

**CONTRIBUTION DES GRANDS RESEAUX
SOUTERRAINS A LA COMPREHENSION
KARSTOGENIQUE DE LA SERRANIA DE
GRAZALEMA (Andalousie - Espagne)**

**PRISPEVEK VELIKIH JAMSKIH SISTEMOV K
RAZUMEVANJU RAZVOJU KRASA V SERRANIA DE
GRAZALEMA (Andaluzija - Španija)**

J E A N - J A C Q U E S D E L A N N O Y

Résumé

UDK 551.444 (46)

Delannoy, Jean-Jacques: Contribution des grands réseaux souterrains à la compréhension karstogénique de la Serrania de Grazalema (Andalousie - Espagne)

La Serrania de Grazalema (Cordillères Bétiques occidentales) se caractérise par des paysages karstiques remarquables tant en surface qu'en profondeur. Dans cet article, seuls les deux principaux réseaux souterrains de cette région sont abordés: la Cueva de la Pileta et la traversée Hundidero-Gato. Ces deux systèmes endokarstiques dépendent du même niveau de base: le rio Guadiaro. L'étagement de ces réseaux souterrains, d'une part, et l'étude morphospéléologique, d'autre part, permettent de mettre en valeur les différentes phases d'encaissement de ce cours d'eau méditerranéen; phases qui ont provoqué et/ou accentué la karstification de la *serrania* (per-tes, poljés...)

Mots clés: endokarst, remplissages carbonatés, datation, karstogénèse, Serrania de Grazalema, Cordillères Bétiques, Espagne

Izveček

UDK 551.444 (46)

Delannoy, Jean-Jacques: Prispevek velikih jamskih sistemov k razumevanju razvoja krasa v Serrania de Grazalema (Andaluzija, Španija)

Značilnost Serranie de Grazalema (zahodne Betijske Kordiljere) je izrazito razvit kras, tako na površju kot v globini. Članek obravnava dva glavna podzemna sistema s tega področja: la Cueva de la Pileta in sistem Hundidero-Gato. Ta dva endokraška spleta imata isto osnovo in sicer reko Guadiaro. Zgradba teh dveh sistemov po eni strani in študij oblik po drugi strani omogočata ovrednotenje različnih faz vrezovanja tega mediteranskega vodnega toka; ti dve fazi sta povzročili in/ali pospešili zakrasevanje *serranie* (ponori, polja ...)

Ključne besede: endokras, karbonatni sedimenti, datacija, geneza krasa, Serrania de Grazalema, zahodne Betijske Kordiljere, Španija

Address-Naslov

Jean-Jacques DELANNOY

U.R.A. 903 du C.N.R.S.

"Karst et Géosystèmes carbonatés"

Institut de Géographie Alpine

17 rue M. Gignoux

38031 GRENOBLE Cedex

INTRODUCTION

La Serranía de Grazalema qui appartient à l'extrémité occidentale des Cordillères Bétiques (Andalousie, Espagne), se caractérise par une juxtaposition de sierras calcaires culminant à 1654 m (fig. 1).

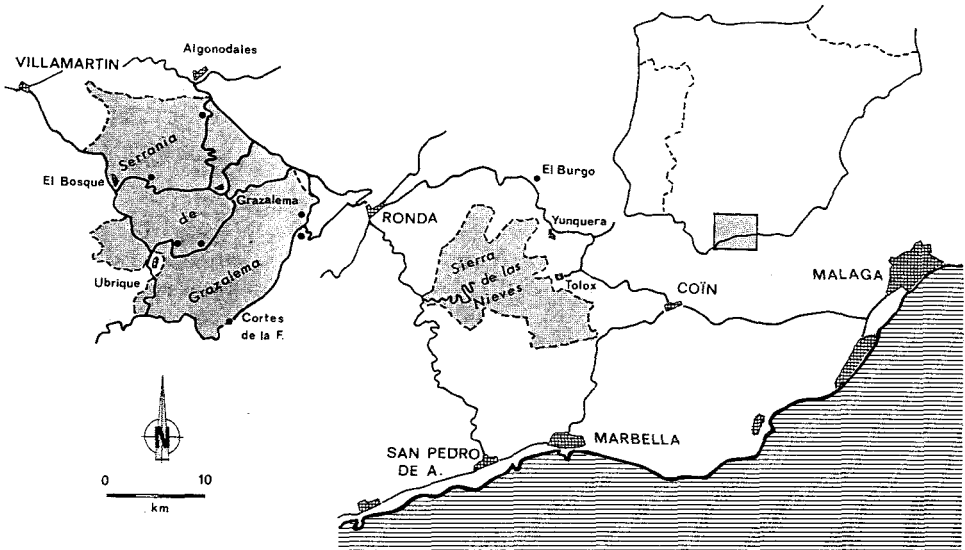


Fig. 1: Situation de la Serranía de Grazalema
Sl. 1: Položaj Serranie de Grazalema

Celles-ci comportent des paysages karstiques de surface remarquables (poljes de Libar, de Villaluenga del Rosario ...) et un karst souterrain développé (DELANNOY, 1986, 1987). Dans cet article, nous nous intéresserons plus particulièrement aux réseaux souterrains susceptibles de définir les grandes étapes de karstification de la Serranía de Grazalema. Peu de réseaux souterrains actuellement pénétrables répondent à cette exigence hormis la Cueva de la Pileta et le complexe souterrain de l' Hundidero-Gato. Ces deux grands cavités se situent dans la vallée encaissée du Guadiaro qui, d'une part, constitue la limite sud-orientale

de la Sierra de Libar et du même coup de la Serrania de Grazalema et, d'autre part, joue le rôle de niveau de base de cette retombée de la *serrania*.

