se voit en photographie aérienne donne, coté mer sur le réseau de canyons sousmarins mentionné ci-dessus, et coté terre sur une série de cénotes dont les plus spectaculaires sont LOS CANALES . La salinité que nous y avons mesuré est d'environ 5 g/l . La cavité est sans concrétion, et présente des zones de grande instabilité . Un bloc de plusieurs tonnes a même enterré le fil d'Ariane dans CAPE-HA.

YAXCHEN

Topographie Gary et Kay Walten



2

ESMERALDA

Le réseau centré sur LOS CANALES est en cours d'exploration par une équipe dirigée par SAM MEACHAM . Le développement atteint 13600 m et l'exploration est rendue difficile par un protage de près de deux heures . Le réseau est connu sous le nom de reseau **ESMERALDA** .

Les galeries y sont cyclopéennes et la connection avec les systèmes Naranjal d'une part et del mar d'autre part est l'un des grands enjeux des explorations du Quintana Roo.

NARANHAL

En poursuivant cette ligne de cénotes, on retrouve le grand système de **NARANHAL** . Situés de part et d'autre de la route 307 au Sud du village de TULUM, les cénotes **MAYAN BLUE** et **NAHARON** totalisent 22 500 mètres. La première traversée a été réalisée par **JIM COKE**, **TOM YOUNG**, et **PAUL HEINEITH** en 1989. La connexion avait été réalisée l'année précédente par **MIKE MADDEN** et **JOHANA DE GROOR** . La traversée fait 1500 mètres de long, impose de passer deux étroitures.

La connection des trois systèmes, **DEL MAR**, **NARANHAL** et **ESMERALDA** est tout à fait réalisable . L'ensemble du réseau pourrait alors dépasser les 100 kilomètres et devenir le plus grand réseau noyé du monde .

Il est assez difficile de faire la part entre le système de **NARANHAL** et celui de **YAXCH'EN** . Les deux systèmes semblent en effet avoir eu un aval commun à un moment où le niveau de la mer était plus bas, même si aujourd'hui, la connection entre ces deux réseaux semble bien improbable .

A'IN

Cette grotte situé 8 kilomètres au Sud de TULUM sur la route 307 a été exploré par Gary et Kay Walten.

III LE COMPLEXE SAC ACTUM (45600 m)

CAR WASH .

Situé quelques mètres au Sud de la route de COBA, ce cénote a été exploré dans les années 80 . Au cours de l'été 95, **PARKER TURNER** et **MIKE MADDEN** ont découvert une nouvelle prolongation, très concrétionnée : la salle des larmes (room of tears). Le développement de cette cavité est estimé à 3500 m

Elle représente l'amont du complexe SAC ACTUM. **CAR WASH** est l'un des cénotes les plus visités . Les polémiques sur protection de cette cavité et sur l'impact des plongées touristiques sur le milieu ambiant restent vives. Cette grotte s'ouvre dans le Ejido TULUM auquel il faut acquitter un droit de 35 pesos.

LE CENOTE ESQUELETO (ou TEMPLE OF DOOM)

Situé au Nord de COBA à proximité de l'intersection avec la route 307, ce cénote a été découvert et exploré en 1986 par MIKE MADDEN et DENNY ATHINSON. 200 mètres de grottes furent explorées cette même année, dont les deux grandes salles dites du COLISEUM et THE FANG qui contient une gigantesque stalagmite. En octobre et novembre 1995, GARY WALLEN, KAY POZDA WALLEN et SAM MEACHAM rajoutent 1100 mètres de continuations. La longueur totale de la cavité est estimée à 4000m.

SAC ACTUM (GRAND CENOTE) VACA HA

Le cénote SAC ACTUM est localisé 200 mètres au Sud de la route de COBA . GRAND CENOTE avec lequel il communique s'ouvre 100 mètres au Nord de la route chez CESAR qui demande 20 pesos de droit de visite. C'est assurément la grotte la plus visitée et l'une des plus spectaculaires de QUINTANA ROO. Ce cénote a été découvert par JIM COKE et STEVE DE CARLO en novembre 1988 grâce à l'utilisation d'un petit avion privé. Au cours du même vol, le cénote NOHOCH aurait aussi été aperçu. Le développement topographié de SAC ACTUM était de 5000 mètres après les premières explorations.

En mai 1992, le cénote VACA-HA a été montré par CAMILLO à TONY DE ROSA et STEVE GERRARD . Son entrée est minuscule, et peu encourageante. Elle s'ouvre au Nord de la route de COBA. Richement décoré, ce cénote développe 1200 mètres de galerie. 60 mètres seulement le séparait de CAR WASH. En 1996, l'équipe de T DE ROSA réalise la jonction avec SAC ACTUM donnant ainsi un réseau de 6350 mètres de développement.

En 1997 et 98, de nouvelles découvertes en amont ont été réalisées par Philips et Dany Riordan qui ont découvert près de 3 kilomètres de nouveaux passages . En aval, Chris Pyle a découvert 1200 mètres de galeries . Le développement total est aujourd'hui de 10910 mètres.

CAMILLO

Situé à faible distance de VACA-HA, ce cénote est en cours d'exploration par Steve Gerrard et Tony de Rosa . Plusieurs centaines de mètres ont déjà été explorées.

TORTUGA

Situé un kilomètre au Nord de VACA HA, ce cénote a été découvert en 1992. L'exploration a été menée par les AMIGOS OF PITTSBURGH en 1993, 94, 95. ALLEN JONASHAITIS. RANDY JONHSON, STEVE GERRARD, MARY et IVAN CAPELLI, CLIFF KECK. SAM FERRA et REDINGER forment cette équipe. Le développement est de 1200 mètres, et alterne des passages en eau douce et en eau salée. Sa profondeur atteint 30 mètres.

TOUCHA HA

Ce cénote situé au Nord de la route de COBA développe 3000 mètres de galeries.

CENOTE CRANEO

Découvert récemment par le groupe de TONY DE ROSA, ce cénote est en cours d'exploration.

CENOTE K'OXOL

Au Nord Est de l'intersection de la route 307 et de la route de COBA. Nous n'avons pas d'informations sur ce cénote qui est situé assez loin de la zone aval du système SAC ACTUM

CENOTE NAVAL

Exploré en 1989 par T DE ROSA et Hilario HILER, ce système développe 9090 mètres, pour une profondeur maximum de 20 mètres . Ce cénote est très proche du cénote ABEJAS et pourrait aussi se connecter au système SAC AKTUM, et TEMPLE OF DOOM

CENOTE ABEJAS

Il s'agit de la sortie probable vers la mer du réseau SAC ACTUM. Découvert en 1987, par Jim Coke, ce cénote a la réputation d'être dangereux en raison des abeilles qui l'entourent et qui lui ont donné son nom. Son développement est de 8150 m. Il comporte peu de concrétions et beaucoup d'argile blanche de corrosion.

IV NOHOCH (72 000 m)

NOHOCH NAH CHICH est la plus grande cavité noyée connue actuellement au monde. Elle a été explorée sous la direction de MIKE MADDEN qui a su mettre en oeuvre des moyens en relations avec la taille de la cavité. A fin 1998, NOHOCH mesure 72 kilomètres de développement . La connexion à la mer a été effectuée début 1996 au lieu dit « CASA CENOTE ». Cette connexion a une forme labyrinthique, la grotte y est peu concrétionnée, et extrêmement corrodée. L'eau s'échappe par une galerie modeste débouchant le long de la côte. Il n'y a pas de « grande sortie d'eau majestueuse au large des côtes ». Le débit de CASA CENOTE est environ 1,5 m³/s.

NOHOCH a été découvert en novembre 1988. Sa localisation a été indiquée par les indiens matas. Elle s'ouvre à 3 kilomètres de la route à l'intérieur de la jungle . Le cénote s'ouvre directement sur le collecteur dont il crève la voûte. Cette galerie atteint par endroit 10 mètres de haut pour 20 de large . Cette cavité est exploitée touristiquement par MIKE MADDEN . la combinaison d'une marche dans la jungle, et d'une séance de « palme-masque-tuba » loin sous terre « l'INDIANA JONES jungle adventure trip ».

NOHOCH est connecté à de nombreux autres cénotes comme DINNER HOLE, FERNDOCK, TANKAH, BALANKANCHE...

V DOS OJOS / XEL-HA (80 000 m)

DOS OJOS est une autre rivière dont l'exploration a commencé en 1986 par JIM COKE et JOHANA DE GROOT . De nombreux plongeurs (plus d'une centaine) ont participé à cette exploration. Son développement actuel est de 63 kilomètres. Une traversée DOS OJOS, MONOLITH de 1650 mètres est proposée aux plongeurs très expérimentés.

A l'amont. DOS OJOS se rapproche de NOHOCH et 200 mètres seulement séparent les chevelus de drainage des deux cavités. Une zone effondrée, et comblée par des sédiments calcaires séparent les deux cavités. Malgré de nombreux efforts, la connexion entre ces deux cavités hydrogéologiquement bien différenciées n'est pas réalisée.

DOS OJOS s'ouvre sur le territoire du EJIDO JACINTO PAL. Le ejido est une collectivité maya organisée selon les lois Mexicaines semblables à toutes les lois sur les réserves indiennes. Le ejido est indivisible et inaccessibles pour préserver la propriété des terres mayas. Les négociations avec ce ejido se sont toujours révélées difficiles et les explorations ont dû être interrompues à plusieurs reprises. Pendant notre passage, MIKE MADDEN a été surpris dans le territoire du ejido alors qu'il n'en avait pas obtenu l'autorisation. Son équipement a été saisi, et il a été traîné en justice.

L'équipe de STEVE GERRARD a réalisé une grosse expédition (rapportée au jour le jour sur internet) au cours de l'été 96 dans le but de réaliser la jonction avec NOHOCH...qu'il lui reste encore à faire !

HILARIO'S WELL, TAK BIHRA, TIKIN CHI, KENTUCKY CASTLE, EK BE, HIGH VOLTAGE, DOS PALMAS sont parmi les cenotes qui communiquent avec DOS OJOS. L'exurgence du système pourrait être XEL HA et ses environs, mais la communication n'est pas évidente. La cavité se dirige vers la baie de SOLIMAN qui est envahie par la mangrove et où il est extrêmement difficile de mesurer les débits d'eau émergents . Toutefois, la présence constante de tanin dans les eaux de la baie laisse supposer que les débits d'eau douce qui y émergent sont très modestes . Quelques petites émergences sont connues entre CASA CENOTE et XEL-HA, mais ont des débits limités à quelques litres par seconde.

MONDO ESCONDIDO

Entre les systèmes de NOHOCH et de DOS OJOS existent quelques cavités . La plus importante est MONDO ESCONDIDO qui développe environ 3000 mètres de galeries

PIES

Situé entre la route 307 et la côte, cette cavité présente un développement de 3000 mètres . Elle se situe à proximité de la baie de Soliman et pourrait être un aval de DOS OJOS . Elle présente la morphologie habituelle des cavités situées près de la côte . Galeries basses et parallèles au rivage.

Au Nord de DOS OJOS plusieurs petits systèmes sont connus tels que PALOMITA, PITCH, CUEVA SECA DE JORGE, développe chacun quelques dizaines de mètres .

PITCH

Ce cénote est en cours d'exploration par notre équipe . Il ne développe pour le moment que quelques centaines de mètres, mais est parcouru par un violent courant . Il pourrait alimenter le bras Nord de la caleta de XEL-HA .

XEL HA .

La Caleta de Xel-Ha est constituée d'un ensemble de bras de mer pénétrant dans les terres et de lagune. Cet ensemble peut être réparti en trois parties: une zone d'effondrement au sud-ouest, la Laguna Negra au nord-est et la zone des ruines maya au centre. L'ensemble du site constitue une réserve biologique et faunistique importante ainsi qu'un centre de loisir ouvert aux touristes. Ceux-ci peuvent tout particulièrement profiter des poissons qui vivent ici en très grand nombre et facilement observable en apnée. La Caleta, ouverte d'un côté sur la mer des caraïbes est alimentée également en eau douce par plusieurs sources.

A l'ouest, un bras de mer étroit est le témoin d'une rivière effondrée. Plusieurs ravins dans la jungle, un cénote et quelques courts tunnels noyés montrent qu'une rivière arrivait, arrive ici. Malheureusement, l'effondrement des galeries ne permet pas de pénétrer dans la rivière. Un débit de 1,5 m³/s se collecte à cet endroit.

Au centre, plusieurs petites grottes sont rapidement impénétrables, même si un courant important se fait sentir venant de l'ouest. A l'est de cette zone réurge la rivière de Xel-Ha, puissante source de 2 m³/s , provenant du Nord.

A l'est, un bras de mer se prolonge par deux couloirs noyés, vers la Laguna Negra. La profondeur de ces tunnels empêche l'eau saumâtre stagnant en surface de la lagune de s'échapper vers la mer. L'eau est donc trouble, colorée par le tanin et, ... très peu visitée par les touristes.

Le complexe touristique, restaurants, boutiques, douches, ... et les bureaux administratifs de la réserve sont situés sur la péninsule qui sépare la zone des ruines maya, de la zone de la laguna negra.

La source pénétrable la plus importante de Xel-ha est celle de la zone des ruines maya. En fait, elle constitue le bras principal d'un delta souterrain dont l'autre bras réurge dans la laguna negra. La galerie haute et vaste est malheureusement totalement troublée par l'halocline (mélange d'eau douce et salée), obligeant à circuler à des niveaux différents selon que la marée soit montante, l'eau de mer pénétrant alors dans la grotte, l'halocline est haut ou descendante, l'eau de mer sortant de la cavité, l'halocline est bas. Cette galerie se développe sous la route d'accès au parking du complexe, où passent près d'une centaine de bus chaque jour!! Plusieurs passages se connectent dans ce qui forme un beau labyrinthe trouble. Cette zone est intensément corrodée, et la voûte est parfois instable . Un squelette de crocodile et plusieurs squelettes de lamantins reposent au sol, en connexion anatomique. La confusion avec un squelette de vache qui aurait pu venir de la surface par un effondrement proche, fera nommer cette galerie « no bullshit », puis « bullshit » par nos amis portugais. Les vertèbres caudales très caractéristiques et la forme du crâne ont vite levé tous les doutes. Cimetière marin ou trace d'une tragédie pour un groupe d'adultes aventureux ? Au total la cavité développe 8000 mètres de galeries .

Le Cénote JAGUAR

L'entrée nous est montrée par JORGE le propriétaire du terrain. Le cénote se présente comme une vaste dépression de 50 mètres de diamètre. Un premier plan d'eau est d'accès évident. MIKE MADDEN a déjà plongé une fois ici sur environ 300 mètres . La galerie est très peu concrétionnée, creusé dans l'halocline et très argileuse. La galerie principale large de 3 mètres pour 2 de haut et se termine sur des passages étroits et argileux . Nous topographions au total 700 mètres de galerie dans cette zone . De l'autre coté de la dépression, une mare peu engageante permet d'explorer la partie amont du réseau . Une étroiture donne accès à un petit réseau de galeries surbaissées (moins d'un mètre de haut en moyenne creusé dans l'interface eau douce / eau salée.) . 250 mètres de réseau sont topographiés, ce qui porte le développement de ce réseau à 950 mètres.

Le cénote ESTRELLA

JORGE poursuit un travail de prospection systématique de son terrain et des dizaines de cénotes y ont été découverts. Nous sommes très souvent dans des cavités situées très au dessus de l'halocline actuel. Ils sont les témoins d'écoulements anciens à une époque où le niveau de la mer était plusieurs mètres au dessus du niveau actuel. Le cénote ESTRELLA s'ouvre par un petit gouffre d'effondrement qui donne accès à une galerie sèche dont la morphologie évoque un creusement en halocline (2 mètres de hauteur pour 20 de large. Après une cinquantaine de mètres de progression, on rencontre l'eau . Un lac semi siphonnant constitue la suite de la cavité. Le sol est remblayé par des paillettes de calcite flottante. Un expérience de creusement à l'aide d'une pompe réalisée par Marco Rotzinger et par Jorge a montré que cette couche était épaisse de deux mètres. Un puits donne accès à la partie profonde de la cavité, qui descend à 35 mètres de profondeur. La cavité présente un développement de 350 mètres.

La CUEVA DE LAS ESTALACTICAS

Cette grotte de 250 mètres de développement se trouve également dans la propriété de JORGE. le rancho EL VENADO. De la même façon que le cénote ESTRELLA, cette cavité s'est creusée dans un paléohalocline situé 10 mètres au dessus de l'halocline actuel. L'eau s'y rencontre sous la forme de lacs et de deux courts siphons ensablés par de la calcite flottante sédimentée typique de ce genre de cavités .

PALOMITA

Petit réseau de 400 mètres de développement exploré par Steve Gerrard et Kate LEWIS. cette grotte est située à courte distance du cénote Pitch dont il est peut être l'amont.

V LE COMPLEXE DE YALKU

CAN

Connu sous le nom de cénote CAN (le serpent), ce cénote est à quelques dizaines de mètres d'un autre cénote sans continuation. L'intérêt principal réside dans l'existence à 21 mètres d'un paléo-halocline, marqué par la morphologie en « laminoir » de la galerie .

Nous l'avons exploré au cours de l'expédition de reconnaissance de 1995 . A partir de la route 307, prendre à hauteur du croisement vers AKUMAL le chemin carrossable qui rentre dans la jungle. Après quelques dizaines de mètres, prendre à droite le chemin qui suit la ligne électrique. Le suivre pendant deux kilomètres, jusqu'à l'endroit où il cesse d'être pénétrable. Nous sommes à cet endroit à environ 1500 mètres de la côte, juste à hauteur de la caleta YALKU. Cette caleta est formée de deux courtes rivières séparées de 800 mètres, et présentant un débit cumulé de 1.5 m³/s . Il n'existe pas d'émergence importante entre XEL-HA et YALKU

D'autres cénotes sont isolés, et ne donnent accès qu'à des grottes de courte extension

CENOTE AKTUN CHEN

Ce système aurait été reconnu pour la première fois en avril 1993 par German Medoza et Steve Gerrard . Les explorations ont été reprises en 1998 par Bernd Birnbach et Christophe Le Maillot qui ont trouvé d'importantes continuations . Aujourd'hui le système développe 5800 mètres de galeries pour une profondeur maxi de 23 mètres .

Le cénote ALHAMBRA est situé à hauteur de PLAYA AVENTURAS 2 kilomètres à l'intérieur des terres. Il est indiqué sur les cartes hydrogéologiques. C'est une galerie unique correspondant à un collecteur effondré à l'amont et à l'aval. Il est visitable sur 250 mètres à l'aval et 400 mètres à l'amont. Il pourrait être en relation avec l'exurgence de X-CACEL.

Le cénote TEMPLE, et le cénote MARIA ISABEL pourraient être des regards sur cette circulation. . Nous n'avons en revanche pas d'informations sur les cénotes HALF MOON . 27 STEPS et X'DZONOT situés à hauteur d'AKUMAL.

VI LE COMPLEXE DE XPU HA

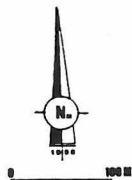
PONDEROSA

En juin 1990, TONY ET NANCY DE ROSA découvrent et explorent un cénote près de PUERTOS AVENTURAS . Ils découvrent entre autre une salle de 30 mètres de large pour 100 mètres de long, richement ornée qu'ils baptisent la CHAPELLE. La cavité développe 12 kilomètres de long et est connectée à 19 cénotes. Son aval est situé à moins de 800 mètres de XPU HA exurgence assez puissante mais impénétrable. Parmi les cénotes du système deux s'ouvrent près de la route et font l'objet d'une exploitation touristique. Le système est appelé PONDEROSA. (étang de DE ROSA) allusion au nom (et à l'ego?) des découvreurs.

CUZEL

Le cénote de CUZEL a comme nom maya TAN CAH le cénote de l'once. Le nom de CUZEL qui veut dire jeune fille en maya est en fait le nom du terrain occupé par le ranch de MARCO ROTZINGER au bord de la route. La cavité a été rebaptisée depuis AKTUN KOH par Don GILBERT, propriétaire du terrain.

SYSTEME DE XPU-HA



CUZEL
(AKTUN KO)

TAJ MAHAL

MINOTAURO

Un chemin de terre, permet après deux kilomètres de progression d'atteindre une dépression taillée à l'emporte pièce dans la roche. C'est l'entrée principale du cénote de CUZEL. Au nord de la dépression, un lac donne accès au réseau. Nous y avons exploré 5500 mètres de galeries en février 1996.

Il est connecté à un cénote que nous avons baptisé le cénote DEDALE . Au Sud,
TAJ MAHAL

Le système de Taj Mahal a été découvert par l'équipe de Tony de ROSA en 1993, puis exploré en 1995 et immédiatement ouvert au tourisme subaquatique grâce à son accès facile et à la beauté de sa zone d'entrée. D'ailleurs, Don Feliciano Tun Tha, propriétaire du site a remarquablement aménagé le cénote d'entrée et son environnement en construisant une Palapa (hutte maya très vaste, ouvert au vent procurant un lieu ombragé et frais), en défrichant les alentours puis le fond du cénote , apportant du sable pour assainir les parties marécageuses et cimentant l'escalier d'accès et la plate forme de mise à l'eau.

En février 1996. nous rajoutons environ 1 km de galeries et levons la topographie de l'ensemble.

Le système de Taj Mahal est constitué d'un vaste labyrinthe dont l'organisation n'apparaît pas immédiatement. En fait , il s'agit de deux galeries orientées nord-est / sud-ouest partiellement doublées et reliées et/ou prolongées par des galeries d'orientation générale sud-est / Nord-Ouest. L'écoulement principal de la cavité se fait par la galerie la plus à l'Est: « le grand couloir » qui est l'un des points remarquables de la cavité avec ses 10 mètres de haut pour 15 à 20 mètres de large et une longueur de près de 500 mètres, dans une eau cristalline.

Le système communique avec la surface dans quatre zones effondrées . Au total, plus de 5000 mètres de galeries noyées.

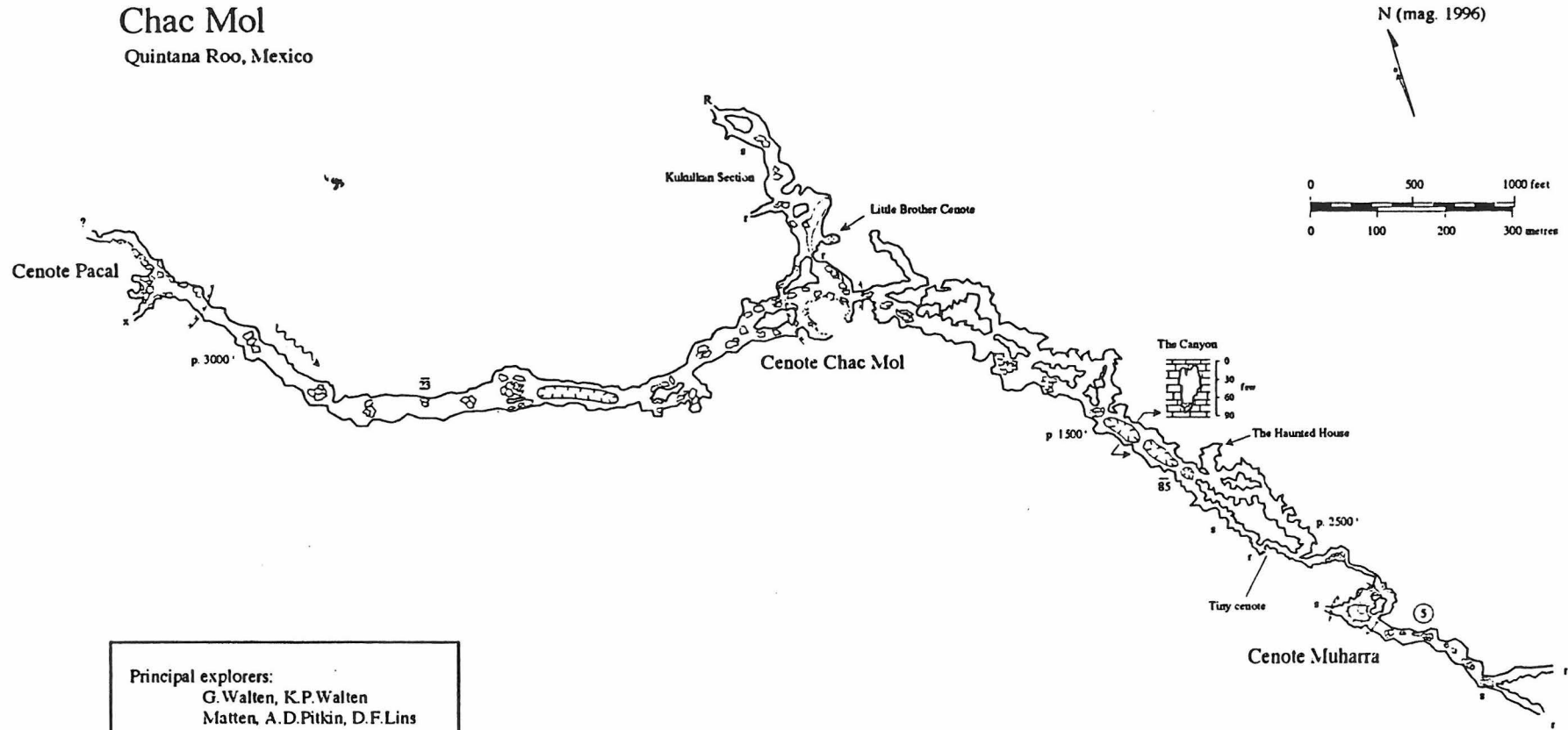
MINOTAURO

Nous avons commencé l'exploration de cette cavité située au Sud de TAJ MAHAL en février 1997 et topographié environ 1200 mètres de galeries très labyrinthiques. Située à 1200 mètres de la route dans la propriété de INOCENCIA, cette exploration nécessitait un lourd transport dans la jungle. Au cours de l'année 1997, Inocencia a ouvert un chemin carrossable jusqu'au cénote. dont l'exploration a été reprise par le groupe TONY DE ROSA qui rajoute 2000 mètres de galeries en direction de TAJ MAHAL . Une grande galerie atteignant par endroits 15 mètres de large sur 5 de haut est la partie la plus spectaculaire de cette partie . L'ensemble débouche sur deux cénotes ESCALEIRA et ESTRELLA . En février 98, nous continuons l'exploration et rajoutons 1000 mètres de galeries essentiellement dans un labyrinthe se dirigeant vers le cénote EL BAT en direction de CUZEL.

La grotte se développe essentiellement dans l'étage intermédiaire, dans l'eau douce. Des prélèvements de concrétions en vue de datation ont été effectués. Ces concrétions montrent trois étapes de dépôt. Sur le plan morphologique, on retrouve une galerie en drain, autour de laquelle se développe un labyrinthe creusé par un paléohalocline. La partie aval est de dimension beaucoup plus modeste que la partie amont. L'ensemble n'atteint toutefois jamais les dimensions de la grande galerie de TAJ MAHAL avec laquelle l'ensemble de la cavité est aligné .

Chac Mol

Quintana Roo, Mexico



Principal explorers:
 G. Walten, K.P. Walten
 Matten, A.D. Pitkin, D.F. Lins

Survey date: June/July 1996
 Grade: B.C.R.A. 3b
 Cartography: A.D. Pitkin

Length: 1571.5 ft / 479.0 m
 Avge Depth: 30-40 fsw / 9-12 msw
 Max Depth: 86 fsw / 26 msw

12

La cavité est parcourue par un léger courant. L'influence des marées y est visible, et le niveau de l'eau fluctue d'une quinzaine de centimètres. Non loin le cénote PICA PIEDRA tire son nom de la longue désobstruction subaquatique entreprise par Bernard GLON en 87. C'est une courte galerie développant environ 100 mètres, et barrée par un rideau de stalagmites.

XPU-HA

Il s'agit d'une des grandes résurgences de la côte Est du Yucatan. L'accès peut se faire à pied ou en bateau à partir de la plage de XPU-HA en allant vers le Nord. D'autres résurgences sont connues en mer mais sont peu importantes. Une résurgence située 1km au Sud au delà de la plage de ROBINSON, a été reconnue lors de notre expédition de 1997. Elle présente un débit de l'ordre de 1000 litres par seconde. Elle comporte une petite galerie creusée aux dépens d'une fracture, rapidement impénétrable après une vingtaine de mètres de progression.

La source de XPU-HA donne lieu à une courte rivière de surface d'environ 500 mètres de long. L'eau sort d'un ensemble de sources venant directement des mangroves. La pénétration, du fait des racines est problématique. Deux petits cénotes en amont de la source mériteraient visite et pourraient donner accès au chaînon manquant entre XPU-HA et PONDEROSA. Le débit estimé à 5m³/sec en fait l'une des sources les plus importantes de la côte Est des Caraïbes. Un éco-parc de grande dimension est en cours de construction ce qui interdit pour le moment toute exploration.

Au total, ce complexe totalise environ 27000mètres de réseau répartis en quatre cavités. CUZEL est distant de PONDEROSA d'environ 500 mètres. Le cénote MINOTAURO est la continuation naturelle de TAJ MAHAL dont il est séparé par un gros effondrement. La distance entre MINOTAURO et CUZEL est à peine de 300 mètres.

VII LE COMPLEXE DE PUERTO AVENTURA

CHACMOL

Il s'agit d'une grotte explorée sur 5200 mètres par les plongeurs américains Gary et Kay WALTEN. Environ 1000 mètres de galeries supplémentaires vers l'aval ont été découvertes par Mike Madden. La cavité est constituée par une très grande galerie comparable à la grande galerie de TAJ MAHAL, sans beaucoup de ramifications. La topographie est de bonne qualité, et n'est pas réduite à la simple polygonale habituelle. La cavité se développe en direction de PUERTO AVENTURA et semble être sans connexion avec le système de XPU-HA.

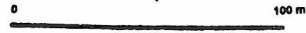
VALET

Cette exurgence se situe dans la marina de Puerto Aventura, dans le port de plaisance, dans l'enclos artificiel du delphinarium. Deux sorties d'eau totalisent un débit de 1,5 m³/s.

SYSTEME DE X-CARET



PARKING



ENTREE

MUSEE

JARDIN BOTANIQUE

RIO DEL PUEBLO MAYA

RIO SUBTERRANEO

SINGES

THEATRE

+20

-10

-5

RIO SOUTERRAIN ARTIFICIEL

BUREAU

JAGUAR

RUINE

MUR MAYA

RUINES

SORTIE DU RIO

MANGROVE

EGLISE

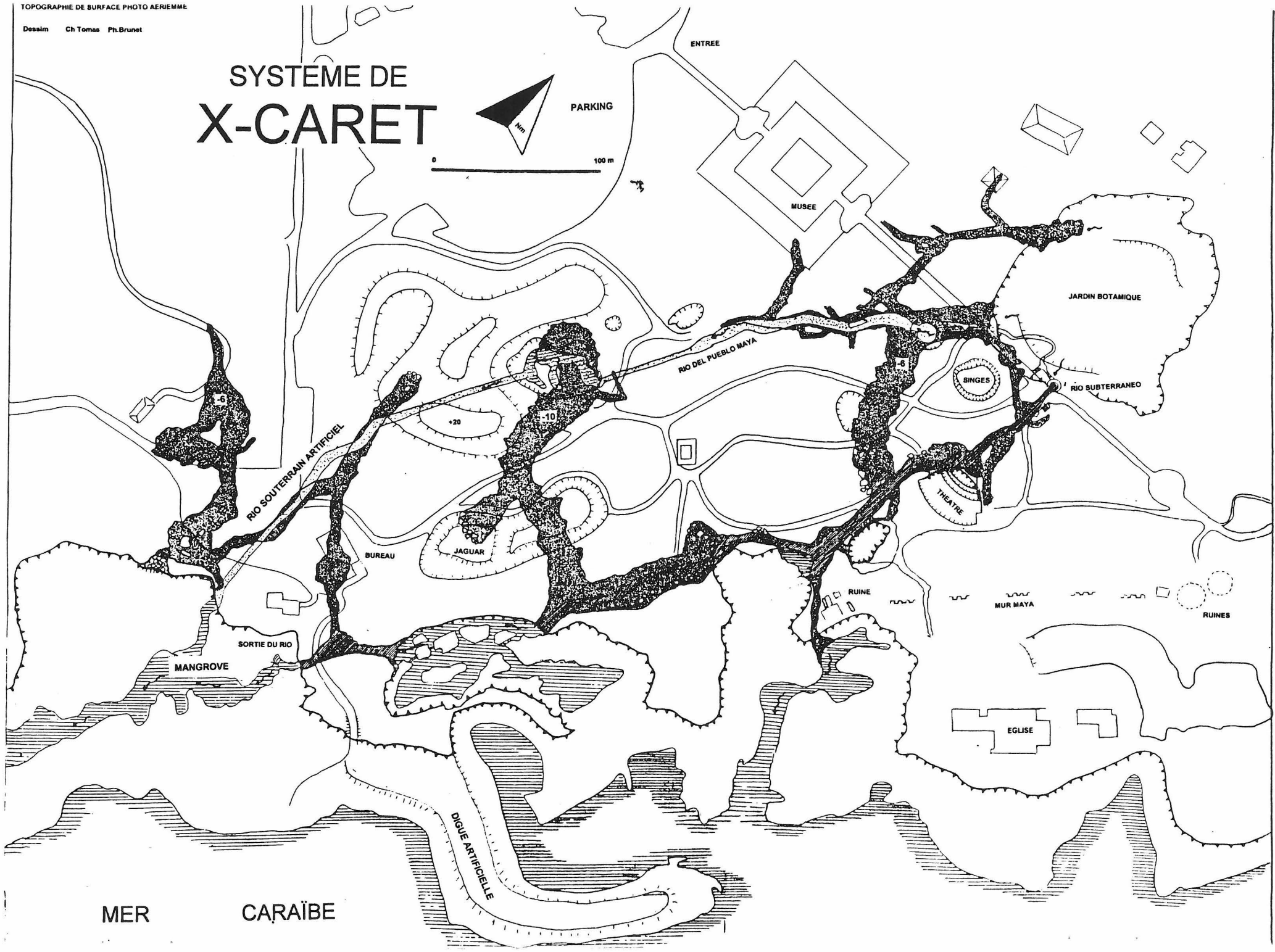
DIGUE ARTIFICIELLE

MER

CARAÏBE

14

Dessin: Ph.Brunet Ch.Thomas



Un petit réseau de quelques centaines de mètres de galeries surbaissées et boueuses y a été exploré.

VIII LE COMPLEXE DE XCARET

Une rivière dont nous estimons le débit à environ 1,5 m³/sec a été aménagée pour permettre aux touristes une très belle excursion souterraine à la nage. Le complexe écotouristique du parc de X-CARET est une merveille d'organisation, et un des joyaux touristiques du Quintana Roo. Nous avons entrepris les plongées dans les parties noyées du réseau en 1998, et découvert environ 2500 mètres de cavités . De gros effondrements rendent la progression difficile . D'autres cenotes restent à explorer en amont afin de trouver le système de grottes qui alimentent l'exurgence .

Plus à L'Est, une cavité de 1500 mètres de développement a été découverte et explorée par des plongeurs américains, puis mexicains et français . Ce cenote nommé Cenote TORTUGA pourrait être un des bras d'une rivière alimentant X-CARET .

IX LE COMPLEXE DE CHUCHUEN

Au nord de PLAYA DEL CARMEN, on trouve l'une des plus grosses résurgences de Quintana Roo. Les exurgences de CHICHUEN. Celle ci se présente sous la forme de deux résurgences. La plus grosse est située 150 mètres au Sud de l'autre. Malgré un courant extrêmement fort, elle est pénétrable sur une trentaine de mètres qui s'effectuent sous des blocs maintenus en place par la mangrove !!! Le débit total en a été estimé à 5 m³/s

Nous avons exploré en 1997 une cavité située à environ 4 kilomètres de la côte. Cette cavité se présente sous la forme de trois cenotes dont deux ont été reliés au cours de notre plongée. La profondeur est d'environ 25 mètres. Un courant notable, et les dimensions des 500 mètres de galeries que nous y avons découverts laissent présager une importante cavité qui pourrait être liée à Chuchuen . Malheureusement cette cavité s'arrête sur effondrement ainsi que nous avons pu le constater en 1998 . La zone mérite une prospection plus attentive .

X LE COMPLEXE DE TRES RIOS

Nous savons très peu de ce complexe qui alimente la source des très rios dont l'exploitation touristique commence à peine .

Apperçu de la faune cavernicole des cénotes mexicains: colonisation et adaptation.

Gaël Monvoisin

Introduction

Le Mexique est une région riche en faune cavernicole, un grand nombre d'investigations y ont été menées par des chercheurs d'horizons variés (biologistes, physiologistes, généticiens, chimistes...). La diversité et la quantité d'espèces cavernicoles a permis d'étudier certains aspects des adaptations de ces populations animales aux milieux extrêmes que sont les grottes et les rivières souterraines des cénotes mexicains.

Colonisation des cénotes par les espèces cavernicoles.

L'Amérique Centrale était située sous le niveau de la mer, durant la période du Tertiaire, et la Péninsule du Yucatan, dont l'altitude ne dépasse pas quelques centaines de mètres, resta immergée pendant toute l'ère Cénozoïque. Il y avait là une liaison des océans Pacifique et Atlantique jusqu'à l'époque Pliocène-Miocène (Myers, 1966).

Lors de la lente régression marine du Wisconsin, au Pleistocène (lors des dernières glaciations), la Péninsule du Yucatan émerge. Le retrait de la mer laisse des traces au sol qui permettent de dater l'âge de la régression, ce sont les lignes de côte (Wilkins, 1982). La karstification a débuté à ce moment et s'est édifiée sur les squelettes de coraux que l'on peut observer partout sur le sol et dans les cénotes. Il y a essentiellement deux genres, *Diploria*, dont les colonies ressemblent à des circonvolutions cérébrales, et *Montastrea*, qui se regroupent en étoiles.

Avant ou pendant cette régression, une partie de la faune marine se réfugie dans les rivières, les lacs et les grottes, à la recherche de milieux encore vierges. Les animaux colonisent le milieu souterrain à la recherche d'environnement sans prédateurs. Ce phénomène est connu également chez certaines espèces abyssales porteuses de caractères d'espèces littorales (Villalobos, 1951). Ainsi s'établissent des populations pionnières d'espèces, qui tendront à se différencier des espèces marines, ou dulçaquicoles (d'eaux douces), originales après un certain temps dans leur nouveau milieu. Un exemple de cette différenciation est *Astyanax fasciatus* (Characidés, Pisces), une espèce de poisson qui a dérivé d'une population épigée (population non-cavernicole) d'origine, vers une population hypogée distincte (population cavernicole), à la fin du Tertiaire, il y a 1.6 Millions d'années (Borowsky and Espinasa, 1997).

On peut évaluer l'époque de la séparation des espèces en comparant les caractères divergents. Cela peut être fait en étudiant les caractères externes ou physiologiques, mais également le comportement et la génétique des individus. Ces recherches ont permis de comprendre le fonctionnement de la divergence d'une espèce vers une autre, plus récente. Elles ont aussi permis d'observer de nombreux caractères d'évolution, de mutations naturelles et surtout la formidable capacité de la nature à s'adapter à de nouveaux environnements.

Conditions du milieu

Les principales conditions ambiantes des cénotes, influant sur la vie des animaux cavernicoles aquatiques, sont l'obscurité, permanente et totale sauf dans les zones effondrées formant un regard sur l'extérieur, et des conditions de température quasiment stables et constantes au cours de l'année (entre 22 °C et 25 °C selon les lieux). L'absence de lumière empêche tout développement d'organismes photosynthétiques. Sans les ressources apportées par les végétaux, base de la chaîne alimentaire, la nourriture, peu abondante, provient essentiellement de l'extérieur (transportés par des animaux ou les courants). Ces difficiles conditions d'alimentation expliquent la faible abondance des individus rencontrés.

Il existe cependant au Mexique des grottes à sulfures où se développent des bactéries et des algues, produisant une base alimentaire importante et expliquant la grande quantité de crustacés et de poissons (*Poecilia mexicana*) dans ces grottes.

Le rythme de vie des animaux ne peut être régulé par les rythmes circadiens (alternance jour-nuit) ni par les températures saisonnières. En fait seules les pluies de la saison humide (Février à Avril) peuvent donner un quelconque repère aux animaux. Elles apportent un renouvellement des eaux, une ré-oxygénation du milieu par brassage et un apport de nourriture important par drainage du sol en surface.

Comparaisons des caractères de populations épigées et hypogées et adaptations des individus à l'environnement

Les modifications biologiques ou physiologiques engendrées par des séries de mutations, ont tendance à apporter des modifications fonctionnelles aux animaux vivant dans cet environnement. Les plus générales sont: la régression d'organes visuels; la dépigmentation; le développement de récepteurs sensoriels et certaines modifications du comportement.

Selon Wilkens (1987), "la théorie des équilibres ponctués est telle que l'histoire de la vie est dominée par de rapides spéciations plutôt que par de lentes et rigides directions de transformation". Cela signifie que les modifications qui peuvent survenir chez une population hypogée n'adviennent que par accident génétiques ponctuels. Les différences entre les populations épigées et hypogées sont appelées processus de régression ou d'évolution constructive, ce sont des mutations spontanées.

Les populations hypogées "dérivées" de populations épigées se composent aussi bien d'invertébrés (des crustacés) que de vertébrés (des poissons). Les animaux vivant dans des milieux saumâtres constituent le chaînon reliant les populations marines et les populations dulçaquicoles. Ils ont colonisés ces milieux difficiles et y ont trouvé des endroits abritant peu de prédateurs. La table 1 répertorie les espèces étudiées par les différents auteurs cités ici.

Table 1. Espèces et localisation des captures effectuées par les auteurs (voir aussi Proudlove, 1997).

Lieu	Genre et espèce, Famille et Ordre	Auteur et année de référence
Cénotes de Tulum, Carwash, Naharone, Temple of Doom, Province de Quinatana Roo.	<i>Tuluweckelia cernua</i> , Amphipode, Crustacés.	Holsinger, 1990.
	<i>Mayaweckelia cenoticola</i> , Amphipode, Crustacés.	
Île de Cozumel	<i>Agostocaris bozanici</i> , Agostocarididae, Décapode, Crustacé.	Kensley, 1988
	<i>Yagerocaris cozumel</i> , Hyppolitidae, Décapode, Crustacés.	
Balaam Canche, Province de Chichen Itza.	<i>Antromysis cenotensis</i> , <i>Typhlatya pearsi</i> , Mysidacés, Isopodes, Crustacés.	Villalobos, 1951.
San Isidro, Merida.	<i>Cirolana anops</i> , <i>Palaemon morleyi</i> , Mysidacés, Isopodes, Crustacés	
Quintero,	<i>Typhlepidomysis quinterensis</i> , <i>Speocirolana pelaezi</i> , <i>Protichoniscus bridgesi</i> , Mysidacés, Isopodes, Crustacés	
Gruta del Cocona, Tabasco, SE Mexique.	<i>Bogidiella tabascensis</i> , Bogidiellidae, Gammaridae, Crustacé.	Villalobos, 1960.
Cueva Chica, Cueva de los Sabinos, Cueva del Pachon, Sierra del Abra.	<i>Astyanax fasciatus</i> , Characidae, Pisces	Sadoglu, 1979; Parzefall, 1985; Wilkens, 1987; Holsinger, 1990.
Cueva Micos (grotte a sulfure).	<i>Poecilia mexicana</i> , Poeciliidae	Parzefall, 1985.
Sierra de Zongolica, Vera-Cruz.	<i>Rhamdia zongolicensis</i> , Pimelodidae, Cichlidae, Pisces.	Wilkens, 1993.

Crustacés

Les crustacés ont évolués vers une régression des appendices visuels, ils sont généralement anophtalmes et dépigmentés, mais ils ont développés, sur leurs appendices antennaires, des récepteurs sensoriels supplémentaires de deux types: des organes rigides et creux, récepteurs chimiques; et des organes flexibles et pleins, les récepteurs mécaniques. Ils se sont adaptés à différents milieux.

Villalobos (1951, 1960) trouve des gammaridés néotropicaux (voir figures 1 et 2) dans des flaques d'eaux stagnantes, qui se forment à la saison sèche, et répartis plus largement à la saison des pluies. Ces crustacés se nourrissent de déjections sanguinolentes de chauve-souris vampires, que l'on peut voir par transparence à travers leur corps.

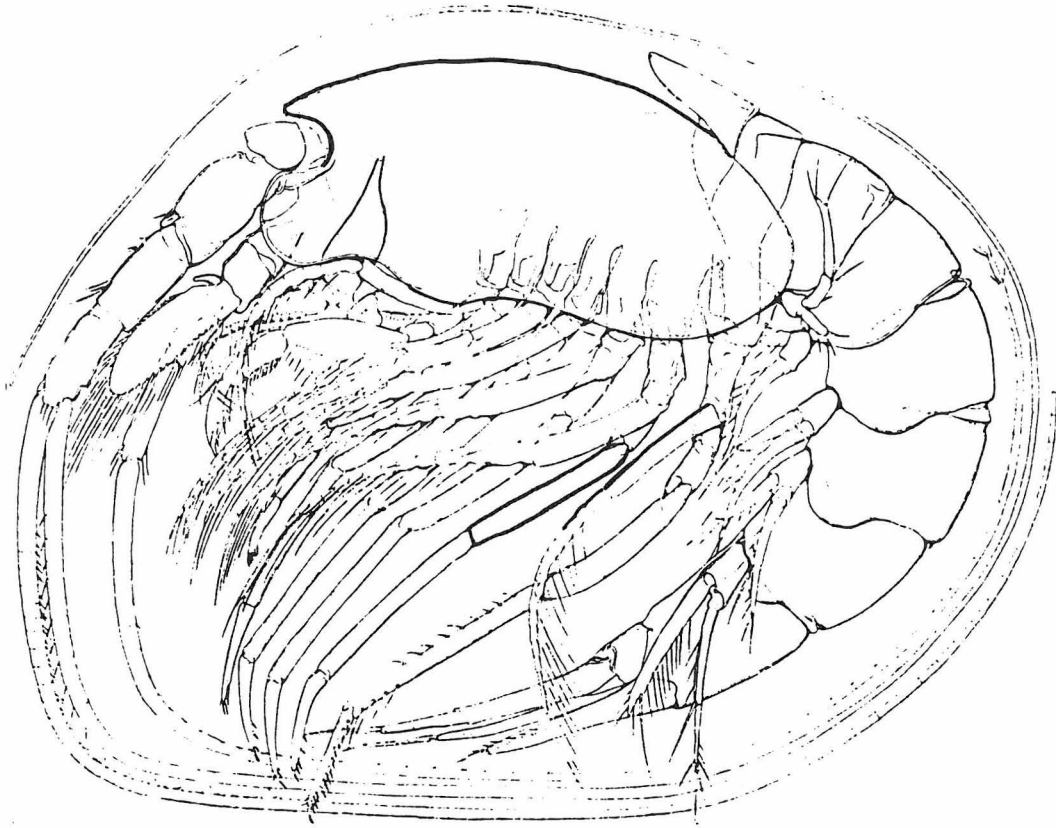


Figure 1. *Typhlolepidomysis quinterensis* (Villalobos, 1951).

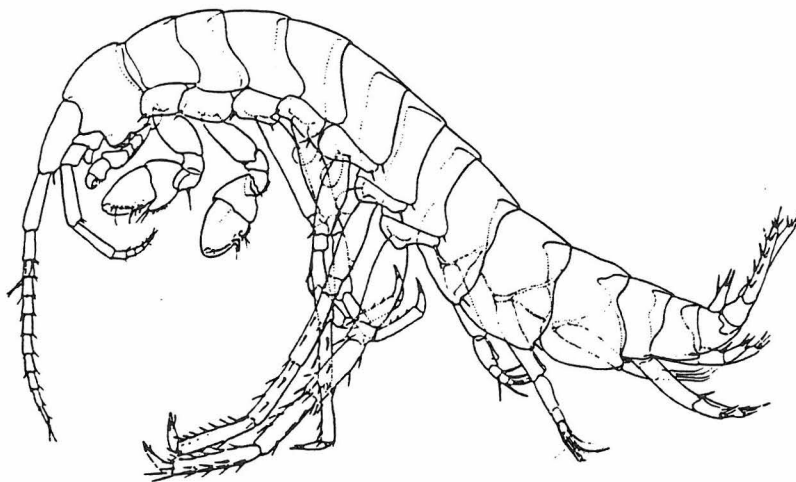


Figure 2. *Bogidiella tabascensis* (Villalobos, 1960).