D'un point de vue géologique, la Serrania de Grazalema appartient aux zones externes bétiques qui se caractérise d'un point de vue lithostratigraphique par:

- une série jurassique entièrement calcaire de 400 à 600 mètres d'épaisseur, sur laquelle reposent 200 m de marno-calcaires du Crétacé supérieur-Oligocène (les "couches rouges"). Un flysch autochtone argilo-gréseux aquitano-burdigalien termine la série (Sierra Peralto - las Cumbres - Alconorcales).

L'étude des dépôts molassiques du bassin de Ronde qui borde vers l'Est la Serrania de Grazalema, permet d'affirmer que dès le Tortonien moyen, les reliefs jurassiques commencent à se dégager de leur couverture imperméable crétacée. C'est donc à partir du Miocène moyen que la karstification a débuté dans cette *serrania*.

LES GRANDS RÉSEAUX SOUTERRAINS ET LEURS ENSEIGNEMENTS KARSTOGÉNIQUES

1. LA CUEVA DE LA PILETA

La Cueva de la Pileta (Benajoan) s'ouvre sur la retombée orientale de la Sierra de Libar, à quelques trois kilomètres au sud du village de Benajoan. Cette cavité qui est perchée à 350 mètres au dessus du talweg du Guadiaro, est le témoin d'une ancien drainage souterrain lié à un ancien stade d'enfoncement du rio Guadiaro.

Description des réseaux spéléologiques de la Cueva de la Pileta

Cavité sèche de plus de 2 kilomètres de développement, elle se subdivise en deux étages superposés sur une cinquantaine de mètres et de direction générale Nord-Sud (fig. 2).

L'ensemble de la cavité se caractérise par de larges galeries de type "conduites forcées" (3 à 10 mètres de large). Le raccord entre les deux étages s'effectue par un système anastomosé de galeries en "conduite forcée" de moindre dimension (2 à 4 m). Seuls les réseaux de la Cueva de las Grajas (entrée actuelle naturelle) et de la base de la "Gran Sima" font exception: ils présentent une morphologie chaotique due à des phénomènes de décompression-écroulement.

Un autre trait caractéristique de la Cueva de la Pileta est son important concrétionnement. On distingue trois générations de concrétions:

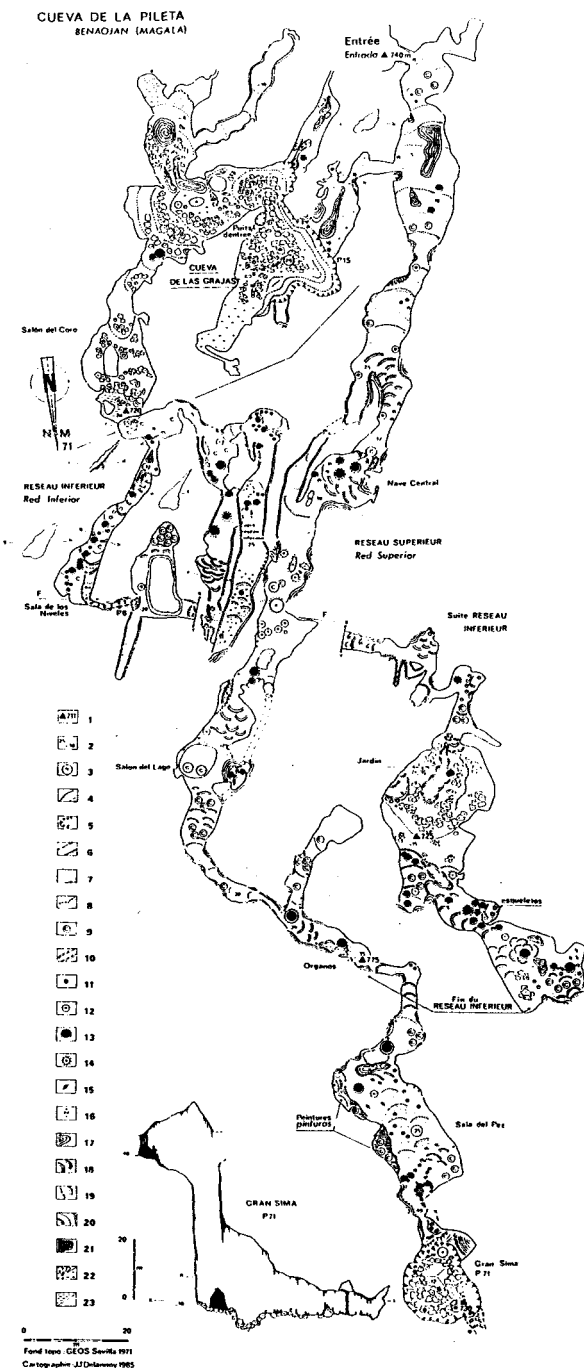
- De puissantes colonnes et coulées stalagmitiques séniles qui ont été postérieurement érodées comme en témoignent les vagues d'érosion qui les sculptent (Type 1).
- Un système de gours-coulées brunâtres stratifiées qui a recouvert le