Kensley (1988) trouve de nouvelles espèces de crustacés dans des grottes saumâtres des îles de Cozumel (figure 3 et 4). Là, les animaux se nourrissent de cyanobactéries (algues bleues associées à des bactéries). La vie dans ces milieux présente des difficultés de rencontre entre les individus, cela pose un problème pour la reproduction des espèces hypogées. Ces crustacés ont développé un hermaphrodisme protandre, cela signifie qu'ils sont mâles puis femelles au cours de leur vie. Cette stratégie augmente les chances de contact et l'efficacité de la reproduction. De plus les femelles pondent près de 20 000 oeufs par an. Ces oeufs n'éclosent pas tous, et même beaucoup seront mangés par les adultes en cas de disette. Le cannibalisme est un moyen de réguler le stock d'individus, préservant le fragile équilibre de ce milieu où les ressources sont rares.

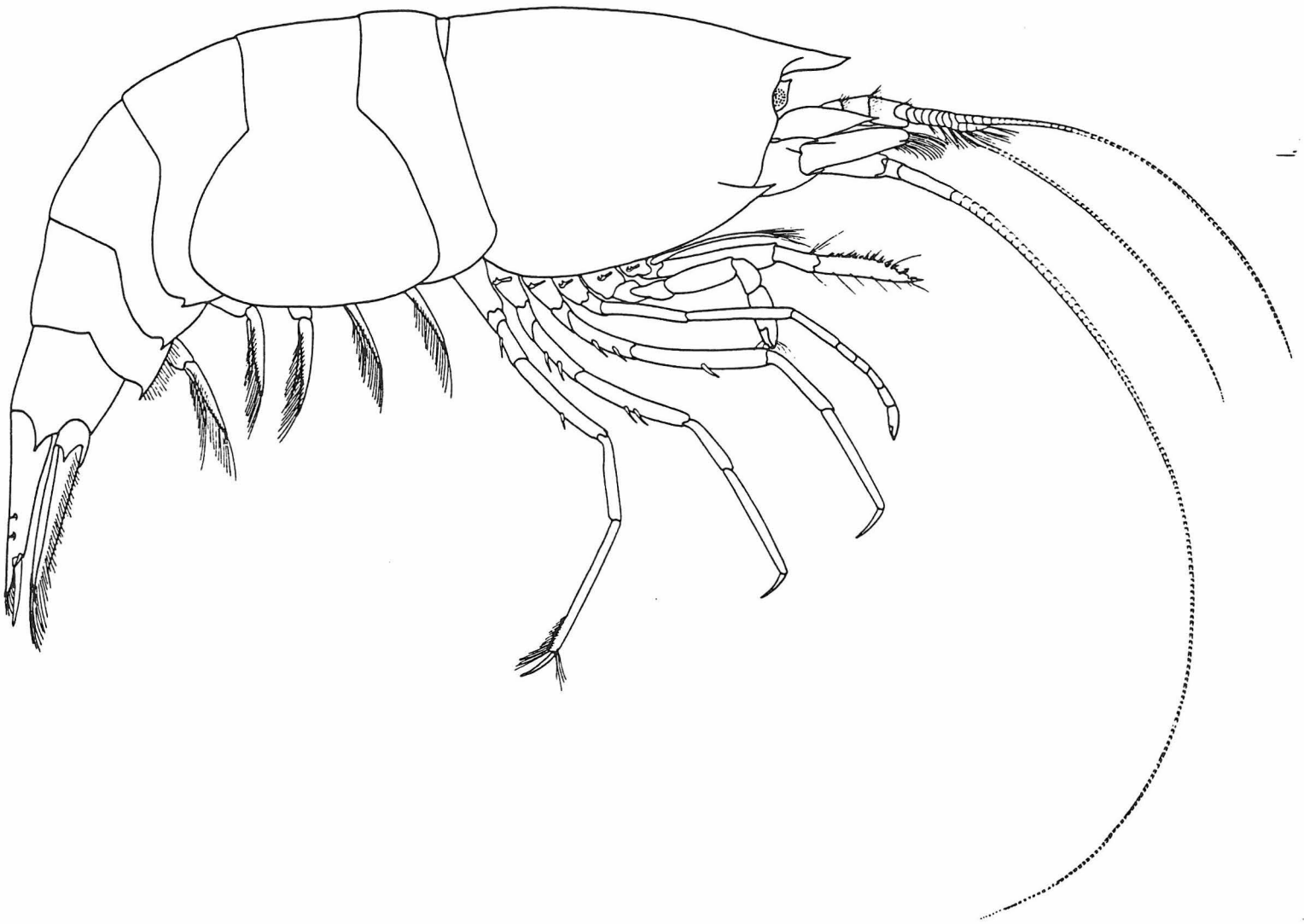


Figure 3. *Yagerocaris cozumel* (Kensley, 1988).

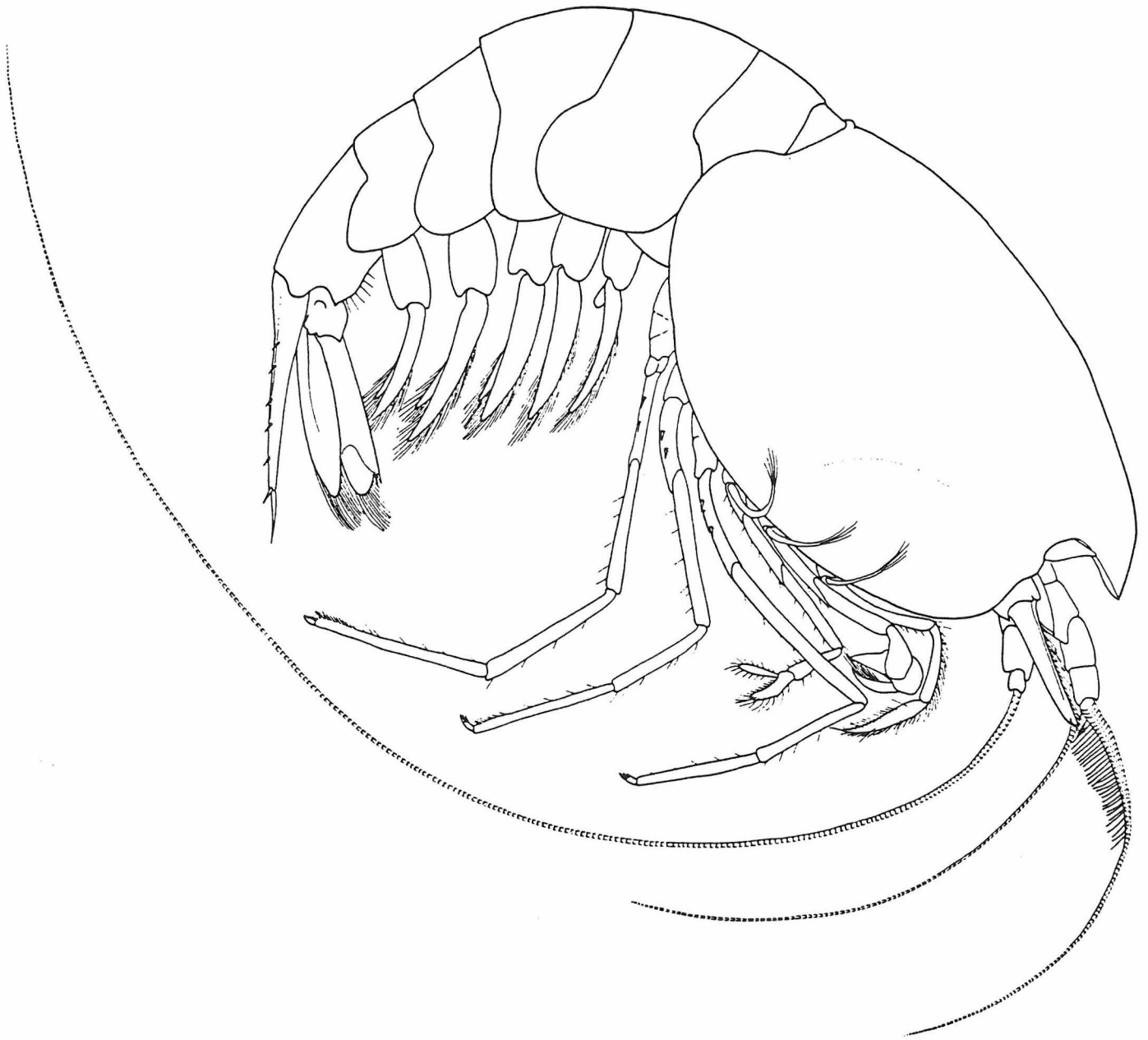


Figure 4. *Agostocaris bozanici* (Kensley, 1988).

Sur la côte de Quintana Roo existent de nombreuses cavernes, saumâtres de par la proximité de la mer. *Tuluweckelia cermua* et *Mayaweckelia cenotocola* (figures 5 et 6) sont deux nouvelles espèces et sembleraient avoir coloniser les grottes pendant la récession de haute mer au Pleistocène d'après Holsinger (1990) et évoluées à partir d'ancêtres marins communs à la fin du Tertiaire. *Mayaweckelia cenotocola* vit dans des eaux plus douces que *Tuluweckelia cermua*, ce qui indique une colonisation du milieu plus récente, cette espèce n'a pas les capacités d'adaptation aux eaux salées de ses ancêtres. Les spécimens de *Tuluweckelia cermua* sont toujours observés ou capturés à proximité de l'halocline, en effet c'est à ce niveau qu'ont lieu les échanges physico-chimiques des eaux, l'eau douce apportant l'oxygène et parfois de la nourriture et les eaux salées les éléments. C'est à cette interface eau douce - eau salée qu'a lieu le mélange des eaux et que se situe la plus grande quantité de nourriture disponible.

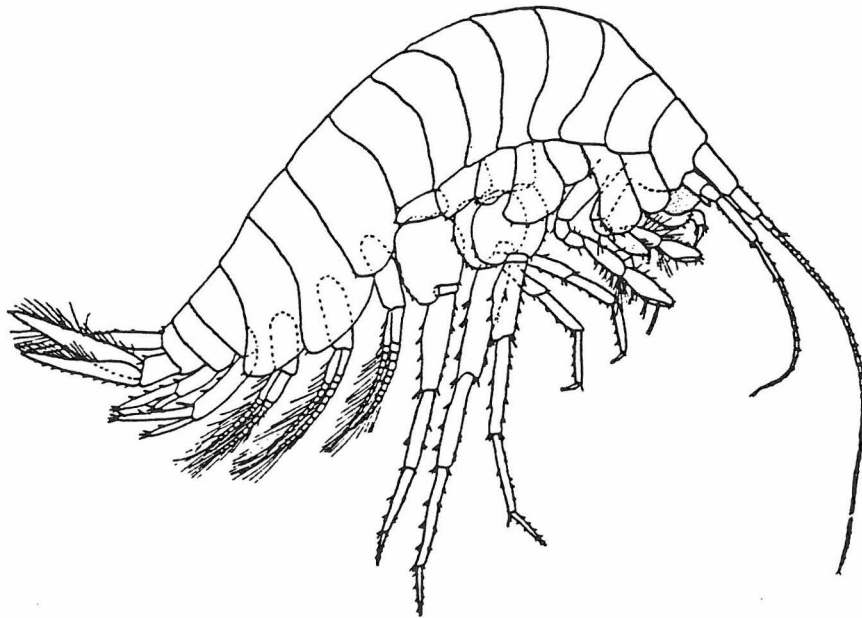


Figure 5. *Tuluweckelia cermua* (Holsinger, 1990).

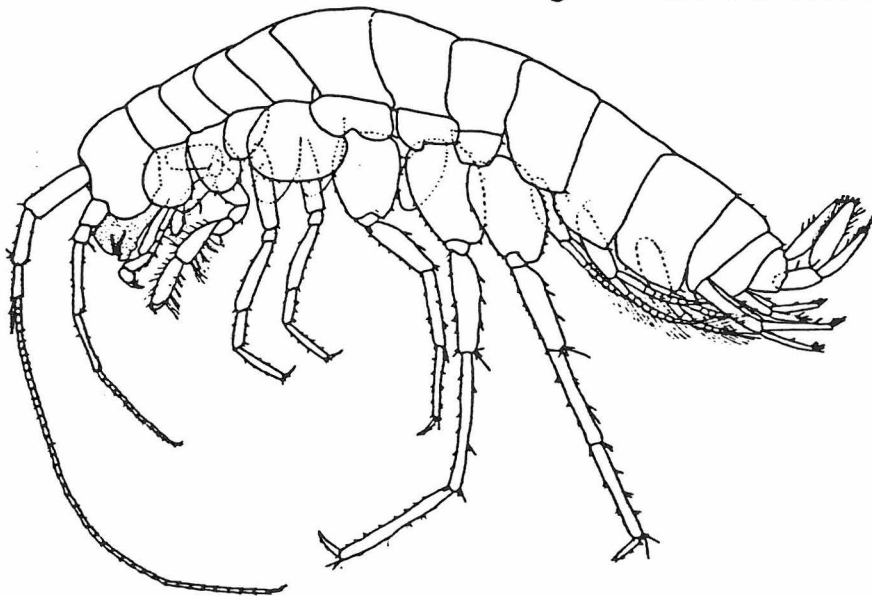


Figure 6. *Mayaweckelia cenoticola* (Holsinger, 1990).

Poissons

Chez les poissons résidant des grottes, on peut étudier, en plus de la systématique, la paléontologie et la biologie, les comportements et la génétique des individus, (caractères liés entre eux ou non). Ces approches permettent de mieux comprendre les raisons et les moyens qu'ont à leur disposition les animaux pour coloniser ou survivre dans de tels environnements. Les expériences de génétique se font par analyses de l'ADN, ou bien par croisement d'individus de la population épigée (pigmentés et voyants) et de la population hypogée (dépigmentés et aveugles), et observation des caractères dominants chez les descendants.

Il y a 72 espèces de poissons hypogées décrites dans le monde. On rencontre rarement deux espèces différentes dans le même réseau, mais il arrive qu'elles cohabitent à deux ou trois espèces. 39 des 72 espèces sont endémiques du site où elles ont été décrites, donc rares (Proudlove, 1997). Certaines espèces utilisent ce milieu comme refuge temporaires, mais la plupart y résident en permanence, reconnaissables aux modifications troglobiontes de la vie cavernicole, réduction des yeux et dépigmentation. Chez les poissons téléostéens (osseux), 14 familles ont colonisé les grottes avec succès, dont 9 dérivent de populations épigées ayant des vie nocturnes, ce qui facilite le passage d'une forme à l'autre. Au Mexique co-habitent, au Yucatan, *Ogilbia pearsi* (Bythitidae) et *Ophisternon infernale* (Synbranchidae) et, dans l'Acatlan, *Rhamdia redelli* et d'autres espèces de *Rhamdia* (Pimelodidae), ainsi qu'*Astyanax fasciatus* (Characidae).

Les poissons d'eau douce du Mexique sont représentés essentiellement par des Cyprinidés, des Cichlidés (*Rhamdia*) et des Characidés (*Astyanax*): Ce sont les espèces d'eau douce les plus communes et ce sont aussi celles qui ont la plus grande capacité d'adaptation (Myers, 1966). L'espèce la plus étudiée est *Astyanax fasciatus*. On trouve également un autre ordre, un Pimelodidae, un poisson-chat, du genre *Rhamdia* (Wilkins, 1993). Les formes épigées se rencontrent partout alors que les formes troglobitiques ne se rencontrent que dans certaines grottes du Mexique (Borowsky and Espinasa, 1997). On ne connaît que peu de choses sur le temps de divergence de la forme épigée (l'âge de la création de la nouvelle espèce hypogée), mais elle ne pourrait être antérieure au Tertiaire (apparition des Characidés en Amérique Centrale et début de la karstification).

Les poissons aveugles sont des habitants caractéristiques des cenotes mexicains. Ils ont réussi à s'adapter aux difficiles conditions de vie de ce milieu, et forment parfois de grandes colonies lorsque les conditions d'alimentation le permettent (García Debras, 1995). Les plus complexes adaptations dans ce milieu sont les organes sensoriels et le comportement nécessaire à la localisation de nourriture ou de partenaire sexuel dans le noir.

Cas du genre Astyanax

La forme aveugle d'*A. fasciatus* est un poisson dulçaquicole des zones karstiques de la Sierra del Abra (Durand, 1979). Elle présente plusieurs différences morphologiques, sensorielles et comportementales profondes avec les poissons épigés normaux.

L'interfertilité des populations permet d'effectuer des analyses génétiques des organes caractéristiques de divergences interspécifiques (Wilkins, 1987). En clair, la comparaison des caractères des formes épigées et hypogées permet de suivre l'évolution des premières vers les secondes. D'autre part on peut suivre les différences et tenter de retrouver leur origine en effectuant des comparaisons d'ADN, les différences concordant avec l'entrée tardive de cette espèce en Amérique Centrale (Borowsky and Espinasa, 1997).

Les principales différences morphologiques entre les populations sont la réduction de la taille et de l'activité des yeux et la dépigmentation de l'épiderme. Ces différences sont qualifiées de régressions, mais il existe des différences que l'on nomme "évolution constructive" lorsqu'elles augmentent l'efficacité de l'individu hypogé (Wilkins, 1987).

C'est le cas de l'équipement gustatif (avec de nombreux récepteurs sur la face ventrale et autour de la bouche, de répartition plus étendue et plus dense que chez la forme épigée), et dans l'attitude de nutrition (position à 55° au lieu de 80° par rapport au fond et nage très près du fond). Ces adaptations peuvent être complètes ou intermédiaires.

Les yeux

La réduction des yeux ne se fait pas toujours de la même manière. Elle est due non pas à une adaptation ou à une pression de sélection (le critère d'économie d'énergie étant souvent mis en avant pour expliquer les différences entre une adaptation et sa disparition), mais à une perte de la sélection stabilisatrice et de la pression de mutation (Wilkens, 1987).

La régression des organes visuels est secondaire dans le développement d'*Astyanax fasciatus*. En effet, Durand (1979) a démontré que chez cet individu, "l'oeil de la forme hypogée se développe tout d'abord de façon normale pour un téléostéen. Il acquiert une cornée et un cristallin transparents. La chambre oculaire renferme l'humeur vitrée. L'épithélium pigmentaire et les diverses couches de la rétine, y compris celles des cellules visuelles à cônes et à bâtonnets, se différencient. Dès les premiers stades cependant, on note un ralentissement de la croissance et une réduction de l'activité mitotique. Quand l'oeil atteint un diamètre compris entre 100 et 160 μm , et de façon très variable dans le temps, il s'enfonce dans les tissus de l'orbite et ses structures se désorganisent progressivement. D'abord le cristallin, puis la cornée dégénèrent et disparaissent". Ce phénomène expliquerait pourquoi certains poissons sont totalement aveugles et d'autres n'ont subi qu'une réduction de la taille des yeux (comme c'est le cas de *Rhamdia zongolensis* voir figure 7 et 8) et cela pouvant être un caractère indiquant l'âge de ces formes hypogées.

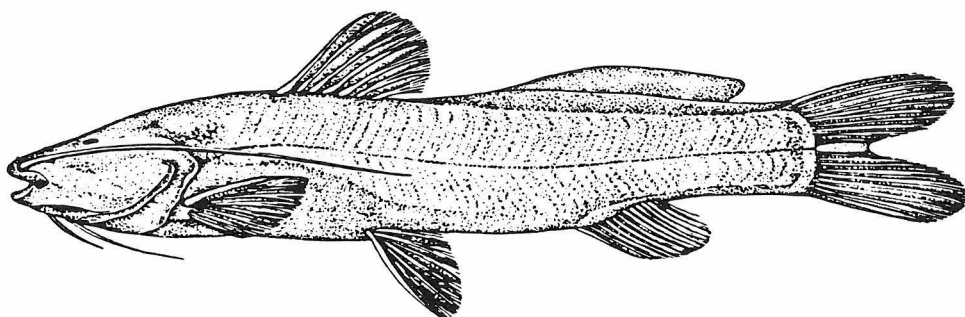
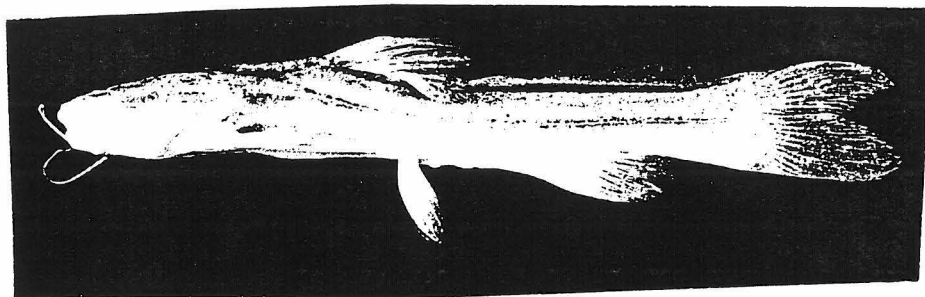


Figure 7. *Rhamdia zongolensis* (Wilkens, 1987).

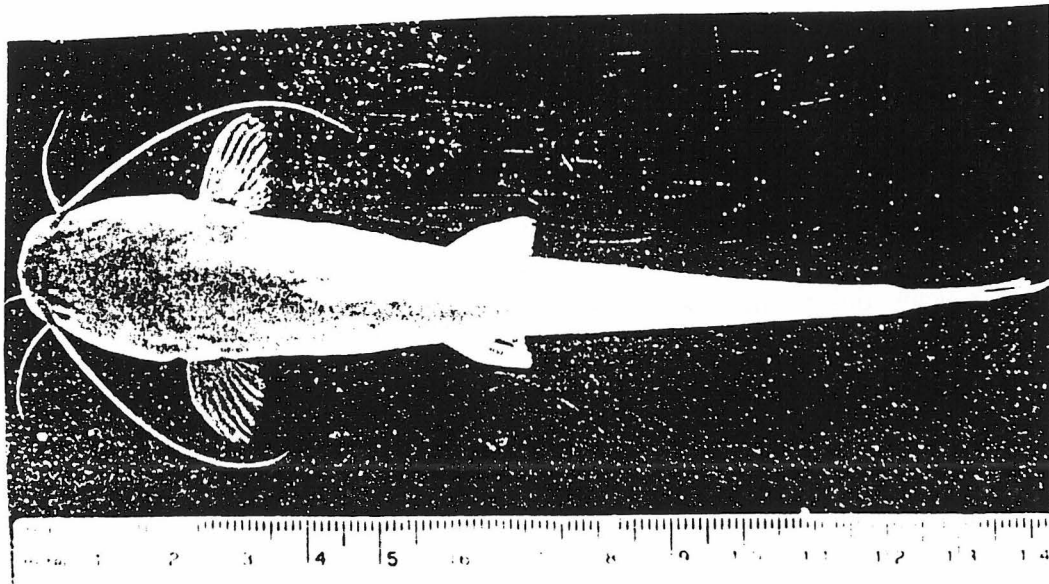


Figure 8. *Rhamdia* sp. (Mosier, 1994).

Une population de *Poecilia mexicana* montre une dépigmentation et une réduction de la fonctionnalité des yeux caractéristique des populations hypogées, mais les individus ne sont pas aveugles. La fonctionnalité des yeux est encore assurée. Cependant, on observe un gradient de réduction de la taille des yeux de l'entrée vers le fond de la grotte. Ce gradient s'explique par le brassage permanent de gènes venant de populations épigées vivant près de l'entrée et se reproduisant avec les populations hypogées (Parzefall, 1985).

Dépigmentation

La pigmentation d'un épiderme est fonction de la quantité de mélanophores portés par la peau et de la densité de mélanine dans chacun d'eux, la mélanine étant le pigment qui donne la couleur. Chez les formes hypogées, les mélanophores sont moins nombreux dans les cellules épidermiques et la mélanine y est moins dense que chez les formes épigées. La perte de pigmentation ne semble pas irréversible, elle peut réapparaître si les individus sont longuement exposés à la lumière. Il est d'ailleurs montré que la lumière est perçue par les poissons, même anophtalmes, et leur donne une activité plus grande (Durand, 1979).

Adaptations comportementales

Les plus grandes adaptations ont été axées vers la recherche de nourriture, la reproduction et la croissance des jeunes.

Nutrition

Les populations hypogées se nourrissent de crustacés, de dépôts benthiques (dans les sédiments) ou de larves d'insectes. Parzefall (1985, 1993) a étudié les différences de comportement entre une population épigée et une population hypogée d'*A. fasciatus*. La population épigée chasse par à-coup et retrait rapide. Quand les poissons chassent au fond ils se mettent en position verticale, et les populations hypogées ont le même type de comportement.

Deux caractères diffèrent pourtant radicalement dans le comportement de prédation: l'agressivité et l'angle de capture par rapport à la verticale. Les populations hypogées n'ont pas de réactions agressives au cours de la recherche de nourriture, au contraire des populations épigées. Ce comportement plus pacifique peut être dû à un effectif plus réduit des populations hypogées et aux difficultés de repérer l'adversaire dans l'obscurité. Il existe une exception dans les grottes à sulfures du Mexique où vit *Poecilia mexicana*. Le milieu fournissant en grande quantité algues et bactéries élève la densité de la population de ces poissons qui n'ont pas besoin d'adaptations particulières à la recherche de nourriture (Parzefall, 1993).

La position par rapport à la verticale est différente chez les deux formes d'*A. fasciatus*. Les populations épigées se tiennent quasiment à la verticale, formant un angle de 80° par rapport au fond, alors que les populations hypogées ne se tiennent qu'à 45° par rapport au fond (Parzefall, 1985). Le changement de position lors de la chasse est une adaptation de facilité. La chasse tête en bas permet de trouver plus facilement la nourriture enfouie au posée au fond. Cette position est dérivée de modifications génétiques et non environnementales. Les bourgeons du goût sont répartis sur une surface plus étendue et de façon plus dense autour de la bouche chez les formes hypogées. Cet angle correspond à un maximum d'efficacité de sensibilité.

Le repérage se fait "à l'oeil" dans les populations épigées, à une distance maximale de 10 mm dans l'obscurité, alors qu'il se fait grâce aux mouvements de l'eau ou aux traces chimiques chez les populations troglobiontes avec un champ de repérage plus étendu (30-40 mm). Alors que la forme épigée cherche la nourriture pendant une courte période correspondant à l'arrivée de proies et consomment la totalité des ressources arrivées, les populations hypogées sont plus lentes à repérer les proies, cherchent même quand il n'en arrive plus et ne mangent pas tout. L'"économie de nourriture peut être dû à un taux de nutrition plus bas et à un métabolisme ralenti ou bien une adaptation à la faible quantité de nourriture disponible. Les populations hypogées ont développées une capacité plus élevée à stocker des graisses, 37% de la masse totale du corps contre 9% chez les populations épigées.

Reproduction

Les populations hypogées semblent avoir perdu tout rythme d'horloge interne ou circadienne. Les périodes de reproduction et de ponte semblent régulées, en l'absence de cycles journaliers ou annuels, par les saisons. La saison des pluies provoque le début de l'activité reproductrice par un enrichissement du milieu en oxygène, en nourriture, par une diminution de la température ou juste par le courant (Sadoglu, 1979). Un fort taux de reproduction est signe d'une bonne adaptation et d'un milieu riche.

Il y a peu de connaissances sur la reproduction, on sait que les jeunes naissent vivants et qu'ils sont oophages (les premiers nés mangent les oeufs des suivants) ce qui permet en outre de conserver l'équilibre de la population (García Debras, 1995).

Le repérage des femelles mûres (dégageant une hormone sexuelle chimique ne se diffusant pas dans l'eau) n'est possible que par contact des mâles avec leur région génitale. Cela oblige les mâles à entrer en contact physique avec les femelles pour les repérer. Chez les populations épigées, seuls les mâles dominants peuvent s'accoupler et ils repoussent les autres mâles pour protéger leur harem. C'est pendant ce moment qu'un mâle non-dominant a des chances de s'accoupler (Parzefall, 1993). Les réactions agressives sont beaucoup plus réduites chez les populations hypogées, réduction due à la difficulté de repérage de l'adversaire dans l'obscurité et à une adaptation génétique. Les populations hypogées, en utilisant la même stratégie, ont plus de chance de perdre le contact de la femelle que de la maintenir à l'écart d'un autre mâle, la prise de contact avec l'adversaire rival impliquant de perdre le contact avec la femelle. Ce comportement étant devenu défavorable à l'efficacité de la reproduction, la compétition est éliminée (Parzefall, 1985). La stratégie la plus efficace chez les populations hypogées est une copulation rapide après un bref contact. De ce fait, puisque la taille de l'individu n'a plus d'intérêt pour la protection des femelles reproductrices, la taille moyenne des mâles des populations hypogées est inférieure à celle des populations épigées.

Les oeufs sont beaucoup plus surveillés et protégés dans les populations hypogées. La femelle d'*Amblyopsis spelea* garde ses oeufs dans une poche branchiale pendant 4 à 5 mois, jusqu'à ce que les larves aient mangé leur "yolk sac" (poche nutritive reliée à la manière placentaire par un cordon), dont le contenu est plus important chez les populations cavernicoles. Les femelles pondent 40 à 600 gros oeufs par an. Quand la saison est difficile, les adultes mangent les jeunes. Ces adaptations font partie d'une stratégie écologique dite K. Le nombre d'oeufs diminue, mais leur taille et leur espérance de vie augmente, de même que le temps de développement et l'âge de maturité.

Autres adaptations

Certaines espèces africaines cavernicoles ont des réactions de combat et de territorialité, les espèces mexicaines n'ont qu'un reste de comportement agressif. Généralement les attaques se résument à des morsures de la nageoire caudale ou à des mouvements d'intimidation. En laboratoire, dans des espaces confinés, les poissons ont une attitude territoriale agressive qui diminue quand l'espace grandit, et augmente en cas de faim. Cette agressivité diminue dans l'obscurité pour les populations épigées. La diminution de l'agressivité des populations hypogées serait expliquée par une réduction du contrôle génétique de cette attitude.

Les poissons produisent des substances d'alarmes en réaction à des dangers, mais chaque population ne réagit qu'à ses propres substances. Les comportements d'alarme aussi ont diminué. Au lieu des alertes par comportements visuels des populations épigées, les populations hypogées nagent rapidement dans la direction opposée à l'alerte ou se cachent. Se mettre en banc, comme les populations épigées, n'a pas d'intérêt dans le noir. Les hybrides de croisement de populations hypogées et épigées sont moins précis dans les bancs d'épigés. On trouve cette tendance aussi chez *Caecobarbus geertsi*, *Barbopsis devechii* et *Uegitglanis zammaronoi*. La substance d'alarme par contre aide les individus à se regrouper (Parzefall, 1985).

Conclusion

Les différents gènes (dépigmentation, réduction des yeux, recherche de partenaire ou de nourriture, position de chasse ou équipement gustatoire, substances d'alarme et attitude grégaire) ne semblent pas corrélés entre eux. La sélection jouerait un rôle minime comparé aux accumulations de mutations neutres.

La communication par signaux chimiques, dans l'obscurité absolue, est la plus importante et la plus efficace chez les populations hypogées, ainsi que les stimuli acoustiques ou tactiles.

Les populations animales cavernicoles ont su s'adapter au milieu (adaptations entraînant des modifications physiologiques mais également comportementales) pour préserver une efficacité de vie optimale. Les comportements de territorialité, de combats pour les femelles et de regroupement en bancs sont des attitudes de protection en milieu extérieur, elles n'ont plus de sens dans l'obscurité. Elles ont donc été effacées au profit d'un développement d'organes sensibles en remplacement de la vision.

Ces modifications ne se font pourtant pas en relations de cause à effet, elles ne sont le résultat que de sélections stabilisatrices, de mutations muettes ou neutres et de pression de sélection.

Bibliographie

Borowsky R. and L. Espinasa, 1997. Antiquity and origins of troglobitic Mexican tetras, *Astyanax fasciatus*. *Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, Switzerland. Symposim 9, Biospeleology*: 359 – 361.

Durand J. P., 1979. Aspects ultrastructuraux des mécanismes de la rudimentation rétinienne chez l'*Anoptichthys* adulte, forme cavernicole aveugle de l'*Astyanax mexicanus* (Characidae, Pisces). *Can. J. Zool.*, 57 (1): 196 – 205.

García Debras A., 1995. Nadando a ciegas. *Troglobio*, 0: 1.

Holsinger J. R., 1990. *Tuluweckelia cernua*, a new genus and species of stygobiony «t amphipod crustacean (Hadziidae) from anchialine caves on the Yucatan Peninsula in Mexico. *Beaufortia*, 41 (14): 97 – 108.

Kensley B., 1988. New species and records of cave shrimps from the Yucatan Peninsula (Decapoda, Agostocarididae and Hyppolytidae). *J. Crust. Biol.*, 8 (4): 688 – 699.

Mosier, D., 1984. Cave dwelling populations of *Rhamdia* (pimelodid). *Assoc. mex. Cave Studies Activities Newsletter*, 14: 40 – 44.

Myers, G.S., 1966. Derivation of the freshwater fish fauna of Central America. *Copeia*, 4: 766 – 773.

- Parzefall J., 1985. On the heredity of behavior patterns in cave animals and their epigean relatives. *National Speleological Society Bulletin*, 47 (2): 128 – 135.
- Parzefall J., 1993. Behavioural ecology of cave-dwelling fishes. *In* The behavioural of Teleost fishes, Pitcher T.J.-ed, Chapman and Hall, 2nd edition: 573 – 606.
- Proudlove G. S., 1997. A synopsis of the hypogean fishes of the world. *Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, Switzerland. Symposim 9, Biospeleology*: 351 - 354.
- Sadoglu P., 1979. A breeding method for blind *Astyanax mexicanus* based on annual spawning patterns. *Copeia*, 2: 369 – 371.
- Villalobos F. A., 1951. Un nuevo misidaceo de las Grutas de Quintero en el Estado de Tamaulipas. *Ann. Inst. Biol. Mex.*, 22: 191 – 218.
- Villalobos F. A., 1960. Un anfipodo cavernícola nuevo de Mexico: *Bogidiella tabascensis* n. sp. *Ann. Inst. Biol. Mex.*, 31: 317 – 334.
- Wilkins, H., 1982. Regressive evolution and phyllogenetic age: the history of colonization of freshwaters of Yucatan by fish and crustacea. *Texas Mem. Mus. Bull.*, 28: 237 – 243.
- Wilkins H., 1987. Genetic analysis of evolutionary processes. *Int. J. Speleol.*, 16: 33 – 57.
- Wilkins H., 1993. A new species of *Rhamdia* (Pisces, Pimelodidae) from a cave in the Sierra de Zongolica (Vera-Cruz, Mexico). *Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst.*, 90: 375 – 378.

CARTE GEOLOGIQUE

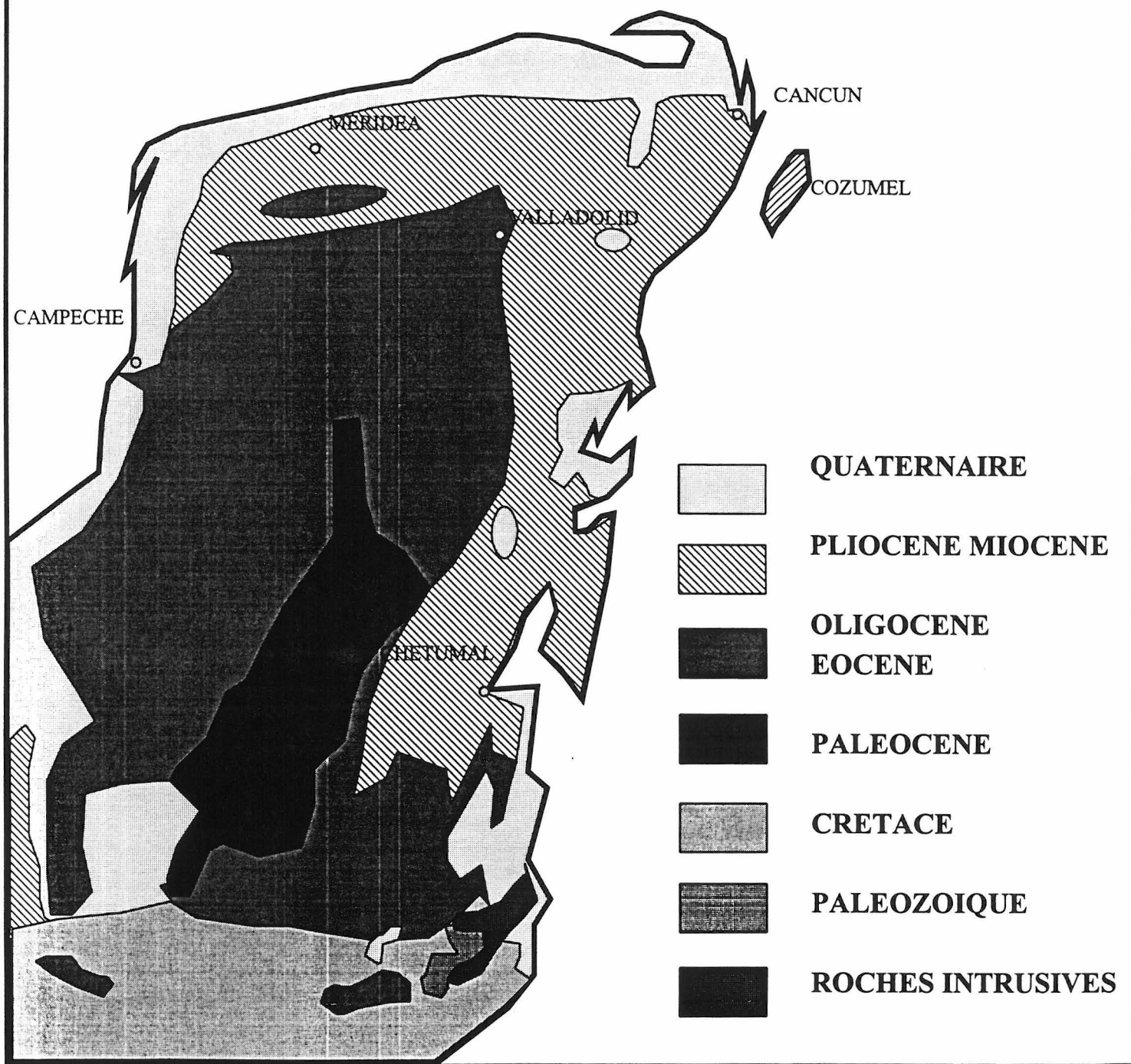


FIG. 1 : CARTE GEOLOGIQUE DE LA PENINSULE YUCATEQUE

HYDROGEOLOGIE DU YUCATAN

Ch THOMAS

27 cours de Vincennes 75020 PARIS

RESUME : Les karsts ennoyés parfois appelés karsts de plaine sont bien développés dans la péninsule du Yucatan. Les explorations spéléologiques en plongées, les mesures physicochimiques (débit, chimie de l'eau, altitude de la nappe, etc.) permettent de mesurer indirectement quelques grandes données hydrogéologiques de ces karsts : ratio d'infiltration, réserve d'eau douce, pollution par l'eau de mer, influence des marées... Une comparaison est donnée avec d'autres karsts : Lifou, Nullarbor

Mots-clés : karst, plaine, ennoyé, Yucatan, Ghyben, Herzberg, infiltration, réseau karstique, cénote, bilan hydrique, dissolution.

ABSTRACT : The submersed karsts also know as plain karsts are highly developed in the Yucatan peninsula. Cave diving explorations, physical and chemical measurements (waterflows, chemical analysis of the water, watertable altitude, a.s.o...) allow an indirect estimation of the main hydrogeological parameters of these karsts : infiltration ratio, fresh water reserves, polution by the salty water, tide influence... Comparisons are given with other karsts : Lifou and Nullarbor.

Key-words : karst, plain, Yuacatan, Ghyben, Herzberg, infiltration, karstic systems, cenote, hydric balance, dissolution.

INTRODUCTION

L'étude des karsts ennoyés est une discipline assez peu répandue dans la France spéléologique. Nos expéditions entreprises depuis plus de dix ans dans ces karsts très particuliers à Lifou, Mare, Ouvea (Nelle Calédonie Océanie), Cuba, et bien entendu au Yucatan ont permis de découvrir, topographier et étudier plus de quarante kilomètres de grottes inconnues, de recenser plusieurs centaines de phénomènes karstiques, de procéder à un certain nombre de mesures, et même si à l'impossible nul n'est tenu, de réfléchir et d'interpréter...

Le Yucatan, à l'image de la Floride ou de la plaine de Nullarbor en Australie est un haut lieu de l'exploration en plongée souterraine. Au cours des 15 dernières années, près de 300 km de siphons y ont été explorés, et topographiés. Nos propres explorations nous ont permis de découvrir un peu plus de 20 km de grottes noyées, mais aussi de connaître en détail les résultats des équipes américaines qui explorent cette région.

Ces karsts présentent des caractéristiques très particulières du fait de leur très grande perméabilité, et de la présence d'eau de mer en profondeur. La combinaison de mesures physiques et chimiques simples, de raisonnements physiques, d'observation de terrain et d'une modélisation mathématique permettent d'esquisser le fonctionnement hydrogéologique de ces massifs, et d'évaluer certaines grandes valeurs physiques : réserves d'eau douce, ratio d'infiltration, pollution saline etc... Ce sont ces résultats que nous présentons ci dessous.

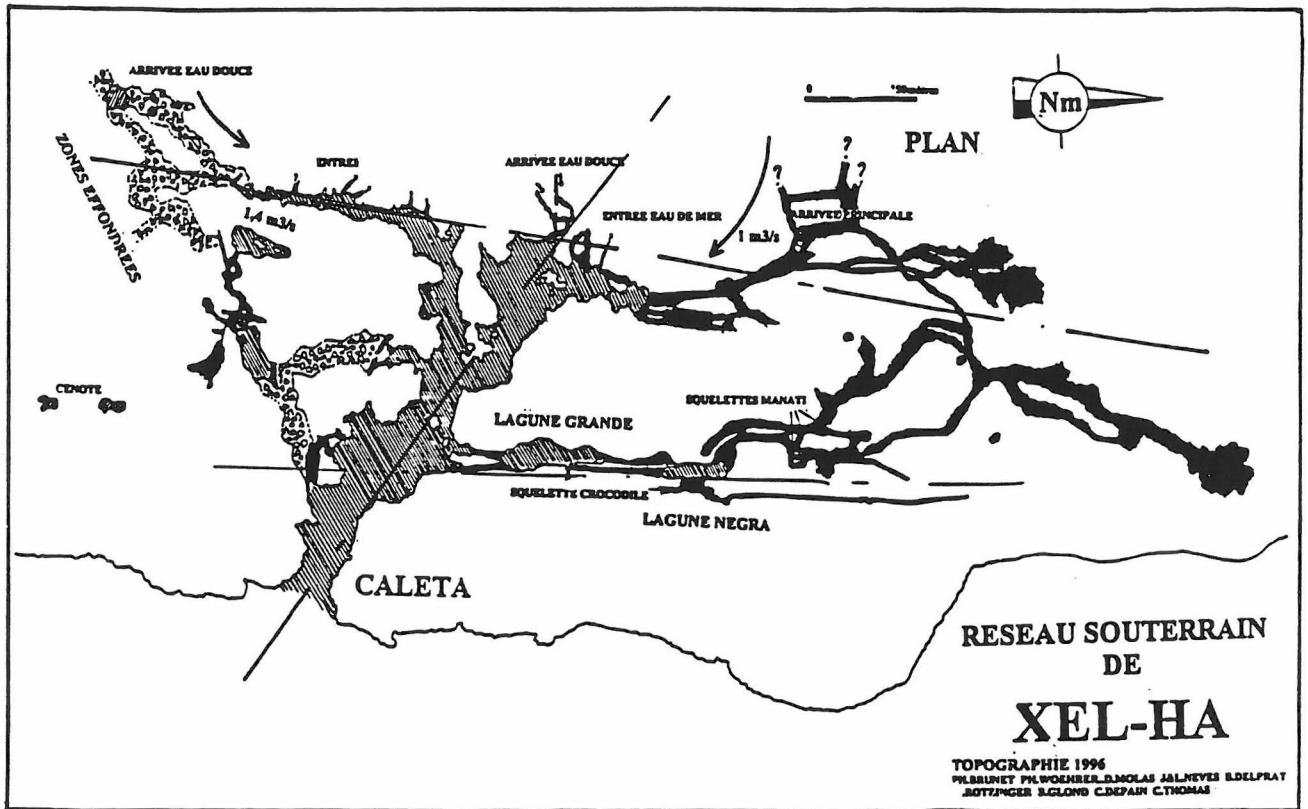


FIG. 2 : PLAN DU SYSTEME DE XEL-HA (expédition 1997)

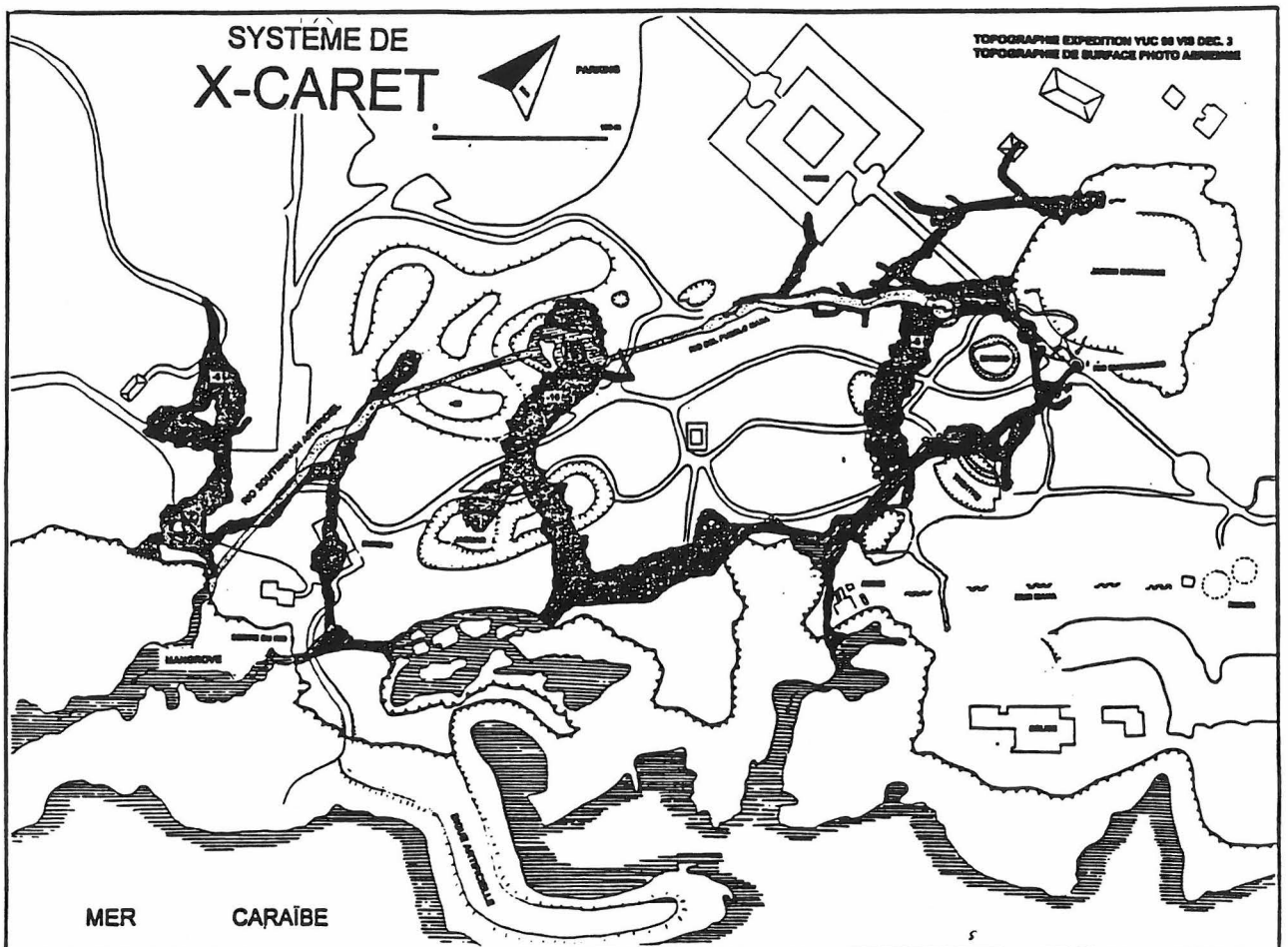


FIG. 3 : PLAN DU SYSTEME DE X-CARET (expédition 1998)

I APERCU GEOLOGIQUE

Ia Géomorphologie

La plate-forme du Yucatan est un grand plateau calcaire de 150 000 km², soit le quart de la surface de la France. Cette péninsule fait partie des grands domaines karstiques envoyés de la planète, au même titre que la plaine de Nullarbor, ou encore la Floride. Nous donnons un aperçu très bref de la géologie de la péninsule. Le lecteur se référera utilement aux travaux d' A.M Heraud Pina (1996).