Fig. 2: Carte spéléo-morphologique de la Cueva de la Pileta (Benaojan)

- 1: Altitude;
- 2: Côte;
- 3: Hauteur du plafond;
- 4: Escarpement;
- 5: Puits;
- 6: Conduite forcée;
- 7: Lac temporaire;
- 8: Chenal de voûte;
- 9: Coupole;
- 10: Coup de gouge;
- 11: Stalactite;
- 12: Stalagmite;
- 13: Colonne stalagmitique;
- 14: idem profilée par érosion;
- 15: Concrétion cassée;
- 16: Draperie;
- 17: Coulée stalagmitique;
- 18: Gours;
- 19: idem non actifs;
- 20: idem étagés;
- 21: Plancher stalagmitique;
- 22: Blocs / Guano;
- 23: Argile / Sable

Sl. 2: Speleo-morfološki načrt jame Cueva de la Pileta (Benaojan)

- 1: nadmorska višina;
- 2: kota;
- 3: višina stropa;
- 4: pobočje;
- 5: brezno;
- 6: tok pod pritiskom;
- 7: občasno jezero;
- 8: sifon;
- 9: kupola;
- 10: merilni (vadozni) profil;
- 11: stalaktit;
- 12: stalagmit;
- 13: kapniški steber;
- 14: erozijski rov;
- 15: razbita siga;
- 16: zavesa;
- 17: siga;
- 18: ponvica;
- 19: suh rov;
- 20: rov v stopnjah;
- 21: tla pokrita s sigo;
- 22: bloki / guano;
23. glina / pesek



plancher des galeries de la Pileta. Ce système est hérité d'une ancienne phase d'écoulements incrustants. Cette génération n'a pas été ultérieurement érodée par des écoulements (Type 2).

- La troisième génération de concrétionnement correspond à de minces encroûtements stalagmitiques partiellement fonctionnels (lors des périodes pluvieuses) (Type 3).

En dehors de l'aspect spéléomorphologique, la Cueva de la Pileta se caractérise par plus de 500 mètres de galeries ornées de peintures rupestres. Leur étude a permis de distinguer cinq phases d'occupation humaine et de représentation picturale qu'il est possible de rattacher à deux grandes périodes; l'une contemporaine du Paléolithique supérieur (Solutrien-Magdalénien); - la seconde du Néolithique (OJEDA, 1973; BULLON, 1983; ARQUEOLOGIA, 1986).

Au terme de cette rapide description de la Cueva de la Pileta, il ressort que cette cavité sèche est complètement déconnectée à la fois du contexte morpho-topographique actuel et de l'organisation des circulations karstiques de la retombée orientale de la Sierra de Libar dont l'un des exutoires (émergence de Jimera de Libar) se situe plus de 350 mètres en contrebas de la Pileta.

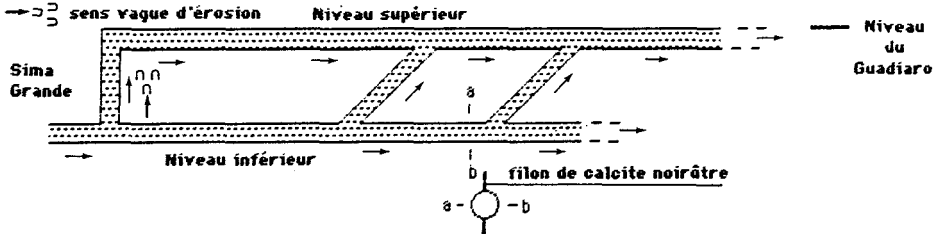
L'évolution spéléogénique de la Cueva de la Pileta

On peut distinguer plusieurs stades d'évolution pour la Cueva de la Pileta (fig. 3):

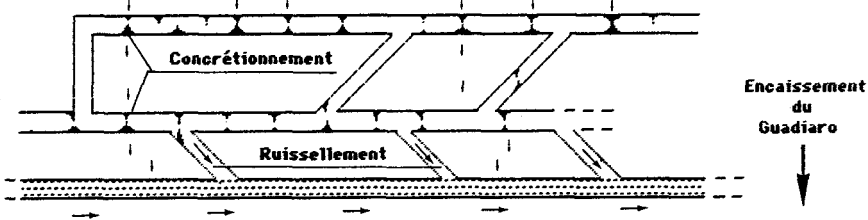
- Stade 1 - La morphologie des galeries en "conduite forcée" et l'organisation des réseaux attestent d'un creusement initial en "régime noyé". Les galeries de la Pileta correspondent donc à d'anciens drains du karst noyé. Si on se réfère à l'organisation hydrogéologique actuelle où le Guadiaro constitue le niveau de base des circulations karstiques de Libar, le niveau piézométrique du karst noyé de la Pileta était vraisemblablement commandé par un ancien niveau du talweg du Guadiaro qui devait se situer aux alentours de 700-800 mètres d'altitude.
- Stade 2 - C'est suite à l'encaissement du Guadiaro que le système de la Pileta est devenu non-fonctionnel d'un point de vue hydrogéologique et que les galeries se sont dénoyées. Dès lors, les réseaux de la Pileta ne sont plus traversés que par les eaux d'infiltration voire par des ruissellements souterrains qui rejoignent la zone saturée du karst, située en contre-bas.
- Stade 3 - Ces eaux d'infiltration sont à l'origine des formations stalagmitiques qui ornent cette cavité. La phase de concrétionnement contemporaine des gros édifices stalagmitiques (Type 1) est particulièrement bien marquée dans le paysage de la cavité. Les datations isotopiques effectuées sur cette génération de concrétionnement donnent des âges plus vieux que 350.000 BP (limite du géochronomètre U/Th).

Stade 4 - Postérieurement à cette période de concrétionnement, les galeries de la Pileta ont été parcourues par des ruissellements agressifs

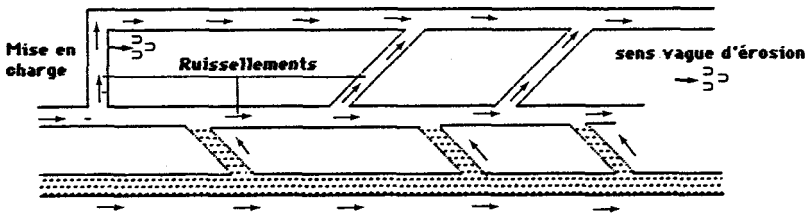
Système de la Pileta : les galeries de la Pileta fonctionnent en drains de la zone noyée



Paléo-système de la Pileta : les conduits évoluent en réseaux spéléologiques le nouveau drain de la zone noyée s'est enfoncé en fonction de l'encaissement du Guadiaro



Les réseaux de la Pileta connaissent un épisode de ruissellements érosifs responsables de l'érosion des édifices stalagmitiques.



Les galeries de la Pileta sont recoupées par le versant suite à l'enfoncement du poljé d'Harilla.

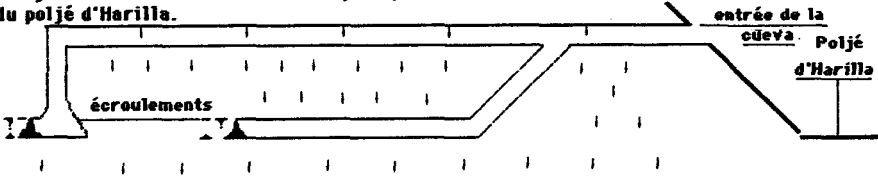


Fig. 3: Evolution schématique des galeries de la Cueva de la Pileta
Sl. 3: Shematični prikaz razvoja rogov v jami Cueva de la Pileta

qui ont érodé les parois et profilé les coulées et colonnes stalagmitiques. Ces ruissellements se dirigeaient vers le Sud comme l'indique l'orientation des vagues d'érosion qui sculptent les parois et les formations stalagmitiques.

Cette nouvelle activité des galeries de la Pileta peut avoir plusieurs origines:

- on peut envisager une remontée du niveau de base ayant entraîné un ennoyage partiel de la cavité. Cette hypothèse apparaît cependant peu probable pour diverses raisons dont la principale est d'ordre tectonique: la gouttière synclinale du Guadiaro a essentiellement fonctionné en subsidence depuis la mise en place fini-burdigalienne des sierra subbétiques.

- L'hypothèse suivante correspond à l'incapacité des conduits de la zone de ruissellement (dont dépend alors la Pileta) d'évacuer le totalité des eaux vers la zone saturée. L'existence d'une tel "barrage" peut entraîner un transfert des ruissellements souterrains vers des galeries pré-existantes tels les paléo-drains de la Pileta.

Quelqu'en soit la cause, les ruissellements érosifs qui ont parcouru les galeries de la Pileta, supposent une puissante activité hydraulique vraisemblablement provoquée par un brusque changement des conditions climatiques par rapport à la phase biostatique précédente (concrétionnement de type 1).

Stade 5 - Suite à cet épisode érosif, les ruissellements souterrains abandonnent définitivement les réseaux spéléologiques de la Pileta. Seules quelques circulations annexes ont, postérieurement, débouché dans les galeries de la Pileta. Ces circulations furent à l'origine d'une nouvelle génération de concrétion: les gours et coulées stalagmitiques brunâtres qui constituent le plancher des galeries de la cueva. Cette génération (type 2) est antérieure aux occupations humaines du Paléolithique supérieur étant donné qu'une partie des peintures rupestres et vestiges préhistoriques repose sur ces concrétionnements.