Son altitude s'élève graduellement de la côte vers le centre Sud, pour culminer vers 400 mètres. Au fur et à mesure que l'altitude augmente vers le Sud Ouest et le centre, le relief s'accroît. Il n'atteint toutefois pas les dimensions des paysages à tours que l'on connaît dans d'autres pays tropicaux. Des collines, des buttes coniques, ont suggéré à A.E.Weidie (1985) de leur attribuer le nom de chichitas (les tétons) gentiment représentatifs. Ces collines sont parfois séparées par des vallées sèches de faible extension et quelques grandes dépressions fermées.

Aucune rivière n'y coule. L'eau de pluie s'infiltré rapidement dans le calcaire et y creuse des cavernes. La nappe d'eau peut être atteinte facilement à travers les gouffres d'effondrement qui criblent le Yucatan : les cenotes.

Cette eau a permis le développement de la civilisation maya qui a compté plusieurs centaines de milliers d'âmes avant de disparaître dans des conditions mystérieuses au dixième siècle de notre ère (L. Schele . D. Freidel, 1990 : A forest of kings 542 p. Library of congress).

Ib Stratigraphie

Les forages de recherche pétrolière réalisés dans les années 70 ont permis de préciser la géologie de la péninsule du Yucatan (fig. 1).

Vers 3000 mètres de profondeur, le socle est composé de granites et de schistes.

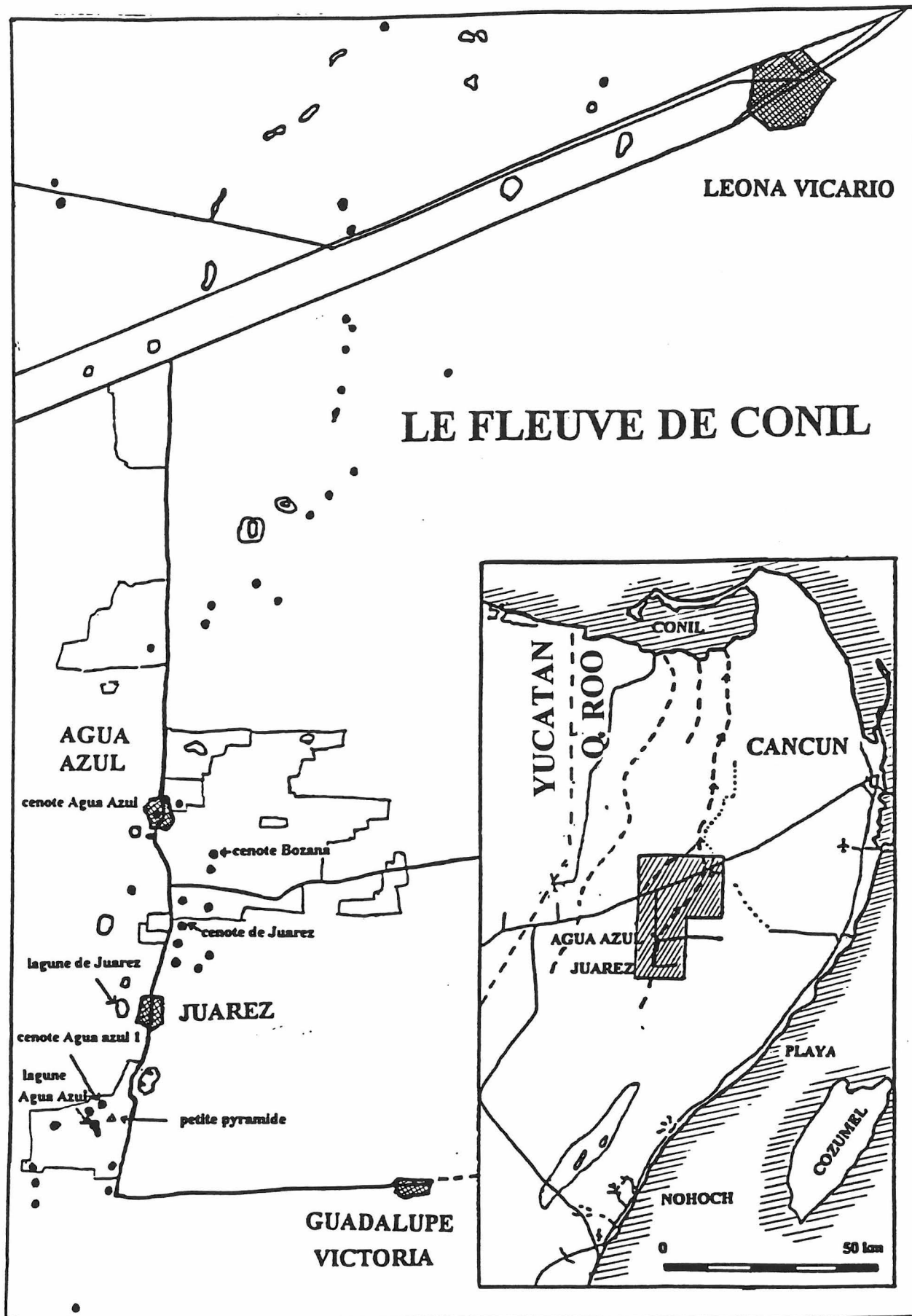
La série stratigraphique, comprend le socle schistogranitique, surmonté par les grès rouge du Trias et du Jurassique, les évaporites du Crétacé puis la série carbonatée de l'ère tertiaire. Deux discordances majeures se situent à la base du Crétacé et à la base du Trias.

Les terrains les plus anciens se situent au Sud de la péninsule. Les calcaires n'atteignent à cet endroit qu'une centaine de mètres d'épaisseur, à la frontière du Guatemala. Ils sont en revanche extrêmement épais au Nord, où leur puissance peut atteindre 1000 m.

FIGURE 1 CARTE GEOL

Ic La fracturation

A l'Est, la côte caraïbe s'aligne sur un système de fractures NNE-SSW. Ces fractures sont visibles en surface et le long de la côte, où elles dictent les formes allongées des marécages et des lagunes. Elles ont provoqué l'effondrement de grands compartiments dont certains sont descendus sous le niveau de la nappe. Cette disposition a permis la constitution de grands lacs, comme le lac de Bacala dont la longueur atteint 50 km et dont la largeur ne dépasse pas 10 m par endroit. A plus grande échelle, le bras de mer qui sépare Cozumel de la péninsule a la même origine, et l'île de Cozumel est un compartiment soulevé.



**FIG. 4 : ALIGNEMENTS DE CENOTES DU FLEUVE DE CONIL
(lecture de photographies aériennes)**

Ces fractures se retrouvent dans les grandes grottes noyées du Quintana Roo occidental. La grotte noyée de Xel-Ha que nous avons explorée en première sur près de 7 km en 1997 ainsi que la caleta sont influencées par deux grandes fractures parallèles à la côte (fig.2). Cette disposition était connue dans la grotte Abejas située 10 km plus au Sud. Nous l'avons également retrouvée dans le réseau de X-Caret que nous avons exploré en 1998 (fig. 3).

FIG 2 XEL-HA

FIG 3 X-CARET

Au nord de cette région, le fleuve souterrain de Conil (fig. 4) dont nous soupçonnons l'existence et qui est potentiellement le plus gros phénomène karstique de la péninsule se développe dans un contexte structural très particulier : celui du réseau de fractures de Holbox. Ces fractures ont été suivies jusqu'à 80 km de la lagune de Conil soit, jusqu'à la hauteur de Playa del Carmen, par photographie radar satellite Landsat (C. Scott Southworth 1984). Ces fractures donnent lieu à d'impressionnants alignements de cénotes, visibles en photographie aérienne.

FIG 4 CONIL

Les limites de ce compartiment de fractures coïncident avec la limite Pliocène/Quaternaire, et en profondeur avec la limite entre les schistes, et les grès rouge du Trias et du Jurassique. Ceci montre le caractère extrêmement ancien de cette structure. Dans le prolongement de ce système, se trouve la vallée sous-marine de Catoche Tongue (cf. fig. 13), d'une cinquantaine de kilomètres de large sur une centaine de long. Il s'agirait sur le plan régional d'une dépression tectonique liée à la zone de faille du golfe du Mexique (Weidie 1978).

Plus à l'Ouest à environ 70 km, une concentration de cénotes dans la région de Tizimin laisse entrevoir une réplique de ce système de fracture .

La sierrita de Ticul, située au sud de Mérida, est un plateau surélevé par un mouvement tectonique (fig. 5). D'une quinzaine de kilomètres de large pour 160 km de long, c'est le relief le plus marqué de l'ensemble du Yucatan. Il correspond à des fractures perpendiculaires au système évoqué ci dessus, et **orienté NEE SWW**.

Sur la côte est on retrouve des systèmes parallèles à hauteur de Xel-Ha . Ils pourraient être responsables du creusement des grands systèmes de grottes du Quintana Roo . Contrairement à ce qu'indiquait A M Heraud Pina, (Le karst du Yucatan 1996 p. 60, 61) . les grandes cavités du Yucatan sont toutes localisées dans cette région, dans un rectangle de 50 kilomètres de long sur 15 de large. Nohoch, Dos Ojos, Naranhal, Del Mar, dépassent 20 km de développement et sont aujourd'hui les quatre plus grandes cavités noyées connues du globe.

FIG 5 CARTE GEOMORPHOLOGIQUE

L'astroblème de Chixulub est une des grandes curiosités du Yucatan . Une concentration très particulière, au sud de Mérida, regroupe en un grand arc de cercle de 200 km de long plusieurs milliers de cénotes (fig. 6). Cette formation serait, selon Luis et Walter Alvarez de Berkeley, les vestiges de la fracturation provoquée par un impact météoritique de

CARTE GEOMORPHOLOGIQUE

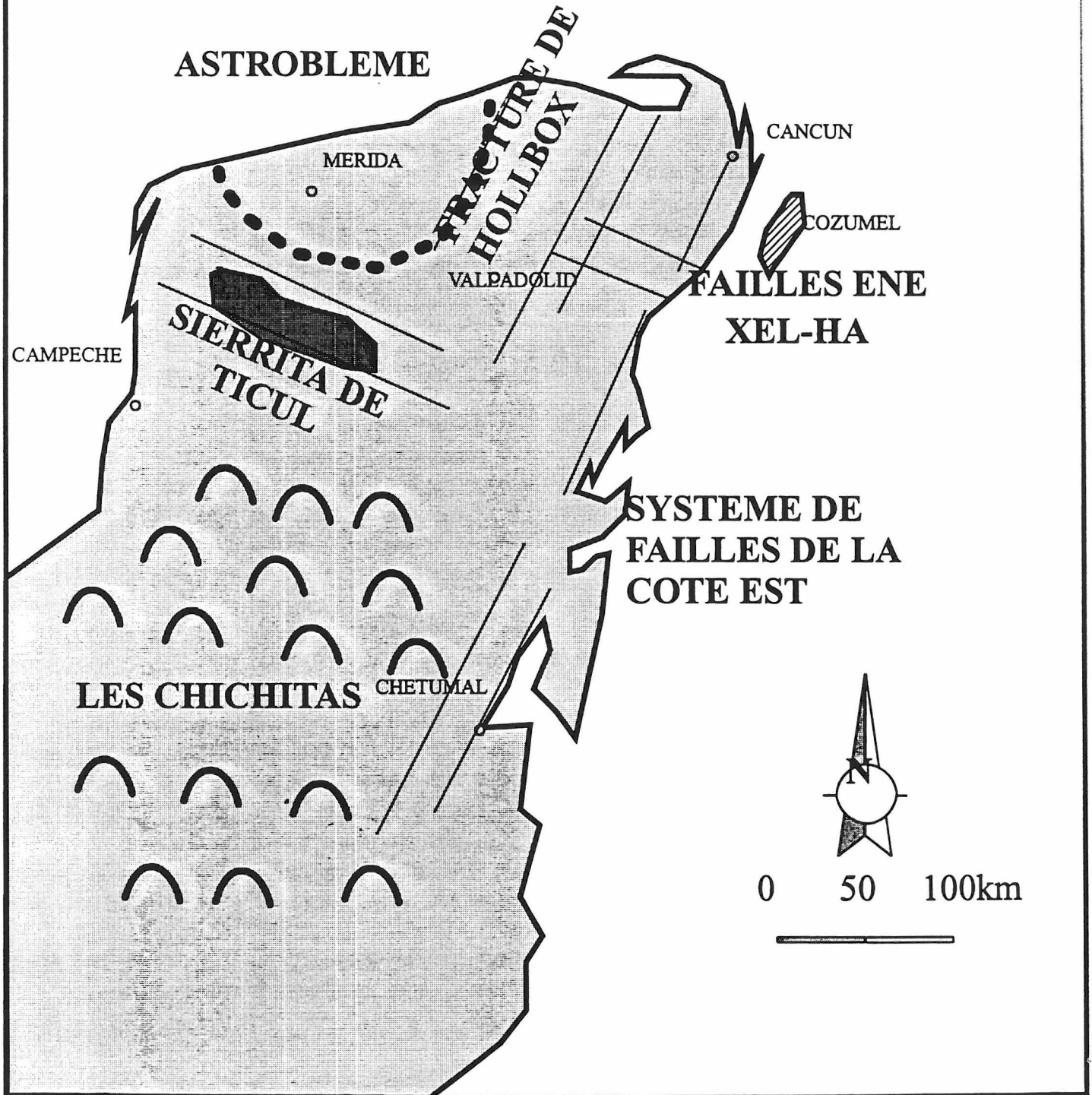


FIG. 5 : CARTE GEOMORPHOLOGIQUE
(d'après A.M. Heraud Pina)

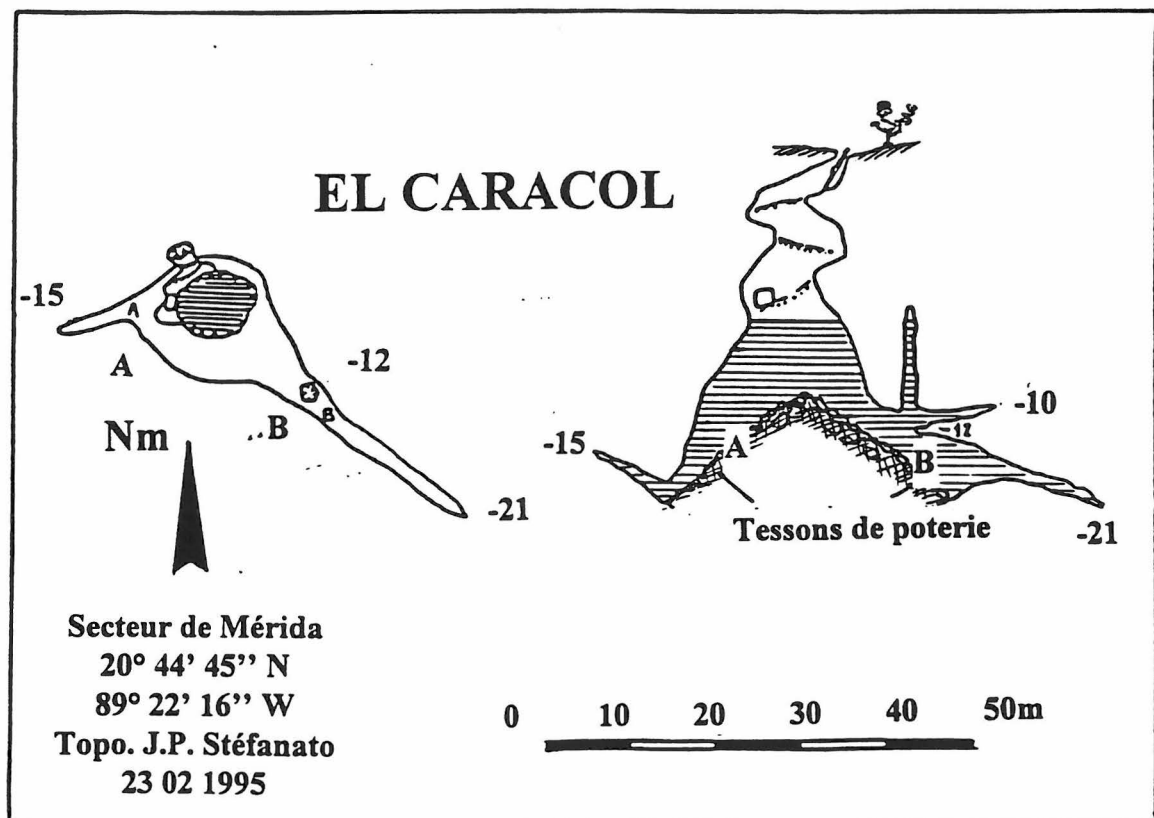
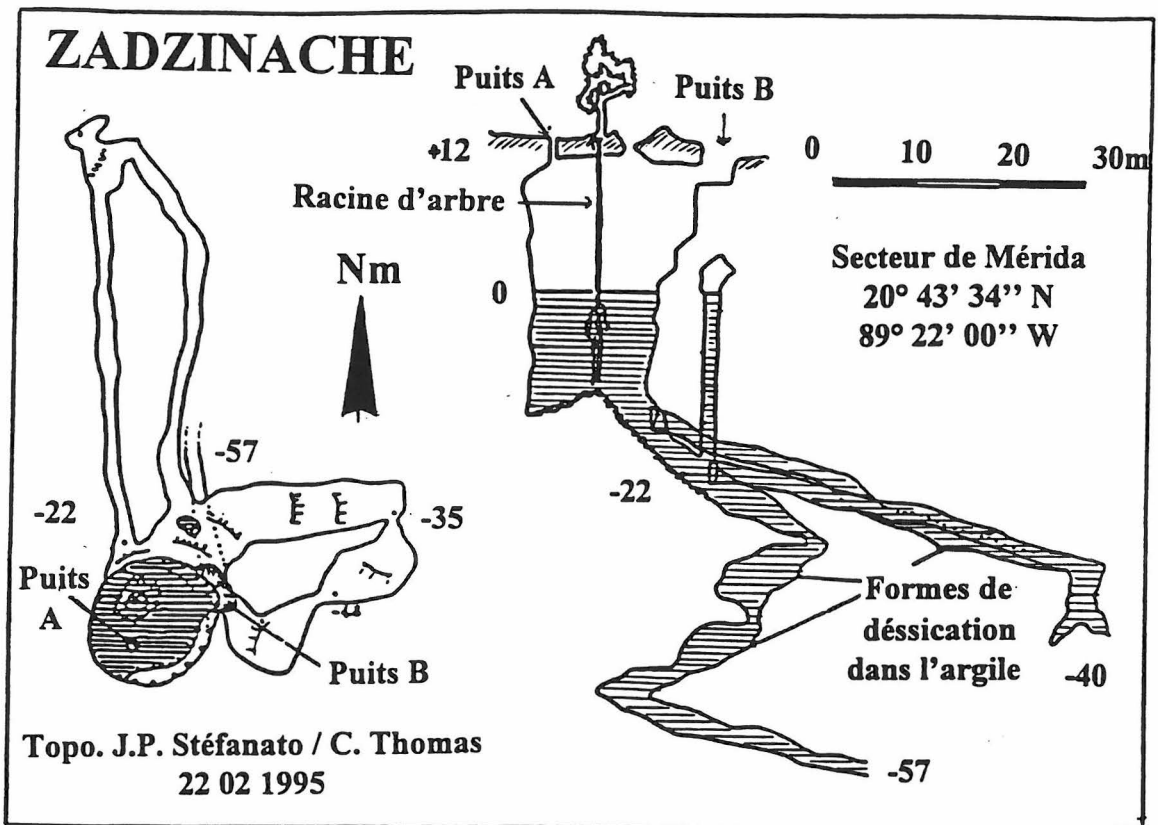


FIG. 7 : PLANS DE DEUX CENOTES DE L'ARC DE CHIXULUB

très grande envergure à la fin du Crétacé : l'astrolème de Chixulub. Cet impact aurait créé un nuage de poussière, masquant le soleil, entraînant un refroidissement de la planète et... la disparition des dinosaures. Soulignons cependant que ces concentrations de cénotes peuvent également être expliquées par des jeux de fractures NNE et ESE correspondant aux grands traits structuraux du Yucatan. L'exploration des cénotes se développant sur ce système de fracturation montre que leur morphologie ne reflète pas toujours la fracturation attendue (fig. 7)

FIG 6 et 7 CENOTES DE CHIXULUB

II LA LENTILLE D'EAU DOUCE

L'existence d'une « lentille d'eau douce » dans les calcaires récifaux poreux des îles coralliennes de l'océan Pacifique a été démontrée par Ghyben (1889) et Herzberg (1901). Cette eau, du fait de sa faible densité surnage au dessus de l'eau salée infiltrée en profondeur. Cette lentille d'eau est alimentée et renouvelée par les infiltrations d'eau de pluie, et s'écoule le long des côtes. Le Nord de la péninsule du Yucatan abrite une lentille d'eau douce comparable. L'étude de l'altitude de la surface libre de la nappe d'eau permet d'en préciser la géométrie.

II a La lentille de Ghyben Herzberg

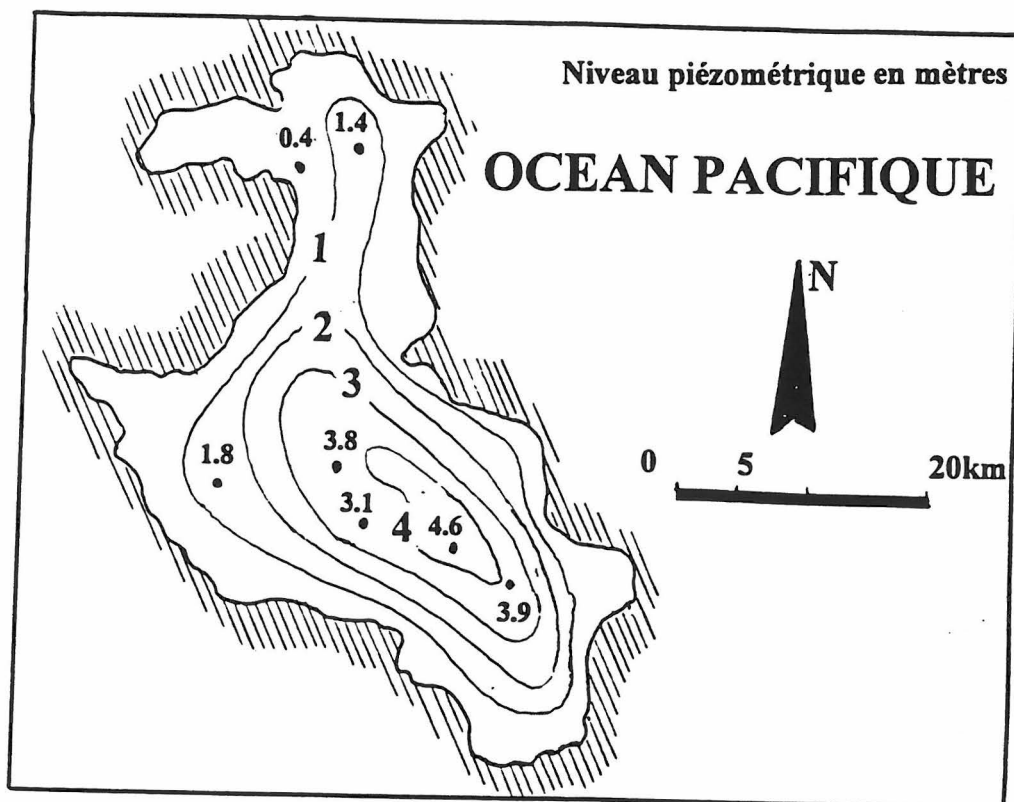
Contrairement à nos karsts, l'eau est très facilement accessible au Yucatan où les cénotes se comptent par milliers. La mesure de l'altitude du niveau de base dans l'ensemble de la péninsule est de ce fait relativement aisée. La figure 8 montre les lignes de niveau de la nappe d'après Weidie (1985).

FIG 8 ALTITUDE DU NIVEAU DE BASE YUCATEQUE

La première constatation est que le **niveau de base est très proche de l'horizontale**. En effet, l'altitude de la nappe dépasse rarement 5 m, ce qui donne des pentes de moins de 2/100 000 vers l'ouest pour un maximum de 1/10 000 à l'est. Ces pentes sont à comparer aux pentes de nos réseaux européens qui sont couramment de l'ordre de 2%. Nous avons observé des pentes très faibles sur Lifou (Nouvelle Calédonie - Océanie) dans un karst similaire (fig. 9). Elles étaient toutefois un peu plus forte : de l'ordre de 5/10 000, soit 5 fois plus qu'à l'est du Yucatan et 25 fois plus qu'à l'ouest. Les faibles pentes que nous constatons sont l'indice d'une grande perméabilité et le reflet d'un karst très formé.

FIG 9 ALTITUDE DU NIVEAU DE BASE A LIFOU

La présence de l'eau de mer en profondeur est le deuxième trait caractéristique de la nappe d'eau au Yucatan. Au voisinage des côtes, l'eau de mer se rencontre en plongée à des profondeurs peu importantes aisément accessibles. A l'intérieur des terres, la profondeur à



**FIG. 9 : ALTITUDE DU NIVEAU DE BASE DE LIFOU
(Lifou 1995, d'après mesures de Girard)**

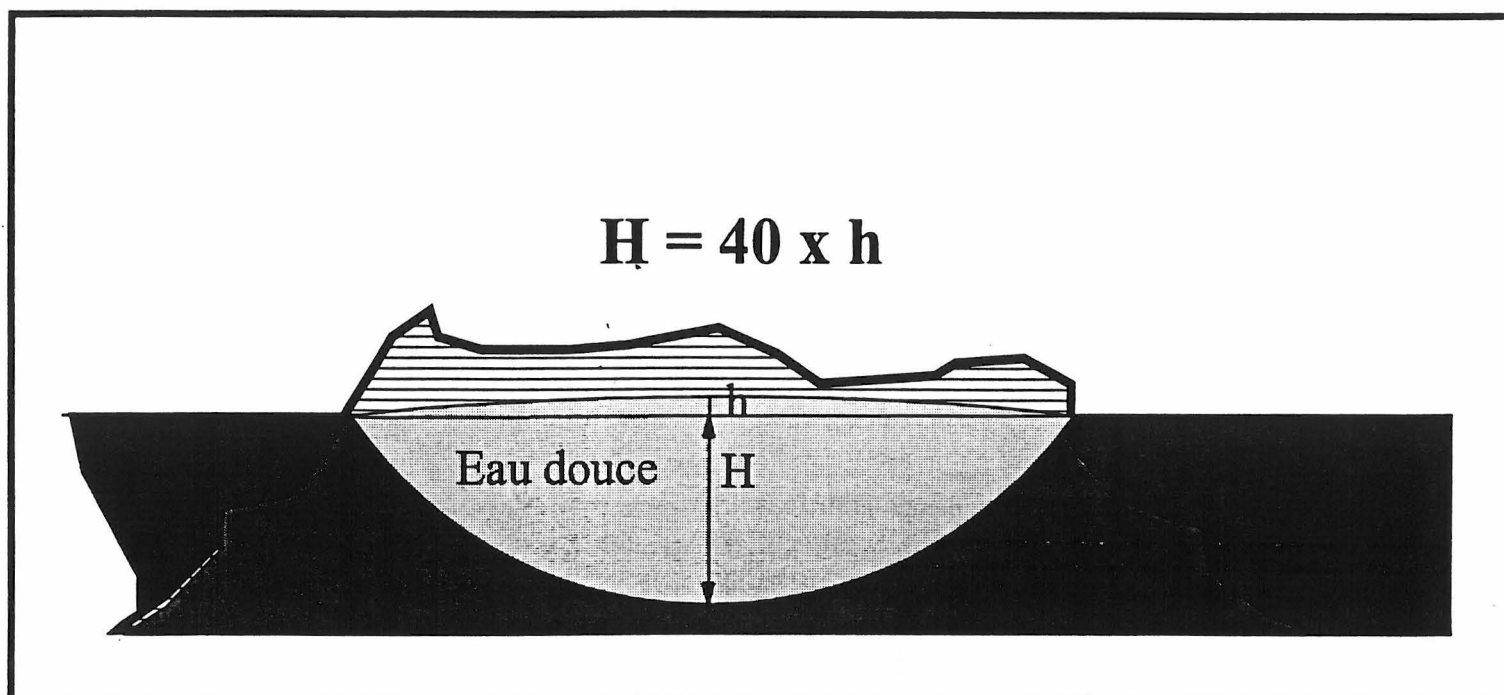


FIG. 10 : LENTILLE DE GHYBEN - HERZBERG

laquelle on trouve l'eau salée est plus importante et cesse d'être accessible en plongée. Toutefois, des sondages et la salinité de l'eau douce montrent que l'eau salée pénètre très profondément à l'intérieur de la péninsule.

Le Yucatan est un karst tropical ennoyé de très grande dimension. Il suit le classique modèle de Ghyben Herzberg que nous rappelons dans la figure 10.

FIG 10 LENTILLE DE GHYBEN HERZBERG

La lentille d'eau douce, d'origine pluviale est « soulevée » par l'eau de mer et a une forme légèrement bombée. Le rapport de densité eau douce/eau de mer est de $1 - 1/40$. Il existe une relation directe entre l'épaisseur de la lentille et son soulèvement (application directe de la loi d'Archimède) : $H = 40 h$ (où h est l'altitude de la surface de l'eau, et H la profondeur à laquelle se rencontre l'halocline.)

Iib La forme du niveau de base

La forme du niveau de base est le reflet de la forme de la lentille d'eau douce. Elle permet aussi de déterminer le sens des écoulements (perpendiculairement aux lignes de niveau de la surface piézométrique), et par conséquent d'esquisser les lignes de partage des eaux entre les différents bassins versants.

Ainsi que le montre la figure 8, la ligne de partage des eaux entre l'Est et l'Ouest est fortement décalée vers l'Est. Elle se situe environ à 50 km de la côte est. Cette dyssymétrie est peut être lié à l'intensité des pluies qui caractérise la façade caraïbe. C'est là que se situent les plus gros écoulements, et les plus forts gradients. Le bassin est du Yucatan reçoit environ 1200 mm d'eau par an. Le volume total de précipitation reçue entre le golfe du Mexique au Nord et la latitude de Tulum au Sud couvre donc une région de 130 km de long, pour 50 km de large et reçoit annuellement 7,8 milliards de m³. La partie ouest et nord du Yucatan est alimenté par un bassin versant quatre fois plus vaste que le bassin est. Mais, les précipitations sont seulement de 800 mm/an, et l'évapotranspiration est un peu plus active. D'autre part, la longueur de côte par laquelle s'écoule cette eau est deux fois plus grande. On peut penser que chaque kilomètre de rivage restitue donc la même quantité d'eau que sur la côte est. Le décalage de la ligne de partage des eaux s'expliquerait en quelque sorte par l'équilibrage des écoulements Est Ouest.

Iic Fluctuation du niveau de base

Le niveau de base fluctue très peu dans le courant de l'année, ce qui implique que la charge hydraulique et par voie de conséquence les débits d'eau douce sont très réguliers. Dans les cas de gros cyclones, il peut toutefois monter de quelques mètres pendant quelques jours. Les écoulements d'eau douce et d'eau salée en profondeur sont alors très violents et l'excédent d'eau se vide très rapidement en quelques jours.

III LE BILAN DES EAUX

Le bilan des eaux consiste à évaluer quelle fraction de l'eau de pluie alimente réellement la nappe souterraine. En effet, une partie des eaux météoritiques s'infiltrent dans le

42

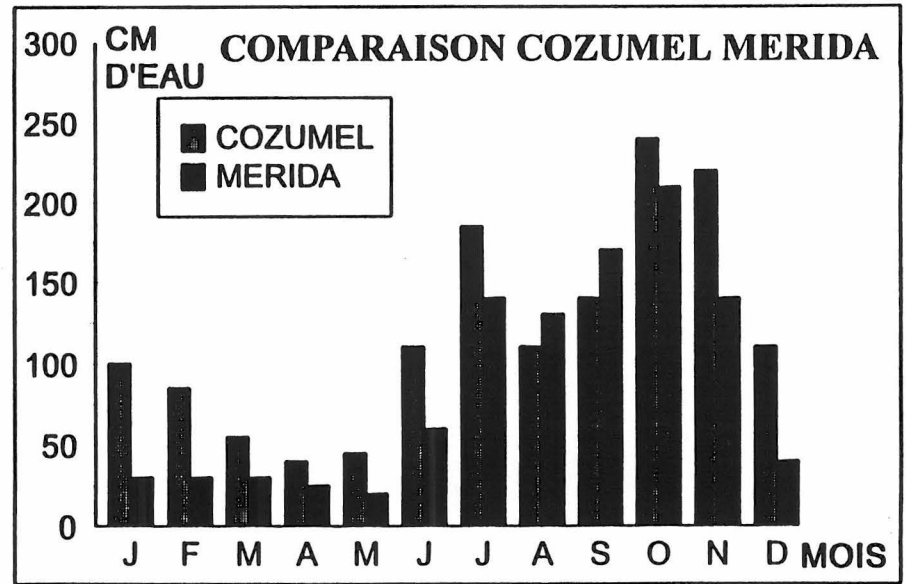
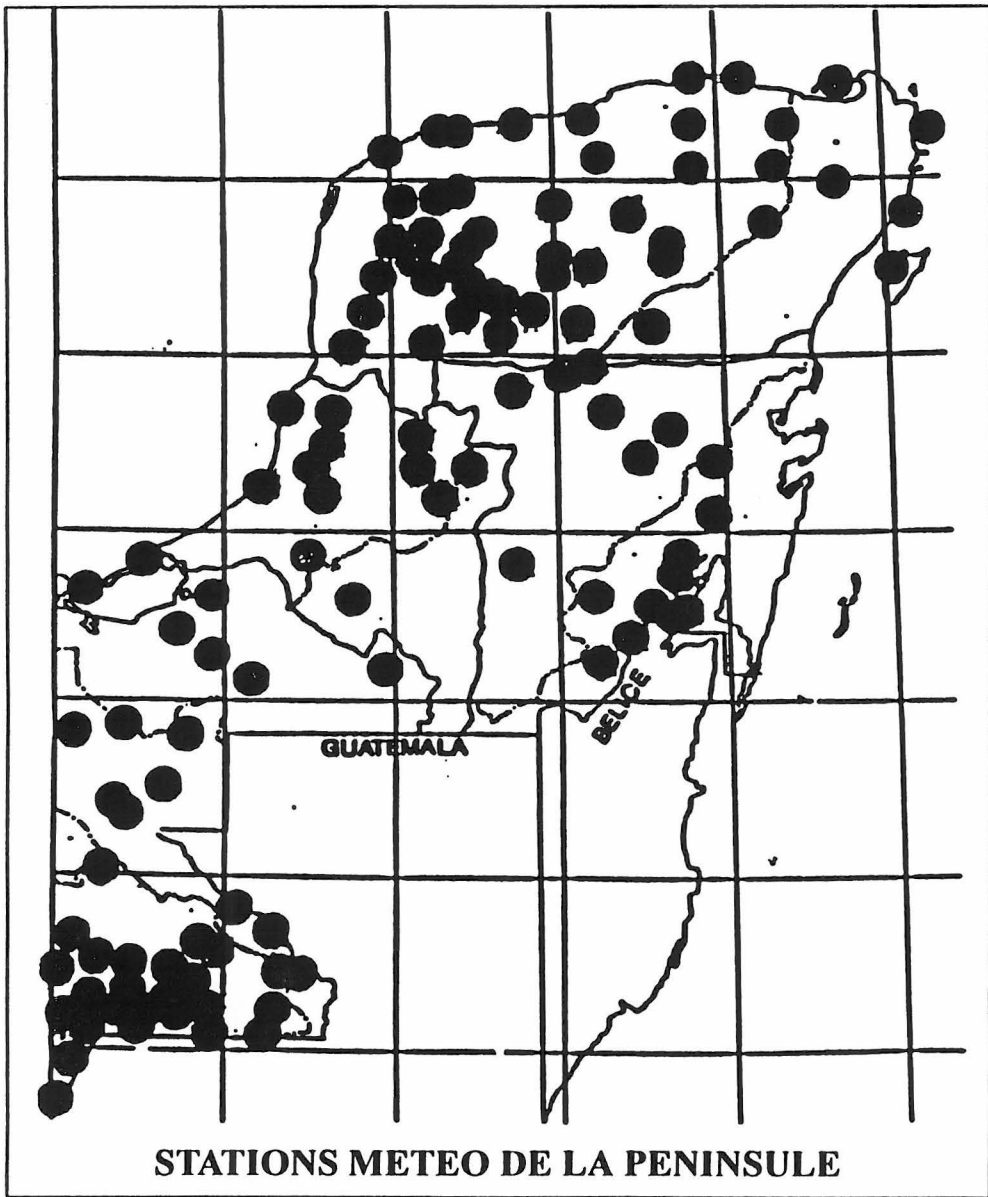


FIG. 11 : METEOROLOGIE DE LA PENINSULE DU YUCATAN

sol calcaire, une autre partie s'emmagine dans les roches à forte porosité de la surface : terres, anfractuosités de calcaire dentelé. Cette eau est rendue à l'atmosphère par évaporation, ou par la transpiration végétale après chaque pluie. Comme il n'y a pas de rivières de surface, les ruissellements sont négligeables. Le bilan des eaux est donné par la formule suivante :

$$\text{Précipitation} = \text{Evapotranspiration} + \text{Infiltration} \\ (P = E + I)$$

IIIa Climatologie

La pluviométrie et l'évolution des températures sont bien connues grâce au réseau de stations météorologiques qui couvre la péninsule du Yucatan depuis 1921. La figure 11 montre l'importance de ce dispositif. Des cartes météorologiques indiquant pluviométrie, température et bilan hydrique théorique sont publiées par l'Institut Géographique. On se reportera utilement aux travaux de Corbel (1959), du Servicio de Aproveitamento dos Recursos Hidricos (1976) et de A.M. Heraud Pina (1996).

Nous donnons ici les courbes pluviométriques de Cozumel et de Mérida (fig. 11). Celles-ci soulignent que l'Est de la péninsule yucatèque est un endroit pluvieux régulièrement balayé par des cyclones, alors que l'Ouest est plus aride. La saison des pluies est bien marquée et s'étend de mai à novembre.

Les températures du fait de l'influence océanique sont assez stables. La température moyenne mensuelle varie de 24 à 27°C à Cozumel et de 23 à 27°C à Mérida.

FIG 11 METEOROLOGIE

IIIb L'approche théorique

Thornwaite (1948), puis Turc (1954) ont proposé des formules permettant de calculer l'évapotranspiration potentielle d'une région en fonction des paramètres météorologiques. Ces formules résultent d'études de jaugeage d'écoulement de surface (fleuves, rivières) en fonction de la climatologie. Dans le cas des massifs calcaires, le fait que l'eau puisse s'infiltrer très rapidement en profondeur limite l'évapotranspiration réelle et de ce fait, ces formules sont à utiliser avec prudence. Elles conduisent en effet à des surestimations de l'évapotranspiration. C'est probablement le cas de la moitié nord de la péninsule. En revanche, dans le Sud-Ouest, dans un périmètre de 150 km autour de Chetumal, la fréquence des lagunes et des affleurements d'eau entraîne probablement une sous-estimation de la tranche évaporée.

La direction générale de géographie D.G.G a publié un document de synthèse sur l'hydrogéologie de la péninsule du Yucatan. Ces études sont résumées dans la « **Carta de evapotranspiration y deficit de agua, Mérida** » de 1983. La base du calcul repose sur les mesures de température et de pluviométrie fournies par les stations météorologiques du pays. A partir de ces données, le modèle de Thornwaite (1948) a été appliqué. Il permet de calculer l'évapotranspiration théorique mois après mois. Le modèle prend en compte le rôle de stockage des sols. Lorsque la pluviométrie est élevée, ils se gorgent d'eau, puis se dessèchent en période sèche. Les services hydrogéologiques ont réalisé cette approche sur toutes les stations météorologiques de la péninsule. Ils en ont déduit, région par région, les valeurs théoriques de la tranche infiltrée, et du ratio d'infiltration. Ces valeurs oscillent entre 2% à l'Ouest et 14% à l'Est.

66

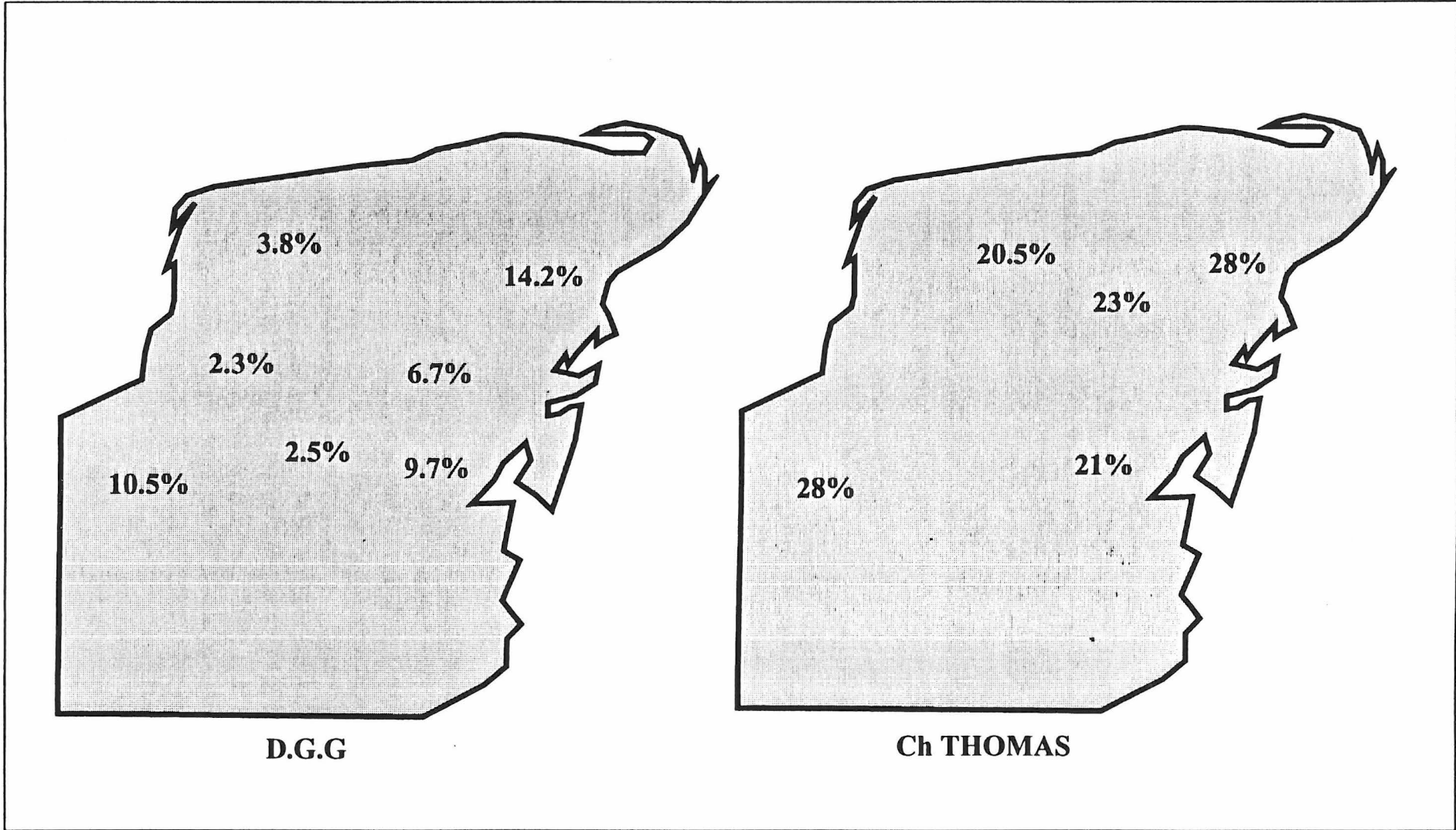


FIG. 12 : RATIO D'INFILTRATION SELON LA D.G.G. ET NOS ESTIMATIONS

La formule de Turc. a été utilisée par Corbel sur six stations. Il estime la tranche infiltrée entre 13% et 18% sans différence Est/Ouest. Cependant, il ne disposait pas de données météorologiques aussi complètes que celles que nous avons aujourd'hui.

Nous avons repris donc les calculs par la méthode de Turc pour les stations suivantes : Chetumal et Cozumel situées à l'est de la péninsule, Valladolid, située au centre, Mérida et Campeche situées à l'ouest. Les résultats sont donnés dans le tableau 1.

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
CHETUMAL P	60	50	40	20	25	120	165	155	135	220	180	80	1250
I/P = 21% E	2	0	0	0	0	18	44	38	27	77	54	8	266
COZUMEL	100	90	90	60	40	40	180	120	140	250	240	120	1370
I/P = 28%	20	16	16	2	0	0	58	18	31	105	100	18	384
VALLADOLID	35	40	40	40	40	110	180	140	165	210	160	40	1200
I/P = 23%	0	0	0	0	0	16	67	31	45	74	45	0	278
MERIDA	30	30	30	20	20	65	140	125	160	200	140	40	1000
I/P = 20.5%	0	0	0	0	0	3	32	25	43	70	32	0	205
CAMPECHE	50	25	15	15	5	85	130	170	275	260	65	40	1135
I/P = 28 %	0	0	0	0	0	8	26	42	123	117	3	0	319

TABLEAU 1 : Calcul théorique du coefficient d'infiltration par la méthode de Turc.

Selon ces calculs, le coefficient d'infiltration est compris entre 20% à l'Ouest et 30% à l'Est. Ces valeurs sont sensiblement supérieures à celle indiquées par les autres approches (fig. 12).

FIG 12 RATIO D'INFILTRATION

IIIc La mesure directe

Le principe de la mesure directe consiste à mesurer le débit des exurgences et à le comparer aux précipitations collectées par le massif calcaire. Aucune mesure directe n'a été effectuée à notre connaissance jusqu'à présent au Yucatan. En effet, l'opinion généralement répandue tient pour acquise l'idée que l'eau sort de façon diffuse par de nombreux petits exutoires situés en mer. Toute mesure de débit ne pourrait être de ce fait que partielle.

Nous avons parcouru en barque avec l'aide des pêcheurs la lagune de Conil (fig. 13), et certaines parties de la côte caraïbe au Sud de Playa del Carmen (fig. 14), soit au total près d'une centaine de kilomètres de côte, afin d'inventorier les exurgences. Cette observation, certes limitée, montre que, contrairement aux idées établies, les exurgences sont concentrées en quelques écoulements majeurs, généralement situés sur le rivage. Les sources de dimension plus modeste sont peu nombreuses et ne participent que de façon infime à l'écoulement de l'eau douce.

FIG 13/13 bis INVENTAIRE DES EXURGENCES

Cette observation semble représentative de la côte est de la péninsule. Elle reste à vérifier sur la côte ouest. C'est aussi sur la côte Est que se trouvent (pour le moment) les plus grands réseaux du Yucatan (fig. 14)... Ces écoulements s'organisent en réseaux de rivières souterraines drainées par quelques grandes exurgences qui semblent collecter l'essentiel des écoulements.

Nous formulons l'hypothèse que cette disposition est liée au caractère acore de la côte caraïbe (fig. 15), et à la stabilité de la ligne de rivage qui en a résulté pendant les fluctuations

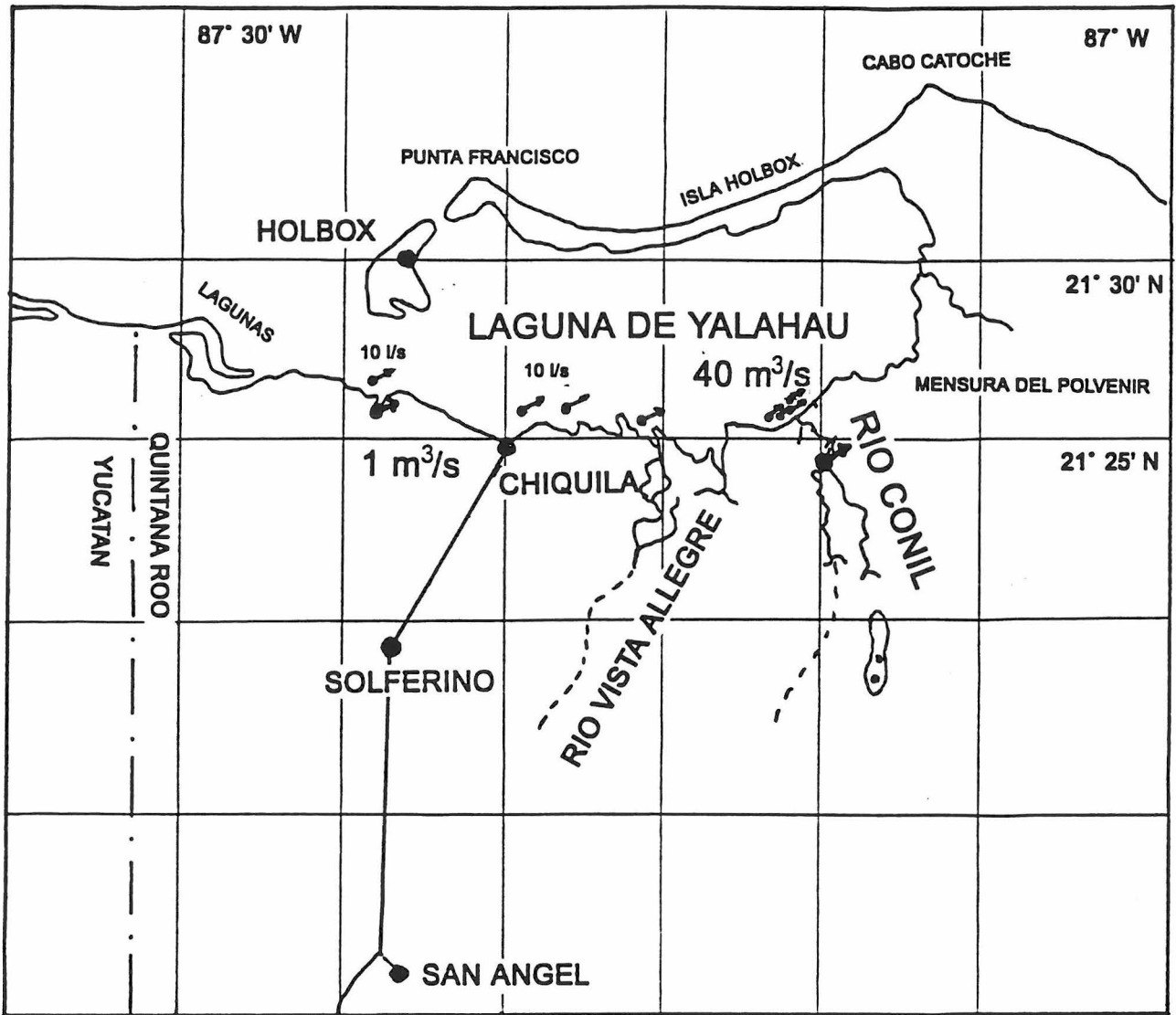
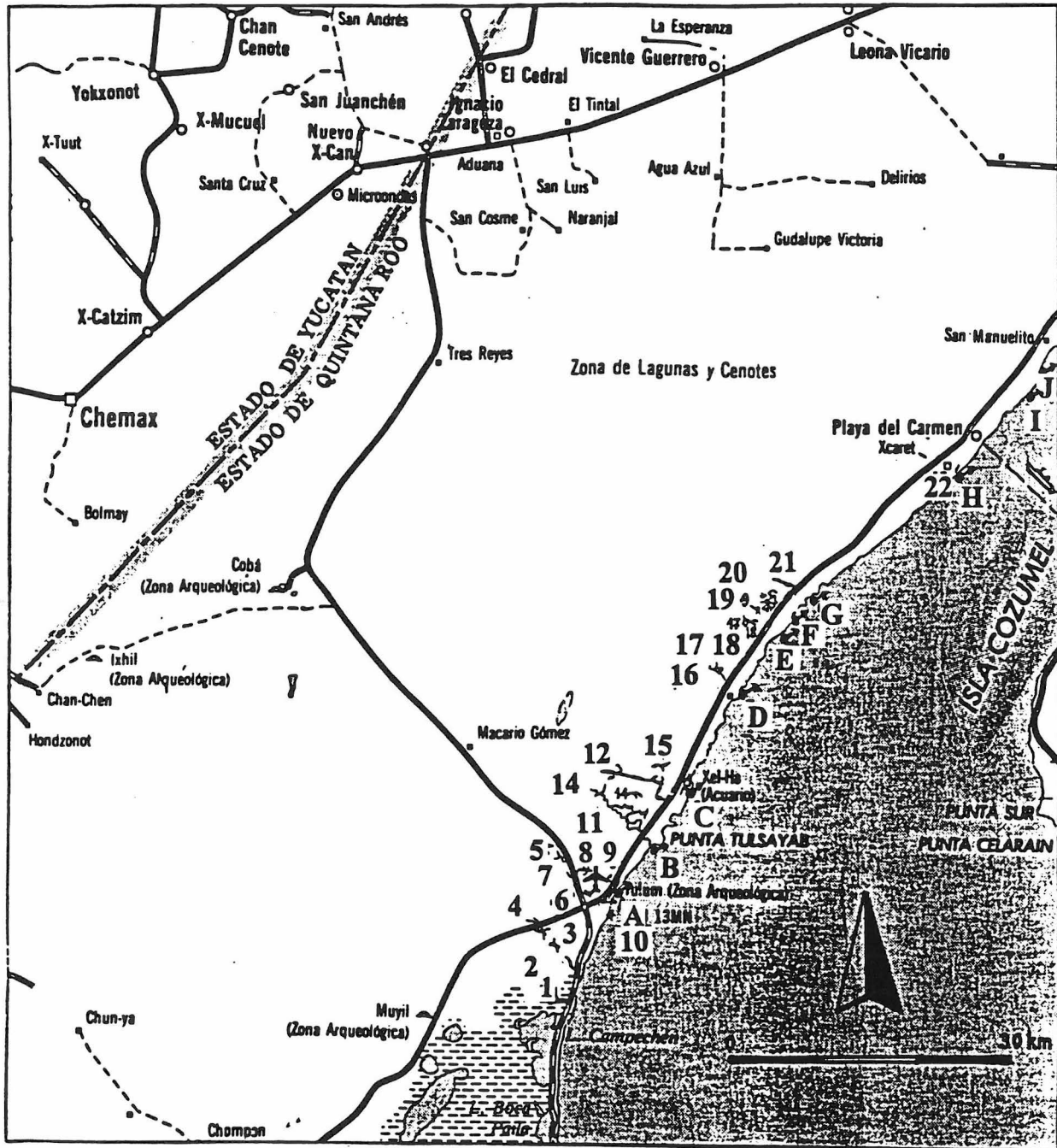


FIG. 13 : INVENTAIRES DE SOURCES DE LA LAGUNE DE CONIL (Expédition 1997)



PRINCIPALES CAVITES CONNUES EN 1998 (développement en mètres)

1 YAXCH'EN	12 000 m	2 CAPE-HA (DEL MAR)	18 000 m
3 CANALES (ESMERALDA)	13 600 m	4 NARANHAL	22 500 m
5 CARWASH	3 500 m	6 TEMPLE OF DOOM	4 000 m
7 SAC ACTUM - VACA-HA	10 900 m	8 TOUCHA-HA	3 000 m
9 NAVAL	9 100 m	10 ABEJAS	8 150 m
11 NOHOCH	72 000 m	12 DOS OJOS	63 000 m
13 XEL-HA	8 000 m	14 MONDO ESCONDIDO	3 000 m
15 PIES	3 000 m	16 AKTUN CHEN	5 800 m
17 TAJ-MAHAL	5 300 m	18 MINOTAURO	4 200 m
19 CUZEL (AKTUN COH)	5 500 m	20 PONDEROSA	12 500 m
21 CHACMOL	5 200 m	22 X-CARET	2 500 m

SOURCES LES PLUS IMPORTANTES

A ABEJAS	1.5 m ³ /s
C XEL-HA	3.5 m ³ /s
E XPU-HA sud	1 m ³ /s
G PUERTOS AVENTURAS	1 m ³ /s
I CHUCHEN sud	5 m ³ /s
B CASA CENOTE	3 m ³ /s
D YALKU	1.5 m ³ /s
F XPU-HA	5 m ³ /s
H X-CARET	1.5 m ³ /s
J CHUCHUEN nord	1 m ³ /s

FIG. 13bis : INVENTAIRE DES SOURCES ET DES GRANDES CAVITES DE LA COTE EST (Expédition 1997, 98)

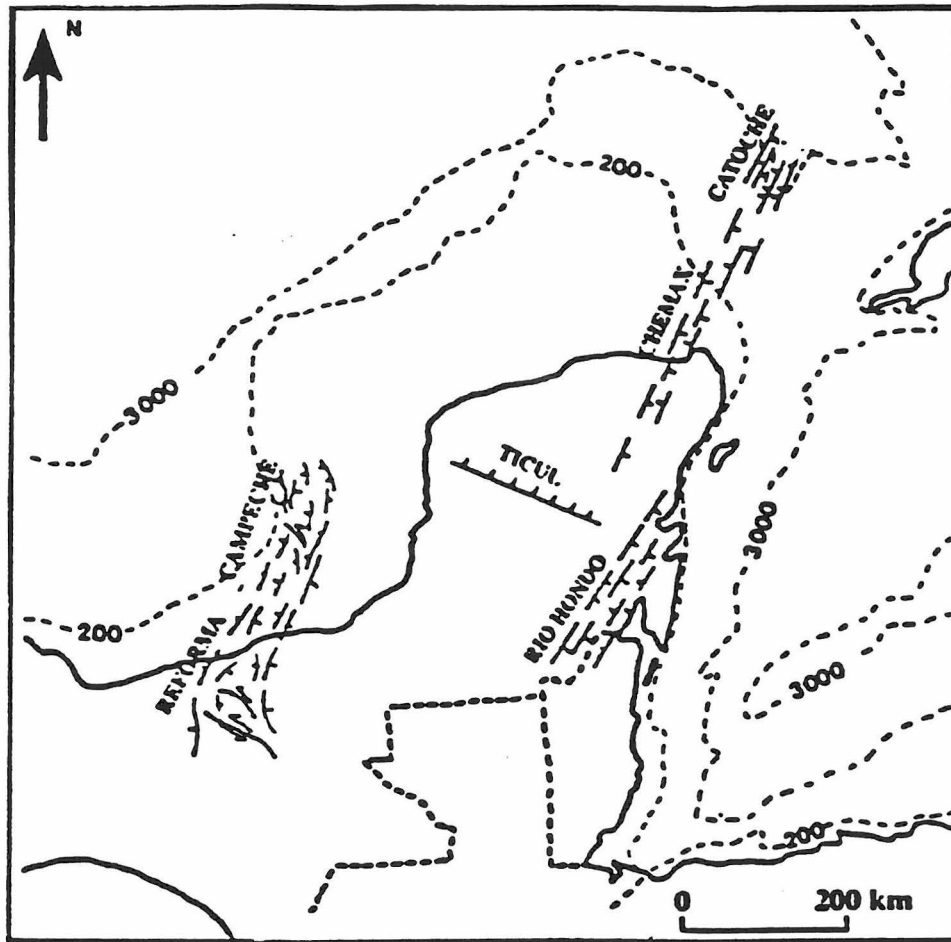


FIG. 14 : CARTE MARINE
(A.M. Héraud Pina d'après Weidie 1985)

glacières eustatiques. Les écoulements auraient donc eu le temps de creuser des cavernes. C'est, peut-être, l'une des causes des incroyables réseaux souterrains de cette région.

FIG 14 CARTE MARINE

Par contre, la mer, côte ouest et nord est peu profonde, et la ligne de rivage s'est donc déplacée considérablement avec les fluctuations du niveau de la mer. Ce sont là des conditions qui rendent difficile l'établissement d'un drainage stable. Nous sommes dans une situation similaire à celle de la plaine de Nullarbor en Australie et il est possible que l'essentiel des écoulements se fait par porosité, où bien encore par des trous bleus difficiles à localiser. Si cette hypothèse s'avérait juste, il y aurait peu de chance de trouver sur les côtes ouest et nord-ouest de la péninsule des rivières souterraines et des cavités de grande importance. Ces régions n'ont pas encore fait l'objet d'explorations spéléologiques et il est donc impossible de conclure. Seules les explorations permettront de trancher ce point.

L' étude des débits que nous avons entreprise se limite pour le moment à la côte est. Elle permet la détermination directe de la tranche infiltrée (I), ou du ratio d'infiltration (I/P) en mesurant la taille des bassins versants, les précipitations qu'ils collectent, et le débit cumulé des exurgences.

Dans le cas du Yucatan, la mesure est un peu plus délicate, du fait du mélange eau douce eau salée que restituent les exurgences et du cycle des marées qui influence leur débit. Il est en revanche facilité par la grande stabilité des débits jour après jour. Les mesures doivent s'effectuer sur un cycle complet de marée, être accompagnée de mesures de salinité à différentes profondeurs afin d'établir l'évolution de l'halocline en fonction de la marée. Ce travail n'est réalisable que par des plongeurs spéléo capable de réaliser les mesures et de prélever les échantillons aux endroits adéquats. Nos mesures sont encore grossières et demandent à être poursuivies.

Cependant, elle nous permettent de donner ici une première estimation du ratio d'infiltration sur la côte est de la péninsule. Nos explorations et nos mesures aboutissent à une mesure directe du coefficient de restitution sur la façade est de la péninsule de 22%. Les exurgences dont nous avons mesuré sommairement le débit donnent en effet la restitution d'eau indiquées dans le tableau 2.

Nom M3/S		Nom	M3/S
ABEJAS	1.5	PUERTO AVENTURAS	1
NOHOCH casa cenote	3	X CARET	1.5
XEL HA	3.5	CHUCHUEN sud	5
YALKU	1.5	CHUCHUEN nord	1
XPU HA sud	1	CONIL	40
XPU HA	5	Divers lagune conil	3
	TOTAL mesuré	77	
	Exurgences non mesurées	33 ???	
	TOTAL TOTAL	environ 110 m3/s	

TABLEAU 2 : mesures des débits des exurgences du Yucatan est

50

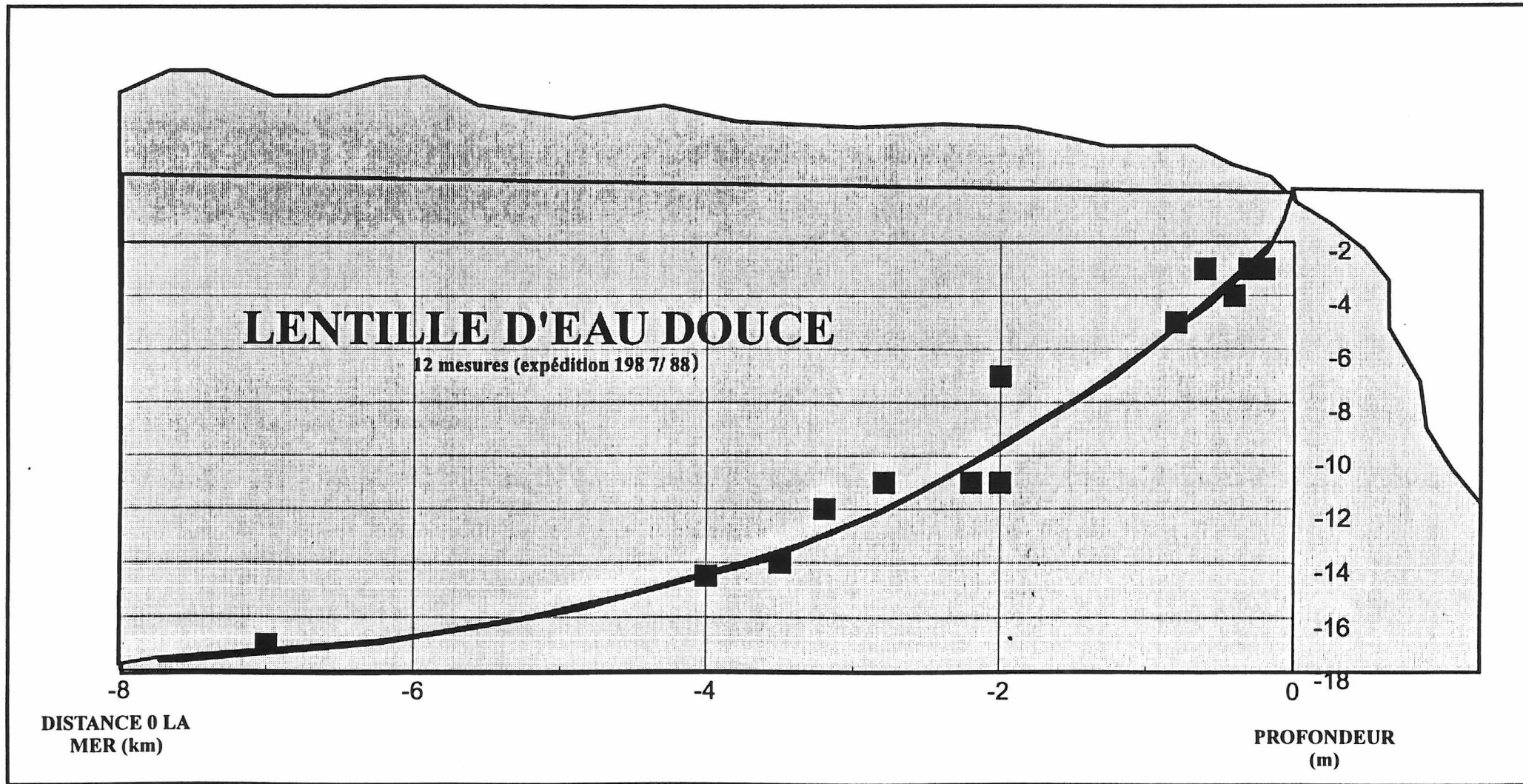


FIG : 15 FORME DE L'HALOCLINE SUR LA CÔTE EST

La salinité de ces sources reste à établir de façon plus détaillée. Chuchuen a donné une eau très peu salée (5 g/l) soit un rajout d'eau de mer de 15 %, Xel-Ha environ 15 g/l (rajout de 68 %), à comparer à la salinité de l'eau de mer (37 g/l). Le rio Yalikin présentait une salinité de 46 g/l à comparer à la salinité de la lagune de Conil que nous avons mesurée à 80 g/l soit un rajout de 135 %. Enfin, la petite source de Yalahau d'un débit de 1.2 m³/s à la sortie de la baie de Conil ne présente que 1.3 g de sel par litre, soit un rajout de 2 %.

Un calcul grossier consiste à estimer que nous avons un rajout d'eau de mer d'environ 100 %. Nous avons estimé par ailleurs dans une première approche que le débit des écoulements karstiques s'élevait à 110 m³/s soit 3,47 milliards de m³/an.

La moitié de cette eau est donc de l'eau douce soit un débit de 1,75 milliards de m³/an qu'il nous faut comparer à une alimentation par la pluie de 7,8 milliards de m³/an soit un ratio d'infiltration de 22.4 %.

IV LE ROLE DE L'EAU DE MER

La lentille d'eau douce « flotte » au dessus de l'eau de mer plus dense. Cette frontière peut être observée en plongée. Par ailleurs, bien que peu miscibles, ces eaux se mélangent lentement par des phénomènes de diffusion. L'étude de cette « pollution saline » est importante sous de multiples aspects.

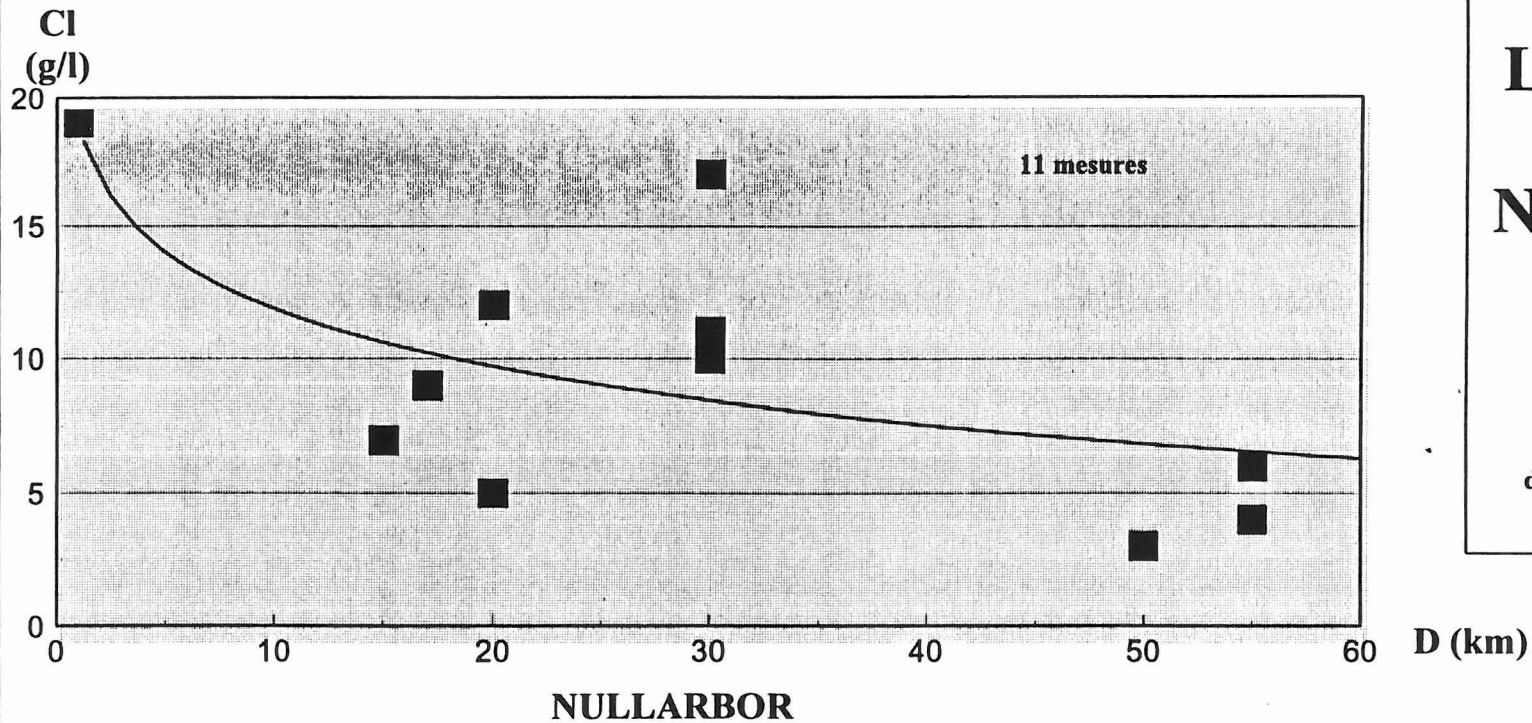
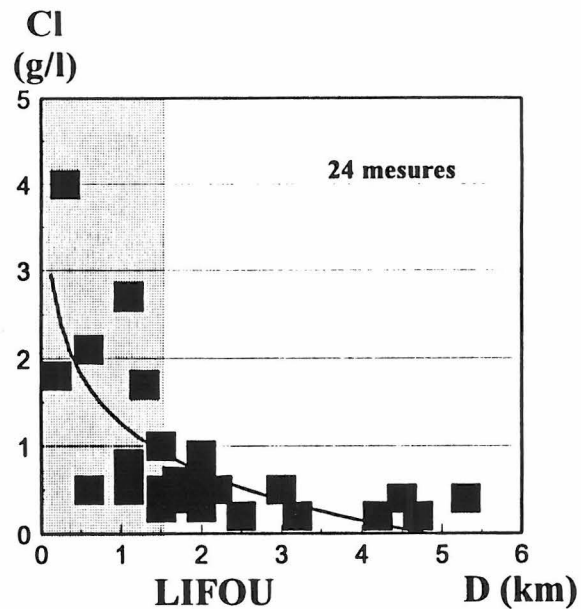
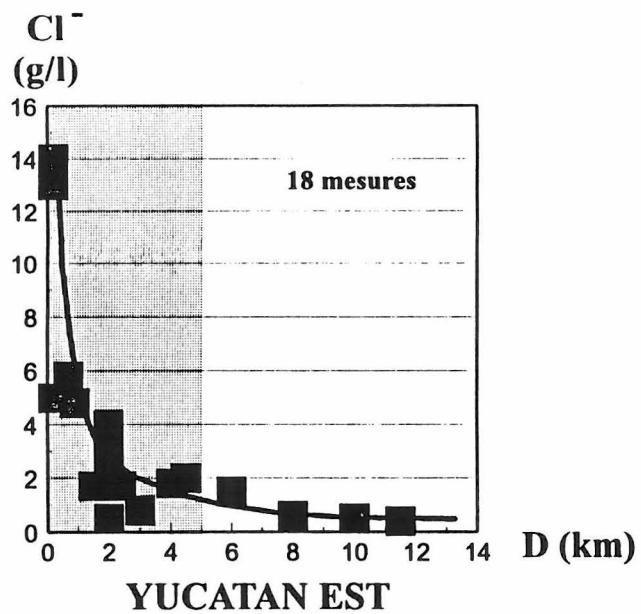
IVa L'halocline

L'étude de la frontière eau douce/eau salée est riche d'enseignements. Celle-ci est très nette, et se voit très bien en plongée. L'eau douce est fraîche (23 à 25 °C) et l'eau de mer chaude (27 °C). L'halocline sépare l'eau douce surnageante, de l'eau de mer. **Nous avons mesuré la profondeur de l'halocline** dans diverses cavités afin de dessiner son profil lorsque l'on s'éloigne de la mer (côte est). Le schéma ci-dessous montre ce profil. Idéalement, il aurait fallu pouvoir mesurer également l'altitude du niveau de base. Malheureusement, ces mesures imposent des cheminements topographiques pour lesquels nous ne sommes pas équipés. Cependant, les valeurs que nous avons trouvées ne sont pas en contradiction avec la théorie de Ghyben Herzberg.

FIG. 15 PROFIL DE L'HALOCLINE

On notera que la forme du profil de l'halocline au voisinage de la côte n'est pas une droite. Verruijt (Theory of groundwater flow. Mac Millan, 1970) a calculé la forme de l'halocline dans le cas d'un milieu poreux infini et a démontré que le profil est une parabole.

Une des questions qui se pose est de savoir si l'eau de mer pénètre jusqu'au centre de la péninsule. Quelques puits, ou cénotes, comme Sayabucil, Kolac, Union libre ou Valladolid indiquent que l'eau de mer est présente jusqu'à une centaine de kilomètres au moins des côtes. On peut donc penser que la péninsule, possède de l'eau de mer en profondeur, dans l'ensemble de sa moitié nord, et dans une bonne partie du Sud.



**FRANGE
POLLUEE PAR
LA MER**

**YUCATAN EST
: 5km**

LIFOU : 1,5km

**NULLARBOR :
> 50km**

**Pollution marine mesurée dans
différents cénotes (travaux : Koch,
James, et expédition 1987**

FIG. 16 : INFLUENCE COTIERE DE LA POLLUTION MARINE

52

IVb La pollution saline côtière de la nappe

Nous avons procédé à une trentaine de mesures de la salinité de l'eau en plongée et en surface, à différents niveaux, dans différents cénotes, et trous bleus (rapport d'expédition 1987). De nombreuses mesures ont été réalisées par les hydrogéologues sur des prélèvements de surface dans l'ensemble de la péninsule, mais très peu de prélèvements ont été effectués sous l'halocline. La première conclusion qui semble s'imposer est que sous l'halocline, l'eau de mer n'est pas polluée par l'eau douce. En effet sa salinité a été mesurée à 37 g/l ce qui montre qu'il s'agit d'eau de mer pure. Toutefois, ces mesures ont été faites en février à une époque où les flux d'eau de mer sont globalement entrant, et à des endroits accessibles en plongée et qui de ce fait se trouvent relativement proche de la côte. Il serait erroné de conclure . En effet, (cf chapitre V) le temps de séjour de l'eau douce dans le sous sol augmente de façon très importante lorsque l'on s'éloigne des côtes pour atteindre plusieurs dizaines d'années au centre de la péninsule. L'eau salée, quant à elle, ne reçoit aucune alimentation régulière et n'est renouvelée que par un mouvement de « piston » lié au cycle des saisons et des marées. Il en résulte que les temps de séjour au centre de la péninsule sont extrêmement longs et se comptent probablement en milliers d'années. Dans ces conditions, il est probable que cette eau est extrêmement adoucie par la diffusion de l'eau douce. Cependant, aucune mesure n'a été réalisée à ce jour.

En revanche, l'eau douce qui surnage au dessus de l'eau de mer est renouvelée par les pluies, et s'écoule à la surface du « substrat d'eau salée ». Les mesures montrent qu'elle est sensiblement polluée par cette dernière. Nous avons tracé la courbe de pollution en fonction de la distance à la mer. A titre de comparaison, la même courbe est donnée pour les îles Loyauté (Nouvelle Calédonie ; Océanie).

On constate que plus l'on s'éloigne de la côte, moins l'eau douce est polluée. Les mouvements de marée jouent sur la frange côtière un rôle important dans cette pollution. C'est ce que traduit la cassure de la courbe qui montre la zone de mascaret à forte pollution liée à des mouvements mécaniques de brassage dus aux marées, et la zone à faible pollution principalement liée à des phénomènes de diffusion.

FIG. 16 POLLUTION PAR LE SEL EN BORD DE MER

IVc La pollution lointaine de la nappe par l'eau de mer

A l'intérieur des terres, au delà de cette bordure côtière, la teneur en sel tombe sensiblement en dessous de 0,5 g/l . Cette valeur est bien plus faible que celles que l'on rencontre dans le désert de Nullarbor en Australie, où l'on trouve à 50 km de la côte des salinités dépassant 8 g/l (J.M. James 1992).

Nous disposons de mesures du chimisme de l'eau dans plus de 200 points d'eau répartis dans la partie nord de la péninsule. Ce travail a été réalisé par l'Institut de Géographie et est publié dans les cartes hydrogéologiques.

Nous avons représenté (fig. 17) la répartition de la teneur en sel dans la partie nord de la péninsule. Ceci nous a permis de découvrir que la teneur en sel n'est pas homogène et qu'il existe des zones à concentration plus élevée. Ces zones semblent correspondre aux grandes régions de fractures de la péninsule. L'explication la plus logique serait que les fractures mettent en communication plus facilement l'eau de mer sous-jacente et l'eau douce de la lentille, favorisant ainsi la diffusion du sel . Nous verrons plus loin qu'il en résulte une karstification verticale importante qui ne peut qu'augmenter l'importance du phénomène (rétroaction positive).

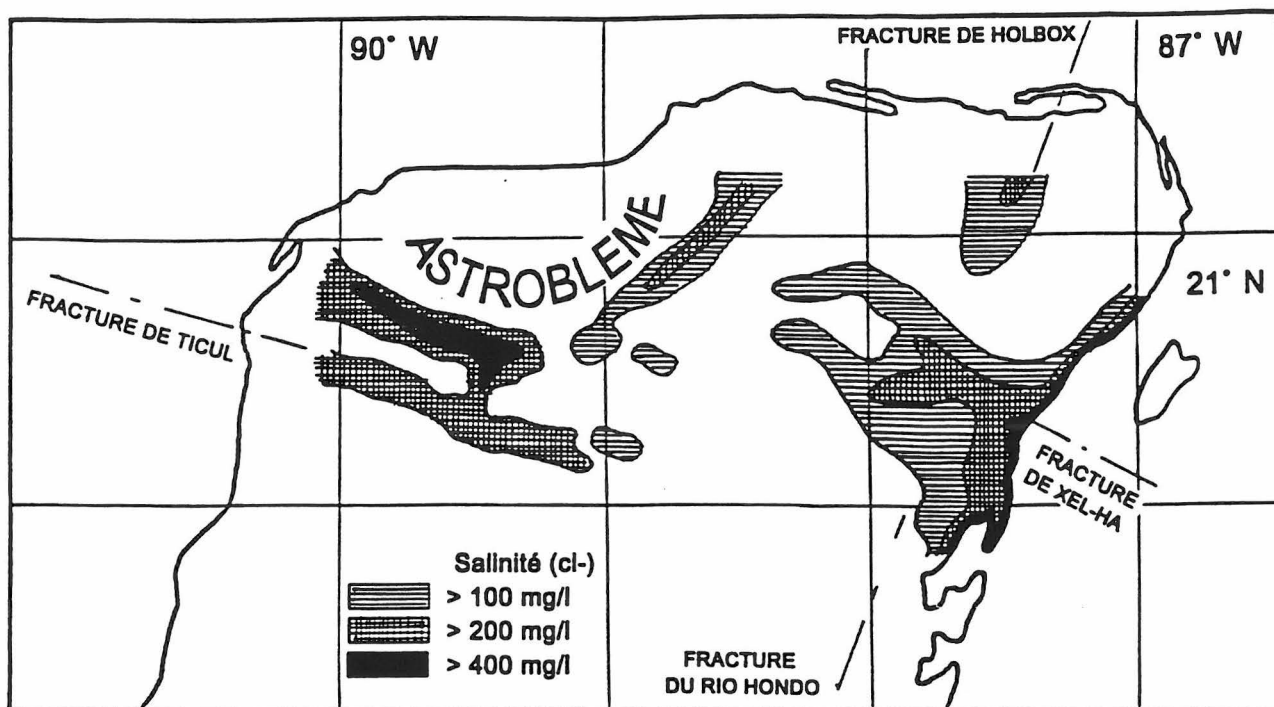


FIG. 17 : ANOMALIES DE LA TENEUR EN ION CHLORURE

On reconnaît la grande fracture correspondant à la sierrita de Ticul, les fractures parallèles de la zone de Xel-Ha, Nohoch, Dos Ojos. Sur la côte est, la fracture de Holbox, ainsi que son prolongement sud, la fracture du rio Hondo sont également marqués. Enfin, autour de Mérida, le réseau de fractures attribuées à l'astroblème donne également une anomalie notable dont la forme n'est toutefois pas circulaire.

Les teneurs en sel sont plus élevées à l'ouest qu'à l'est, ce qui reflète le fait que l'eau de mer en provenance du golfe du Mexique est plus salée que celle qui provient de la mer Caraïbe. Il n'est du reste pas exclu, que le ratio de Ghyben Herzberg, qui donne l'épaisseur de la lentille d'eau douce en fonction de la côte du niveau de base soit plus faible dans la région ouest.

FIG. 17 ANOMALIE DE LA TENEUR EN SEL ET FRACTURATION

V LES RESERVES D'EAU DOUCE

L'étude des variations du niveau de la surface phréatique, permet d'évaluer la porosité du massif calcaire. Cette mesure est indirecte et repose sur un raisonnement original que nous détaillons ici. Nous en déduisons une évaluation de la réserve d'eau douce. Il faut toutefois, au préalable bien comprendre le mécanisme d'écoulement des eaux douces, et salines.

Va Les marées et les saisons

Un des phénomènes mis en évidence par l'expédition Lifou 95 (Grottes de Lifou : rapport de l'expédition de 1995) est l'importance des courants entrant ou sortant d'eau de mer. Ils ont deux origines :

- **Les courants saisonniers.** Pendant la saison sèche, la lentille d'eau s'épuise. Tandis que l'eau douce s'écoule, en profondeur, l'eau de mer remplace l'eau douce. Il en résulte des courants entrant d'eau de mer sensiblement égaux aux courants sortant d'eau douce, puisque la surface de la nappe ne varie pratiquement pas. En saison des pluies, le phénomène s'inverse et l'épaississement de la lentille chasse l'eau de mer en profondeur.

- **Les marées.** L'effet des marées à Lifou est sensible jusqu'à 2 km des côtes. La propagation du « mascaret souterrain » se fait à une vitesse de l'ordre de 1,5 km / heure (Koch). Au Yucatan, on retrouve les effets de la marée jusqu'à cinq km des côtes. Cependant, l'ampleur exacte de ce phénomène nous est inconnue. Sur l'île de Lifou, ils provoquent des flux d'eau de mer alternativement entrant et sortant d'un total de 110 m³/s sur l'ensemble de l'île, soit 0,6 m³/s et par kilomètre de côte. Nous avons pu assister à la violence de ces phénomènes à Cuba (Cuba 91 : rapport d'expédition 1991 Ch. Thomas), où nous avons explorés des grottes alternativement aspirantes et refoulantes aux courants suffisamment violents pour entraîner des pneus de camions (ou des vaches!) à plusieurs dizaines de mètres de l'entrée. La violence de ces phénomènes s'estompent lorsque l'on s'éloigne de la côte et devient insignifiante à une distance de 5 à 7 kilomètres du bord de mer.

56

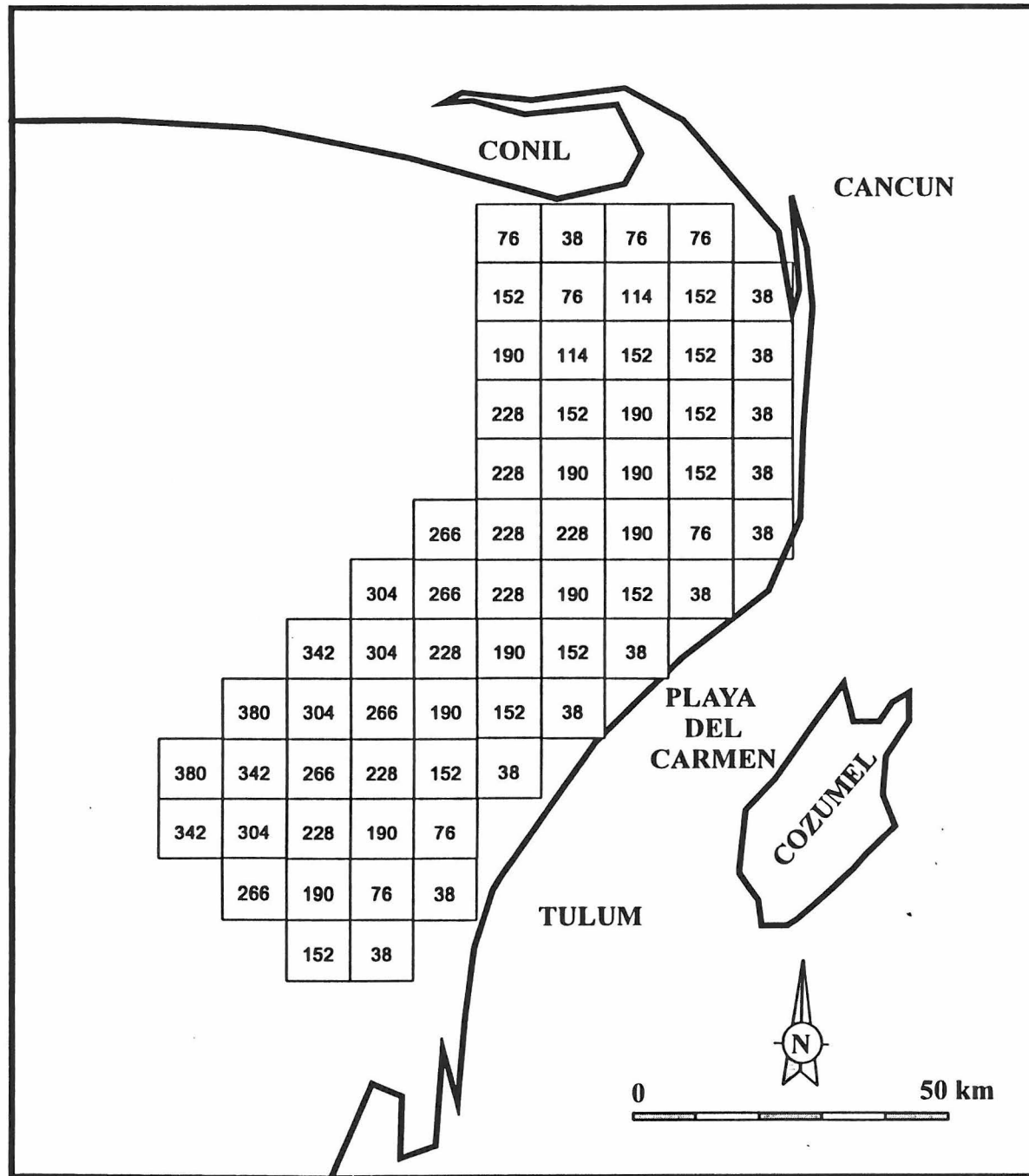


FIGURE 18 : Réserves d'eau douce (millions de m³)

On observe au cours de la journée, et au cours de l'année des variations du niveau de la nappe d'eau. Cette observation est très facile dans les cénotes, et les témoins visuels sont nombreux. L'étude de ces mouvements permet d'estimer les réserves d'eau douce. Notre méthode de calcul repose sur l'estimation des courants saisonniers. Le problème est en effet de mesurer la porosité active des terrains. Dans un karst seule des méthodes indirectes permettent cette évaluation.

Les études que nous avons menées en Nouvelle Calédonie sur l'île de Lifou aboutissaient à une porosité active des terrains de l'ordre de 3,5 %. Dans ces conditions, la réserve d'eau douce était estimée à 1 année de précipitation. (voir rapport Grottes de Lifou 1995). C'est aussi l'estimation donnée par l'Instituto Tecnológico de MERIDA (C.R de réunion de février 1995) qui estime la réserve d'eau douce de la péninsule à 50 milliards de m³, soit 50 km. Toutefois, nous ne connaissons pas leur méthode d'évaluation.

Vb Estimation de la réserve d'eau douce

Les courants saisonniers dans une région comme l'Est du Yucatan peuvent être évalués en fonction de la tranche infiltrée mensuelle. Si l'on prend la moyenne entre les stations de Cozumel et de Valadolid comme représentative de l'Est du Yucatan, la quantité infiltrée mensuellement au cours de l'année est donnée dans le tableau 3, pour une surface de 6 500 km². L'eau douce s'écoule vers la mer avec un débit régulier. (gradient hydraulique quasi constant) tout au long de l'année

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Infiltration mm	10	8	8	2	0	8	62	25	38	90	72	9	332
Infiltration MM3	65	52	52	13	0	52	403	163	247	586	469	58	2160
Débit exurg.	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	2160
Déficit lentille	115	128	128	167	180	128	223	17	67	406	289	122	0
Déficit cumulé	115	243	371	538	718	846	623	640	573	167	122	0	

Tableau 3 : Evaluation de l'ampleur des fluctuations de la réserve d'eau douce

La lentille d'eau du Yucatan Est voit donc son volume varier de (846 + 122) soit 968 millions de mètres cube au cours de l'année. Cette variation se traduit par une fluctuation du niveau de la surface de la nappe d'environ 20 cm. Ceci s'accompagne donc d'un approfondissement de l'halocline de 40 fois cette valeur, selon la théorie de Ghyben Herzberg., soit un épaissement de la lentille d'eau douce d'environ 8 m. Pour stocker 968 millions de m³ dans une tranche de roche de 8 m d'épaisseur et de 6 500 km², il faut que la porosité active de cette roche soit de 1,9 %.

Si l'on fait l'hypothèse que la porosité active de l'ensemble de la face est du Yucatan est constante et égale à cette valeur, alors on peut, connaissant la forme de la surface de la lentille et donc, son épaisseur théorique en tout point, et par conséquent son volume total, calculer la réserve d'eau douce ainsi stockée. Nous avons, pour mener ce calcul, découpé cette région en carré de 10 km de côté. La cote du niveau de base est une cote moyenne, l'épaisseur de la lentille est estimée à 40 fois cette cote, et la réserve d'eau douce disponible 1,9% de ce

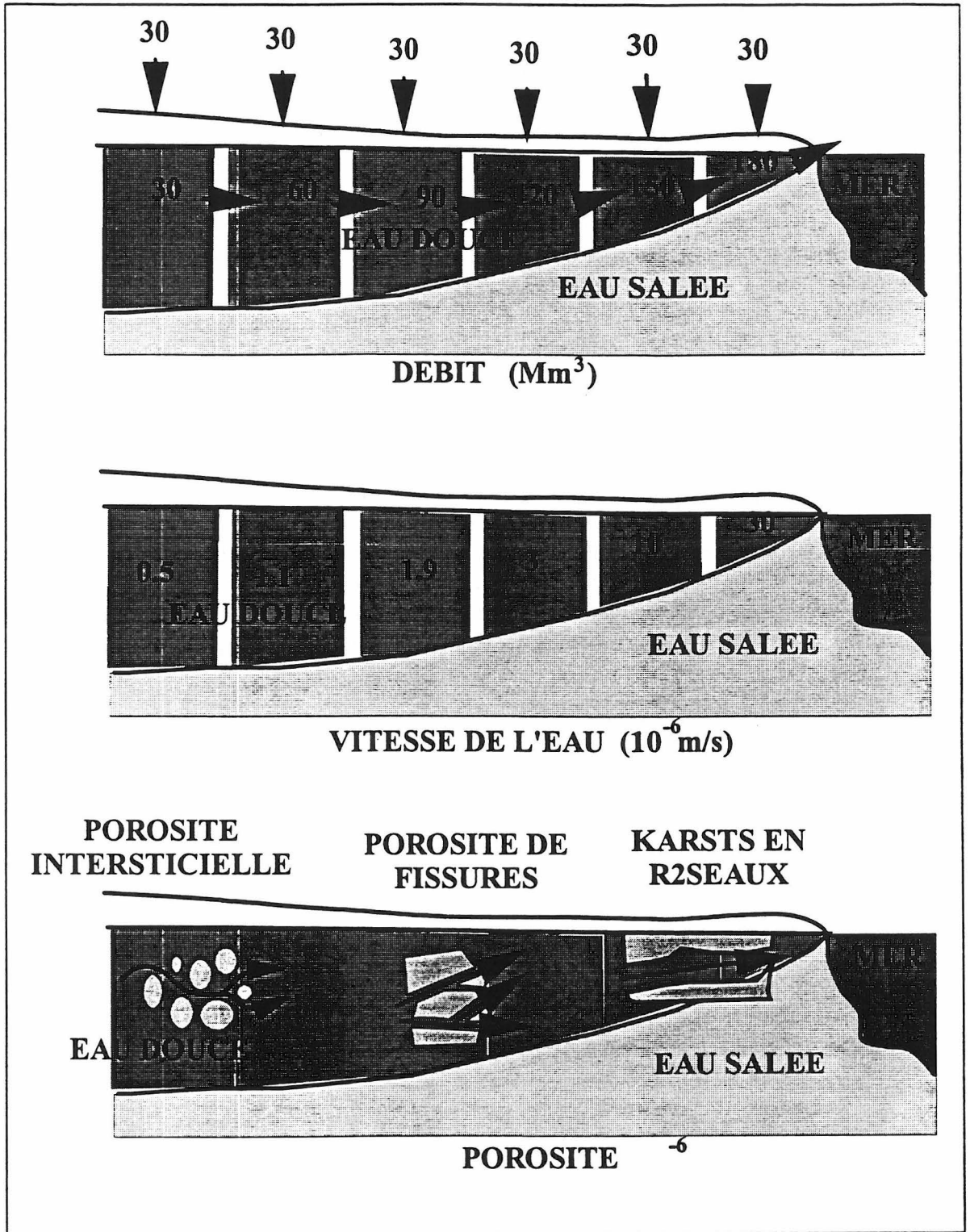


FIG 19 : DEBITS ET PERMEABILITE

volume. La figure 18 donne les résultats de ce calcul. La formule suivante est appliquée, carré par carré.

$$R(i) = 1,9 \times 40 \times h(i) \quad \text{où } i \text{ est le numéro du carré}$$

$R(i)$ la réserve d'eau douce du carré i en millions de m^3
 $h(i)$ l'altitude moyenne de la surface du niveau de base

FIG. 18 PLAN DES RESERVES D'EAU DOUCE

La réserve d'eau douce de l'Est du Yucatan s'établit donc à 11,5 milliards de m^3 , soit environ 18 mois de précipitations soit aussi 7 ans d'infiltrations.