L'abrupt versant qui recoupe l'entrée de la Pileta et le petit poljé de la Pileta (situé en contre-bas de la grotte), sont assurément postérieurs au fonctionnement de la Pileta en régime noyé (stade 1) mais également à l'épisode érosif qu'ont connu ses réseaux spéléologiques (stade 4); en effet, d'une part, le versant recoupe le paléo-drain de la Pileta qui se trouve perché à plus de 100 mètres au dessus du poljé et, d'autre part, on retrouve à l'extérieur, dans le prolongement de l'entrée touristique de la cueva, des placages de coulées stalagmitiques portant les traces de vagues d'érosion. D'un point de vue morphologique, cela signifie que l'évolution karstique contemporaine des poljés de la retombée orientale de la Sierra de Libar est fort tardive par rapport à la mise en place et au fonctionnement en régime noyé de la Pileta.

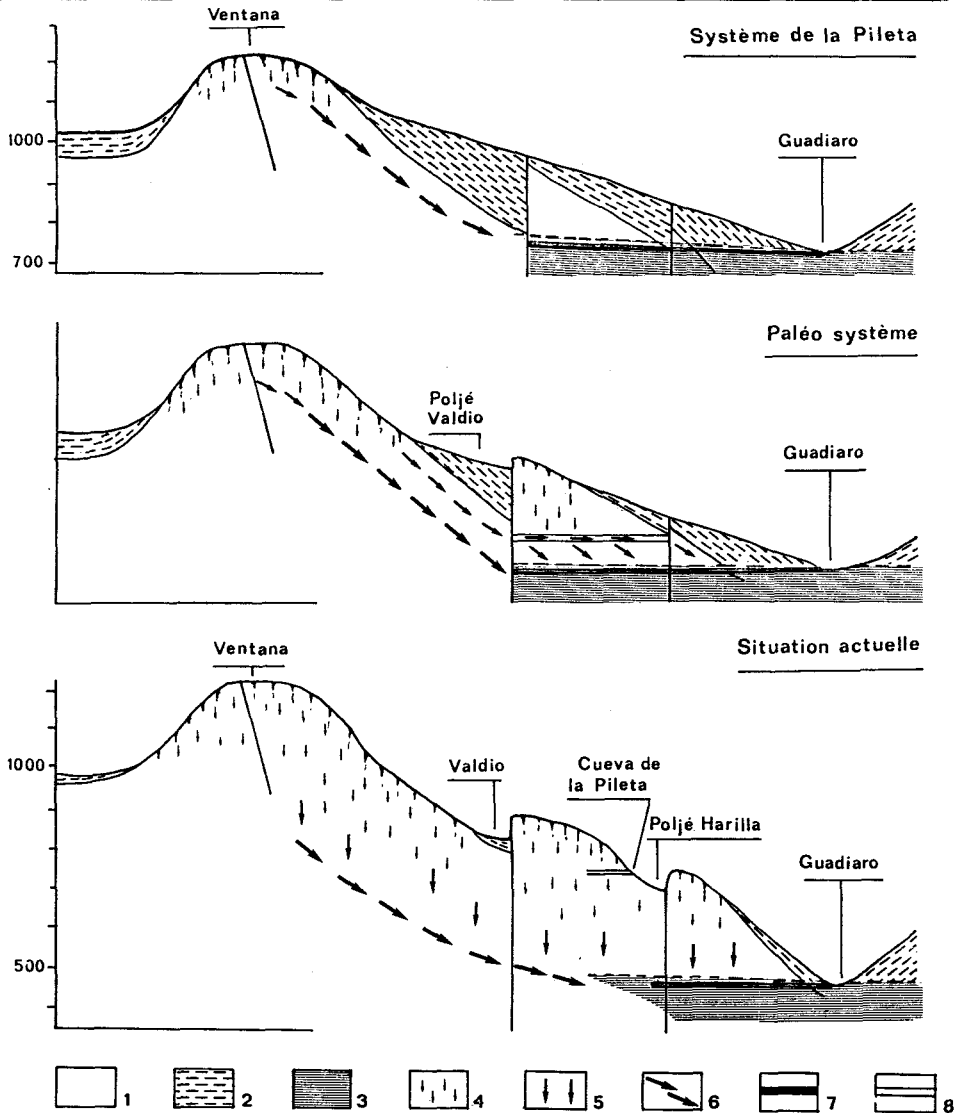


Fig. 4: Evolution schématique du Système de la Pileta dans son environnement morpho-structural et en fonction de l'encaissement du rio Guadiaro

1: Calcaires pénibétiques; 2: Marno-calcaires crétacés; 3: Zone karstique saturée; 4: Zone d'infiltration karstique; 5: Zone de ruissellement karstique; 6: Collecteur (ruissellement); 7: Drain de la zone noyée; 8: Paléo drain karstique.