Ce calcul est bien évidemment très sensible à plusieurs paramètres que seule l'étude de terrain permet d'affiner. Le coefficient d'infiltration mois après mois, l'oscillation du niveau de la nappe entre minimum et maximum, la limite du bassin versant et donc la connaissance géométrique précise de la surface de la nappe, l'homogénéité en grand de la porosité active du massif calcaire sont les principales sources d'erreurs dans ce calcul.

Une approche similaire sur la **partie Ouest du Yucatan** en appliquant les calculs de Turc et les paramètres de la station de Mérida pour estimer la tranche infiltrée conduit à **une réserve d'eau douce de 60 milliards de m^3** . Rappelons que l'estimation pour l'ensemble de la péninsule faite par la DGG est de 55 milliards de m^3 .

Une autre conséquence de ce calcul est la mise en évidence de l'importance des mouvements saisonniers d'eau de mer. En effet, dans le cas de la région Yucatan Est, le gonflement de la lentille d'eau douce se fait en chassant un volume égal d'eau de mer, et vice versa lors du tarissement de la lentille. Ce sont donc des volumes d'eau de mer de l'ordre du milliard de m^3 qui vont et viennent en profondeur. Pendant l'étiage, les flux d'eau de mer sont entrant, et extrêmement réguliers du fait de la régularité des débits d'eau douce qu'ils compensent. En période d'alimentation, les flux sont plus irréguliers et ponctuellement beaucoup plus importants.

VcEstimation des débits et de la perméabilité

Connaissant la tranche infiltrée, et la direction des écoulements (perpendiculaires au ligne de niveau de la surface piézométrique), on peut déterminer quelle est la carte des écoulements de la région. Nous donnons la carte de ces écoulements en indiquant la quantité qui transite dans chaque carré de 10 km par 10 km de la façade caraïbe. La figure 19 montre le principe de ce calcul. Les écoulements proviennent des carrés voisins amont et de la tranche infiltrée du carré, et se déversent dans le ou les carrés adjacents aval. Les débits augmentent en se dirigeant vers l'aval.

FIG. 19 CALCUL DES DEBITS ET PERMEABILITE

Le modèle théorique employé ici est celui de la percolation en milieu poreux (formule de Darcy), simplifié par deux hypothèses : considérer une perméabilité isotrope et homogène, et négliger les effets de la composante verticale des écoulements. Le calcul s'effectue en bidimensionnel, en utilisant la méthode des différences finies.

09

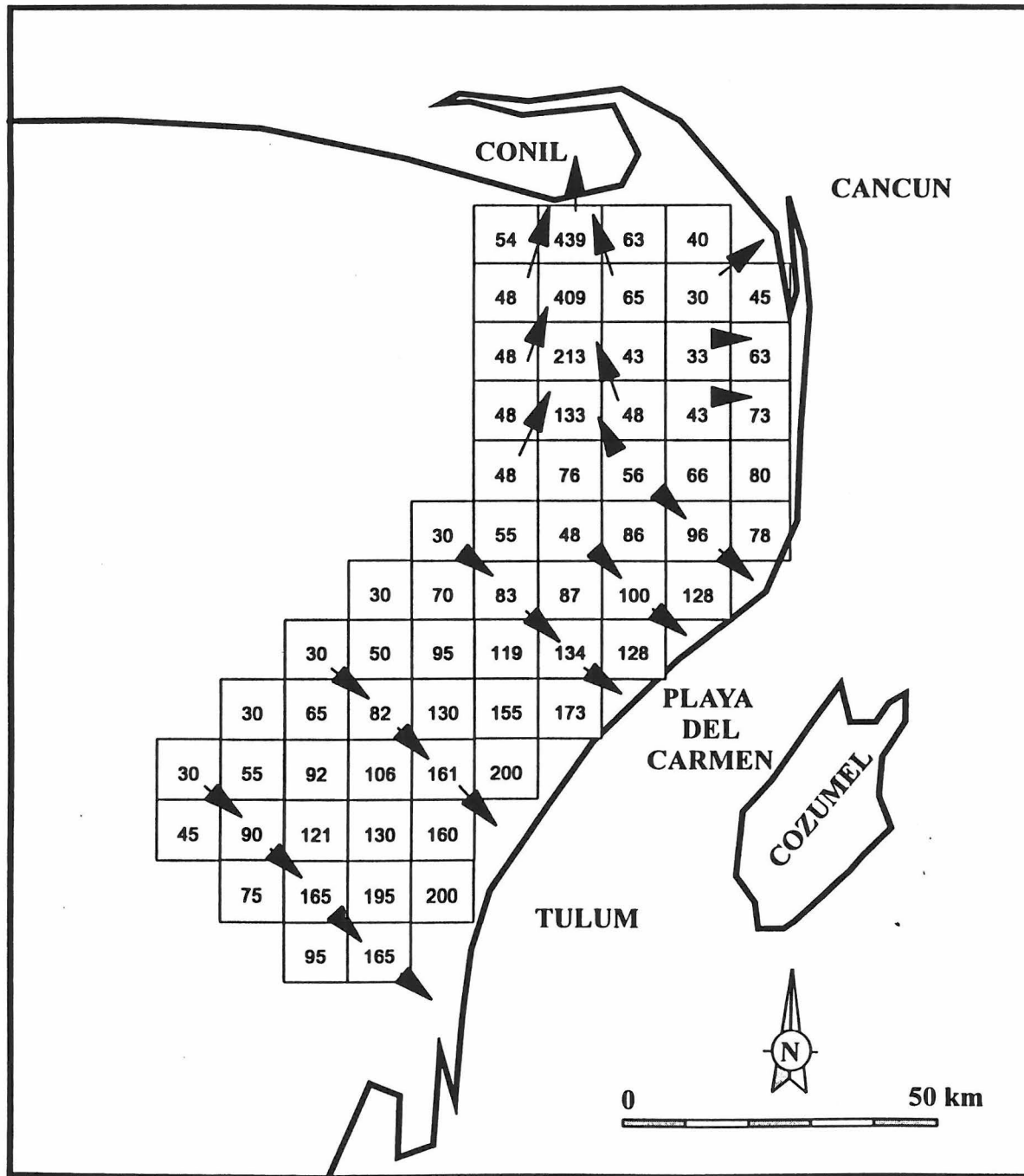


FIGURE 20 : DEBIT D'EAU DOUCE
(millions de m³/ an)

Ce calcul s'effectue carré par carré classés par $h(i)$ décroissant. La première étape consiste à déterminer les carrés adjacents (ayant un coté commun) amont, c'est à dire ceux dont la valeur de h est strictement supérieure à $h(i)$ (les numéros sont notés h, g, \dots), et les carrés aval (ceux dont la valeur de h est strictement inférieure à $h(i)$) (les numéros de ces carrés sont notés j, k, \dots).

La deuxième étape consiste à calculer le flux total reçu par le carré (noté $Q(i)$) :

$$Q(i) = T(i) + q(h,i) + q(g,i) + \dots \text{ où } \begin{array}{l} T(i) \text{ est la tranche infiltrée du carré } i \\ q(h,i) \text{ est le débit transféré du carré} \\ \text{adjacent amont } g \text{ au carré } i \end{array}$$

La troisième étape est le calcul des flux transférés vers les carrés adjacents aval $q(i,j), q(i,k), \dots$. Ce calcul consiste à répartir le flux total $Q(i)$ au prorata des gradients d'altitude de la nappe.

$$q(i,j) = Q(i) \times (h(i) - h(j)) / ((h(i) - h(j)) + (h(i) - (h(k)) + \dots))$$

La figure 20 montre le résultat de ce calcul, et la carte des valeurs de $Q(i)$ pour le Yucatan est.

Les débits constatés au niveau de la côte sont en accord avec les observations que nous avons pratiquées dans les exurgences. Ainsi, au nord, les eaux se concentrent dans la lagune de Conil avec un débit de 439 millions de m^3 /an, soit 14 m^3 /s d'eau douce. Cette valeur est à comparer au débit de 40 m^3 /s d'eau saumâtre, polluée par 135 % d'ajout d'eau de mer que nous avons mesuré, qui correspond à un débit d'eau douce de 17 m^3 /s (vs 14 m^3 /s dans notre calcul).

FIG. 20 : CARTE DES DEBITS

De même, au Sud de Punta Brava, (située 20 km au Nord de Playa del Carmen), le débit par kilomètre de côte, d'eau douce est de 0,38 m^3 /s. L'exurgence de Chuchuen qui restitue 5 m^3 /s d'eau douce concentrerait donc les eaux collectées sur une bande de plus de 10 km de large. Casa Cenote, et Xel-Ha concentreraient les eaux venant de bandes de terrains de 5 km de large. Les réseaux souterrains de drainage sont connus (respectivement Nohoch et Dos Ojos) et ont été explorés jusqu'à 10 km du rivage.

Ce modèle montre qu'au nord de Punta Brava, le débit par kilomètre de côte, est plus faible, et ne dépasserait pas 0,2 m^3 /s.

Après avoir calculé la répartition des débits absolus dans la région, on peut évaluer le **débit surfacique**. En effet, l'eau s'écoule horizontalement dans l'épaisseur de la lentille d'eau douce. Prenons l'exemple d'une zone de 10 km de coté située à 25 km de la côte est, dans la partie sud. L'altitude de la nappe est de 2,5 m. L'épaisseur de la lentille est donc de 100 m. Le débit d'eau donné par le calcul et qui va transiter à travers cette zone est de 119 millions de m^3 par an. L'écoulement se fait à 45° par rapport au coté du carré. Cette eau va donc s'écouler par une surface verticale de 14 km de longueur ($10 \times \cos(45)$) pour cent m de hauteur (épaisseur de la nappe), soit 1400 000 m^2 . Ce qui représente un **débit surfacique** de $(119\ 000\ 000 / (1400\ 000 \times 365 \times 24 \times 3600))$ **2,8 cm^3 par seconde et par mètre carré (noté Q)**.

Nous sommes dans le cadre d'écoulement en milieu quasiporeux et la formule de Darcy peut s'appliquer. Si nous comparons ce chiffre avec la charge hydraulique (en moyenne

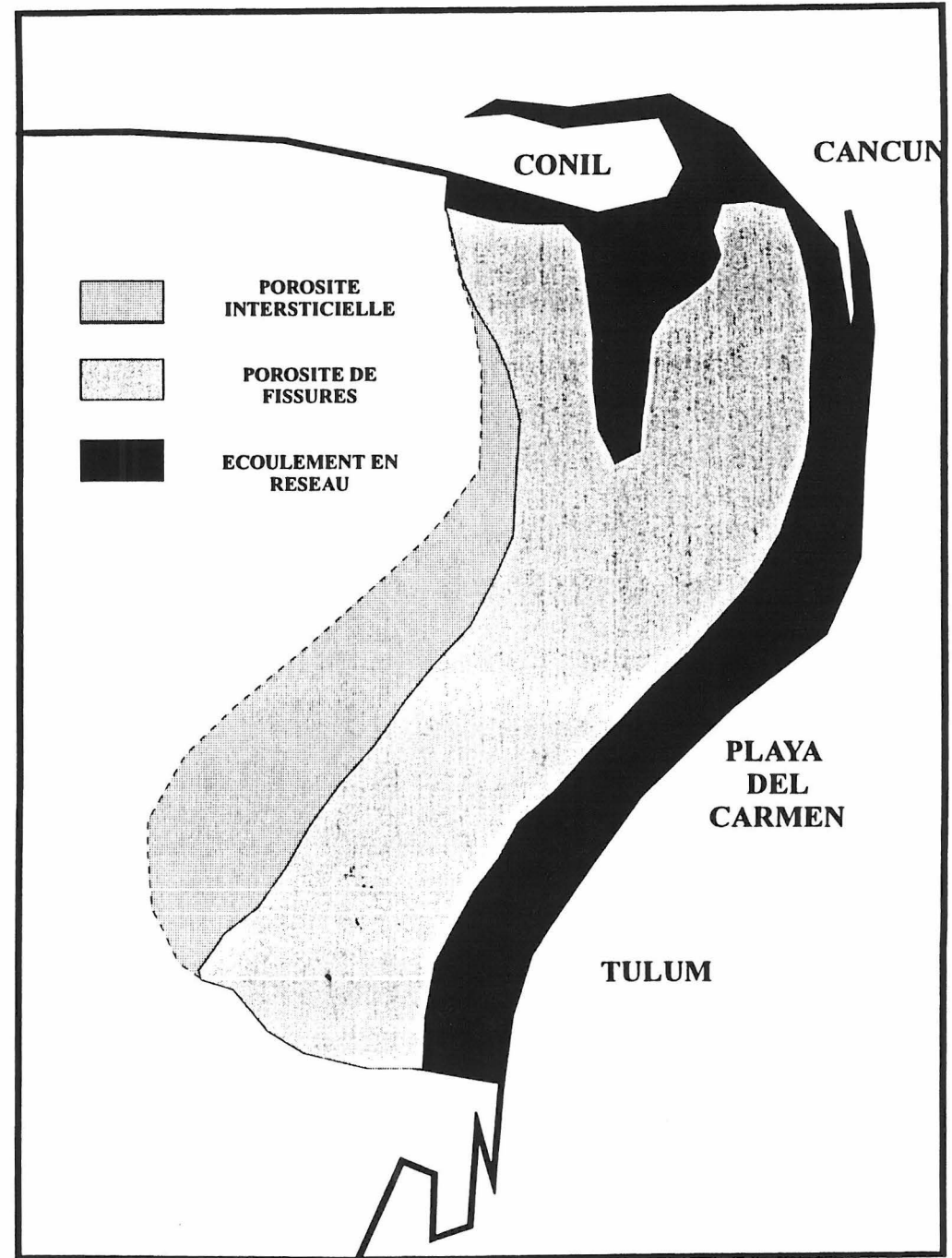
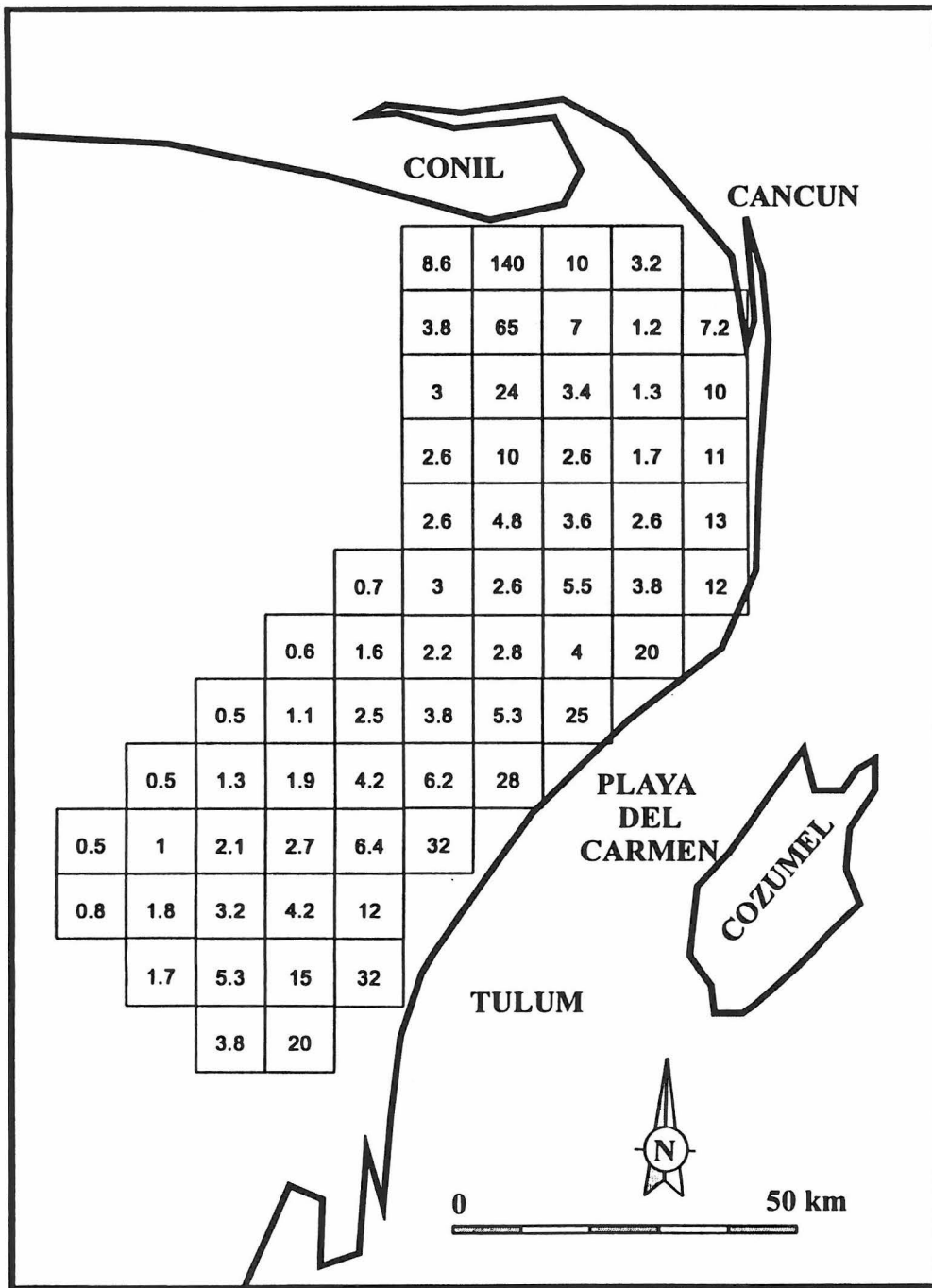


FIGURE 20 bis : PERMEABILITE (cm / s) ET MODE D'ECOULEMENT

0,1 m de hauteur d'eau par kilomètre)(notée dH) nous pouvons calculer la perméabilité moyenne du massif à cet endroit, (soit $P = Q/dH$). **Le calcul donne dans ce cas, 2,8 cm/s.** Cette valeur est comparable à celle de terrains composés de graviers ou de sables grossiers, et non pas d'une roche massive en place. Cela signifie que les écoulements sont de nature karstique à cette distance de la côte, très probablement sous forme de réseau de fractures faiblement ouvertes.

La même analyse réalisée à 50 km de la côte donne des chiffres complètement différents et la perméabilité n'est plus que de 0,6 cm/s. Nous ne sommes plus dans le cas d'écoulements karstiques et même si des formes de dissolution importantes existent elles ne sont normalement pas organisées en réseaux de rivières souterraines.

A l'opposé, le même calcul réalisé à 10 km de la côte donne une valeur théorique de la perméabilité de 30 cm/s. Nous entrons là dans le cadre de perméabilité karstique avec des conduits pénétrables et des réseaux de rivières souterraines organisées.

La figure 20 donne les valeurs de la perméabilité des différentes zones de cette région, et par conséquent la nature d'écoulement que l'on y trouve.

FIG. 20 bis PERMEABILITE

Vd Age de la réserve d'eau

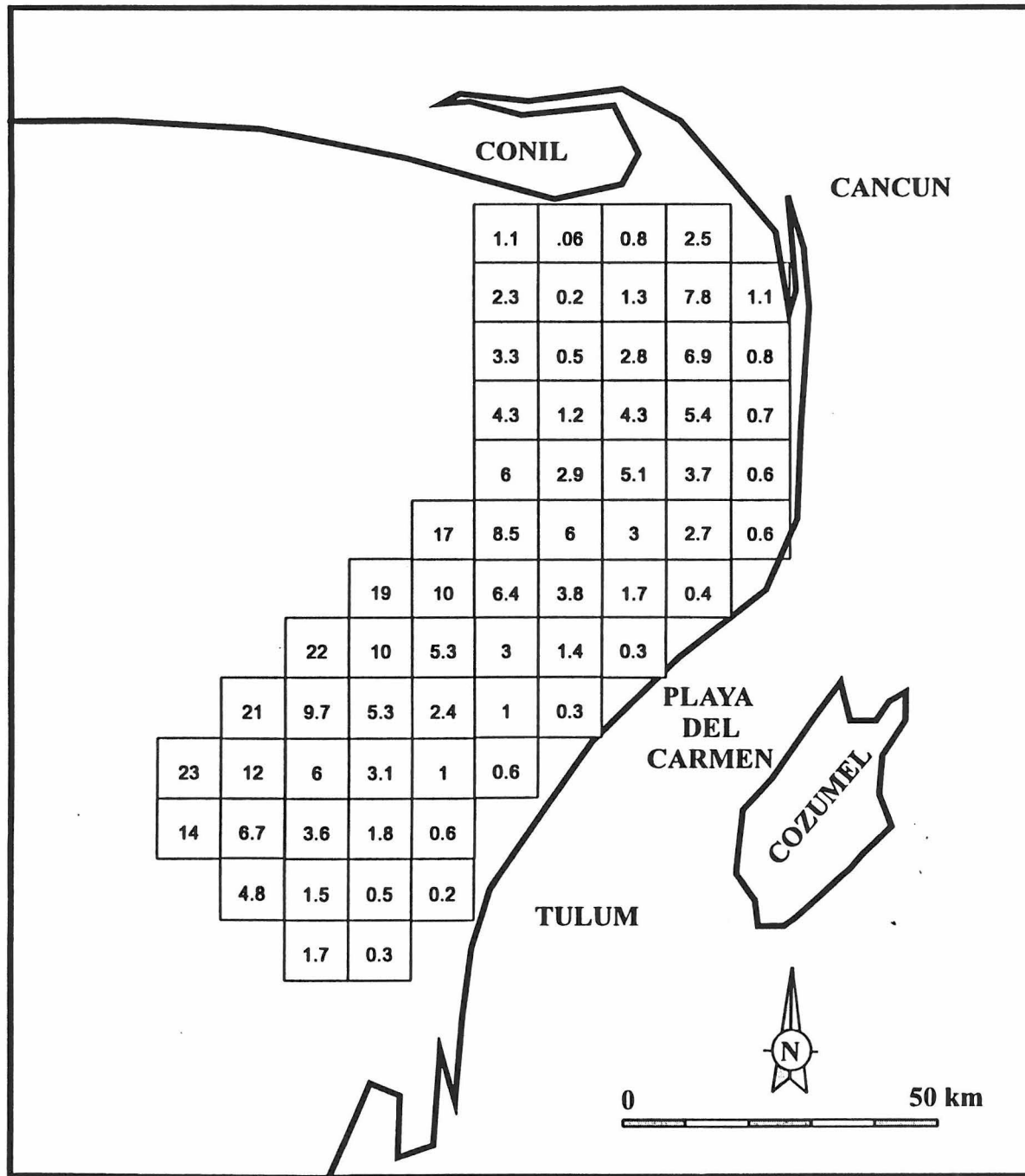
Contrairement à l'eau douce qui s'écoule des terres vers la mer, l'eau de mer est animée par des mouvements d'oscillation très importants alternativement entrant et sortant ainsi que le montre le chapitre Vb ci-dessus. Elle est donc renouvelée dans les terrains situés à proximité de la côte. En revanche, loin à l'intérieur des terres, elle présente des temps de séjours extrêmement longs, qui peuvent certainement se compter en milliers d'années. Son renouvellement est alors probablement lié aux grandes variations du niveau de la mer. Et il n'est pas exclu de penser que **l'eau de mer au centre de la péninsule a été stockée au cours de la remontée de la mer qui a suivi la dernière glaciation.**

L'eau douce subit un sort différent. En effet, elle est alimentée de façon constante par les pluies et s'écoule de vers la mer. Son temps de séjour est donc notablement plus court que celui de l'eau de mer. Connaissant le débit surfacique, on peut déduire la vitesse réelle d'écoulement de l'eau en divisant cette valeur par la porosité active que nous avons évaluée à 1,9 %. On peut alors calculer le temps nécessaire à l'eau d'infiltration pour rejoindre la côte, une fois déterminé le champ des vitesses de l'eau. Ainsi, aux limites du bassin versant, à une distance d'environ 50 km de la côte, l'eau douce va prendre environ 15 à 20 ans pour regagner la côte (fig.21). Sur la façade ouest ces temps sont encore plus importants. Le temps moyen de séjour au centre de la péninsule est donc probablement de quelques décennies.

FIG. 21: CARTE DES TEMPS DE SEJOUR

VI KARSTIFICATION PROFONDE AU YUCATAN

69



**FIGURE 21 : DUREE DE L'ECOULEMENT
JUSQU'A LA MER (mois)**

Le mélange d'eau de mer et d'eau douce est agressif. Il en résulte une érosion chimique importante. Les mesures que nous avons effectuées permettent d'approcher la valeur de cette ablation chimique. La localisation de cette érosion est un problème beaucoup plus délicat. L'exploration apporte quelques réponses préliminaires. L'étude morphologique des cavités doit se faire en plongée. Nous opposons ici la corrosion spongiforme du centre du Yucatan, au creusement en réseau visibles sur les marges côtières. L'halocline est le siège de phénomènes de corrosion importants, qui semblent s'estomper en s'éloignant de la mer. Nous avons exploré des paléohaloclines, reflets des variations eustatiques. Leur étude morphologique, associée à celle des concrétions qu'ils abritent constituent un préliminaire important à toute tentative de datation absolue des cavités du Yucatan.

VI a Influence de l'eau de mer sur la dissolution chimique

L'eau de mer, saturée en carbonate a une dureté de 2700 mg/l de CaCO₃. L'eau douce, à 26 ° peut dissoudre environ 200 mg/l de CaCO₃. L'expérience montre que le mélange d'une eau douce et d'une eau salée toutes deux saturées est agressive et peut dissoudre encore plus de carbonate. La figure 22 montre pour le Yucatan la courbe de dissolution en fonction de la teneur en Cl⁻.

FIG. 22 : COURBE DURETE / CHLORURE

On constate que pour des salinités supérieure à 1 000 mg/l d'ion chlorure, la surdissolution atteint 800 g/l. Connaître les profils de salinités dans les cénotes ainsi que la répartition des flux d'eau permettrait de mieux localiser la zonalité verticale du creusement karstique. C'est une des questions sans réponse actuellement.

Le plan ci-dessous montre le carbonate dissous mesuré dans les cénotes de la partie nord du Yucatan. La dissolution est beaucoup plus efficace dans certaines zones, qui correspondent aux zones à plus forte salinité.

FIG. 23 : CARTE CARBONATE DISSOUS

VI b L'ablation karstique

L'approche actuelle consiste à considérer les échantillons d'eau prélevée dans les cénotes comme représentatifs de la lentille d'eau douce du Yucatan, et à calculer l'ablation chimique en multipliant cette valeur par la quantité d'eau infiltrée.

M.A Heraud Pina propose des valeurs comprises entre 17,5 et 63 m³/km² et par an tout en indiquant comme valeur la plus probable 30 m³/km² et par an. Selon Corbel (Bulletin de l'association des géographes français n°282 1958), l'ablation karstique du Yucatan est estimée aux environs de 19 m³/km² et par an, résultat obtenu en employant la même méthode.

Il faut souligner que ces approches ne sont pas des approches conventionnelles. Les résultats obtenus dans les karsts de la région des caraïbes donnent des dissolutions plus fortes, de l'ordre de 60 m³/km² et par an.

L'approche classique consiste à mesurer ces valeurs aux exurgences. C'est une mesure beaucoup plus directe. Mais elle n'a jamais été employée au Yucatan, les exurgences n'ayant malheureusement pas fait l'objet d'études systématiques. Leur salinité, et leur teneur

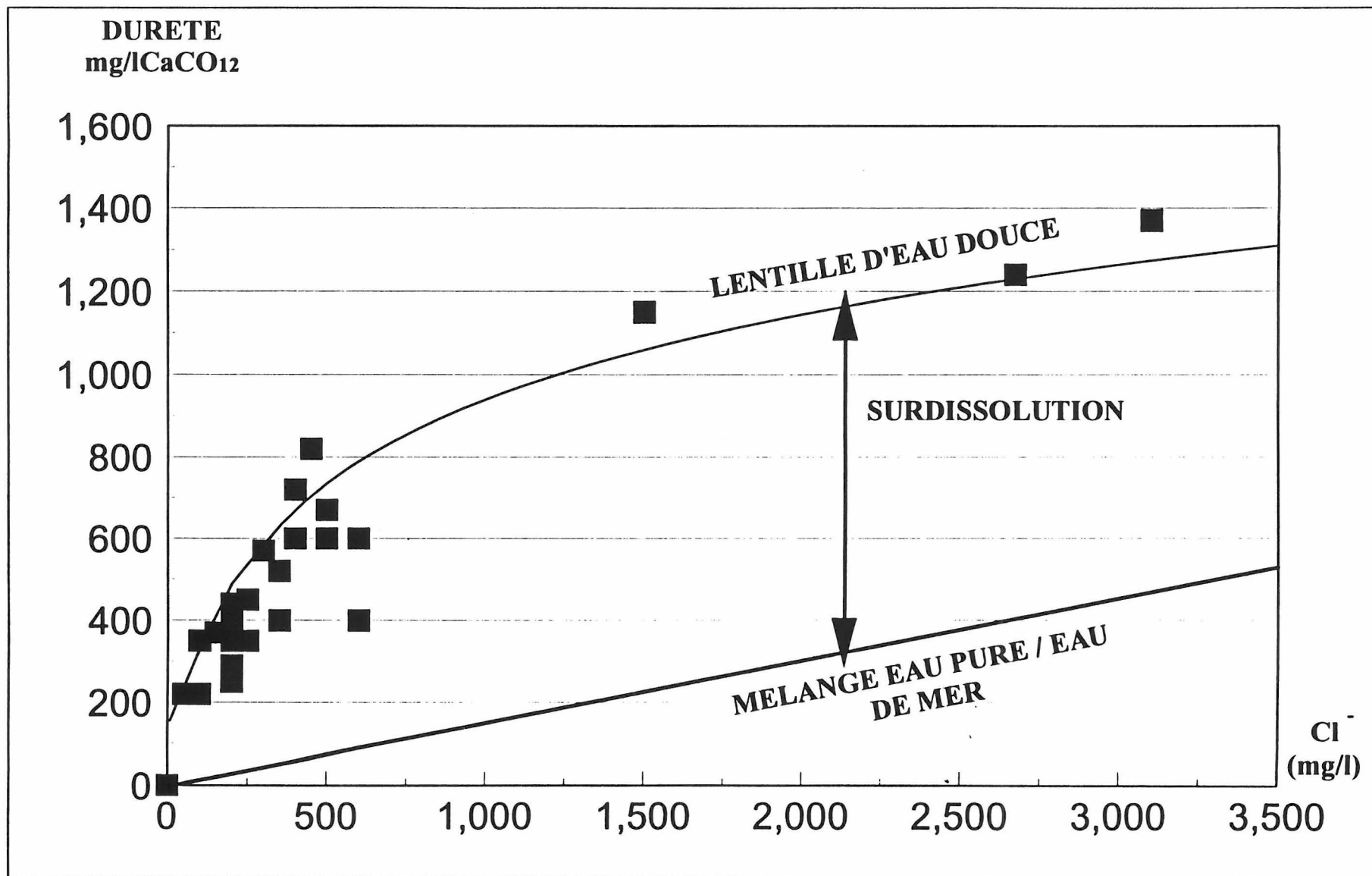


FIG. 22 COURBE DURETE / CL DANS LES ANALYSES D'EAU DES CENOTES

en carbonate est toutefois plus importante que celle des cenotes situés en pleine terre. Les cenotes situés en bordure de mer sont probablement plus représentatifs des eaux des exurgences. Les cenotes d'Akumal (962 mg/l pour 1704 de Cl-), de Rancho Eric ou Yaxchen (1303 mg/l pour 2698 de Cl-) et de Chuchuen (1350 mg/l pour 3200 de Cl-) permettent de faire des calculs au moins pour le versant est. L'exurgence de Xel-Ha a montré des duretés respectivement de 720 et 970 mg/l pour les bras sud et nord tandis qu'un cenote proche de l'exurgence donnait des valeurs de 1394 mg/l pour une teneur en Cl- de 3088 mg/l.

Ces calculs se font en retranchant la part de carbonates amenées par l'eau salée dans le mélange. Ainsi, l'eau d'Akumal contient 1704 mg/l de Cl- ce qui correspond à un apport de $(2720 \times 1704 / 19000) = 243$ mg/l de CaCO₃ d'origine marine. Le reste, c'est à dire 718 mg/l provient de la dissolution du massif du Yucatan. On trouve pour les cenotes cités ci-dessus les valeurs suivantes : Akumal : 718, Rancho Eric Yaxchen : 917, Chuchuen : 892, Xel-Ha : 951.

Si l'on retient une valeur de 900 mg / l d'eau douce écoulée, l'ablation karstique de la zone Est du Yucatan calculée en estimant une pluviométrie de 1200 mm d'eau par an et un coefficient d'infiltration de 22,4 %, s'élève à : $1200 \times 0,224 \times 0,9 = 242$ g/m²

Si l'on prend une densité de 2,7 pour les carbonates, **l'ablation karstique est de 90 m³ par kilomètre carré et par an.** soit trois fois les valeurs précédemment estimées. (Heraud Pina, Corbel)

Il est naturellement très tentant de rapprocher cette valeur de la porosité active de la péninsule, et de la réserve d'eau douce qu'elle contient et qui s'élève à environ 3 millions de m³/km². Il aurait alors suffi de 30 000 ans pour creuser ces vides. Or l'histoire karstique du Yucatan est beaucoup plus ancienne. Cela signifie donc que l'ablation karstique s'exerce pour l'essentiel à la surface. Elle représenterait alors une érosion de 9 mètres par 100 000 ans

Une petite idée de l'intensité de l'érosion de surface est donnée par les reliefs résiduels que l'on rencontre. Ces reliefs sont très peu marqués dans la partie nord de la péninsule, où par ailleurs l'altitude est très faible. On remarquera que ce trait est commun aux zones basses de Cuba et de la Floride. Cela semblerait indiquer que ces terres ont été assez peu de temps émergées et que par conséquent, elles n'auraient connu les effets de la karstification que pendant quelques centaines de milliers d'années au plus.

Lorsque l'on se déplace vers le Sud et le centre de la péninsule, on rencontre des reliefs plus élevés, les buttes karstiques sont beaucoup plus marquées. Des reliefs de 30 mètres de hauteur sont courants et laissent supposer que l'ablation de surface a atteint plusieurs dizaines de mètres. Si l'intensité de l'ablation karstique s'est maintenue constante au cours des temps, nous parlons là de phénomènes s'étendant sur plusieurs millions d'années, ce qui correspond assez bien à l'âge tertiaire de ces formations.

Ces approches quantitatives sont naturellement sujettes à caution.

VI c La karstification au niveau de l'halocline et la karstification spongiforme

Le problème reste de savoir où le karst souterrain se creuse. Il est probable que selon la zone, la dissolution s'effectue différemment du fait des différences dans l'organisation des écoulements.

A l'intérieur des terres, la forme la plus fréquente est celle des grandes salles en cloche. Elle semble refléter une karstification non organisée en réseau, dont on peut penser

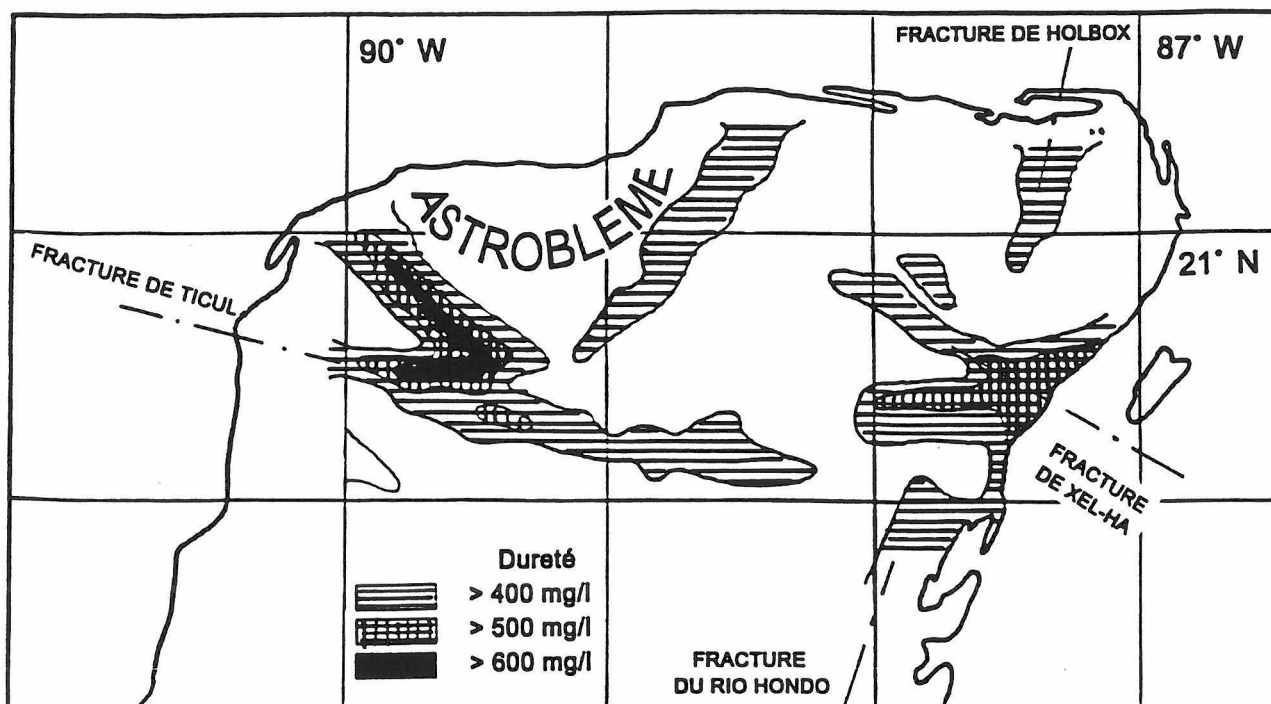


FIG. 23 : ANOMALIES DE LA TENEUR EN CARBONATE

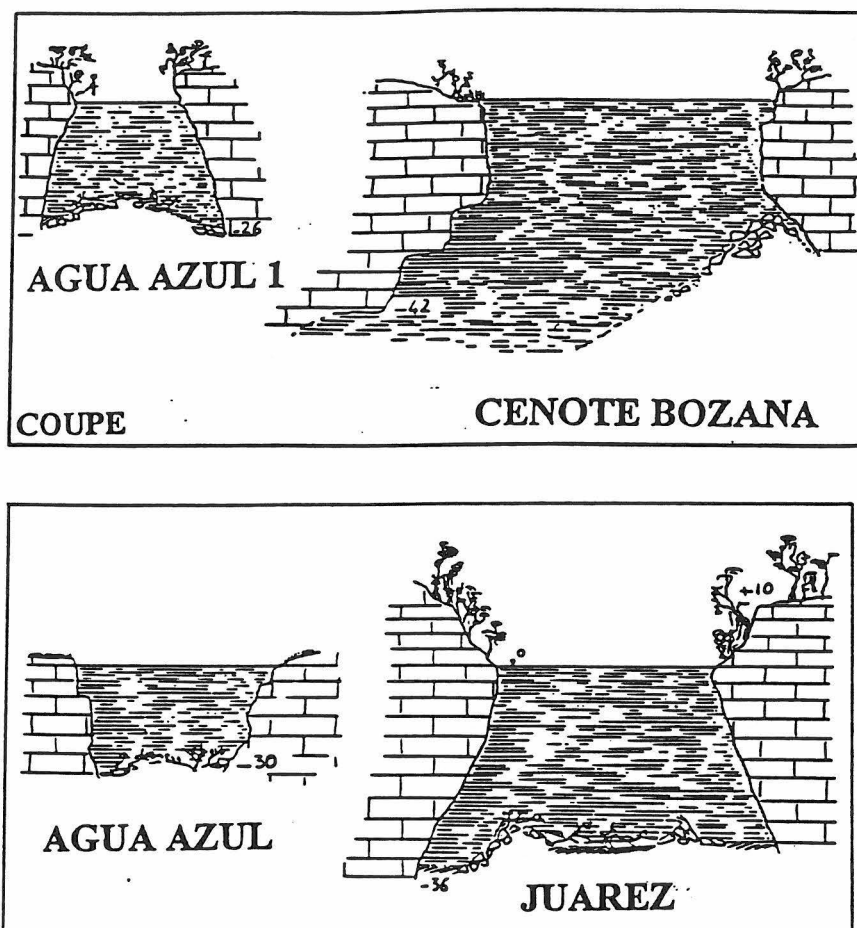


FIG. 24 : EXEMPLE DE KARSTIFICATION SPONGIFORME

qu'elle est de **nature spongiforme**. Les plus gros « trous de l'éponge » crevant la surface par des phénomènes d'effondrements de leur voûte (fig.24).

FIG 24 KARSTIFICATION SPONGIFORME

Au voisinage de la côte, les phénomènes chimiques de dissolution sont particulièrement intenses au **niveau de l'halocline**, et les circulations d'eau qui s'y produisent entraînent une morphologie de type réseau (fig. 25). Les rivières de Quintana Roo présentent les traits suivants :

1. Elles sont creusées au niveau de l'halocline.

2. Elles sont concrétionnées. Cette karstification est suffisamment ancienne pour que les variations du niveau de la mer aient permis qu'elles soient exondées. Pendant que le niveau de la mer était plus bas, un intense concrétionnement s'est mis en place. Les mesures isotopiques sur quelques concrétions ont donné des âges ne dépassant pas 100 000 ans. Un des objectifs de notre prochaine expédition est de procéder à quelques prélèvements en vue de datations absolues.

3. La topographie générale est très labyrinthique. Elle est cependant guidée par trois facteurs : des fractures ENE WSW, des drains d'écoulement perpendiculaires au littoral, et des élargissements par corrosion donnant de grandes salles surbaissées. Ces facteurs donnent des morphologies de galerie assez typiques.

4. Ces rivières sont des phénomènes côtiers Leurs cours ont été remontés jusqu'à 10 km à l'intérieur des terres. De ce point de vue, ces cavités sont à rapprocher des formes que nous avons rencontrées à Cuba et qui étaient liées à l'existence de lagunes de bord de côte. Sur l'île de Lifou, nous avons exploré la grotte de Hnanawae sur 10km, et la grotte de Fétra-Hé sur 3,5 km. Ces cavités sont totalement exondées du fait de la remontée de l'île. Dans la grotte de Hnanawae, un collecteur a été atteint à la fin de notre expédition, et exploré sur 500 m...(arrêt par faute de temps) Il s'agit d'une galerie de 15 m de large pour 5m de haut. La morphologie et la localisation de ces grottes rappelle étonnamment les cavités noyées du Quintana Roo.

5 Ces rivières interceptent parfois des puits verticaux descendants.

C'est le cas de Nohoch où un puits a été plongé jusqu'à 95 mètres de profondeur. Une formation comparable existe à Dàs Ojos. Un réseau de galerie a été découvert à la profondeur de 100 m dans chacune de ces cavités . Leur exploration reste à entreprendre.

6 Elles semblent associées à des formes côtières de caletas

Les caletas sont des petites baies .Parfois de courtes rivières de surface, comme Xel-Ha, ou encore Xpu-Ha sont des exutoires évidents. Ce sont des formes courantes des mer caraïbes et nous en avons explorées plusieurs à Cuba.

FIG. 25 RESEAUX DU YUCATAN EST

7 Au-dessus de l'halocline, on trouve une zone saturée, où la calcite se dépose. La surface des cénotes est très fréquemment couverte de calcite flottante, et les concrétions que l'on trouve dans ces grands réseaux n'ont pas subi en règle générale de corrosion. On rencontre parfois en plongée des concrétions corrodées. Ces concrétions ont probablement été corrodées à une époque où le niveau de l'halocline était plus élevé . Du reste on observe fréquemment au voisinage de ces concrétions corrodées, d'autres concrétions non corrodées, et qui se sont donc formées lors d'une phase d'émersion postérieure.

07

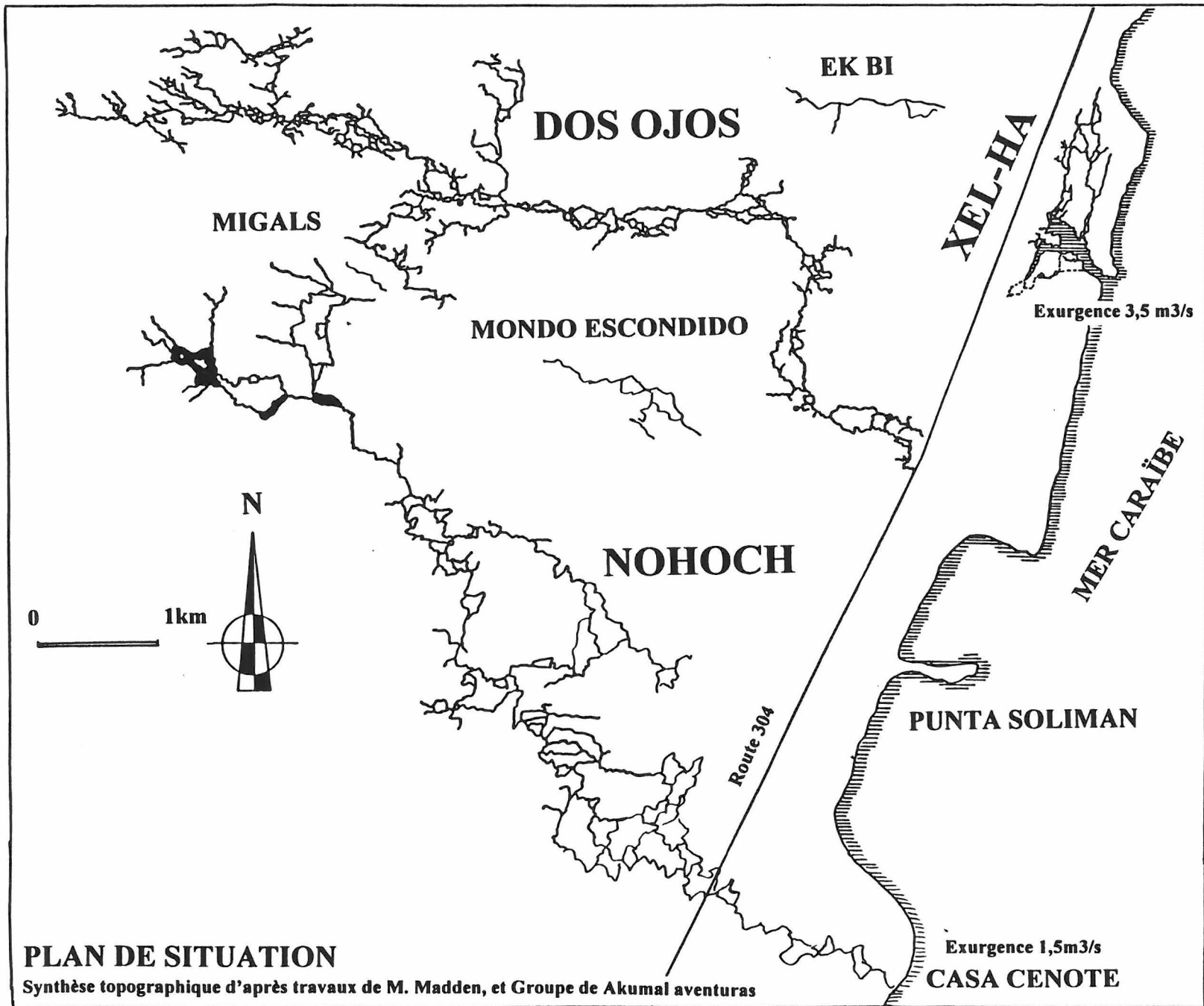


FIG. 25 : EXEMPLE DE KARSTS EN RESEAUX : NOHOCH, DOS OJOS

Sur le plan chimique, nous pensons que l'existence de la zone saturée s'explique par la chaîne de réactions suivantes. Le contact eau douce eau salée provoque un mélange d'eau corrosif. La dissolution des carbonates entraîne la mise en solution de quantité importante d'ions hydrocarbonate et par équilibre chimique de CO_2 . Les mouvements de diffusion chimique entraînent ces ions vers la surface. Les mélanges d'eaux saumâtres qui en résultent contribuent à maintenir l'agressivité de l'eau et par conséquent la dissolution des carbonates, et l'augmentation correspondante de la pCO_2 . En arrivant près de la surface, au contact de l'air, le CO_2 se dégage, et les équilibres chimiques se déplacent brusquement dans le sens de la cristallisation.

Au niveau de l'halocline, une autre particularité chimique est la présence fréquente d'hydrogène sulfuré. L'origine de ce gaz en solution à cet endroit précis nous est inconnue. Elle révèle des conditions chimiques réductrices, très opposées à celles qui caractérisent l'eau douce, riche en oxygène dissous. L'intervention de bactéries spécifiques a été évoquée par certains auteurs.

Vid Les variations du niveau de la mer Avec les glaciations, le niveau de la mer a considérablement varié. Quelques datations (A. M. Heraud Pina - Y. Quinif 1996) ont été réalisées sur des concrétions prélevées dans la grotte de San Ignacio située 40 km au sud de Mérida dans l'état du Yucatan, et donnent des âges récents, respectivement 44 000 ans pour la concrétion prélevée sous l'eau, et 142 000 ans pour celle prélevée au dessus du niveau de l'eau. Du fait de la pureté cristalline de ces concrétions, les datations ont une bonne précision.

En surface, des beach rocks situés à une altitude de +6 m datant de l'interglaciaire RIESS - WÜRME (stade isotopique 5) ont été décrits et datés (A.M. Heraud Pina 1996). Leur âge est évalué à 145 000 ans pour les formations situées 6 m au dessus du niveau de la mer, et 84 000 ans pour les formations situées au niveau de la mer.

Ce ne sont pas les seuls indices visibles de fluctuations du niveau de la mer .

Sous l'eau, un premier récif frangeant est marqué vers -10 / -15 m. Des canyons sont visibles en photographie aérienne sur des « platiers » à 10 mètres de profondeur au Sud de TULUM. Leur morphologie est extrêmement labyrinthique et évoque un creusement par dissolution karstique. Ces canyons sont alignés avec les grands réseaux en cours d'exploration: Esmeralda, Naranhal, Del Mar, Yaxch'en et formait une grotte dépassant probablement 300km de développement. (Ch Thomas rapport d'expédition 1998) (fig 26).

Un second étage de récif est visible à -20, et enfin un troisième étage domine une descente en pente raide à partir de -40.

FIG. 26 RANCHO ERIC

La datation des grands réseaux du YUCATAN reste à faire. Il n'est pas exclu qu'ils se soient formés au cours de l'interglaciaire RIESS-WURME, il y a 120 000 ans à une époque de relative stabilisation du niveau de la mer. C'est aussi, en l'attente de mesures directes, l'hypothèse que nous avons retenues pour le creusement des grands réseaux de l'île de LIFOU. Toutefois, seules des datations absolues par des méthodes isotopiques permettront d'évaluer cet âge. Cependant, avant de procéder à de nouvelles datations, il est important de replacer les prélèvements effectués dans leur contexte morphologique. Nous avons amorcé cette approche.

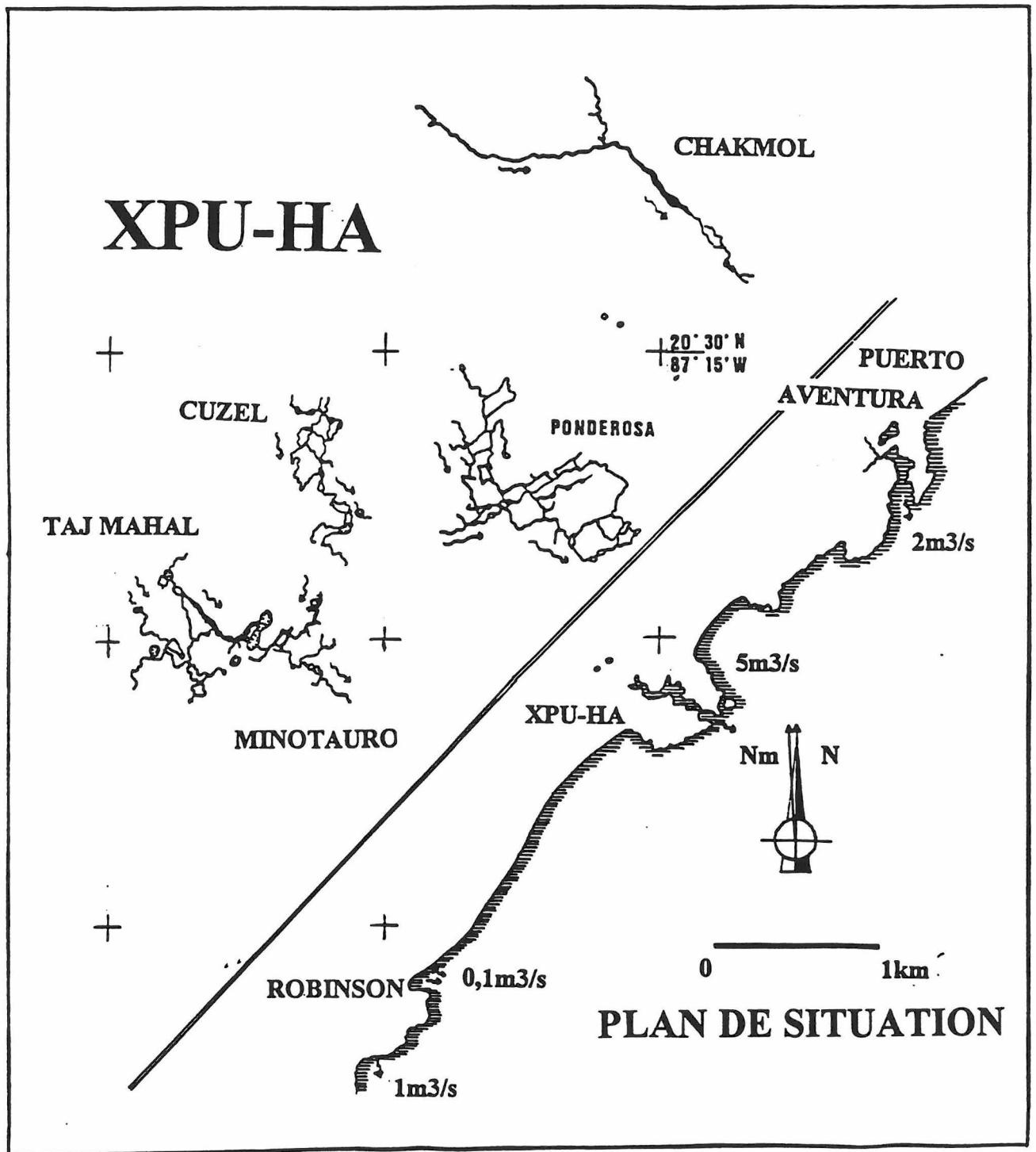


FIG. 25': EXEMPLE DE KARSTS EN RESEAUX : XPU-HA

Nos explorations ont mis en évidence l'existence de quatre paleoniveaux d'halocline. :

- Le niveau profond correspondant à l'halocline d'aujourd'hui. Il est peu concrétionné et pourrait être en fait contemporain. On le rencontre dans la plupart des cavités.
- Le niveau +5 se situe cinq mètres au dessus du niveau de l'halocline actuel. Il est encore emprunté par des circulations d'eau. L'exemple de MINOTAURE est l'exemple le plus important connu pour le moment. Les concrétions que l'on y trouve présentent deux étapes de concrétionnement correspondant à deux étapes de dénoisement. Les réseaux du Sud de CUZEL sont creusés sur le même niveau.
- Le niveau +11 connu dans les salles terminales de CUZEL, ou encore dans les cénotes au Nord de DOS OJOS . Le remplissage de cette zone par les précipitations de calcite est très active. Les concrétions que l'on y trouve sont homogène en apparence et n'aurait donc connu qu'un seul dénoisement.
- Le niveau -20 est peu représenté. Nous avons découvert quelques tronçons de galerie, abritant très peu de concrétions, très corrodées.

A ces trois niveaux, il convient d'ajouter quelques indications de phénomènes plus profonds, que l'on rencontre dans certaines cavités, et qui indiquent clairement une karstification profonde sous l'halocline actuel, et correspondant à des niveaux de la mer beaucoup plus bas (de l'ordre de 100 mètres) . Des galeries ont été visitées à Nohoch, et à Dos Ojos à ces profondeurs. Ces creusements n'ont pû se développer que dans un contexte où le niveau de la mer était environ 100 m au dessous du niveau actuel.

Ce trait n'est pas nouveau dans la région. Nous avons exploré à Cuba des cavités situées près de la baie des Cochons présentant des développements importants à la profondeur de 95 m. Citons également les grandes cavités concrétionnées à profil horizontal, du Nord de la Floride, dont la plus célèbre, Wakulla spring a été explorée et topographiée par des plongeurs américains sur plus de 8 km de galeries à une profondeur voisine de 100 m. Enfin, les explorations anglaises à Andros ont montré des phénomènes comparables.

VI CONCLUSION : LE DILEMME MAYA

L'étude du karst Yucatèque relève de méthodes originales. Elle pose encore de nombreuses questions, et surtout nous invite à multiplier les mesures physico-chimiques.

Deux aspects originaux caractérisent les aquifères de ces karsts : l'existence de l'eau de mer en profondeur, et les durées de transit extrêmement longues de l'eau douce (plusieurs années, à comparer à des temps de séjours de quelques mois dans les karsts de type caussenards, ou alpins). Ces traits ne sont pas sans influence sur l'exploitation de cette eau.

La réserve d'eau douce est très importante, et le problème de son exploitation ne se pose pas en termes de quantité, mais plutôt de qualité. L'utilisation de pompes intensifs à pour effet de faire remonter le front d'eau salée. A Cuba, les pompes de la région de Bolondron (Ch. Thomas Cuba 91) ont provoqué une pénétration du front d'eau marine de plus de 15 km. Cette pollution par l'eau de mer est d'autant plus importante que l'apport d'eau de

pluie est faible, et que l'on est proche de la côte. Toutes les grandes villes modernes : Cancun, Playa des Carmen ... sont confrontées à ce problème, et leur approvisionnement en eau dépend de captages chaque fois plus lointains.

Or, lorsque l'on s'éloigne des côtes, les temps de séjour de l'eau augmentent considérablement, et par conséquent son taux de renouvellement est de plus en plus faible. La persistance des pollutions d'origine humaine est donc d'autant plus importante que l'on s'éloigne de la côte.

Pour remédier à cela, les eaux usées rejetées par les grandes métropoles sont injectées de plus en plus massivement dans la nappe d'eau de mer en profondeur. Or, cette eau de mer circule alternativement de la mer vers l'intérieur des terres en saison sèche et inversement en saison des pluies. On peut donc craindre un scénario où les polluants ainsi injectés ne peuvent pas s'évacuer, vont donc se concentrer, puis polluer par diffusion la lentille d'eau douce surnageante.

La civilisation maya était confrontée au problème de l'eau de façon aiguë. Celle-ci était en effet à la fois abondante et polluée par le sel . Il fallait donc choisir des sites suffisamment éloignés de la mer . Les grandes cités mayas se sont toutes implantées loin de la mer à l'intérieur des terres . L'eau est alors très peu renouvelée ainsi que nous avons pu le voir ci dessus, et donc extrêmement fragile au regard des pollutions provoquées par l'homme. Voilà quel était le dilemme hydrogéologique maya : choisir entre la pollution salée et la pollution humaine. On peut se demander si l'effondrement brutal de cette civilisation n'est pas lié à la pollution (volontaire ou involontaire) de la nappe d'eau jusqu'à un niveau tel que la vie a été rendue impraticable. On peut aussi s'interroger sur les pratiques actuelles de gestion de cette ressources naturelles et sur leurs conséquences à long terme.

BIBLIOGRAPHIE

Spéléologie :

COKE, James (1988), Cenote Sac Actún, the white cave
Association for Mexican Cave Studies Activities Newsletter, n°17, dec. 1988, pp. 100-103

COKE, James G.IV. (1992): Guidelines and maintenance in Mexico.-
Underwater Speleology vol.19 nr.6 / Nov/Dec 1992: 11.
Describes the Popular dive sites of Carwash Cenote (4800ft) and Temple of Doom Cenote (7000+ft) in Quintana Roo. (RM).

COKE, James G. IV (1993): The underwater caves of Quintana Roo.-
Association for Mexican Cave Studies Activities Newsletter nr.20 / Oct 1993: 70-71. (photo) (spanish abstract).
In the past nine years, over thirty independent cave systems totalling more than 67 kilometres in length have been explored and catalogued. (AUTHOR; RM).

COKE James G. (1994): Liquid Wells of Antiquity - Dive Mexico, 1994, Cancún
Liste des cénotes plongeables connus du Quintana Roo.

GERRARD, Steve (1993): Diving in Quintana Roo, Yucatán Peninsula. Three reports.-Association for Mexican Cave Studies Activities Newsletter nr.20 / Oct 1993: 84-87. (spanish abstract).
Winter 1991 expedition diving in Toucha Ha, Bacca Ha and the Blue Abyss

GERRARD, Steve; WALTEN, Gary (1995): Recent Underwater Discoveries in Quintana Roo.- Association for Mexican Cave Studies Activities Newsletter no.21 / May 1995: 93-98. (surveys). (spanish abstract).
Diving in Cenote 27 Steps, Cenote Ak Tulum, Cenote Ek Be, Cenote Ponderosa, Cenote Alhambra, Cenote Dos Ojos and Cenote Nohoch Nah Chich. (RM).

GERRARD, Steve (1996): Quintana Roo's Cenotes, Caves hand carved by god. -

DeepTech, jan 1996, pp 24-31

Présentation avec photos de 10 principaux systèmes du Quintana Roo : Cenote Carwash, système Dos Ojos, Cenote Esqueleto, Najaron, Mundo Escondido, système Nohoch Nach Chich, Sistema Ponderosa, Sistema Sac Actun, Cenote Taj Mahal, Vaca Ha. Historique des explorations.

GERRARD, Steve (1998): You won't know if you don't go

N.A.C.D journal 1-39 3 pages :quelsues récentes expéditions au Quintana Roo dans quinze sstytèmes différents

MADDEN, Mike & GERRARD, Steve (1988), Quintana Roo, Association for Mexican Cave Studies Activities Newsletter, NACD News, n°17, de. 1988, pp. 15-16

MADDEN, Mike; WINIKER, Ron (1992): Search for Xibalba, the underworld at the ancients Maya Gods.-
NSS News Vol. 50 Nr.10: 264.

The exploration history of the underwater cave system of Nohoch Nah Chich, Quintana Roo, Mexico. Surveyed length 13,29 km/ -9 m. Survey and area map.(RB) 8.12.1992

THOMAS, Christian (1997): Les cenotes du Yucatan

Rapport de 148 pages : Géologie, hydrogéologie, inventaire des grandes cavités de la côte Est, résultat des expéditions 1995 et 1996.

THOMAS, Christian (1998): Les cenotes du Yucatan, Xel-Ha, hypothèse hydrogéologique

Rapport de 152 pages résultats de l'expédition 1997. Rappel des résultats précédents

THOMAS, Christian (1998): Les cenotes du Yucatan, Xpu-Ha, X-Caret

Résultats de l'expédition 1998

Géologie:

Etudes générales - Estudios generales

BACK, W. & HANSHAW, B.B. (1967), Hydrogeology of the northern Yucatan peninsula, Mexico. Ann. Soc. Geol. America, New Orleans, pp. 64-78

CLAEYS, Philippe (1996): Chicxulub, le cratère idéal. Le chaînon manquant identifié dans le golfe du Mexique, La Recherche, N°293, déc. 1996: 60-62 (1 photo, 1 carte)

Description du cratère d'impact météoritique et ses conséquences visibles sur la géologie régionale.

Photographie du cratère de plus de 180 km de diamètre par modélisation en 3D des anomalies du champ de pesanteur.

CORBEL, J. (1959), Karsts du Yucatan et de la Floride.

Bull. Assoc. Géog. Franç., n°282-283, pp. 2-14

HÉRAUD-PIÑA, Marie-Anne (1995): La plate- forme du Yucatan, Mexique: un exemple de karst tropical péninsulaire.- Karstologia, n°26 / 1995: 1-12 (11 fig., 3 tb., 8 ph.).

HÉRAUD-PIÑA, Marie-Anne (1996): Le Karst du Yucatan : Pays des Mayas

Presses universitaires de Bordeaux, Talence, 1996, 282 p.

Etude systématique faisant le point des connaissances karstologiques, incluant les explorations des réseaux noyés.

LESSER, J.M (1976) Resumen del estudio geohidrogeológico e hidroquímico de la península de Yucatán.
in Boletim de divulgación Técnica n°10

LESSER, Juan E., & WEIDIE, A.E. (1988) Region 25, Yucatan Peninsula, in *The Geology of North America*,
vol. O-2, *Hydrogeology*, The Geological Society of America, Boulder, Colorado, pp 237-241
Hydrogéologie et hydrogéochimie de la plateforme du Yucatán. Structure de l'aquifère souterrain. Exemple de
l'étude de la salinité des eaux de l'île de Cozumel.

LOPEZ RAMOS, E. (1973), Estudio Geológico de la Península de Yucatán,
Bol. Assoc. Mexicana de Geol. Petr. Vol.25, n° 1-3 1974, Geología General y de México
Base de la carte géologique de Lopez Ramos pour le secteur de Cancún.

SAPPER, K. (1896), Sobre la Geografía Física y la Geología de la Península de Yucatán,
Bol 3, Instituto Geológico de México
Base de la carte géologique de Lopez Ramos pour le secteur de Playa del Carmen à la baie de l'Ascension.

S.A.R.H. Estudio 1976 Etude hydrogéologique du Yucatan

STRINGFIELD, V.T. & LEGRAND, H.E., ed., Karst hydrology of northern Yucatan peninsula, Mexico, pp. 26-
44.

VINIEGRA F (1981) El gran banco calcáreo yucateco UNAM Revista de la facultad de ingeniería V1 N°1 p
21-23

WEIDIE, A.E. (1985), Geology of Yucatan platform, in *Geology and hydrogeology of the Yucatan and
quaternary geology of northeast Yucatan peninsula*,
New Orleans Geological Society, 160 p.

Etudes de réseaux - Estudios de sistemas

BACK, W., HANSHAW, B. B., PYLE, T.E., PLUMMER, L.N., & WEIDIE, A.E.(1979), Geochemical
significance of groundwater discharge and carbonate solution to the formation of Caleta Xel Ha, Quintana Roo,
México : Water Resources Research, v. 15, pp 1521-1535

BACK, W. (1992), Coastal karst formed by ground-water discharge, Yucatan, Mexico.
Hydrogeology of selected karst regions, International Assoc. of hydrogeologists,
International Contributions to Hydrogeology, vol. 13, pp. 461-466

HILDEBRAND, A.R.; PILKINGTON, M.; CONNORS, M.; ORTIZ-ALEMAN, C.; CHAVEZ, R.E. (1995):
Size and structure of the Chicxulub crater revealed by horizontal gravity gradients and cenotes.-
Nature, vol. 376 / 3 August 1995: 415.

It is shown that the diameter of the crater Chicxulub in Yucatán, Mexico (resulting from a large impact at the
end of the Cretaceous period) is approx. 180 km by examining the horizontal gradient of the Bouguer gravity
anomaly over the structure. This size is confirmed by the distribution of karst features, mainly cenotes. The
coincidence of cenotes and peripheral gravity - gradient maxima suggests that cenote formation is closely related
to the presence of slump faults near the crater rim (RB)

LOGAN, W.B. (1962), Submarine topography of the Yucatan peninsula.
New Orleans Geol. Soc., New Orleans, Librito-guía de la Excursión a Yucatán, pp. 101-104

SHARPTON, V. L. & al. (1993): Chicxulub multiring impact basin : size and other characteristics derived from
gravity analysis -
Science, 261 : 1564-1567

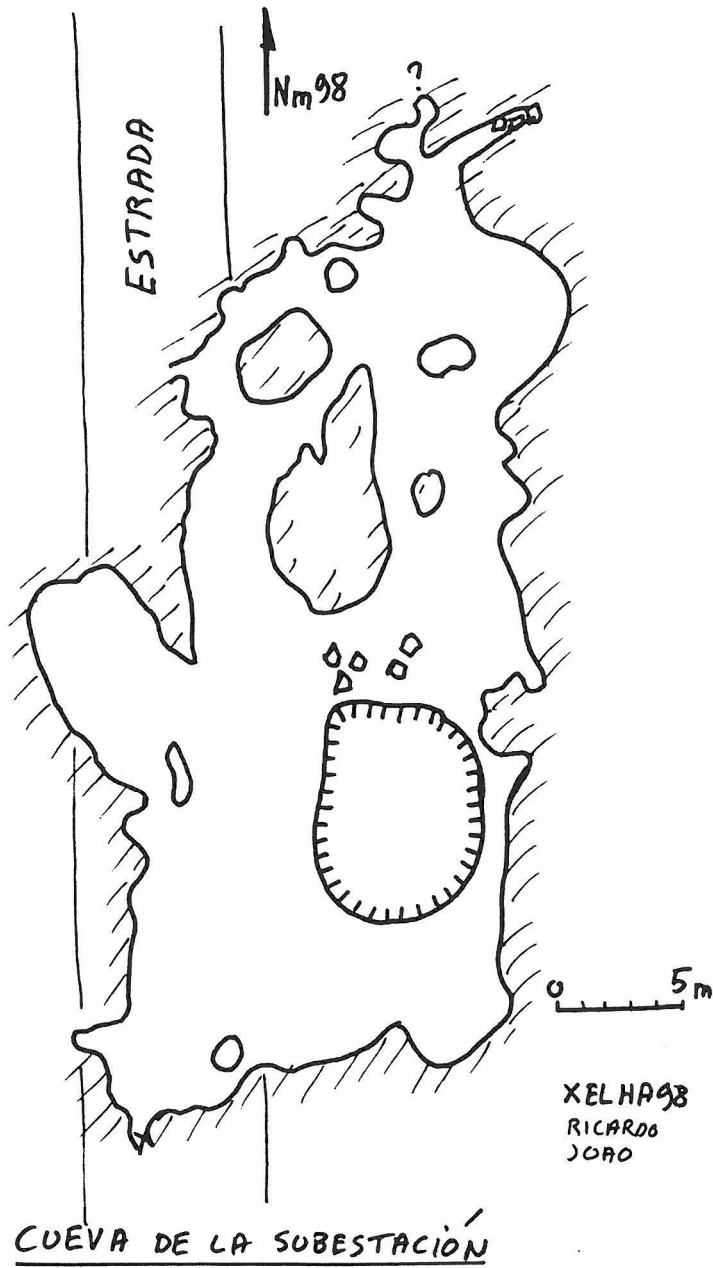
STOESSEL, R.K.; WARD, W.C.; FORD, B.H.; SCHUFFERT, J.D. (1989) : Water chemistry and CaCO₃
dissolution in the saline part of an open-flow mixing zone, coastal Yucatán Península, México.-
Geological Soc. of America Bulletin v. 101 : 159-169 (9 figs., ttbl.)

Along the Caribbean coast of the Yucatan Peninsula brackish ground water (mixed fresh water and sea water) is channeled through upper Pleistocene limestone via fracture-controlled caverns. In caves, cenotes, caletas this open-flow zone comprises three major layers. A comparison of saturation indices to calculated mixing curves is presented. (RB)

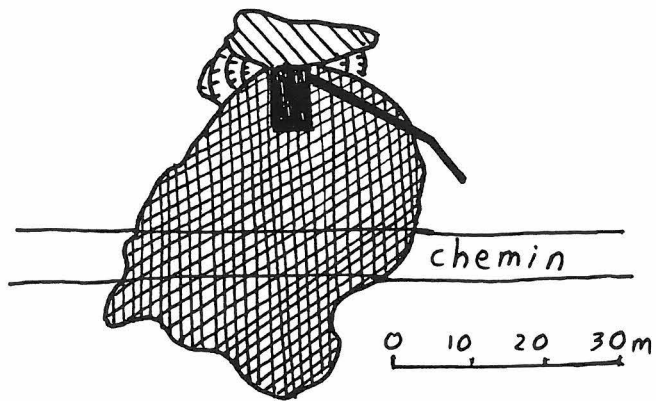
TULACZYK, Slawomir M.; PERRY, Eugene C.; DULLER, Charles E.; VILLASUSO, Miguel (1993):
Influence of the Holbox fracture zone on the karst geomorphology and hydrogeology of northern Quintana Roo, Yucatán Peninsula, México.-

in: Beck, Barry F. ed. Applied Karst Geology ... Rotterdam, Balkema: 181-188 (map, figs).

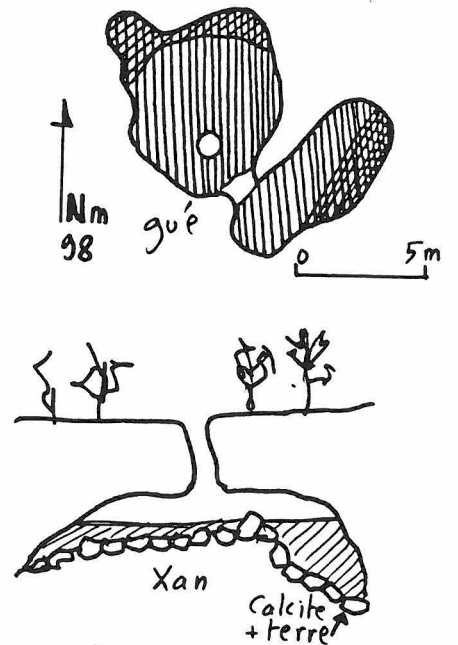
A regional tectonic feature extending in a 100 km long and 30 to 40 km wide belt, the Holbox fracture zone crosses the flat karstified terrain of the northeast Yucatan Peninsula controlling development of large, elongated, flat-bottomed swales. Continuous swales that intersect the northern coast support periodic and/or episodic water flow. The hydrological system of the area is affected not only by surficial flows but also by net loss of groundwater through evapotranspiration from the swale wetlands and enhanced discharge of groundwater on the coast where a few permanent streams have developed. (Authors; RM).



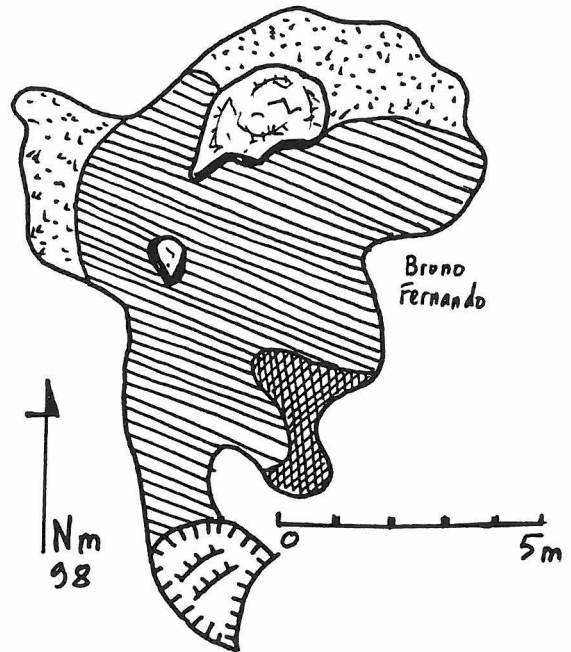
XELHA98
RICARDO
JOAO



CENOTE DE LA POMPE
X-CARET.



POGO SIN NOMBRE.
Féliciano



RANCH DE SAN LORENZO
Chez Féliciano

expedition xel ha 1998

journal de bord

Philippe Brunet

Samedi 31 janvier 1998

Départ de Paris à 10 heures du matin de Claude, Doris et Bruno, escale quelques heures plus tard à Dallas, à 14 h 20 (heure locale), arrivée à Cancun à 21 h 15. Attente jusqu'à 0 h 10, de Christian qui arrive par un autre vol. Marco, notre ami mexicain qui devait venir nous chercher, n'est pas là ! Après de multiples tentatives téléphoniques, en vain, Christian et Bruno (dit le polyglotte) partent dans la nuit louer une petite voiture.

Le chargement du matériel de plongée en sus de nous quatre est difficile. A 1 h 10, nous prenons la route pour nous rendre au ranch de Marco à 70 km vers Tulum.

Là, Christian réveille le chien qui va réveiller Marco. Enfin, nous nous installons à même le carrelage dans le séjour de la maison de Marco pour quelques heures de sommeil. L'ambiance si particulière du Yucatan perce !

Dimanche 01 février 1998

Nous apprenons avec déception que le logement prévu et la location des voitures, devant être effectués par Xel-ha, ne correspondent pas à nos espérances. Christian et Bruno partent à l'aéroport à Cancun pour chercher Joao, dont l'arrivée est prévue pour 10 h 30. Pendant ce temps nous allons faire quelques courses avec Lauren, la femme de Marco.

A son retour sans Joao vers 13 h, Christian part avec Marco négocier une location de 2 véhicules pour l'expédition, que nous aurions lundi ou mardi. Nous partons à Tulum voir si l'hôtel prévu peut correspondre à nos besoins. Pendant que Christian et Bruno le visitent, Doris et Claude visitent les ruines Maya de Tulum.

L'hôtel ne convenant pas, nous retournons à XPU'HA près de chez Marco pour dormir dans un hôtel près de la plage. Après un bain dans la mer des Caraïbes au milieu de vagues impressionnantes, Bruno, Claude et Doris vont manger dans un petit restaurant sur la plage pendant que Christian reste à l'hôtel. A notre retour, Christian a disparu ! Un mot nous annonce l'arrivée de Joao et Fernando qu'il est parti chercher.

Lundi 2 février 1998

Aujourd'hui, nous devons absolument trouver un logement qui convienne pour l'expédition, la troupe a grossi et doit encore augmenter. Marco, Christian et Bruno passent la matinée au téléphone pour trouver logement et voitures. C'est finalement à Puerto Aventuras, où nous logions en 1996 que nous visitons deux superbes maisons au bord du green ! Mais, l'agence demande le paiement de la location d'avance, plus une garantie ! Cela nous est totalement impossible compte tenu de la limitation des cartes de crédit. Nous sommes toujours SDF, Christian doit absolument négocier avec les responsables du parc de XEL-HA qui nous avaient proposés de nous loger.

A 15 heures, Bruno, Claude et Fernando partent à Cancun chercher de l'argent, les voitures et deux nouveaux amis portugais, Ricardo et Gabriella. Doris, Christian, Joao et Marco allons discuter à XEL-HA. Après 2 heures de négociation, XEL-HA accepte de prendre en charge la garantie du logement, le reste peut être.

Sur le retour, nous nous occupons enfin de plongée et nous arrêtons chez Don Féliciano, le propriétaire de Taj Mahal. Il nous indique qu'il a un cenote " vierge très beau " pour nous. Il

va ouvrir le chemin. Il y a eu une reconnaissance en hélicoptère par un voisin qui a indiqué un grand cénote, 3 km plus loin sur le terrain de Féliciano.

De retour à Puerto Aventuras vers 19 h 30, nous allons réserver la maison puis attendons le reste de la troupe pour payer la première partie de la location. Nous aménageons à 21 h 30, Claude, Bruno, Joao et Christian vont chercher le reste du matériel déposé chez Marco. Nous sommes enfin installés !.

Mardi 3 février 1998

Une erreur de branchement électrique a condamné plusieurs chargeurs de batterie et plongée partiellement notre palace dans le noir. Téléphone à Dona Fany Cavallero, notre logeuse qui nous dépanne [Ces menus désagréments électriques jalonnent malheureusement trop souvent la route de nos aventures par trop ... insouciantes (NdR)].

Après le petit déjeuner, Christian propose de s'organiser pour prendre quelques repas dans notre maison. Il propose d'aller plonger dans les différents sites immédiatement et de faire les courses ensuite. Joao préfère aller les faire le matin pour être tranquille. Il part donc pour Playa del Carmen, à 15 km, faire les courses.

Christian et Bruno se préparent et rencontrent Sebastiano, le fils d'Innocencio qui nous présente son patron Don Ibarra, propriétaire d'une terre de 1000 hectares sur laquelle il y a plusieurs cénotes vierges qu'il veut nous faire explorer. [Don Ibarra José Leonidas Anrieu, Vilas de Caribe, Apartado , B 106 (88 74 60).

Puis ils vont à XEL-HA avec Marco. Bruno plonge une galerie de 30 mètres de large, le glonomètre ne fonctionne pas. Christian voit plusieurs arrivées d'eau. Bilan, nos premiers 150 mètres de premières topographiés pour 1998.

Au retour de Joao, Gabriella, Claude, Fernando, Ricardo prennent un petit repas, se préparent et partent à 15 heures chez Marco pour prendre les bouteilles, direction Cuzel. L'accès au cénote est assez particulier, une autoroute est actuellement en construction en parallèle de la nationale. Il faut crapahuter sur ce chantier avant de retrouver le chemin qui mène au cénote. Après avoir été dévoré par les moustiques durant deux heures, ils partent. Joao plonge à Cuzel avec Gabriella, Claude, Fernando et Ricardo. Les américains sont en train de refaire la topographie qui a été faite (et donnée au propriétaire) par notre expédition de 1996.

A leur retour il faut se déséquiper rapidement car les moustiques apprécient particulièrement la chair mouillée. Nous rapportons les bouteilles chez Marco puis revenons retrouver Christian et Bruno à la maison.

Mercredi 4 février 1998

Joao et Ricardo vont chez Innocencio. Les américains auraient rajouté 1500 mètres au réseau du Minotauro, que nous avons plongé en première en 1997. L'accès à bien changé. La brèche dans la jungle qui imposait des portages longs et piquant (el mosquitos) est remplacée par un véritable chemin. Le départ est tout à fait carrossable, le reste est en cours d'aménagement par Innocencio. Joao et Ricardo retrouvent donc facilement le cénote situé 350 mètres plus au Nord. Ils explorent la grotte sous la route.

XEL-HA

Les autres sont allés à XEL-HA. C'est un paradis pour touristes américains où de petites plages sont aménagées avec transats et escaliers de bois pour la mise à l'eau. Par précaution, les baigneurs sont équipés obligatoirement de gilets de sauvetage, ils nagent dans la calanque avec palmes, masque et tuba.

Christian et Bruno rajoutent 200 m de diverticules dans la grotte au fil US (cette grotte s'avérera avoir été plongée par Philippe en 97).

Fernando et Gabriella topographient le fil de Christian de 1997.

Claude plonge une grotte qu'il espère vierge... et retombe sur l'ancien fil.

A la sortie, on retrouve Ciretia qui nous donne le téléphone de Lorenzo Ancona Hijo (987)62360 ou 98 454701 , pour voir un cénote à proximité de XEL-HA. Il habite Puerto Aventuras Edij E , dept 204, Marina P A

Jeudi 5 février 1998

XEL-HA

Bruno et Claude sont à XEL HA. Topographie de El Milagro. Doris prospecte les alentours pour trouver d'éventuelles arrivées d'eau douce. Ils en existe quelques unes mais elles sont impénétrables, les failles sont trop étroites. Dans la mangrove à Los Cantiles Bruno pense que l'on peut voir une grotte à -6 mètres avec une arrivée d'eau douce.

Christian plonge un cénote sans nom dans le terrain de Feliciano, avec Fernando. Il s'agit d'un petit puits sans continuation.

El Minotauro

Christian et Fernando vont alors plonger à " El Minotauro " dans la galerie du Nord.

Joao et Gabriella plongent également à " El Minotauro " pour reconnaître le trou.

Ricardo à explorer " Al Bat " dans le terrain d'Innocencio, il en fait la topographie, ça continue.

Au retour, Marco leur indique que Raúl lui a dit que le propriétaire de Puerto Aventuras voulait que l'on explore la sortie d'eau qui y ressort.

Vendredi 6 février 1998

" El Minotauro "

Claude topographie de la gauche en entrant sur le fil américain 362 mètres avec le glonomètre. Joao et Gabriella topographient vers l'est.

Au retour, le véhicule crève !

Bruno et Fernando vont au " Rancho San Lorenzo " chez Feliciano. Plongée de Fernando, il s'agit d'une petite cavité avec une petite salle de 6 mètres par 8 mètres avec un peu d'eau.

En face de Puerto Aventuras, Bruno plonge Aktun Chen (la grotte du puits) déjà plongée par Mike Midden. Il re-topographie jusqu'à - 12 m, une très jolie grotte. Le développement de cette cavité est de plus de 1 000 mètres. La galerie a plus de 10 m de large, bouchée par un cône de calcite en poudre. Visiblement, il y a une connexion avec la nappe phréatique en dessous. Le niveau de l'eau varie de 10 à 20 cm en fonction de la marée. Bruno capture 2 crevettes cavernicoles.

Xel-Ha

Christian part à Xel-Ha. L'un des 3 directeurs, Senor Pancho Cordova est d'accord pour régler la totalité du coût de location de la maison. Nous avons également l'autorisation de plonger à X-Caret, ce grand parc touristique entre Cancun et Playa del Carmen. Raul a téléphoné à son associé Miguel Quintana, l'architecte qui a conçu les aménagements de

Xel-Ha et de X-Caret, et en particuliers les rivières quasi souterraines qui rencontrent un grand succès parmi les touristes. Le rendez vous est pris pour s'y rendre lundi.

Christian plonge la Cueva de los Langoustas (près du mirador) et topographie la suite à partir de la fin du fil de 97. Le débit mesuré sortant au niveau du fil américain est de 1,5 m³/j d'eau douce, le débit d'eau de mer est supérieur à 10 m³/j.

Samedi 7 février 1998

Course à Playa après le briefing du matin. Il faut faire réparer le pneu de la voiture blanche et faire de l'essence. Ce soir, il faudra aller à l'aéroport pour chercher Anne Marie et Bernard. Tout le monde ira aujourd'hui au Minotaure.

El Minotaure

Fernando et Gabriella font la topographie de surface. Bruno topographie 150 mètres au nord du 2^{ème} embranchement Nord ouest situé à 110 mètres de l'entrée, au niveau d'une flèche américaine annonçant : Cénote Estrella 500 feet.

Claude topographie deux galeries latérales de 60 mètres chacune, dans la galerie où il a déjà plongé. L'une porte une flèche sortie et revient sur le fil principal. L'autre débute à 300 m de l'entrée, donne sur une grande salle puis sur la galerie principale.

Christian poursuit au delà du terminus de Bruno pour 200 mètres de topographies supplémentaires. Il a vu de la touille devant lui et de nombreux embranchements avec l'indication d'accès à d'autres cénotes.

Ricardo continue de plonger(et topoter) le cénote " El Bat " qui devient fort complexe.

Au retour, la superbe et lourde Chevrolet blanche crève pour la seconde fois (funeste destinée dirait l'équipe suivante qui ne creva jamais) laissant Joao, Ricardo, Gabriella et Fernando seuls dans la jungle.

Dimanche 8 février 1998

Christian, Bruno et Bernard sont allés voir Andreu Iborra, propriétaire d'un terrain de 10 km par 7,5 km, situé derrière chez Innocencio et Feliciano, à 1,5 km de la route nationale. L'accès se fait par un chemin carrossable derrière le restaurant " Cosa Anita ", qui amène après 1 km à 3 cénotes dont l'un " Chak' mol " est déjà exploré. On laisse la voiture pour partir à pied voir les 2 autres cénotes, à l'intérieur de la partie Nord Ouest de la propriété. Bernard doit les plonger, le premier s'appellera " Andreu " à la demande expresse du propriétaire. Les cénotes sont situés près d'une grande dépression qui est chez un autre voisin.

Dans la partie sud, à 5 km de la route derrière chez Feliciano, il y aurait un grand cénote rempli d'eau. Il a été vu lors de la délimitation des parcelles mais est malheureusement inaccessible. Il serait de la taille de Taj Mal. Senor Ibarra nous propose les photos aériennes de Playa prisent en 1991, après l'incendie de 1989.

Lundi 9 février 1998

El Minotaure

Bruno retourne à " El Minotaure ", il réalise un petit bouclage et topographie un bout de galerie.

Claude à " El Minotaure ", suit le fil de Christian jusqu'à la bifurcation vers Escallera. Il topographie la galerie et ressort dans une vasque de 2 mètres par 8 mètres de long, à paroi

très verticale. Un gros bloc portant des concrétions presque à l'horizontal caractérise ce cénote.

Joao essaie un portage à l'anglaise à " El Minotaure " dans la galerie Est. Il trouve une suite.

Bernard et Ricardo portent le matériel dans la jungle visiter 3 cénotes, sans suite.

Christian va à X Caret avec Marco pour rencontrer l'architecte Miguel Quintana qui confirme l'autorisation de plonger. Ce qui est fait dès le soir dans les sorties des rios souterrains. Une galerie rejoint après 40 mètres un autre cénote, une autre large, se poursuit après 130 mètres (à suivre).

Mardi 10 février 1998

A X Caret, Christian et Claude effectuent la topo de surface de la rivière souterraine. Bruno explore l'amont de la rivière souterraine, l'embranchement près de l'amphithéâtre. Topographie.

El Minotaure

Ricardo trouve à " El Bat " la connexion avec " El Minotaure ".

Joao tombe en panne de manomètre avant de plonger à " El Minotaure ".

Enfin, Bernard plonge également " El Minotaure " pour trouver des départs.

Mercredi 11 février 1998

El Minotaure

Ricardo finit la topographie de " El Bat ".

Joao explore en vain la galerie Est de " El Minotaure ", pas de suite.

Bernard et Christian sont allés dans la jungle pour rechercher des cénotes dans le terrain d'Innocencio.

Arrivée aujourd'hui de Gaël qui arrive de Cuba où il vient de faire une expédition de spéléologie (sèche) avec ses amis spéléologues belges.

Quant à Gabriella, Fernando, Bruno, Claude et Doris, ils partent faire une journée de tourisme avec visite de CHICHEN ITZA et COBA.

Jeudi 12 février 1998

Bruno part à Taj Mahal pour voir si Feliciano a dégagé son terrain, mais celui ci n'est pas prêt. Il plonge la partie Sud Est.

El Minotaure

Bernard connecte depuis El Minotaure, le réseau d'El Bat.

Fernando et Joao plongent la galerie Nord d'el Minotaure. Fernando aboutit à un cul de sac en boucle et Joao poursuit la topographie jusqu'à un nouvel embranchement. Ca continue.

Gaël effectue sa plongée de réadaptation à El Minotaure, puis fouille sous les escaliers (simple troncs d'arbre grossièrement taillés, installés cette année par Inocencio pour le confort des gringos,et le notre)

Ricardo poursuit l'exploration de son domaine dans un cénote proche d'El Bat n°2.

Le soir, au retour, la maison est plongée dans le noir. Les pendules indiquent l'heure du crime, 17 heures. Caramba, les victuailles stockées dans le frigo menacent de périr avant que nous ne les ayons dévorées. Il faut réagir. C'est Bruno, notre diplomate accompli qui part téléphoner à notre loueuse. En vain, il faudra attendre le lendemain en espérant que le courant revienne vite.

XEL-HA

Ignorant ce drame encore, futur, Claude, Doris et Christian sont allés au plus grand aquarium du monde, c'est à dire XEL-HA, pour imprimer les topographies réalisées depuis le départ et pour revoir notre ami Eduardo. Il s'agit de préparer une conférence dans la réserve et de finaliser l'accord pour la location de la maison (qui va bientôt sombrer dans le noir).

Puis départ pour le sud, au sud de « habanes », perpendiculairement à Tulum, au Nord de Rancho Eric. L'aventure commence, il faut patauger dans la boue jusqu'au genou pour permettre à Christian de plonger un cénote au milieu de la mangrove. Malheureusement un fil posé par Gary Walker et Kay s'y trouve déjà.

Vendredi 13 février 1998

Nous avons laissé, dans le précédent épisode, nos protagonistes dans le noir. Que va-t-il se passer pour l'expédition en ce jour ? Et bien, il y a du courant et personne ne crèvera. Christian retrouve dans son bureau à Puertos Aventura, Mike Midden (explorateur, patron d'un centre de plongée et notre invité vedette du Festival Ile de France de plongée souterraine de 1995). Marco, Christian et Mike envisagent l'écriture en commun d'un livre sur les cénotes du Yucatan.

X-CARET

Après cette réunion de travail, il est temps pour Gaël, Christian, Doris et Claude de filer à X-Caret. Gaël repère les lieux puis part dans la rivière débutée par Bruno. Xian fait une recherche en surface avec Doris afin de trouver d'autres cénotes. Il part ensuite faire la topographie de surface du départ de la rivière souterraine jusqu'au départ du rio Maya. Xian pense qu'il existe un départ de galerie noyée, dans le souterrain artificiel qui mène au rio. Claude plonge un cénote à proximité des travaux du nouveau cénote administratif. Il parcourt et topographie 200 mètres qui semblent vierges.

Bruno et Bernard réamorcent les explosifs à Playa del Carmen. Ils rencontrent Don Wilbert (le Maya blanc à la descendance nombreuse), propriétaire de Cuzel. Il les emmène au Rancho Los Picaros de Carlos Medina (l'oncle du Président Municipal de Playa del Carmen), pour plonger le lendemain la suite de ce qui avait été débuté l'année passée.

XEL-HA

A 17 heures, toute l'équipe se retrouve à Xel-Ha pour la conférence sur l'hydrologie du Yucatan et en particulier de la rivière de Xel-Ha. 70 personnes membres du personnel du parc sont là, dans la toute nouvelle salle de conférence. L'auditoire est attentif, buvant les paroles de Xian. Manifestement, le public est au respect devant Christian et le travail réalisé depuis 1996. Tout se termine en congratulations chaleureuses dans le meilleur style mexicain. Cette longue journée se termine par un repas avec Marco et Edouardo, le responsable des activités aquatiques du parc (et notre contact).

Samedi 14 février 1998

Edouardo est venu ce matin à la maison rencontrer Xian. Celui ci souhaiterait que Xel-Ha finance le voyage de Marco en France et l'achat d'un micro ordinateur pour poursuivre les travaux de topographie.

Christian part rejoindre Anne Marie qui vient d'arriver de France, à l'ancien petit hôtel de Puerto Morellos.

Bernard et Bruno vont plonger à **Los Picaros**.

Après la plongée, départ pour Cancun, pour récupérer les 5 derniers vers 19 h 15 20 heures.

Ils sont là, affamés par Aero Mexico et sans le sac de plongée de Philippe ! Espérons qu'il est resté à Mexico ! Sur le trajet, Bruno nous résume les épisodes des aventures qu'ils ont ratés.

Première impression pour Philippe et Christophe, la route nationale s'est grandement améliorée ... au début.