Sl. 4: Shematični prikaz razvoja sistema Pileta v njegovem morfostrukturnem okolju in vrezovanje reke Guadiaro

1: apnenec; 2: kredni lapornati apnenec; 3: nasičena kraška cona; 4: kraška infiltracija; 5: kraško prenikanje; 6: zbiralnik (prenikanja); 7: odtok iz poplavljenе cone; 8: paleokraški odtok

Les enseignements karstologiques de l'étude de la Cueva de la Pileta

L'étude de la Cueva de la Pileta nous a donc permis de mettre en valeur différentes phases de karstification qui sont (fig. 4):

- une phase de karstification ancienne durant laquelle les galeries de la Pileta fonctionnaient comme des drains de la zone noyée; le niveau de base de ce système dépendant du Guadiaro devait se situer vers 750-800 mètres d'altitude actuelle.
- L'encaissement du Guadiaro entraîne une restructuration du drainage karstique qui se traduit par l'assèchement des galeries de la Pileta.
- L'enfoncement du Guadiaro et implicitement le développement de la karstification ont déclenché l'évolution du poljé de la Pileta. C'est suite à une tel enchainement que la Cueva de la Pileta a été recoupée par le versant et s'est retrouvée perchée à plus de 100 mètres au dessus de ce petit poljé.
- On ne connaît malheureusement pas de réseaux spéléologiques étagés entre le paléo-système de la Pileta et l'émergence actuelle de Jimera de Libar séparés par plus de 350 mètres de dénivellé qui auraient permis de cerner les étapes d'enfoncement du drainage karstique et implicitement de l'encaissement du Guadiaro. Par contre l'étude du complexe souterrain Hundidero-Gato, situé plus en amont, devrait nous permettre de définir l'organisation du système karstique actuel et les phases de karstification liées aux derniers stade d'enfoncement du Guadiaro.

2. LE COMPLEXE SOUTERRAIN HUNDIDERO-GATO

Le complexe souterrain Hundidero-Gato est le phénomène souterrain majeur de la Serrania de Grazalema à la fois par l'ampleur de ses galeries et le développement de ses réseaux qui totalise près de 8 kilomètres (fig. 5).

Situé à l'extrémité septentrionale de la Sierra de Libar - Algarrobo, le complexe souterrain Hundidero-Gato doit une part de sa genèse et de son fonctionnement aux pertes de rio Guadares qui est alimenté par les ruisseaux drainant les collines gréseuses des sierras Peralto - Cumbres - Alcornocales. Ce cours d'eau qui vient buter contre l'extrémité septentrionale de la Sierra de Libar, se perd dans le vaste porche de l'Hundidero (593 m). Le Guadares souterrain traverse la structure en demi-horst d'Algarrobo pour resurgir dans la vallée du Guadiaro au niveau de la Cueva del Gato (423 m). Cette cueva est perchée à une vingtaine de mètres au dessus du talweg de ce rio.

Breve description du réseau spéléologique Hundidero-Gato: l'approche spéléologique

Nous ne décrivons que très brièvement le complexe Hundidero-Gato. Nous nous intéresserons, ici, uniquement aux formes souterraines susceptibles d'apporter des informations karstogéniques.