Guylaine, Frédéric, Jess, Christophe et Philippe tentent de camper dans la maison (qui n'a pas été conçu, ni modifiée pour cela). Ils décident de dormir pendant que Gaël, Ricardo, Joao, Gabriella, Fernando, Claude, Doris, Bruno et Bernard vont dîner à Puerto Morellos.

Dimanche 15 février 1998

Remue ménage dès le matin, c'est le départ de Claude, Doris et Bruno. Claude transmet les comptes à Philippe en lui expliquant ce qui a été payé, ce qui doit encore l'être (maison, voiture, pneus crevés, ...), ce que nous devons percevoir de Xel-Ha pour la maison, qui a fait les différentes cautions. Tout ceci semble très compliqué, pas très évident à saisir après le décalage horaire et somme toute incite à ne plus renouveler cet échange d'équipe sans recouvrement suffisant. La suite montrera que cette option était effectivement fort optimiste. Fernando et Gabriella conduisent les partants.

Christian doit nous rejoindre à 11h pour nous indiquer les objectifs réalisés et ceux à poursuivre. Ce briefing dure de 11 heures à 12 heures. Beaucoup de cartes, de noms, d'objectifs. Heureusement Christophe et Philippe connaissent déjà la région et certaines personnes.

Le réaménagement de la maison se poursuit, avec quelques simplifications, Bernard rejoint Xian à Playa chez le loueur de voiture (Hertz) pour récupérer et changer les papier de la voiture d'Anne marie que Guylaine va garder.

Ricardo reste à la maison, il partira demain.

Bernard et Christian plongent un nouveau cénote chez Innocencio, baptisé **Agua Funda**. La topo et les relevés GPS nous convaincront vite qu'il s'agit du cénote C8 de Taj Mahal.

El Minotaure

Christophe est déposé à 13 h30 au Minotaure pour topoter. Philippe, Guylaine, Frédéric, Jess et Gaël reviendront avant la nuit récupérer Xophe (le trafic de voiture débute). Christophe plonge le Minotaure sur 500 mètres (soit plus de 160 nœuds quand on oublie le glono), jusqu'à la galerie qui mène au cénote Escalera. Il ne trouve pas la galerie vers le cénote ESTRELLA. Topo des 500 mètres (minotor.tro), immersion de 80 minutes.

X-CARET

Philippe, Guylaine, Frédéric, Jess et Gaël partent à X Caret, Gaël cherche Alexandro, le médecin, responsable des actividades acuaticas qui est notre contact à X Caret. Mais c'est le dimanche et si le parc est ouvert aux touristes, l'administration est fermée. Nous

retrouvons Alexandro à l'infirmerie. Beaucoup de palabres. Notre camp de base sera l'infirmerie ou nous laissons le matériel et/ou nos affaires.

Jess part plonger la rivière souterraine que lui montre Alexandro, afin de poursuivre le travail de Christian. A la suite de mauvaises indications, Jess partira à la fin du Rio del Pueblo Maya. Il peine à trouver le fil situé à moins 6 m et parcourt la galerie sur 100 mètres. Arrêt à une bifurcation en T, la visibilité est très mauvaise (41 mn, -7,7m).

PhB, Guylaine, Fred et Gaël porte le matériel de plongée de Philippe au départ du Rio del Pueblo Maya. En fait, Philippe tente de plonger avec le matériel de Gaël, la faille dans le tunnel menant au Rio Maya, que Gaël a entrevu la veille. C'est impossible, le passage est trop étroit, beaucoup trop étroit et le matériel est non adapté. Il doit abandonner, et essaie de s'en sortir avec quelques craintes et en pestant après Aéro Mexico (entre autre). A refaire toutefois.

Fred et Gaël effectuent au décamètre, la topographie de surface du Rio Maya en partie artificielle. Frédéric n'est absolument pas convaincu de l'intérêt de cette rivière qui semble taillée au bulldozer. Le canyon fait 3 à 4 mètres de large pour 1,5 à 2 mètres de profondeur. La hauteur de l'eau jusqu'au haut du canyon est selon les parties de 3 à 10 mètres. Au bout d'1 heure et même à 24 °C, Gaël comprend le martyr des héros américains : « en maillot ça caille ! »

On goûte tous au resto du personnel (là au moins c'est typique), puis retour chez Marco et récupération de Christophe, Christian et Bernard.

Lundi 16 février 1998

Gael et Bernard vont discuter avec Don Léone Ibaja, le propriétaire des terrains derrière chez Innocencio et Feliciano. Ils récupèrent la photo aérienne de son terrain et la topo de Chak'mol. Le propriétaire de Chak'mol indique deux autres Cénotes à explorer aujourd'hui. Gael et Bernard retournent au camp de base pour emmener Christophe, Frédéric et Jess à Taj Mahal. Les « anciens », Bernard et Christophe, présentent à Féliciano les « nouveaux ». Discussion avec Féliciano qui aimerait qu'on lui apporte des grandes cartes comme l'an dernier ! Les 3 pieds Nickelés sont posés à Taj Mahal, au milieu d'une horde de cavern divers à chewing-gum (pas évident pour respirer) puis Gael et Bernard vont dans la parcelle du restaurant « Anita ». Portage d'un bi 7 litres et du matériel du Nanard. Les indications données par le géomètre propriétaire d'Anita sont plus qu'aléatoires. 2 heures de portage dans la jungle plus tard, 1 des 2 cénotes est trouvé. Dommage, il ne donne rien. Bernard ne localise au GPS que deux des trois cénotes qu'il a visité samedi. Ils ne donnent rien non plus. Retour chez Féliciano pour reprendre Christophe, Frédéric et Jess.

TAJ MAHAL

Pour sa première plongée, Christophe tente de retrouver la jonction faite par Christian avec Taj Mahal. Il confond les galeries et part malheureusement sur Sagrada en croyant prendre la Golden Line (plongée de 40 minutes à 12 mètres).

Deuxième plongée de suite sur la Golden Line « touristique » (15 mètres, 36 minutes), ce n'est pas la bonne Golden Line. Heureusement, l'eau est chaude.

Pour la troisième plongée, ce sera une séance photo avec Fred dans la galerie vers Sagrada. Moins vite Fred, moins vite, c'est de la photo.

Jess part lui en premier sur la Golden Line touristique au 300 degré pendant 41 minutes. Puis, il part au 45 degré sur la véritable Golden Line. Plongée de 23 minutes.

Aéroport

Guyline et Philippe parte à Cancun accompagner Fernando, Gabriella et Ricardo à l'aéroport. Passage à Playa del Carmen pour faire de l'essence, puis courses pour Gabriella qui souhaite acheter quelques souvenirs. Le temps passe, puis c'est le vrai départ. Fernando est au commande du minibus qui du coup fonce à 140 km/h et semble ne plus avoir de problème de tenue de route, horaire oblige. Passage chez le loueur afin de récupérer les chèques de caution.

Surprise, le loueur a encaissé d'avance un mois d'utilisation des deux véhicules avec l'un des chèques de caution. Fernando est furieux, il hurle : il n'a pas cet argent sur son compte. Le loueur ne veut rien entendre et propose si nous lui passons une autre carte bleue de nous faire un chèque en pesos !! Il se moque de nous. L'avion n'attendant pas, nous partons emmener Fernando à l'aéroport. Philippe devra retrouver Christian qui doit être à Puerto Morellos pour lui demander de virer une partie du prix de la location à Fernando dès son retour en France.

Profitant d'être à l'aéroport, Philippe tente de récupérer ses affaires de plongée. Enfin une bonne nouvelle après 1 heure d'attente, le sac est là et en bon état. Ils ont simplement omis de nous appeler pour le signaler ou mieux, de l'apporter chez Marco (ça leur faisait loin). Ils ne veulent payer ni dédommagement ni certifier que les bagages ont été égarés trois jours ! Le principal est de les avoir récupérés.

Guyline et Philippe retourne chez le loueur. Il faut changer les noms des conducteurs et tant qu'à faire échanger le minibus à la direction aléatoire pour une Nissan plus maniable. Le prix sera le même puisque payé d'avance !!

Cet épisode désagréable se conclut par une promenade sur la plage de Puerto Morellos. Nous laissons un message à Christian qui n'est pas là.

Repas et courses Playa del Carmen, bilan 210 pesos d'amande. Guyline et Philippe ont garé les voitures à moins de 10 mètres d'un carrefour, ce qui est théoriquement interdit. 4 policiers s'acharnent sur Guyline pour prélever un maximum d'argent. Les plaques sont dévissées. Nous négocions mal sans doute l'amande et la remise des plaques. Le soir, Marco estime que c'est trop cher et nous indique la bonne marche à suivre :

- 1) Il faut proposer à la police 50 pesos et dire : « pas de problème, c'est une voiture de location. Vous pouvez garder la plaque, je prendrais une autre voiture » ou bien,
- 2) « OK, bien sur , je vous accompagne au poste de police pour payer l'amande. » ou bien,
- 3) « Bye, bye, gardez la plaque » et il faut partir et rouler sans plaque. Ou bien,
- 4) « l'm Russian, no comprendo, no comprendo ».

Mardi 17 février 1998

Nous avons 3 voitures dont un immense 4x4 et nous ne sommes plus que 7, bientôt 6. Les 2 voitures de Cancun étant déjà encaissées !, Gaël va rendre la voiture d'Anne Marie. AVIS accepte sans problème, de clore plus tôt ce contrat.

X-CARET

Christophe et Frédéric rejoignent Gaël et vont à X-Caret. L'objectif est de reconnaître les lieux qui ressemblent à un labyrinthe et de situer les cénotes. X-Caret est un parc touristique et le tracé des chemins et des aménagements forcent à faire des détours afin que l'ensemble semble plus vaste.

Ils saluent le personnel puis font le tour du parc.

Près des bâtiments de l'administration :

Dans la jungle / mangrove, près du grillage bordant le parking en direction de la mer (130°), plusieurs fractures NO et NE, avec de l'eau dedans sans intérêt.

Le cénote où Claude a plongé la semaine précédente, est localisé dans la jungle, à proximité du parking, à 50 mètres au 190° en partant du coin le plus au sud du bâtiment de l'administration. Le fil de Claude part vers le Nord-Ouest (320 °), une faille se dirige à l'Est (50°) en direction de l'arrivée du Rio Maya [à suivre].

Frédéric trouve un autre cénote, très effondré dans la jungle au nord du parking de l'administration. La doline est comblée d'un côté, l'autre où affleure une demi lune d'eau, est environ 4 mètres au dessous du bord (route) du parking. L'ambiance est très jungle du bout du monde, un banyan a implanté ses racines tout autour du porche. La mise à l'eau entre les rochers et les racines, est plaisante. La galerie fait environ 1 mètre de hauteur mais diminue sans cesse pour finir sur un colmatage. Il s'agit du dessus du cône d'éboulis de l'effondrement. Corail et poussière de corail teintent l'eau d'une blancheur marmoréenne. Plus au Nord (30°), un petit canyon (40 cm de large pour 80 cm de haut) permet de se faufiler sur 8 mètres. A l'extrémité, un précédent visiteur est visible sur le dos. Il s'agit de la carapace fossilisée d'une tortue marine. Un morceau du crane est encore visible.

Près de l'aquarium 2 cénotes sont aperçus, l'un dans la fosse au requins et aux tortues, non plongeables ! D'ailleurs, la galerie a été murée afin que les tortues ne rentrent plus dedans et ne s'y perdent. Un autre est à l'entrée de l'aquarium, actuellement impénétrable.

Le périple se finit au départ des 2 rios touristiques, le « Rio el Pueblo Maya » et le « Rio Subteraneo ». Quelques belles photos de lamantins roses à snorkel sont prises.

Gaël plonge la sortie du Rio maya. Une des bouteilles est à 210 bars, l'autre à 70 bars, la plongée sera courte. Suivi du fil de Jess sur 20 mètres puis pose de 75 mètres de nouveau fil jusqu'à la bifurcation du fil américain. A droite Christophe vient de jonctionner (voir plus loin). A gauche pose de 55 mètres de fil. Arrêt sur autonomie et topographie au retour. Plusieurs vieux fils se trouvent dans cette galerie. Certains pensent que Mike Midden a fait l'exploration (c'est faux, mais on ne prête qu'aux riches), Marco ne le pense pas. En fait toutes les explorations précédentes de X-Caret ont été faites par un mexicain qui a annoncé « plusieurs kilomètres de rivières souterraines! », sans topographie bien sur.

A la sortie, suivi d'une galerie vers le Sud Ouest et sortie dans un cénote sale. Sans doute le cénote « Claude » que vient de plonger Frédéric [c'est d'ailleurs ce que confirmera la topo et les plongées suivantes].

Christophe part dans le premier tunnel, sur le fil posé à l'arrivée du rio subteraneo, de l'étiquette 0 à 90 mètres. A 60 mètres (donc de la sortie) se trouve un départ au Nord-Ouest. Un effondrement barre la galerie au bout de 10 mètres. Il peut être contourné par la gauche. Au bout de 60 mètres, la jonction est faite avec un vieux fil américain. 50 mètres de topographie plus tard, Christophe arrive sur un Y où coexistent le fil américain et celui de Gaël, en double, entre ses étiquettes 70 et 80. De retour à l'effondrement, il n'est pas possible de passer par la droite. Par contre, le sommet de l'effondrement émerge dans une salle fermée, de 15 mètres sur 7 mètres et de 2 mètres de hauteur.

La journée à X-Caret se termine au bâtiment administratif pour imprimer les topographies faites les jours précédents, soit : XEL-HA, El Minotaure, le Rio Maya et le Rio Subteraneo.

XEL-HA

Philippe part à la suite du fil de Christian afin de trouver l'origine de la rivière. Au bout de 150 mètres, un départ se présente à droite. Il rejoint la galerie principale une première fois, puis de nouveau, puis le fil de Christian. C'est un labyrinthe !

Du coup, Philippe suit le fil de Christian (départ au niveau d'une étiquette 30) pour voir ce qu'il a fait. Sur sa topographie, Christian n'a pas repris les étiquettes d'où rapidement un problème de positionnement avec le changement d'équipe.

Il faut reprendre l'exploration car il subsiste des possibilités de suites.

Plongée de 2 heures 30, 450 mètres de première topographiée.

Jess plonge également au niveau de la rivière Xel Ha. D'abord à l'ouest de l'entrée principale, une grotte avec un fil en place. Fouille au 30° en vue de jonctionner avec la Laguna Negra. En vain.

Retour à l'entrée de la rivière et exploration à 80 mètres de l'entrée vers les 20° et 40°. La zone est labyrinthique et semble constituée d'énormes blocs posés au sol. Plongée de 54 minutes.

Bernard part de la Laguna Negra, il doit suivre un fil pour explorer vers l'ouest vers la rivière principale de Xel-Ha. Il trouve un fil sur le fond, à droite de l'entrée et le suit sur environ 50 mètres. Arrêt sur rien ! Retour à l'entrée, puis départ sur un fil neuf posé sur la voûte en haut à droite. Il s'arrête à 110 mètres en n'ayant plus de lumière, dans une salle. Le courant semble suggérer une continuation en face.

Philippe, Jess et Bernard retrouvent Edouardo Briones pour un succulent repas.

Mercredi 18 février 1998

Bernard, Fred, Jess, Marco et Gaël vont à Playa del Carmen rencontrer Don Wilbert. Déception, celui-ci n'est pas là, peut-être sera-t-il rentré demain de Mérida !

Du coup, départ dans la jungle pour voir un étang dans le ranch « Lalei del Monte », propriété de J L Seoanne, le frère de Jorge qui habite en face de Don Guilbert (ou Wilbert). Ce ranch est situé sur la Carretera 307, de Cancun à Tulum, à 17,5 km au Nord de Playa del Carmen. Il faut prendre un petit chemin légèrement en biais, à gauche de l'entrée de la propriété (N 20° 45' 05,0", W 86° 58' 36,6") et le suivre sur deux à trois cents mètres jusqu'à une clôture. Cette clôture peut être suivie à droite sur cent à deux cents mètres. Le chemin est quasi carrossable pour un gros tout terrain. Le cénote est un étang de 8 mètres de diamètre dans un champ rempli de débris végétaux qui puent (N 20° 45' 14,6", W 86° 58' 17,3").

Fred plonge au 210°, une galerie de 20 mètres qui se finit sur un comblement de débris végétaux. Le prolongement en face se finit de même au bout de 4 mètres. A 4 mètres dans la plus grande galerie, un espace longe la cloche formée par les parois du cénote. Cette galerie au 30°, en forme de diaclase, se finit à -8 mètres sur un colmatage.

Fred et Jess partent faire des courses à Playa puis iront rejoindre les autres à X-Caret. Bernard, Gaël poursuivent avec Marco reprendre un cénote chez Jorge. Il s'agit du « cénote 55 », découvert et plongé il y a quelques années, par Marco, Pépé et un troisième larron, tout trois nés en 1955 !.

Le portage est d'environ 400 mètres dans une brèche qui s'est malheureusement refermée. Bon exercice pour Bernard notre porteur-macheteros, qui pourra en plus à l'arrivée réparer le 1^{er} étage avant la plongée de Gaël.

Gaël plonge avec le bi 7 litres, sans stab et est très lourd. Il racle le fond et soulève la touille tout au long de son parcours. Malgré ça, des départs sont vus sur les cotés (des bouclages et une bifurcation à l'entrée). Gaël topographie 170 mètres dont 40 mètres de premières. Arrêt sur rien, ça continue.

X-CARET

Philippe plonge la faille dans le tunnel, au départ de la rivière du peuple Maya. Utilisation d'un tri porteur à vélo pour le transport du matériel. C'est bien mais un peu fatigant. La descente s'effectuera à la nage par la rivière Maya.

La faille est difficile, très, très difficile. En fait il s'agit au sol de l'éboulis d'un vaste effondrement. Il faut décapeler et creuser, patiemment. Heureusement, la récompense est au bout, le passage est forcé et il est même possible de recapeller. La suite est belle, superbe même. Il s'agit d'un petit réseau à taille humaine extrêmement complexe, avec de magnifiques exemples de galeries phréatiques. On trouve bien sur le gigantesque laminoir au niveau de l'halocline, mais aussi des canyons, des galeries en trou de serrures qui se développent sur plusieurs étages. Malheureusement, c'est souvent étroit et/ou très bas.

Un fil à nœud surgit de la gauche. Il s'arrête rapidement, la première est là. Arrêt sur rien.

Au retour, Philippe suit le fil ancien. Il sort de sous un énorme effondrement, à revoir plus tard.

Plongée de 3 heures à – 10 mètres, 400 mètres topographiés.

Christophe poursuit la branche 2 dans le rio subteraneo. Le terminus de Christian est dépassé de 25 mètres. C'est étroit (laminoir), affectueux (ou agressif selon le niveau d'optimisme). Résultat, les mains sont déchiquetées elles aussi et il faudra revenir avec 1 portage à l'anglaise pour espérer poursuivre plus loin.

Au retour, sur l'étiquette 120 du fil de Xan, Christophe descend dans un canyon au sol de la galerie. Le fond du canyon est à –10 (pour une galerie à –6) et se poursuit sur 50 mètres. Arrêt sur étroiture et touille, donc à revoir !

De nouveau dans la galerie d'accès, vers les 100 mètres, un autre petit canyon est trouvé. Il s'interrompt au bout de 50 mètres sur un effondrement qui semble récent et très artificiel (comblement d'un cénote ?).

Plongée d'1h30 à –11 mètres).

Frédéric plonge en fin d'après midi le rio subteraneo (pour rincer son matériel !). Départ depuis la dernière échappatoire avant l'arrivée et remontée jusqu'au début. Fouille soignée de la partie Nord Ouest (à gauche en remontant), après le départ de la grande galerie. Beaucoup de petites salles mais pas de départ à signaler.

Judi 19 février 1998

Cénote 55

Gaël et Bernard partent plonger dans la jungle. Le portage du bi 10 litres est éprouvant (2 aller, 1 retour). Gaël a le dos « tué », il trébuche avec les lianes qui prennent un malin plaisir à jouer les lacets de chaussure. Ils jouent aux scouts pour faire fuir les moustiques. Plus ça fume, moins il n'y en a , mais du coup ils sentent aussi le poisson fumé. Bernard plongeant en premier, Gaël retourne à la voiture prendre ses bouteilles, ses affaires et manger un sandwich au fromage dégueu.

Bernard part poursuivre au delà du terminus de Gaël. Il ajoute 85 mètres et trouve des langues de calcite dans certains passages. Au retour, il s'aperçoit qu'il n'a plus de carnet topo, ni de boussole. M... !, les 30 mètres déjà topographiés et la première sont perdus. Il fouille un peu partout pour voir des départs et rembobine le vieux fil de Marco.

Lorsque Gaël revient, il voit Bernard sortir en pestant et jurant (« M...., fait ch..., P....., M....., j'ai perdu ma plaquette au fond. »).

Gaël est heureux, la suite est pour lui, ainsi que la topo. D'autant plus qu'il retrouve la plaquette, qu'il topote avec plaisir 1 départ et un bouclage (ses premiers 60 mètres de premières). Il a être content. Il rentre tout équipé et se ruine le dos.

Gaël et Bernard rejoignent l'équipe de XEL-HA vers 17h.

Xel-Ha

Aujourd'hui, beaucoup de monde à Xel-Ha, avec la grosse voiture.

Jess doit commencer le rééquipement de la rivière principale de Xel-Ha afin de faciliter les plongées. Pose de 130 mètres de nouveaux fils depuis l'entrée puis 120 mètres dans la galerie de gauche, devenant galerie principale. L'ancien fil couvert des holothuries est retiré. Plongée de 85 minutes pour 7 mètres.

Christophe et Frédéric plongent la Laguna Négra.

Christophe profitant de sa connaissance des lieux de l'année précédente, part vers le fond afin d'envisager de nouvelles possibilités. Rien de concret malgré 2 h 12 de recherche.

Frédéric prolonge de 15 mètres l'un des terminus (Nord) de Christophe, parcourt 25 mètres dans une galerie parallèle à la galerie principale, et 15 mètres dans une galerie qui se termine bientôt. A la sortie, une nouvelle entrée ! est créée à 15 mètres au nord de la cabane en bois aux oiseaux. Le fil part d'une roche affleurant à 1 mètre sous la surface, à environ deux mètres du bord de la lagune.

Philippe plonge à Xel-Ha 1 afin de compléter le puzzle en suivant tous les fils. Les étapes successives de l'exploration de l'an dernier, ont abouti à un numérotage hasardeux des galeries. Si le fléchage et les distances linéaires sont bonnes, il existe plusieurs même étiquettes dans la cavités. Il est important de reporter les numérotages et les couleurs des étiquettes sur le plan général, afin de ré équiper la cavité ou tout simplement de pouvoir positionner les nouvelles suites. Le fil 1998 de Christian est croisé plusieurs fois, Philippe poursuit de nombreux terminus sans trouver de drains majeurs. L'eau douce est très présente cette année, elle coule au plafond des galeries comme un véritable torrent. D'autre fois, il s'agit d'une lente rivière inversée coulant lentement au haut d'un laminoir de 30 mètres de large. Il y a également de grandes et belles galeries mais qui ne se poursuivent pas. Le grand bute sur le petit qui redonne sur du large. Vaste labyrinthe éclaté où le chemin principal s'égare. Les holothuries sont là, à plus de 700 mètres de l'entrée, solidement fixées sur notre fil de l'an dernier, tendu en pleine eau. Elles sont superbes et ont totalement encroûtées le fil. La marée nourricière vient donc jusqu'ici, la suite est donc par là.

Au retour, le fil est modifié, remplacé par celui tout neuf de Jean Sébastien.

La plongée a duré 3 heures pour 270 mètres de premières. (conso 8 à 9 normo/litres par minute).

Baptême de plongée souterraine d'Edouardo Briones avec Philippe dans le passage entre la Laguna Negra et « l'aquarium ». Edouardo utilise le matériel de Fred, Philippe celui de Christophe. « Je suis léger, bien trop léger avec les deux plombs qui brinqueballe au bout des sangles des bouteilles. Je suis un clochard avec des lumières épuisées. Heureusement, Edouardo est parfaitement à l'aise. Malheureusement l'eau est sale et nous suivons le fil de près. L'avantage est qu'Edouardo ne le lâche pas. Arrivé au trou de lumière, le fil s'interrompt. Il faut sortir sans fil, dans l'aquarium. Pour le retour, je ne retrouve pas le deuxième passage (j'ai un peu oublié la topo depuis un an) et nous revenons par le même chemin, à peine plus sale. » Edouardo est trop content, il a même baptisé la combi de Fred.

La discussion se poursuit au restaurant autours d'une bière bien fraîche. Qu'il est agréable de faire de tel baptême ! ! Nous parlons du problème du loueur de voiture, des explorations à X-Caret et du souhait d'avoir un plan, de la maison,...

Les baroudeurs de la jungle nous rejoignent pour le repas (sans Edouardo qui reçoit sa famille). nous ne comprenons pas l'abattement de Gaël et qu'il ne regarde pas (aujourd'hui) les filles. En fait, Gaël est revenu de sa plongée tout équipé et s'est tué le dos.

Vendredi 20 février

Taj Mahal & co

Innocencio n'étant pas là, Fred et Jess partent discuter avec Feliciano de son cénote à 5 km de la 307, sur le terrain d'Iberra. Il leur indique un terrain un peu plus au sud. (Bifurcation sur la 307 : N 20°28' 01,7 W 87° 16' 16,8 , Cénote au N 20°28' 15,4 W 87° 16' 28,2. En fait, il s'agit d'un puits à eau. Une plongée sera à faire dans ce cénote (Cuéva des traverses), mais il faut une corde.

La plongée d'aujourd'hui aura finalement lieu à Taj Mahal, comme prévu.

Frédéric explore la partie Sud Est , 2 x 66 mètres de fil posé, pour faire 2 jonctions passant par une grande salle et une belle galerie.

Jean Sébastien suit la Golden line vers le 040° puis dans la grande galerie orientée au SE-NO, afin de retrouver le morceau de fil de glonomètre attaché par Christian sur la ligne, lors de sa jonction. Jean Sébastien poursuit jusqu'au rétrécissement de la grande galerie sans rien trouvé (1 h, - 13 mètres).

Passage à la maison pour prendre une corde et retour au cénote des traverses pour que Fred effectue la plongée. Le puits à eau donne sur un tout petit réseau comportant une petite grotte dessous (10 m x 20 m en deux salles. On rencontre la personne qui habite là, mais qui ne connaît pas d'autres cénote à proximité.

X-CARET

Aujourd'hui, Philippe utilise pour transporter le matériel de plongée, la charrette tirée par un âne, qui transporte les vêtements des touristes. La descente se fera à la nage, par la rivière Maya, en compagnie de Christophe, afin d'étudier son parcours.

Au départ des Rios, les touristes se changent et laissent leurs vêtements dans des sacs qui sont transportés aux arrivées. Je profite de ce système pour faire descendre les miens. Etonnement du public qui me voit endosser un scaphandre lourd (bi 10 litres alu) plus tout le matériel d'exploration et de topographie. Un touriste me demandera où se fait la plongée et s'il peut venir avec moi (en apnée sans doute et en payant un supplément !).

La descente sur l'éboulis se passe bien maintenant sans décapeler, en se collant sur la tranche. Ceci dit, il ne faut pas être épais ni se tromper de 20 cm sur le cheminement. Il semble y avoir un autre passage sur la gauche. L'objectif est de faire tous les terminus afin de trouver une suite. Il n'y a pas de grosses galeries mais seulement des portions de grosses galeries. Le paysage est beau, varié, marmites, canyon, méandre, trou de serrure, toute la collection karsto est là.

Au delà de l'effondrement du théâtre, en passant par la gauche, le vieux fil à nœud réapparaît, mais se trouve le plus souvent enseveli sous des blocs de corail. Un 2^{ème} effondrement bloque définitivement la progression. L'explorateur précédent venait d'au delà

de cet effondrement...récent. Les travaux d'aménagement du théâtre semblent être la cause de cet accident. Au retour, une galerie est dans le prolongement du cheminement. Elle aboutit directement au départ, là où un passage semblait se trouver, ce qui permet d'éviter toute la zone d'entrée assez étroite. En fait le souterrain menant au départ encaissé du Rio Maya a été creusé au dépend d'une faille qui se prolonge dessous. Il existait sans doute une petite galerie aérienne qui a pu être agrandie. Sous l'eau, on retrouve cette faille recoupée par un immense laminoir de 30 mètres de large au niveau de l'halocline. Malgré une fouille soignée, aucune suite n'est trouvée. L'eau vient de sous le très vaste effondrement dans lequel a été implanté le jardin botanique. Aucune galerie ne semble contourner cet obstacle. (plongée 3h30 – 12 mètres).

Christophe fouille la zone finale laminante de la galerie des jaguars (-11, 2 heures). 10 mètres de plus tout droit, 10 mètres à gauche, décidément c'est trop étroit de tous les cotés.

Au fond du canyon, ça continuepour 45 mètres de plus . Et M\$£µ§...., c'est de nouveau trop étroit.

Fin des explos et remonté du rio subterraneo pour rejoindre Philippe et retopographier le roi Maya. La topo n'aura pas lieu faute de décamètre. Récupération de tubas égarés par les touristes.

A l'extrémité, Philippe topographie un morceau du cénote polystyrène.

Arrivée de Bernard, Gaël et Guylaine. Le rendez-vous quotidien avec Don Guilbert à Playa est de nouveau un fiasco. Mardi, mercredi, jeudi, magnana, toujours magnana. Il doit rentrer ce jeudi soir ou peut être vendredi matin. On verra (grouik, grouik !)

Après une ballade à Playa (nouvelle cote d'azur mexicaine).

Gaël termine la topographie du cénote près du rio maya. Il reste peut être une suite, au fond dans un chaos de blocs, dont un, éboulé sur le fil d'Ariane. Mais le passage est perdu dans la touille. Tous les points intéressants du secteur sont jonctionnés. La galerie du fond du cénote de Claude est effondrée. Elle ressemble comme deux gouttes d'eau saumâtre à celle de Gaël : même taille, même allure, même canyon au sol.

La journée à X-Caret se finit à la cantine du personnel pour un bref repas (horaire oblige). Puis Gaël et Philippe vont rendre les photos aériennes. Ils discutent avec une responsable puis avec le responsable des travaux qui nous donne un plan d'architecte de l'implantation de toutes les constructions et des chemins. Des cénotes sont indiqués à proximité de la route d'accès, pas toujours accessibles.

Le soir, Edouardo Briones passe à la maison nous apporter la somme que nous avons payé pour le début de la location de la maison. Les responsables de Xel-Ha payeront le reste de la location directement à l'agence de location. Nous sommes enchantés.

Samedi 21 février 1998

XEL-HA

Jess doit poursuivre la fouille du secteur à 95 mètres, à droite de la zone d'entrée de la rivière principale de XEL-HA. L'objectif est toujours de trouver des jonctions entre cette zone et la Laguna Negra. Juste avant la dalle qui remonte, départ au 30°. Arrêt sur rétrécissement. Dans la même zone, 15 mètres sont déroulés en boucle. Cette zone

correspond à des gros blocs décamétriques que l'on contourne en allant d'une direction à l'autre. 95 mètres de topo sont relevés.

Au retour, incursion dans la large grotte à l'Est de XEL-HA 1 où Christian avait tiré une grande ligne droite. Une vingtaine de mètres sont déroulés dans une salle qui s'abaisse de plus en plus, avec beaucoup de vase au sol. Arrêt sur autonomie, ça continue..

Philippe a prévu d'aller au plus loin de la cavité avec un scooter Apollo et 1 relais. Il faut arriver à comprendre cette grotte. Avec un phare à la main, il est plus facile de distinguer les contours de la galerie malgré l'halocline. En fait, les deux galeries ne sont que les deux coté d'un seul et même grand laminoir, le fil d'en face est toujours en vue, à plus de 20 mètres. Il s'agit d'une superbe rivière d'eau douce. Vers la fin, tout est cassé. La zone est broyée, une partie semble même formée de « moon milch ». Quelques diaclases sont plus solides et totalement remplies d'eau douce. De même, il existe en parallèle au laminoir qui forme aujourd'hui la galerie principale, des galeries au profil phréatique qui restent à taille humaine. Ces galeries devaient sans doute préexister au creusement des laminoirs de l'halocline. La fin est chaotique, l'eau passe bien par-là, mais dans une multitude de galeries déchiquetées. La clé de sortie de ce système est sans doute dans cette zone intensément fracturée, mais sera dure à trouver. L'eau très laiteuse et les parois très instables ne facilitent pas les recherches. Heureusement que nous avons muni les bouteilles de Marco de robinetteries DIN.

Christophe est également dans Xel-Ha 1. Objectif, fouiller l'ouest à 250 mètres de l'entrée (nouvelle étiquette :Jess 250), c'est à dire l'arrivée supposée de l'eau douce. Peu après un terminus de Christian, une galerie étroite s'agrandit. C'est une galerie de type rivière européenne, l'eau douce y coule massivement. De nombreux départs se connectent à cette galerie et il est délicat de suivre ce qui semble le conduit principal. Bingo, le courant se perd et Christophe se retrouve dans une cloche d'eau chaude de couleur ocre donc pleine de tanin. Il faudra revenir.

Après report topo, il semble que cette zone soit un peu trop Est pour être « l'arrivée d'eau ».

Bernard doit explorer dans la jungle de nouveau cénote, près de la mer peu après la limite Sud du parc. Malheureusement l'équipe de jardinier n'a pas encore ouvert de brèche. Pas de bol, il n'a qu'un bi-7 litres pour plonger ailleurs.

Départ dans la Laguna Negra au terminus 270 de Christophe. 60 mètres de premières rajoutées dans une galeries en trou de serrure. Arrêt sur éboulis et sur une autonomie bien entamée. **Attention à l'autonomie dans ces eaux chaudes où on ne voit pas le temps passer ! !**

Jungle et ranch Marco

Au Minotaure, Innocencio n'a pas ouvert la brèche menant au nouveau cénote dont il avait parlé à Christian. On n'a pas du se comprendre ou.... En fait avec son frère, il met du sable sur la piste qui mène au minotaure. Tony de Rosa, le tour opérator du Cavem Diving lui a fait livrer plusieurs camion de sable à charge pour lui de faire une piste confortable pour les voitures des plongeurs. Innocencio et son frère cassent donc du caillou à longueur de journée pour boucher les plus gros trous puis tassent du sable. L'accès du Minotaure ne ressemblera bientôt plus du tout, à l'étroite brèche pleine de moustique de l'an dernier.

Du coup, Gael va avec Frédéric voir les cavités chez Marco.

El purgatorio est la grotte où il pompe son eau. C'est un laminoir puis fracture assez bas de plafond, avec de l'eau au fond. Quelques départs sont possibles mais tout est étroit. Ce n'est pas l'entrée d'un nouvel Dos Ojos !

La grotte de Bernardo est haute de 1,5 à 1 mètres avec 30 à 50 cm d'eau. Le fond est du sable ou de l'argile.

La grotte qui avait été vu quand la première équipe était là, a un peu d'eau à l'entrée et comporte 2 salles d'environ dix mètres de diamètres où l'eau fait plus de 3-4 mètres de profondeur.

Le dernier trou est une grande salle avec voûte surbaissée et 2, 3 passages étroits. A 15 heures départ pour le Cénote 55, il faudra revenir plonger les cavités de Marco avec le bi-7 litres, plus confortables pour le portage dans les failles et étroitures.

Frédéric et Gaël retrouve toute l'équipe des bucéo à Xel-Ha pour une collation.

Pour finir, Frédéric et Gaël partent à Playa del Carmen voir Don Guilbert qui est bien rentré de Mérida mais n'est pas là. Du coup, ils font les courses.

Dimanche 22 février 1998

Don Wilbert

Bernard et Gaël retourne chez Don Wilbert. Gaël voit enfin le fameux Don Wilbert, dont il entend parler depuis 1 semaine, le fameux maya blanc du rapport 96-97, celui qui ne se sépare jamais de son fusil, qui a 14 enfants (11 filles et 3 gars, ça fait rêver, surtout que le dernier doit avoir 3 – 4 ans et que le père approche les 65 ans, à vue d'œil). Il les emmène voir 2 cénotes. Son terrain est presque en face de X-Caret, derrière le restaurant Funda Venado.

Le premier Cénote ressemble à celui où Fred est aller se planter dans la boue il y a 4 jours. Gael plonge le deuxième, plus engageant, mais où une dune de sable barre l'entrée. Du coup, il faut creuser et pour passer et la visibilité chute à zéro. Gaël ne sait plus où aller, dommage !

Don Wilbert aurait d'autres cénotes sur ses terres mais il n'y a pas de brèches et elles ne seront pas faites d'ici Dimanche (du boulot pour Christian l'an prochain).

Gael a également vu Pépé ce matin. Il lui a dit que pour Xpu-Ha, les quelques trous sont devenus très difficiles d'accès depuis qu'ils envisagent la construction d'un éco park. Il y a 1 autre cénote vers Akumal mais Pépé doit être avec nous (le doénio étant très spécial et ne laissant entrer que lui). La brèche étant en Z, le cénote n'est pas facile à trouver.

Le terrain de Calica, qui sert de carrière semble truffé de cénotes.

Finalement, Gael plonge chez Marco (son premier fond de trou) dans une belle salle concrétionnée...mais sans suite... désolé Marco ! !

X-CARET

Outre les différents terminus à compléter, l'objectif principal est de trouver les cénotes que nous avons vu sur la photo aérienne et qui devraient être proche de la route d'accès de X-Caret.

Le premier Cénote est évident, il est derrière la colline artificiel qui marque l'entrée du territoire de Xcaret (une partie des déblais résultant des aménagements du parc). Ce cénote est la source de l'eau pompée pour le complexe touristique. C'est le cénote du pompage.

Jess plonge le cénote du pompage. C'est une grande salle de 12 mètres de profondeur, d'une circonférence de 90 mètres. Le départ se fait sur le traditionnel cône d'effondrement,

recouvert de débris végétaux et de terre. Pas de départ visible de galerie. (50 minutes, - 12 m).

Fred et Christophe recherchent les trois Cénotes le long de la route menant au parc. Ils sont connus des locaux rencontrés mais introuvables.

Frédéric replonge le cenote du pompage. Il fouille vers le bas et au milieu sans voir de départ. La salle est grande mais en longeant le plafond on perd l'entrée de visu. Les débris végétaux obscurcissent rapidement la salle. Ce n'est pas encore un site de cavern diving. Au cours de l'explo, Frédéric trouve à mi-chemin sur le cône d'éboulis, un dévidoir type américain en plexi, un peu corrodé.

Dégoûtés de ne rien trouver, Frédéric et Christophe décident d'aller faire des photos à X-Caret, dans le cenote de la tortue.

Christophe va photographier le squelette de tortue coincé dans le laminoir. Fred lui explique le chemin car cet âne a enlevé le fil après sa première (ben ouais, y avait pas de suite alors...). Afin d'être light dans cette cavité étroite, Christophe ne prend que son dévidoir de secours. Cela ne rate pas, fin de fil avant de trouver la tortue. Re-dégouté, il ressort en emmêlant le fil dans ce dévidoir de merde. Fred devra aller reposer un fil correct vers la tortue. A suivre.

Séance photos avec Frédéric dans le cenote polystyrène. La galerie absorbe l'eau, le courant est violent, l'eau est très laiteuse. Ils rejoignent le rio maya. Dépose des blocs pour aller chercher Philippe pour filmer. Mauvais jours, il a fait peu de première et l'eau est trop sale pour filmer.

Du coup nouvelle plongée avec Christophe pour de la photo. Toujours trop sale pour cela. Frédéric rajoute 8 mètres au terminus de Gaël en passant au-dessus de la trémie. Le noir est total pour continuer, malgré le courant (la touille vient sans doute des explorations de Philippe dans le réseau sous la rivière Maya).

Poursuite vers la salle exondée avec photos aériennes à l'appui, puis le rio Subterraneo. Belle traversée !. Le courant aspirant est violent. L'eau est toujours laiteuse sous l'halocline. Au-dessus, c'est cristallin. Dans l'eau douce, on a l'impression de voler au-dessus de nuages de touille.

Philippe est de nouveau seul pour la faille (qui est le bord d'un effondrement) de la rivière Maya. Les mayas le reconnaissent et l'aident en prenant les affaires dans la carriole.

Prospection des dernières galeries situées sous ou à l'Est du Rio Maya. Tout est étroit voir plus. Le décapelage est obligatoire. Le taux de fracture est impressionnant. Dommage que la suite ne soit plus pénétrable, les galeries sont très jolies.

Lundi 23 février 1998

Aujourd'hui, Gael a rendez-vous à l'université de Merida. Guylaine et Bernard en profitent pour faire relâche et visiter Chi Chen Iza et Merida. Retour à 1 heure du matin après une longue journée (au fait ne pas oublier pour les rendez-vous, qu'il y a une heure de décalage entre Cancun et Merida).

Xel-Ha

Jess se met en jambe en continuant la grotte de Xan où il avait plongé il y a deux jours. Pas de courant. Il déroule 25 mètres de fil par principe (ah les principes ! le fil fait en réalité une

nouvelle boucle. C'est maintenant la grotte de l'araignée). Déséquipement et assistance de Fred pour son portage.

Frédéric, aidé de Edouardo, 2 mayas et Jess partent avec un bi 7 litres, pour les nouveaux cenotes dans la jungle. Edouardo les amène à la toute nouvelle brèche. Un premier cenote est laissé sur la gauche le long d'une faille qui est suivie pour arriver à un deuxième. Ce cenote est de type lac, sans paroi verticale donc avec peu de chance de trouver une suite.

Frédéric plonge quand même en vain. Il y a quelques espaces entre des blocs mais aucun passage. Il part ensuite vers le troisième cenote que Jess a trouvé et...casse sa sandale. Dur de se promener dans la jungle, tout équipé en combinaison néoprène avec un bi-7 litres et une sandale cassée (Essuyons notre larme et poursuivons [NDR]).

Guère plus de chance dans le deuxième qui paraissait pourtant plus prometteur. Une petite jonction de 15 mètres entre des blocs mais sans réel départ.

De retour vers le premier cenote, la grande faille attire Frédéric, irrésistiblement. Il plonge. Immédiatement, une grande faille noyée semble se diriger vers les cenotes précédents. Après être passé sous une trémie où il est possible de remonter à l'air libre, c'est le départ d'un beau collecteur. 6 mètres de haut pour 10 de large. Fred l'avait rêvé, Xel-Ha l'a créé. L'enfer du déroulage de fil commence. A mi- chemin, une nouvelle trémie offre une belle cloche et de nouveau le collecteur se poursuit. Et, c'est la sortie, dans un cenote vierge, sans doute situé entre les deux fouillés précédemment. 200 mètres de premières !

Frédéric laisse son fil à l'entrée de la faille. Il fouille le cenote mais ne trouve aucun départ même s'il distingue le collecteur. Il doit redémarrer depuis les autres cenotes.

Il n'y a pas de courant, l'halocline est à - 3,5 m. Axe général 25°.

Philippe replonge la rivière principale. L'eau douce coule de partout. Des suites petites sont trouvées un peu partout. Un effondrement avec quelques os doit trouer la jungle.

Philippe reste équipé et va chercher Edouardo, c'est le jour de sa deuxième plongée souterraine. Bien sur l'eau n'est pas très clair, mais le spectacle reste passionnant. A 50 mètres, une langouste les attend. Au-dessus, le trou de lumière perce la voûte d'une barre de poussière blonde. Eduardo pénètre jusqu'à 150 mètres. Il est enchanté pour pas dire plus.

Une fois de plus, la journée se termine au restaurant de xel-ha avant de faire les tirages des reports topographiques.

Mardi 24 février 1998

Taj Mahal

L'expédition approche de sa fin et il est temps de prendre quelques photos. Taj Mahal que nous avons exploré l'an dernier est un beau studio du mythe Yucatan.

Comme souvent un groupe de touriste s'apprête à plonger. Leur guide leur explique comment il a exploré la cavité puis nous reconnaît (il nous avait accompagné 1 fois, il y a deux ans) et change un peu son discours. Nous retrouverons à la sortie une pelote de fil glono sous le pare brise de la voiture, preuve que nous avons bien été reconnus.

Christophe, Philippe et Frédéric partent faire des photos stéréos. Philippe est aux commandes. Malheureusement les super flashes mexicains de Marco fonctionnent quand ils veulent. Fin de ce round et retour à la case départ.

Christophe repart avec Frédéric comme sujet, sur la Golden Line touristique. Ils se cuisent deux heures au soleil pour se réchauffer.

Troisième plongée, Christophe et Frédéric replongent avec le scooter et deux relais. Ils doivent explorer vers l'aval, à l'angle de la Golden Line. Il s'agit toujours de fouiller la zone où Christian est arrivé à partir d'agua founda, et que Steph avait fouillé en 1996. A la place de la galerie étroite, qu'il avait vu, nos duettistes parcourent une immense salle quadrangulaire, le « Hangar de l'Espadon ». Le deuxième départ signalé par Christian est exploré mais s'arrête 40 mètres plus loin sur une trémie. Une faille se faufile péniblement vers le haut, mais la suite est peu probable là compte tenu des vastes espaces tout proches.

Pour se diriger vers Agua Founda, les plongeurs se placent de chaque côté de la galerie. Celle-ci est bien plus vaste que sur la topographie, le carrefour où se rencontrent 4 fils est une vaste cloche. Malheureusement, aucun nouveau départ n'est découvert. Le cénote déjà découvert en 96 est bien Agua Founda !

Au retour, l'explo ne donne pas plus de résultat. Après avoir croisé le Suisse Allemand et son collègue, Frédéric et Chris rentrent à deux sur l'Apollo, avant de refaire quelques photos dans la vasque d'entrée.

Philippe pendant ce temps part se balader avec Gael. Il est temps de lui montrer du cénote mexicain. Malheureusement il est très lourd car sans stab et a froid car il utilise la combinaison de Christian (son matériel est en train de sécher puisqu'il part demain). Philippe laisse Gael rentrer sur autonomie et poursuit la promenade.

Le spectacle est grandiose, l'eau est claire et en suivant le fil d'Ariane du bout du faisceau d'un projecteur, Philippe peut s'écarter à plus de 30 mètres de la Golden Line. La galerie fait ici jusqu'à 50 mètres de large et descend jusqu'à - 19 m où se trouve une petite galerie, sans qu'aucune suite ne soit trouvée. En poursuivant, la Golden Line donne sur le shunt, par où les américains arrivent parfois. La galerie, non connectée se trouve bien là où le souvenir la plaçait.

Bien que n'y étant jamais allé, Philippe est sûr que le chemin est évident et de plus certainement indiqué par un fil américain, jusqu'à la sortie. Ce shunt, décrit par nos deux alsaciens en 96 comme étroit, est de toute beauté et souvent très large. Par contre le cheminement monte et descend, serpentant plus que dans les autres passages. Les concrétions omniprésentes rappellent un passé émergé. Pari gagné, la sortie est atteinte et bien plus rapidement que par la Golden Line.

Nouvelle promenade avec Gael vers la Golden line Cavern Diving et départ pour l'aéroport. Passage chez Etzel pour payer en liquide et en \$ les robinetteries DIN. Edsel est à peine aimable. Son dernier contact avec les plongeurs français (Claude touloumdjian) le laisse nettement sur son quant à soi malgré sa culture commerciale. Nouvelle tentative chez le loueur de voiture pour récupérer une partie de notre mise, en vain. Des gentils mots sont échangés, requin,... La journée se finira à Playa pour quelques courses et retour à 21 h.

Fred et Christophe attendent Bernard et Jess qui reviendront les prendre en retournant de Xel-Ha.

Xel-Ha.

Bernard est de nouveau dans la jungle. Incroyable quand on se trouve dans ce paradis aménagé qu'est Xel-Ha. Jess le guide vers les cénotes plongés la veille par Fred.

Jess plonge en premier vers 13 heures avec une bonne visibilité (du moins de l'extérieur) et du courant (ce qui change tout). Il déroule 75 mètres de fil sans trouver de départ de grosse galerie. Un petit passage à l'Ouest (250°) donne accès au cénote des aventuriers (celui avec une corde de Tarzan qui pend). Il lui semble sentir un courant qui part à l'Est (100°) vers la Caletta.