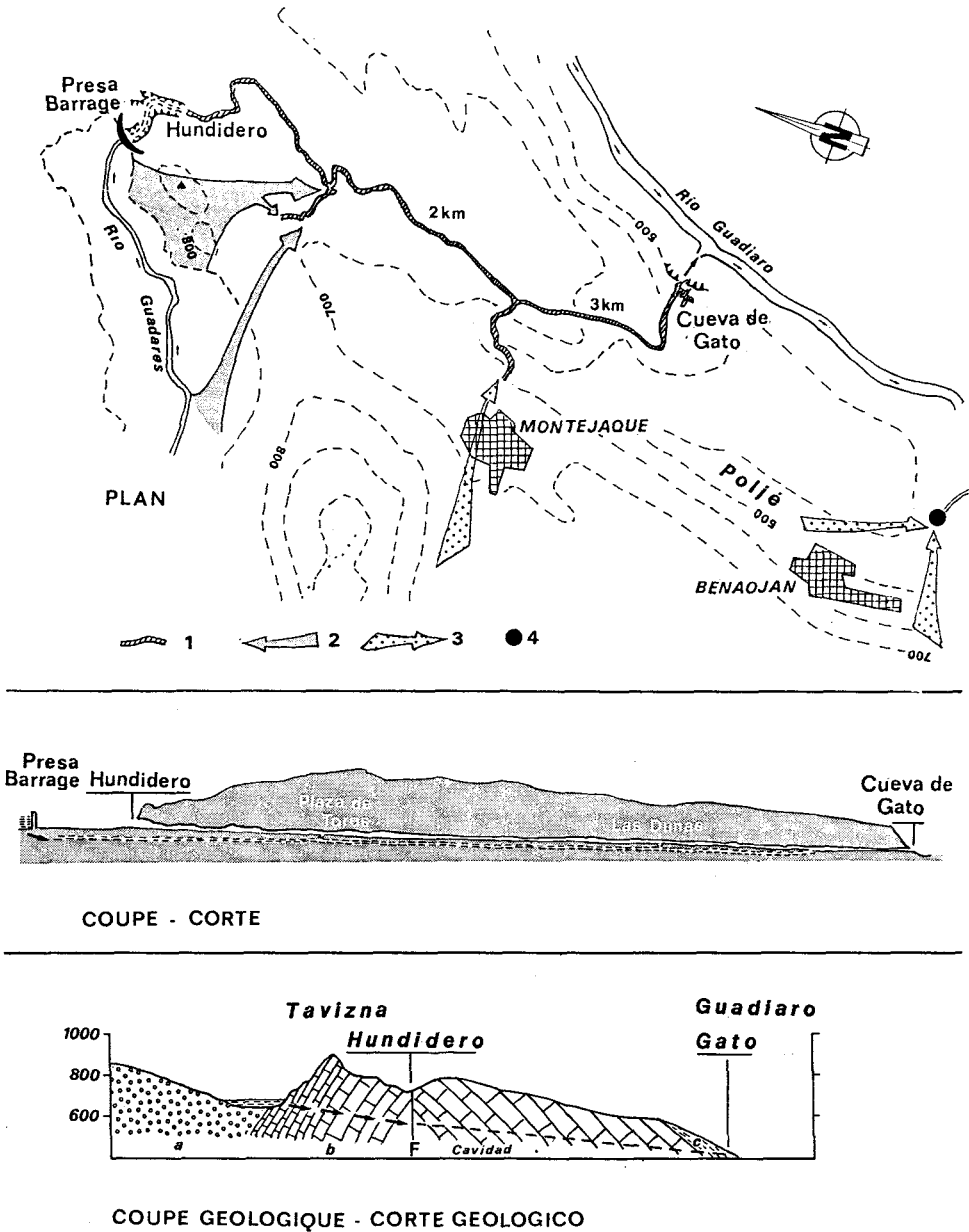


Fig. 5: Le complexe souterrain Hundidero-Gato (Montejaque - Benaqjan)
 Sl. 5: Podzemni sistem Hundidero-Gato (Montejaque - Benaqjan)

L'Hundidero s'apparente à un vaste canyon souterrain accidenté par des méga-marmites de géants d'une dizaine de mètres de diamètre.

Au delà de cette Sala des Gours et jusqu'à la "Plaza de Toros", le réseau s'apparente à une large galerie méandriforme dont le fond est occupé par un lac pérenne. C'est au niveau de ce lac que réurgit une partie des pertes du Pentano de Montejaque, barrage construit au début des années 20 à quelques centaines de mètres à l'amont de la perte de l' Hundidero.

De la "Plaza de Toros", vaste salle d'effondrement circulaire de 60 mètres de diamètre, jusqu'au Cabo de las Tormentas, la galerie est affectée par un surcreusement qui peut atteindre en certains endroits une trentaine de mètres. En période de hautes eaux, cette partie du réseau est parcourue par un véritable torrent souterrain.

Au niveau du coude du Cabo de las Tormentas, se perd une partie des écoulements temporaires. D'autres "pertes-estavelles" jalonnent, en hautes eaux, la "Galeria del Aburrimiento" qui présente un surcreusement de 6-7 mètres. Au dessus du surcreusement, subsistent des témoins de planchers stalagmitiques qui coiffent des dépôts alluviaux de galets. Cette génération de plancher stalagmitique est particulièrement bien visible aux abords du "Salto del Angel".

La Galeria del Aburrimiento reçoit sur sa rive droite, au niveau du km 2,6, une galerie affluente: la "Galeria Nueva" ou "Affluent de Montejaque".

Au delà de cette confluence, le réseau spéléologique change de physionomie. Il présente un profil transversal en trou de serrure: vaste "conduite-forcée" d'une dizaine de mètres de large entaillée par un petit canyon.

Au niveau de la Sala de las Dunas s'ouvre un puits qui permet d'accéder sur une cinquantaine de mètres à un réseau inférieur actif. Lorsque la Galeria del Aburrimiento est parcourue par le torrent souterrain, les écoulements viennent se perdre dans ce puits. Cependant au delà d'un débit de l'ordre de 5 m³/s, le réseau souterrain s'engorge et entraîne une mise en charge partielle de la Sala de las Dunas et le drainage du réseau spéléologique jusqu'à la Cueva del Gato: la "Galeria del Gato".

Ce dernier tronçon se caractérise par une ample galerie en "conduite forcée" légèrement surcreusée. A l'aval, la galerie qui se situe le long d'une fracture, prend de l'ampleur et devient beaucoup plus chaotique.

Enfin, au débouché de la Cueva de Gato, sourde en rive droite un affluent pérenne possédant un régime régulier - Affluent Km 3,8 - et réurgit en étiage dans le lit-même de la galerie les eaux du Guadares souterrain qui se caractérisent par d'importantes variations du débit.