Le courant mène Jess vers une grosse galerie qui part au 60°. Il déroule 30 mètres et s'arrête sur autonomie. La marée emmène la touille vers l'aval, c'est une galerie aspirante.

Bernard plonge l'aval vers 16 h 30. Il s'est fait piqué juste avant par une $S\$\$\$££,w\$\$\$...$ de $\$\$\$\$%%\$$ de guêpe de $m\grave{u}\$\$£\$μ ! ! !$. Malgré la visu abominable, il rajoute 100 mètres mais ne peut faire de topo raisonnable. Il s'agit d'un mélange d'eau froide et chaude.

Pendant la plongée de Bernard, Jess part faire la topographie de surface du chemin de ce cénote à celui plongé par Frédéric la veille ainsi que quelques points GPS. Un nid de guêpes astucieusement installé au-dessus du cénote rend la mise à l'eau intéressante. Il s'avère qu'aucun des deux plongeurs n'est allergique aux guêpes (et que les dards mayas valent bien ceux du Brésil).

Mercredi 25 février 1998

Xel-Ha

Bernard poursuit dans le cénote 1 sa plongée de la veille. Aujourd'hui, il lui semble qu'il y a peu de courant. Tant mieux pour l'exploration. Pourtant, il est à peine plus tôt qu'hier ! En fait, dès les premiers mètres, il se rend compte que le courant est toujours là, cela aspire très fort. Il rejoint son terminus avec une mauvaise visibilité due au mélange d'eau douce et d'eau sale. Après environ 60 mètres, il ressort par un passage bas dans la cueva Maya. Cette grotte marine est le lieu d'une aventure : les touristes peuvent pénétrer dans la grotte par un porche qui s'ouvre sur la caletta, nager dans le lac qui remplit la grotte et ressortir grâce à une échelle de bois par l'un des orifices qui percent le plafond de cette cavité. La distance du cénote à la cueva maya est d'environ 200 mètres.

Jess est parti derrière Bernard, mais s'attarde pour fouiller à gauche et à droite dans l'espoir de nouveaux départs. Il ne trouve rien et poursuit dans la galerie principale jusqu'à retrouver Bernard dans la grotte marine.

La fouille détaillée du cénote des aventuriers (grosse corde) ne donne rien non plus !

Minotaure

La journée débute par une discussion avec Innocencio qui casse du caillou, sur les explorations passées, à venir, sur l'eau,....

Frédéric part topographier une branche sud sur le fil américain. Puis, il se change pour fouiller dans la jungle. Il faut retrouver à l'extérieur, en parcourant les différentes brèches, Agua Founda et les cénotes proches (système de Taj Mahal). Les points topographiques sont relevés (ainsi que Taj Mahal et Sagrada en fin de journée).

Philippe est également au minotaure. La cavité a bien changé, peu de moustique là où il s'était fait dévorer l'année passée. Une route (piste) atteint presque le bord du cénote qui a été assaini. Il n'est plus utile de désescalader le bord de celui-ci, un escalier de bois (presque complet) mène à la partie où affleure l'eau. Innocencio a manifestement succombé (on le comprend) aux dollars de Tony de Rosa, ou du moins aux promesses de paradis esquissées. Des tas de sables prêts à être étalés jalonnent la piste. Il s'agit d'un don désintéressé de De Rosa, en échange du travail de la famille d'Innocencio (et d'une exclusivité sans doute).

Du coup, Innocencio n'a pas eu le temps d'ouvrir une nouvelle brèche dans la jungle jusqu'au nouveau cénote que nous espérons si prometteur. Sans doute en 99, si les américains ne le mangent pas !

Philippe plonge dans le labyrinthe où il ne retrouve pas ses vieux fils , où bien loin des carrefours, là où les américains ne passent pas trop souvent. Pas de métrage ni d'indications, Philippe ne trouve pas la suite qu'il devait topographier. Il ère de fil en fil où un Mr Bil le persécute : celui ci à placer des flèches à son nom dans toute la partie que nous avons explorée en 1997. C'est étonnamment agaçant.

Christophe a pour objectif le cénote estrella. Il emmène dans le caisson pour flash un GPS. Il topographie la branche estrella et débouche dans le cénote. Il enlève son haut de combinaison et doit vite le remettre ainsi que la cagoule devant les attaques répétées et décidées des moustiques. Il taille au sécateur une mini brèche jusqu'au sommet du cenote pour relever la position GPS. Dommage la précision est aujourd'hui de 120 mètres ! !Ah ce damné brouillage.

Philippe part avec Fred pour la prospection extérieure,; Agua Funda est le bord ouest d'une vaste « manglar » (où zone d'effondrement bordée de falaises basses). Un cénote, qui rappelle des souvenirs à Philippe, précède la descente dans la zone marécageuse. Il lui semble qu'il s'agit du cénote terminal en partant de Sagrada (C6). Un fil d'ariane y apparaît d'ailleurs.

Dans la « manglar », en suivant le flanc ouest, un cénote précède Agua Funda, un autre lui succède. Nous retrouvons bien l'alignement C7, C8, C9 de 1996. Le cénote Estrella, point extrême du Minotaure dans cette zone n'est pas retrouvé par l'extérieur. Il doit se trouver sur le flanc Est de la mangrove, bien difficile à traverser. Les points GPS sont faits.

Discussion avec Feliciano au crépuscule. Il souhaite une carte comme il y a deux ans. Nous tentons de lui expliquer qu'il faut trouver des premières pour dessiner un plan. Cela ne lui semble pas lumineux. Toutefois, Philippe complète sur place le plan format A1, de 96, avec Agua Funda et la manglar. Maintenant, Féliciano voudrait un plan plus petit pour le montrer plus facilement. Nous lui montrons que le rapport de 96 comporte un plan format A4 et une photo de Taj Mahal en couverture. En fait, la topo est cette fois trop petite. Qu'à cela ne tienne, il nous reste au camp de base un format A3 qui fera exactement son bonheur ! !

Féliciano aime les autocollants et il devient dépositaire exclusif du vieux campeur et digne représentant du conseil général du Val de Marne !

Du coup, il nous indique connaître un cénote dans l'état du Yucatan, il n'y a que 3 km de route (piste ?) puis une brèche de 2 km et l'inconnu. De même un autre cénote plus proche à le même type d'accès. Ce sera pour plus tard car nous sentons une petite fatigue.

Recopie et dessin par Christophe du plan du minotaure. Philippe est sur X Caret. La fin approche, il est temps de tout mettre au propre et de dessiner des doubles pour les locaux.

Jeudi 26 février 1998

Xel-ha

Philippe et Jess partent pour une séance photo dans la rivière principale. L'eau est trouble et la langouste n'est pas au rendez-vous. Jess n'est pas habitué à la photo sous terrain. Il essaie de ne pas faire de touille et d'être naturel. Moralité il paraît pataud et soulève un monstre de touille. Les photos deviennent vite difficiles. Le retour est décidé et devient onirique, deux bonhommes de neige dans le brouillard. Par instant la touille se déchire et nous évite pour quelques secondes de nous cogner. Philippe en a vite marre et fort de ses explorations des jours précédents, décident de sauter dans une autre galerie en partant au compas, plein Est sans poser de fil supplémentaire. Au bout de 20 mètres, le fil guide de

l'autre galerie est retrouvée, mais Jess avec sagesse a refusé de suivre. Il faut aller le rechercher pour poursuivre les photos dans une galerie redevenue presque limpide.

Par malheur, Jess arrive sur autonomie quand l'halocline propre est atteinte. Tant pis.

Philippe part sur la suite de Frédéric dans la galerie « presse agrume ». Celle ci part vers le haut, encore plus à l'est et en parallèle des galeries principales. C'est étroit, et il y a peu d'emplacement pour poser le fil dans cette diaclase. Heureusement la galerie devient bientôt plus confortable. Malheureusement, la galerie principale est retrouvée à peine 7 mètres du terminus de Fred. Il en sera de même à 3 reprises dans les départs qu'il avait signalé. La galerie est bien parallèle à la galerie principale et Fred devient comme Xan, plus optimiste que réaliste. Heureusement un peu de première vers l'est reconforte (un peu) Philippe.

En revenant, Philippe saute d'un fil à l'autre, re-parcourt toutes les galeries. C'est vraiment agréable de reconnaître un labyrinthe. A droite au carrefour, puis encore à droite, un nouveau fil, à gauche, toujours plus loin. Afin de trouver une suite, Philippe s'éloigne largement du fil pour voir d'autre passage et ne pas salir le tracé du fil. Dans cette partie, la topo n'indiquait pas une telle taille. Soudain, les étiquettes indiquent la sortie de l'autre côté. En fait après un instant d'émotion, Philippe reconnaît les lieux, le sol est très blanc, couvert de magnifiques fossiles. Il lui semble qu'il s'agit de la partie Nord Ouest de la laguna negra et c'est bien le cas. Les deux réseaux communiquent maintenant facilement, on passe de l'un à l'autre sans s'en rendre compte.

L'étrange est que l'an dernier, la jonction s'était faite en décapelant pour franchir une faille étroite et en retrouvant un fil de Bruno. En fait cette faille n'était que l'espace entre un gros bloc et la paroi. Le passage que la touille avait masqué était de l'autre côté de ce bloc. Philippe a donc fait la jonction par les deux côtés. Après quelques centaines de mètres, une bifurcation ramène au relais déposé auparavant. Le chemin du retour est retrouvé, il est temps de sortir.

Au retour, Philippe suit les nouveaux fils, que Jess a posé il y a quelques jours. La faille qu'il a explorée se poursuit encore mais devient vraiment trop étroite. L'eau passe peut être par là, mais pas les plongeurs. En revenant, en s'élevant un peu on découvre une grande salle remplie de blocs de la taille d'une maison. Jess a fait le tour de l'un de ces blocs. Nettoyage de ces fils inutiles puis poursuite de la plongée dans la grotte de Christian.

L'eau y est trouble, deux fils se croisent (Xan et Jess). La galerie est globalement rectiligne et fait trente mètres de large. Un léger courant d'eau froide se fait sentir. Le fil de Jess est détendu. En fait un énorme pilier soutient le centre de la salle, et le fil en fait le tour, plus ou moins loin. A gauche, les parois sont vite atteintes, plus à l'Est, une petite galerie se poursuit, nous ne devons plus être loin de la fracture explorée juste avant dans Xel-Ha 1.

Christophe plonge la Laguna Negra pour voir les terminus vers les 500 mètres, dans la zone de la jonction avec Xel-Ha 1 (galerie G). Il fouille tous les départs vers le Nord. C'est l'enfer, soit il trouve des fils PhB 97, soit cela se finit au bout de 10 mètres. Il semble désormais que la zone ait été bien fouillée et finisse définitivement.

A l'aller au niveau du coude vers l'étiquette 340, Christophe voit un départ et parcourt 80 mètres vierges au 350°. Il y a du courant mais la galerie se pince désespérément.

Puerto Aventura

Ce soir c'est la fiesta au camp de base, Eduardo et Marco doivent venir, il faut mettre les petits plats dans les gros, notre guacamolé olé doit être digne de nous, il en va de notre honneur. Pour les tacos, c'est plus facile. La Téquila est prête, les jus frais aussi. Guylaine, notre femme à tous (désolé Nanard) préside. Madame Eduardo n'a pu venir mais c'est fait représenter par une tequila délicieuse. Nous regrettons de ne pas la voir, nous apprécions de la boire.

Toutes les topos mises au propre dans la nuit et tout juste terminées sont examinées, discutées. Eduardo repartira avec celle de Xel-Ha afin de la montrer à Francisco, le directeur de Xel-Ha et véritable cheville ouvrière de l'aide qui nous a été apportée. Francisco souhaite traduire le rapport 97, souhaitons que ce vœu soit exaucé ! Eduardo parcourt le rapport de 96 et souhaite en avoir un.

Eduardo pense que Quintana, l'architecte propriétaire de X-Caret et associé à Xel-Ha nous fera un « kiss » pour le travail que nous avons réalisé à X-Caret.

Nous avons d'ailleurs rendez-vous le lendemain vendredi à 9h30, avec Miguel Quintana pour exposer nos résultats.

Eduardo a obtenu que nous gardions le jeu de photos aériennes, il s'occupera du loueur, reviendra samedi matin à 6h pour notre départ, rendra les clés de la maison, bref, il s'occupe de tout. C'est notre nounou. Merci.

Vendredi 27 février 1998

X CARET

Grand jour, Philippe, Frédéric et Christophe vont voir ce matin Miguel Quintana pour lui présenter les résultats de l'expédition et en particulier nos travaux sur X-Caret.

Eduardo nous accompagne, Miguel Quintana est en retard et nous attendons à la réception. Philippe en profite pour demander à Eduardo quelques petits plans humoristiques de Xel-Ha et un grand modèle si possible. Eduardo marque la demande et... nous aurons le soir même des tee shirts Xel-Ha pour tous les membres de l'expédition, des petits plans et 5 grands posters. Merci Eduardo !

Le bureau de Miguel Quintana est une belle pièce sympa. La table est superbe, l'assise est formée de deux troncs d'arbre nervurés type mangrove portant un plateau de verre.

La carte le passionne. Nous avons reporté les réseaux souterrains, les rivières souterraines touristiques et la plupart des aménagements du parc. Miguel Quintana connaissait un certain nombre de choses mais sans savoir où les situer. Il nous indique qu'un plongeur qu'il avait engagé a découvert 2 km de galeries. Philippe le détrompe car il s'agit des 250 mètres de fil provenant d'un effondrement et qu'il a topographié lors de l'exploration du réseau sous le Rio Maya.

Ses questions portent principalement sur les profondeurs comparées des galeries souterraines par rapport au Rio des Pueblo Maya et du Rio Subterraneo. Il s'interroge aussi sur le recouvrement de roche au dessous des principaux aménagements qu'il envisage. Il dit que le tracé qu'il voit lui donne des idées. Miguel Quintana envisage l'ouverture d'une troisième rivière touristique à partir du jardin botanique mais il craint le manque d'eau pour l'alimenter. Il cherche un endroit pour pomper l'eau, peut être de l'autre côté du jardin botanique, ou carrément dans le terrain d'à côté.

Il savait qu'il y avait une grotte sous l'ancien bâtiment administratif (actuellement les cuisines), car il avait fait faire un forage. Effectivement, le trou du forage est toujours visible au plafond de la grotte exondée qui sous mine cette partie.

Philippe, Frédéric et Christophe lui parlent des cénotes vu sur la photo aérienne du terrain d'à côté, de ceux de la route d'accès à X-Caret. Miguel Quintana affirme qu'il y aura une piste l'an prochain pour y accéder, il veut y faire un golf et est très intéressé.

Nous présentons plus rapidement les résultats de Xel-Ha (environ 1,5 km de nouvelles galeries) ou il envisage également un circuit rivière, puis ce sont les remerciements et congratulations réciproques.

Il est temps de quitter Eduardo et de partir faire quelques photos.

Les trois larrons partent dans la galerie des guépards avec le 28 mm de Marco et ses gros flashes qui décident de mourir au bout de 3 photos. Puis photos en reliefs avec les mêmes dans le cénote en plastique (ou polystyrène).

Philippe revisite quelques terminus, histoire de rajouter un mètres ou deux et de connaître toutes les galeries de X-Caret. Décidément les trémies ne se laissent pas franchir

Aujourd'hui, c'est le repas final à la cantina avant que Christophe replonge.

Christophe poursuit les photos dans le cénote aux tortues. Il photographie les squelettes et voit plusieurs départs qu'il ne va pas fouiller pensant que Fred a fait une fouille exhaustive.

Jess part plonger dans le rio sub terraneo après la séance photo. La visibilité est très nettement dégradée par les évolutions précédentes des trois photographes. Ballade dans le canyon en suivant le fil principal sur 300 mètres, ambiance garantie pour cette plongée ballade ! (45 mn, -12 m).

Avant de quitter X-Caret, nous allons saluer Alexandro. Nous lui indiquons avoir donné le plan à Miguel Quintana car Alexandro est très intéressé. Il veut informer son équipe de secouristes des départs sur les rios touristiques. Il y a en effet quelques disparitions chaque année.

Playa et alentours

Il est temps de faire les dernières courses (mais où sont les tickets de consigne des grosses bouteilles d'eau ! ?).

Arrêt chez Innocencio pour lui donner une topo de Minotaure : la « Granda Mapa du Minotauro ».

Puis arrêt de toute la bande du dernier carré (Bernard, Guylaine, Jess, Fred, Philippe et Xophe) chez Féliciano pour l'achat des couvertures, panchos & co. Nous lui donnons d'abord la topo A3 de Taj Mahal. Il est enchanté, comme l'ont été Marco pour Taj Mahal et Actum Co, ou Eduardo pour Xel-Ha et le système dos ojos. Ce format semble être celui qui convient et qui plait le mieux. [il est important d'y penser les années suivantes ainsi que d'apporter des cartes postales de Paris, des autocollants, des spéléos, et des cartes de France.] Nous entamons une discussion sur la vie avec Féliciano. Frédéric veut lui expliquer ce qu'est le Val de Marne, puis la marnie : une rivière très large qui coule à 200 km de la mer. Pourquoi les cochons (voitures) ne s'appellent pas ainsi en France.

La discussion se finira sur la France, (mais où est ce, de l'autre côté de l'océan ?), le français (quelle drôle d'idée de parler une autre langue), nos âges (lui en a 27 mais en paraît déjà 10 de plus !. En fait même s'il connaît la radio, fait du commerce et possède une voiture, Feliciano est à des années de nous. Notre vie, nos loisirs, notre passion lui restent totalement étrangers. Il veut savoir où nous mettrons les tapis (ben où nos femmes le voudront !), le prix du billet d'avion, le poids des bagages. Différence de civilisation.

La tournée se poursuit chez Marco pour rendre les bouteilles, Lorenza est chez nous, nous la saluerons la bas. Marco passera le soir à la maison avec son superbe tampon de plongée « Dos Ojos » pour les souvenirs.

La soirée se termine tard avec le rangement de la maison. Nous retrouvons des affaires de nos amis portugais un peu partout, parfois détruites. La propriétaire est passée ce matin. Heureusement, nous avons déjà fortement réaménagé mais des doutes subsistaient. Nous

poursuivons avec ses remarques. Elle n'a toutefois pas réagi à la culotte accrochée au lustre, 4 mètres au-dessus de nos têtes !

Samedi 28 février

Branle bas de combat, lever à 5h45 pour finir les bagages. 6 h05 coup de sonnette, Eduardo fidèle est là pour papoter une dernière fois et prendre les clés pour les restituer au loueur. Il n'a pas pu joindre l'agence de location des véhicules. Philippe leur a donné rendez vous vers 7h30 à l'aéroport pour éviter une rotation sur Cancun.

Départ à 7 h, Philippe est au volant, arrivée aéroport à 7 h 50. Nous déchargeons puis retrouvons le loueur. Il exige 1050 pesos et 690 pesos pour 2 jantes qui aurait été cassées par la première équipe. Quoi qu'il en soit ça commence à bien faire, mais il dispose d'une empreinte et sait s'en servir même frauduleusement. On transige à 690 pesos (qu'il se mettra dans la poche, rien n'étant marqué au contrat). L'ambiance devient cordiale, Philippe récupère toutes les empreintes Visa, grandes poignées de main, il a même le culot de nous donner une pub et nous repartons.

Fred est scié, ils n'ont même pas pensé à réclamer l'argent que Philippe a gardé dans sa poche.

Pendant ce temps un drame se joue. Bernard n'a pas d'avion malgré notre confirmation. Caramba, aero mexico ne connaissait pas Guylaine, se sera chose faite, elle s'en mêle. Elle veut garder son homme, elle ne le lâchera pas, c'est un scandale !. Ils devront leur payer l'hôtel. (Je suis toujours surpris de la puissance de ces petits amplis modernes bourrés d'électronique). Du coup, on propose une place sur une autre compagnie (astuce classique, à Mexico ceux de Cancun ne les auront plus dans les pattes), puis en première, puis dans la cabine de pilotage, puis sur un strapontin d'hôtesse (et pourquoi pas sur les genoux de l'hôtesse, Bernard est pas contre mais Guylaine s'agace). En fait, Bernard sera avec nous jusqu'au bout mais l'un de ses sacs (celui du matos photo) suivra à deux jours d'intervalle !

Ce feuilleton, qui nous fait passer plus rapidement l'attente à un défaut. Nous sommes restés dans le hall ouvert à tous. Damned, fatale erreur car revoici le loueur de voiture et son assistant patibulaire ou presque. Ils sont arrivés à Cancun avant de s'apercevoir de leur désinvolture. Philippe hésite entre le « mais on a tout payé, d'ailleurs on a le contrat » et le paiement. Le temps nous presse et nous avons l'habitude de toujours laisser le terrain propre derrière nous et décidons de le payer. L'imaginer se rendant compte de son oubli, nous suffit.

Durant le séjours, nous avons pu voir avancer les travaux de la route. La jungle est raclée sur une largeur de 8 voies (soit 30 mètres environ). Une nuée d'engin travaille jours et tard, très tard, sur ce chantier dantesque.

Un bulldozer éclaircur fonce dans la jungle. Courage, il ne voit pas où il va, arrache les arbres, tangué, pousse les rocs, racle la terre et teste continuellement les voûtes des rivières à découvrir.

L'os blanc du Yucatan apparaît, dénudé de sa peau et de sa chair par les machines impitoyables. Dans cet os marmoréen sont percés des milliers de trous par d'infatigables fourmis humaines. Un bouquet de feuilles est placé dans chaque trou. Plantation, offrandes, non, il doit s'agir d'un drainage écologique (ou économique) de la future route, bien vu non ? . Où peut être est ce le site de futures injections stabilisatrices. Faut pas rêver Sylvain. La réponse est plus simple, plus pragmatique, un après midi d'orage dans un ciel

azuréen nous fait comprendre. Il s'agit de trou de mines ! Ils font sauter la couche superficielle pour atteindre la profondeur voulue. La déflagration teste par la même occasion le terrain. Les rocs sont alors poussés vers les nombreux creux et marigots où l'eau sourd. Toutes traces des conduits enfouis, la suite peut venir. Une chenille de camion tout droit sortie d'un film de science fiction type « the lost world » entre en scène. Ils transportent la terre, la verse puis la tassent par leurs lents et répétés passages. Ils roulent sur cette piste nouvellement créée, puis épandront une nouvelle couche de terre d'une autre texture, d'une autre qualité.

Ce feuilleteage de différentes qualités de terre et de sable constitue le remblais que cimentera un lit de béton. Le progrès avance, mais à côté, Innocencio fait de même, à sa mesure, vers le Minotaure.

Nous aurions aimé prendre l'un de ces engins et de partir tout droit dans la jungle histoire de tracer une vraie brèche. Cela restera un rêve, comme celui de tracer les anneaux olympiques sur l'herbe grasse du golf qui nous borde.

Compte tenu des éléments vécus en 98, il faudra en 1999, vérifier que nous sommes attendus, en confirmant par fax et pas seulement par téléphone et en joignant Edouardo par e-mail (il existe des cars réguliers pour Xel-Ha).

Un maximum de points tels l'hébergement doit être bouclé avant (où, comment). Idem pour les véhicules.

Il est également important d'avoir un fichier avec les noms et coordonnées des personnes rencontrées (maison, voiture, spéléo,...).

Y compris celui des locations de véhicules et des contrats. Un plan pour se rendre aux agences de location est également utile.

Les chemins d'accès aux sites doivent être décrits (de toute façon on en a besoin pour le rapport) Les points Gps peuvent être indiqués.

Un cahier chronologique journal de bord avec le plus d'infos. Si ordinateur, le journal peut être frappé régulièrement sans que cela ne remplace le journal de bord. Plusieurs cahiers topos en fonction des zones.

Au niveau financier, l'habitude doit nous permettre d'avoir une idée précise des coûts. Cela veut dire décider ensemble de la plupart des dépenses. Une dépense non prévue ne se justifie pas forcément.

Impressions

Par Gael

Quand je me suis engagé dans cette expédition, je me voyais déjà à l'orée d'un paradis maya, d'une expérience de découvertes, à la recherche de kilomètres de premières dans des cenotes purs et vierges. J'imaginai, comme dans mes rêves d'enfants, des aventures extraordinaires d'explorateurs perdus dans la jungle. Ce rêve, quand bien même eut-il pu être réalisé au début du siècle et jusqu'aux années cinquantes, restera aujourd'hui du domaine du rêve. Le Yucatan, le long de la côte Caraïbes au moins, est devenu une annexe de la Floride, où les mexicains parlent américain et comptent en dollars, où ce qui fût la résine du Chicklets revient sous forme de Chewing-gum, où l'on peut jouer au golf au milieu de ce qui fût un bout de la jungle, où la guerre pour l'accès à de nouveaux cenotes se fait à coup de billets verts et dont on retire une renommée de «grand plongeur», que l'on peut se payer en louant aux touristes leur frayer cavemicole à des prix exorbitants. Bref, tout ce qui donne aux cenotes, si beaux au départ, une connotation commerciale qui rend les rapports avec les gens beaucoup plus faciles, mais bien moins «vrais». Les cenotes ont pris une image d'El Dorado ou de vache à lait aux yeux de la plupart des propriétaires terriens qui espèrent que le leur deviendra le prochain «Dos Ojos» ou «Nohoch», afin de transformer le sable qu'ils répèndront sur les chemins d'accès en espèces sonnantes et trébuchantes, même si les véritables gagnants restent les propriétaires des clubs de plongée de «Cavern-diving».

Mais laissent là cet anti-américanisme primaire, cette vision n'engage que moi et peut m'être pas partagée par tous. Cette déception a d'autres part été largement compensée par les explorations effectuées et par l'apprentissage que cela m'a apporté en termes de plongée ou d'expériences de vie en communauté.

Journal de Gael, au jour le jour.

Mercredi 11 Février.

L'arrivée à Cancún, au dessus du «Boulevard de las Hoteles» n'est pas des plus engageant, surtout quand il n'y a personne à la réception, que le téléphone ne fonctionne pas et que l'adresse que j'ai, est un peu foireuse. Mais je suis un spéleo et sais me sortir de situations périlleuses (Caramba [NDR]). J'arrive donc chez Marco pour le thé et retrouve João et Ricardo pour l'apéro. À la maison, il y a aussi Christian, Bernard, Anne-Marie, Fernando, Gabriela, Claude, Doris et Bruno.

Christian tente de me mettre dans le bain en me montrant les objectifs atteints et ceux à continuer, je suis censé faire le relais entre les deux équipes. Seulement, je ne dois pas avoir les yeux en face des trous ou bien c'est le doublage simultanée en stéréo de Bruno qui me perturbe, toujours est-il que les explications ne me sont pas claires, d'autant plus que les explications de Christian fusent à grande vitesse, que je ne connais ni le terrain, ni les antécédents des précédentes expéditions mexicaines et que Christian a deux mains supplémentaires sur la carte.

Jeudi 12 Février.

La journée commence au ralenti, on décolle vers 11 heures, le soleil cogne dur, direction «Minotauro» pour une plongée de ré-adaptation bienvenue. Innocencio, le propriétaire maya de ce terrain, a taillé une route jusqu'à l'entrée du cénote qui nous épargne 1 kilomètre et demi de portage dans la brousse. J'aide Ricardo à transporter son matériel pour aller plonger le cénote contigu, «El Bat» à quelques centaines de mètres de «Minotauro». Seulement la distance est à parcourir ici dans une brèche d'un mètre de large, taillée à la machette dans la jungle et rendant la progression difficile.

Je m'équipe après les autres pour ne pas rendre la visibilité quasi-nulle avec mes réglages d'équilibrage. Bernard va voir une possible continuation et Joao et Fernando vont faire de la topographie sur le fil américain. C'est une plongée spectaculaire que la première promenade entre les concrétions de ces réseaux noyés, on a l'impression de flotter dans une caverne. Après quelques réglages, je parcours deux à trois cent mètres sur le fil américain. C'est magnifique, on en prend plein les yeux, l'eau est à 24°C. Le profil des galeries n'a rien en commun avec ce que j'ai déjà pu rencontrer, c'est labyrinthique, il y a de nombreuses formes de vie, l'eau est plus ou moins saumâtre selon la profondeur, au-dessous (l'eau salée est plus lourde) ou au-dessus (majorité d'eau douce) de l'halocline (sorte de miroir entre les eaux plus salées et les eaux plus douce, frontière ou zone de mélange à faible visibilité, où la lecture des instruments est difficile).

Le calcaire est très fragile, la présence de l'halocline érode les parois et fragilise le plafond, toutes ces fines particules se déposant au sol en épaisse couche de sédiments. Autant dire que cela provoque une levée de touille très prompte, blanche, épaisse, mais se déposant rapidement, même avec peu de courant. Parfois, du plafond, se détachent des blocs, de taille plus ou moins impressionnante, qui viennent s'écraser sur le corps du plongeur. Cela peut créer des situations embarrassantes lorsque cela se produit dans les étroitures, ou que la chute de roche est localisée sur la tête du sujet...

J'effectue une tentative de levée de topographie, pour me mettre dans le bain, si je puis dire, qui se révèle moins aisée sur le fil américain que sur du fil métré, comme celui que l'on utilise en France. Cela a l'avantage de ne pas accoler d'étiquettes indiquant des mesures très différentes quand on change de dévidoir ou qu'on explore un diverticule, qui rendent le report de topographie parfois assez confus. Heureusement le logiciel à présent utilisé, Visual topo, permet de reporter les résultats sans se préoccuper des valeurs des étiquettes, ne prenant en compte que la distance entre deux relevés. Cela dit, la méthode américaine a l'inconvénient non négligeable de ne présenter aucune inscription sur le fil, hormis quelques flèches ça et là, et leur norme veut qu'une bifurcation ne soit pas directement reliée au fil principal, mais éloignés de quelques mètres (les fils étant parfois posés à 5 ou 10 mètres du départ de la bifurcation). De plus, l'unique marquage étant la présence de noeuds sur le fil, plus ou moins réguliers (en principe: 1 noeud = 10 pieds et 3 noeuds = 10 mètres), le relevé de topographie doit se faire en contact permanent avec le fil, en comptant les noeuds entre chaque point topo, ce qui n'est pas aisé sur de longues distances. D'autre part, les américains n'utilisent pas d'élastiques, enroulant directement le fil autour de concrétions, diminuant encore la précision. Mais on ne sais pas ce que donne cette méthode de topographie en termes de qualité, nous n'avons pas eu accès aux relevés de topographie des équipes américaines, guerre d'exclusivité oblige...

Je profite du reste d'air de mes bouteilles (10 litres alus, sans protections de robinetterie, mais depuis cette année munies de robinets «din») pour aller voir l'autre côté du cénote et y chercher une éventuelle suite. Seulement c'est étroit, extrêmement touilleux, en forme de fine fracture verticale, et je ne passe pas en capelé. Retour à la maison.

Vendredi 13.

Jour de mauvaise augure, mais je ne suis pas superstitieux, Dieu merci! J'accompagne Christian à Xcaret, pour voir comment et avec qui se font les palabres. C'est le responsable des activités aquatiques, Alejandro, qui nous montre les endroits où l'eau coule, le Rio Subterraneo, le Rio Maya et un ou deux cénotes perdus dans les fourrés, en bordure des chemins. Claude plonge un cénote près du parking et ramène 200 mètres de première, Christian va repérer le rio subterraneo et plonger une faille partant sur la droite dans le sens du courant, et je vais chercher une suite éventuelle dans une galerie apportant de l'eau douce et débouchant dans la partie amont du rio subterraneo.

La mise à l'eau est épique, les touristes vêtus de gilets de sauvetage rose fluo se mettent à l'eau dans un vacarme digne d'une colonie de vacance, «l'eau est froide» disent-ils, moi je ne trouve pas, mais je suis breton... Quelques spécimens sont intéressants, obèses de 150 kilos tentant de trouver un équilibre dans l'eau, essayant à grands bruits de respirer dans le tuba, les yeux exorbités dans leur masque. Bref un spectacle de toute beauté...

La galerie fait une centaine de mètres de long. Une étroiture à droite, vers 70 mètres de l'entrée, ne donne sur rien. Le fond du trou se termine par une salle et une cloche où passent des tuyaux d'alimentation en eau, et une petite faille sur la gauche descend en biais. Seulement, c'est très étroit, ça touille énormément dans cet espace confiné et le plafond me tombe sur le crâne en pluie de blocs de différentes tailles, le dernier plus gros s'écrasant sur mon masque. J'ai beau forcer l'entrée, pieds en avant, mes bouteilles raclent les parois et je ne passe pas, je renonce après 20 minutes d'acharnement, à l'anglaise peut-être...

Christian et Doris me retrouvent à la sortie et Christian me demande d'aller jeter un oeil dans une autre faille passant perpendiculairement au tunnel reliant l'entrée du Rio Maya et celle du rio subterraneo. Cette faille oblique semble être l'amont de celle que je viens de voir, même inclinaison et peu distante. Là aussi, l'entrée est étroite et touille abondamment, touille sombre ici, dûe à des dépôts végétaux. Une fois passée l'étroiture je descends à 6 mètres et rencontre un laminoir d'un mètre de haut, où nagent quelques poissons de belle taille, et ça continue. Je ressort, pour une question d'horaire et ce trou ne m'inspire pas confiance, l'amarrage de mon fil n'étant pas exactement en face de la sortie et c'est mon premier passage dans la touille complète.

La journée s'achève par une conférence de Christian à Xel-Ha, pour le personnel du centre, mayas et mexicains, expliquant la formation du karst du Yucatan, des galeries qui le percent et du but de nos explorations, terminant par une séance de diapositives de plongées, pas toutes dans le bon sens, mais Bruno dit que c'est de ma faute...

Samedi 14.

J'ai passé la journée à Xel-Ha, pour parler avec Manuel Sanchez Crespo, le responsable de la gestion de l'environnement sur le site. Nous discutons poissons et méthodes de travail. Je profite d'être sur les lieux pour y plonger. Je vais me promener dans la branche supérieure jusque vers 500 m de l'entrée. Le courant est très fort à l'entrée et devient quasi-inexistant ensuite. L'arrivée d'eau douce, visible grâce à la présence de l'halocline au plafond, se tarit assez rapidement. Les poissons rencontrés à l'entrée ne semblent pas

s'aventurer plus avant dans le noir parce qu'on n'en rencontre plus ensuite. Par contre les colonies d'ascidies et les éponges se trouvent jusqu'à mon terminus, et le fil posé il y a deux ans en est recouvert. L'aspect général de la galerie ne ressemble pas à celui du «Minotauro», cette galerie a plus l'allure d'une grotte marine, labyrinthe de gros blocs carrés, peu ou pas de concrétions, les parois sont couvertes d'animaux fixés et l'eau est très salée. La marée joue ici également un rôle très important et l'on sent le courant selon que la marée monte (très faible courant dans la galerie), ou descend (courant plus fort car alliant la sortie d'eau douce avec celle d'eau de mer).

Je termine la journée par une visite du site, guidée par Manuel qui me montre les essences d'arbres et me conte les anecdotes qui vont avec. Il me montre également les divers écosystèmes présent les uns à côté des autres. Nous croisons une floppé d'iguanes, mâles et femelles, et d'américains, inévitablement.

Le soir arrivent ceux de la deuxième quinzaine, Philippe (qui a perdu son sac à Mexico, donc quelque peu nerveux, surtout après 10 heures sans manger dans l'avion), Fred, Christophe, Jean Sebastien et Ghislaine (ou plutôt ce qu'il en reste, vu son état de fatigue avancé...).

Dimanche 15.

Ceux qui arrivent remplacent ceux qui partent, João, Claude, Doris et Bruno. Je montre à Philippe et Fred les formalités d'usage pour aller à Xcaret. Pendant que Philippe s'offre une belle frayeur en essayant d'entrer, avec mon matériel, dans la faille que j'avais tenté de passer Vendredi (ce qui me vaudra une remise en forme de mon équipement devenant ainsi plus adéquate et plus sûr), Fred et moi relevont la topographie du Rio Maya, et Jess va plonger ce que nous pensions être le trou qu'avait plongé Christian la dernière fois. La galerie de jess débute à la sortie du Rio Maya, à quelques mètres sur la gauche. Il tombe sur du fil américain au bout de 30 mètres et le suit jusqu'à une bifurcation. Il n'en lève pas la topographie.

Lundi 16.

Aujourd'hui ce sont Ricardo, Fernando, Gabriela et Christian qui partent. Philippe et Ghislaine les accompagnent à l'aéroport, se rendent compte de la belle embrouille de l'agence de location de voiture (qui a déjà tiré le montant total sur le compte de Fernando) et de la corruptibilité de la police qui encaisse l'argent des amendes sur le champ et sans papier (c'est le prix à payer lorsque l'on veut récupérer sa plaque d'immatriculation...)

Pendant ce temps là, je m'entretiens avec un gros propriétaire terrien du coin, Mr Ibaja, qui doit nous montrer sur une photographie aérienne l'emplacement des cénotes situés sur son terrain. Il nous en indique deux.

Bernard et moi emmenons Christophe, Fred et Jean Sebastien à Taj Mahal, leur objectif est de trouver la jonction de la golden line avec le cénote qu'a plongé Christian hier, «Agua funda».

Bernard et moi allons prospecter dans la jungle pour localiser les cénotes indiqués par Mr Ibaja et les positionner au GPS, ainsi que les trois cénotes sans continuation que Bernard a visité hier. Nous passons un long moment à nous repérer, toutes les brèches se ressemblent et les mesures notées sont très approximatives. Nous posons finalement le matériel à un embranchement et se séparons pour prospecter. Bernard va positionner au

GPS les trous qu'il a déjà repéré, et je vais tenter de localiser les cénotes indiqués. Bernard revient au point de rendez-vous avec seulement deux cénotes positionnés, il n'a pas retrouvé le troisième. Je trouve un des deux cénotes, mais il ne donne pas de suite, l'eau est très peu profonde et l'on ne voit apparemment en partir aucune galerie. Bernard est colère, demain il veut plonger.

Mardi 17.

Fred, Christophe et moi allons à Xcaret. Nous passons 2 heures à faire le tour complet du site, afin de s'y repérer et de trouver d'éventuelles galeries. Nous passons par l'aquarium où l'on voit des bassins plein de tortues. Nous repérons deux trous difficilement pénétrables, dont un passage bouché artificiellement pour que les tortues n'aillent pas s'y coincer.

Christophe remonte le Rio Subterraneo pour trouver le départ de Christian et continuer la prospection. Fred plonge dans un petit cénote près du parking, où il trouve un squelette de tortue, une victime du passage de l'aquarium peut-être? Mais si ces galeries communiquaient il y a longtemps, cela n'est plus, en tous cas Fred n'en a pas trouvé la suite ou la jonction. Je vais continuer l'exploration de Jess et en faire la topographie. Je suis obligé de m'arrêter après 40 minutes de plongée, sur autonomie, je suis parti avec un bloc à 70 bars, Marco a oublié de le gonfler. Je rentre en levant la topographie. Au retour, proche de la sortie, je vois filtrer un rayon de lumière, c'est l'entrée du cénote que Claude avait exploré la semaine dernière.

Mercredi 18.

Bernard a rendez vous avec Don Wilbert, un mexicain surnommé «le maya blanc». J'accompagne Bernard pour faire l'interprète grâce à ma parfaite maîtrise du «portugol», mais il est à Mérida, il ne rentrera que demain. Nous suivons donc Marco, Jorge, Jess et Fred qui vont voir le cénote situé sur le terrain du frère de Jorge, à 20 kilomètres au Nord de Playa del Carmen. Ce trou est un effondrement plein de boue dans un champ. Fred s'engage dans une galerie bouchée par la terre et Jess ne trouve pas d'autre entrée.

Fred et Jess retrouvent donc Philippe et Christophe à Xcaret, et Bernard et moi rentrons avec Marco, peut-être plongerons nous le cénote qui est sur son terrain. Finalement, il nous emmène sur le terrain de Jorge où il a plongé un cénote sur 100 mètres il y a un an, mais s'est arrêté sur rien. La route est à quelques trois kilomètres au Nord de Xel-Ha. Il faut parcourir une brèche de 500 mètres, déjà en partie refermée, avec l'équipement. Le cénote est là, radieux. Je m'équipe et plonge avec le bi 7 litres acier, mais sans stab, ce qui me colle au fond pendant toute la plongée. Le trou est beau, n'a pas du tout le facies de ce j'ai déjà rencontré ici, mais ressemble plus à une galerie de chez nous, avec une galerie principale taillée dans un calcaire plus sombre, peu concrétionnée, et des galeries secondaires, principalement des bouclages, sur les côtés. La progression est lourde et lente sans stab et je trace deux lignes parallèles au sol en levant une touille de tous les diables. Je tombe sur 30 mètres de fil métré au bout du fil de Marco, un morceau qu'il avait emprunté à Claude Touloumjan l'an passé, et y ajoute 50m. Je rentre parce que la position de crustacé rampant au fond ne me plaît guère. Je lève la topographie au retour, la touille est déjà en partie retombée.

Jeudi 19.

Je retourne avec Bernard au Cénote d'hier, appelé «Cénote 55» parce que Marco, José et une tierce personne, qui l'ont plongé l'an passé, sont tous nés en 1955. Aujourd'hui nous y allons avec deux bi 10 litres alu. Bernard plonge en premier, et revient une heure et demi après en jurant par tous les saints. Il a perdu sa boussole et sa plaquette topo au fond, et n'a donc pu relever la topo au retour. Ennervé le Booster. Je plonge ensuite, jusqu'à son terminus, 90 mètres après le mien. Une étroiture à 50 mètres du terminus d'hier amène à la suite de la galerie d'un faciès étrangement différent de celui du début, là on retrouve le faciès habituel des cavités locales. Je vais jusqu'au bout, terminé par un rétrécissement sévère, je ramasse la boussole et le carnet de Bernard et lève la topographie jusqu'à mon terminus.

Je vais voir un départ sur la gauche, vers 150 mètres de l'entrée, terminé par une belle salle, au fond de laquelle la seule suite possible est après une autre sévère étroiture circulaire. Je lève la topographie d'une cinquantaine de mètres jusqu'au fil principal. Je lève également la topographie d'un départ sur la droite qui s'avère être un bouclage. Je rentre au bout d'une heure et demi, nous rapportons le matériel à la voiture et rejoignons le reste de l'équipe qui a travaillé à Xel-Ha toute la journée.

Vendredi 20.

Nous retournons avec Bernard voir Don Wilbert qui ne rentre que ce soir. Nous rejoignons le reste du groupe à Xcaret. Je termine la topo de la galerie explorée mardi jusqu'à un chaos de blocs. La première tentative pour passer lève énormément de touille et ne me permet pas de trouver l'entrée pour continuer. Je lève la topographie au retour, ainsi que les 30 mètres séparant la sortie du Rio Maya de l'entrée du cénote exploré par Claude. Je vais au fond de la galerie pour voir si les deux galeries ne peuvent se rejoindre, sans succès, j'ajoute 20 mètres de topographie au terminus de Claude dans une étroiture.

Samedi 21.

Je vais avec Fred faire le tour de tous les trous du terrain de chez Marco, il nous en montre trois, jolies grottes très basses de plafond, où les départs possibles sont trop étroits pour passer ou pour donner suite sur de grandes galeries. Seule possibilité, une belle salle inondée au fond d'une grotte. À revoir. Fred et moi allons au cénote 55 pour en terminer l'exploration, Fred y plonge et fouine dans tous les départ sans trouver de suite, dommage, le Jaguar n'est qu'à 1.5 kilomètre de là.

Dimanche 22.

Nous finissons par coincer Don Wilbert avec Bernard. Il nous emmène voir deux cénotes sur son terrain, quelques centaines de mètres au sud de Xcaret, sur la gauche. Le premier ressemble très fortement à celui où Fred s'est planté dans la boue. Je plonge le second, l'entrée est en bas d'une dune de sable, seulement pour passer je dois creuser, et une fois en bas je ne vois plus rien, et encore moins le sens de la galerie. À revoir, ainsi que celui qui est sur le terrain du restaurant en face de Xcaret.

Nous nous rabatons finalement sur celui de Marco, mon premier «fond de trou», Bernard m'aide à porter mon matos dans les 150 mètres de galerie. C'est une très belle salle, avec un plafond très concrétionné, magnifique, mais j'ai beau tirer du fil dans tous les sens, je ne

déroule pas plus de 20 ou 30 mètres, c'est un vaste effondrement ne laissant pas accès à des galeries. Dommage.

Lundi 23.

Bernard, Ghislaine et moi passons la journée en balade. Matinée à Chichen Itza, site archéologique maya énorme, très beau, si ce ne sont tous les groupes de touristes qui gachent quelque peu le paysage, visuel autant que sonore. L'après-midi se passe en promenade à Mérida, où j'ai rendez-vous avec le Dr Thierry Brulé, ichtyologue travaillant sur les mérours du golfe du Mexique. Après deux heures à parler poissons, je retrouve Ghislaine et Bernard, nous dinons dans un restaurant très sympa et rentrons.

Mardi 24.

Je dois partir ce soir pour rentrer en Europe. Philippe m'offre une balade dans Taj Mahal comme cadeau de départ. Magnifique galerie, le réseau est immense, 10 mètres ou plus de diamètre. Je laisse Philippe continuer seul, mes batteries sont nases et je rentre à la pile. Je fais un petit tour dans ce qui est la zone de cavern-diving, censée être une zone de plongée souterraine d'où se voit la lumière du jour en permanence, la réalité est quelque peu différente, le soleil n'est pas toujours visible, ou bien c'est très limite, un peu osé en mono-bouteille, surtout quand un italien sort avec moins de 20 bars dans son bloc... Au retour, je croise Philippe qui m'offre un deuxième tour gratis.

Nous rentrons à la maison, je termine mes sacs en vitesse, et nous allons à l'aéroport avec Philippe, non sans avoir fait une escale pour engueuler le loueur de voitures dans sa langue et régler quelques formalités, ainsi que pour payer les robineteries. Finalement arrive le moment des au-revoirs et je rentre pour l'hiver français où le froid m'attend. Les autres resteront trois jours de plus avant de rentrer.

Conclusions

Cette expédition aura réuni un total de 13 plongeurs, 4 portugais et 9 français. Malgré les mauvais côtés de l'organisation (nous devions avoir des subsides de Xel-Ha couvrant le montant de l'hébergement, de la nourriture et des déplacements, mais ils ne couvrirent que le prix de la maison), les problèmes divers d'amaques de touristes par les agences de location locales, d'accès à des zones sous main-mise américaine, malgré les coups de malchance et de nombreuses prospections non fructueuses, notre expédition a réalisé de nombreux objectifs.

Le réseau de Xel-Ha a encore grandi, quelques centaines de mètres dans certaines parties du réseau déjà connu et quelques 500 mètres de plus dans les cénotes de Xel-Ha situés hors des chemins praticables par les visiteurs.

Le réseau de Xcaret avait déjà été en partie exploré par un mexicain, payé par Xcaret pour effectuer une topographie du site qu'ils ne virent jamais. C'est la raison de la présence de fil marqué par des noeuds rencontré dans les galeries. Nous avons donc retopographié toute cette partie du réseau, mais avons d'autre part trouvé de nouvelles galeries, effectué

la jonction de plusieurs départs et localisé par superposition les points de départ et les galeries souterraines sur le plan extérieur de Xcaret.

Le réseau du «Minotauro», jonctionné avec deux autres cénottes, «El Bat» et «Estrela» couvre maintenant un très grand développement et pourrait, en jonctionnant avec «Cuzel», «Xpu-Ha» ou «Taj-Mahal» dépasser ceux de «Dos Ojos» ou de «Nohoch».

Le «cénote 55» totalise quelques 300 mètres.

Par ailleurs, notre façon de travailler est très appréciée sur place. Nous donnons les topographies aux propriétaires des terrains, nous les faisons plonger parfois, nous leur expliquons les objectifs et les résultats. Cela leur donne le plaisir de découvrir avec nous et de participer aux explorations.

Gael Monvoisin
Lisbonne, mai 1998