La Cueva de Gato qui débouche en rive droite du Guadiaro, est perchée à une vingtaine de mètres au dessus du talweg de ce rio (fig. 6).

Au terme de cette rapide description du réseau spéléologique Hundidero-Gato, il est possible de retenir les caractères suivants:

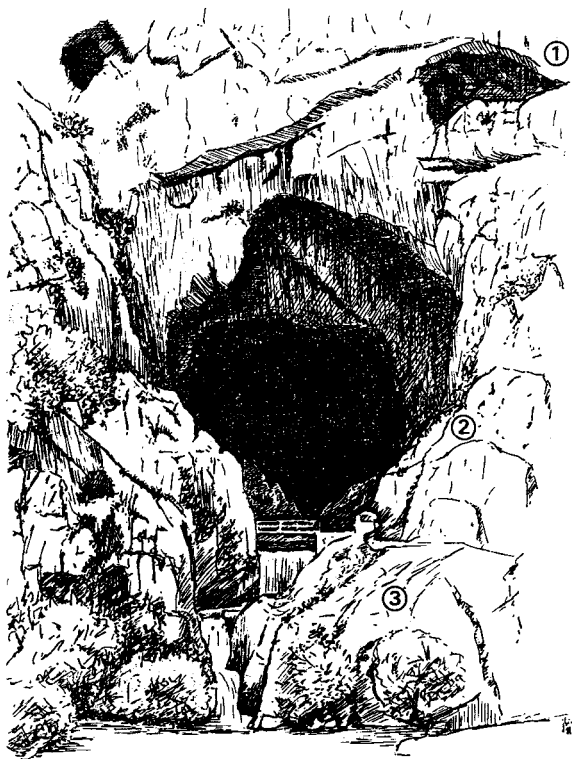


Fig. 6. Aspects morphologiques et position morphogénique de la Cueva del Gato
 1: Entrées supérieures; 2: Entrée de la cueva; 3: Gorge de raccordement.

Sl. 6: Morfološki videz in morfogenetski položaj Cueva del Gato
 1: gornji vhod; 2: vhod v jamo; 3: povezovalno brezno

- Au fur et à mesure de la traversée, la morphologie de la galerie évolue: on passe progressivement d'un réseau de type canyon à une galerie en "conduite forcée".
- L'ensemble du réseau est affecté par un surcreusement. Cependant, en aval de la Sala de la Dunas, ce surcreusement est beaucoup moins marqué.

- La présence de circulations pérennes au niveau de l'exutoire (Affluent Km 3,8) qui présentent un régime et des caractères physico-chimiques différents des eaux du Guadares souterrain, évoque l'existence de connexion entre des circulations karstiques s.s. et le parcours hypogé du Guadares.
- La position perchée de ce réseau et de son exutoire (Cueva del Gato) par rapport au talweg du Guadiaro.

Le fonctionnement actuel du système karstique Hundidero-Gato: l'approche hydrogéologique

Il peut paraître paradoxal de vouloir présenter le fonctionnement actuel du complexe souterrain Hundidero-Gato alors qu'un des agents principal de son agencement, le rio Guadares, en est déconnecté du fait de la présence du barrage de Montejaque. En fait, cette déconnexion n'est qu'apparente. En effet, lors de la mise en eau du *pantano* en 1924, ce sont plusieurs m³/s qui rejoignent le réseau souterrain Hundidero-Gato, laissant rapidement le barrage à vide (en une dizaine de jours).

Afin de localiser les points d'infiltrations et de résurgences, de quantifier les fuites, et de connaître le fonctionnement hydrogéologique, de nombreuses expériences de traçages et études ont été réalisées (Compania Sevillana de Electricidad, inédits et 1968; THEROND, 1973; DURAN VALSERO, 1986; BENAVENTE & MANGIN, 1984).

Des expériences de traçage, et des analyses hydrochimiques, on peut retenir les faits suivants:

- Le réseau spéléologique Hundidero-Gato correspond à un drain temporaire qui devient actif lors des crues du Guadares. En basses eaux, le Guadares rejoint un drain inférieur inconnu, par l'intermédiaire des nombreux soutirages affectant son lit.
- La confluence, au niveau de la Cueva del Gato, d'un affluent karstique (Affluent Km 3,8) qui n'a aucun rapport direct avec le Guadares. Cet affluent possède des variations de débit plus pondérées que le Guadares souterrain.

Ces quelques remarques dénotent que le fonctionnement hydrogéologique actuel du système Hundidero-Gato est beaucoup plus complexe qu'un simple percée hypogée du Guadares. En effet, les travaux de J. BENAVENTA et A. MANGIN démontrent que le système Hundidero-Gato se caractérise:

- d'une part, par un impluvium non karstique (grès et marnes crétacées) drainé par le rio Guadares, qui a pour effet de concentrer, en période de pluies, les eaux de surface vers la perte de l'Hundidero. Cette organisation est à l'origine d'une structure de drainage transmissive.
- par un important karst noyé alimenté partiellement par le Guadares et surtout par les infiltrations karstiques s.s.

Essais de reconstitution spéléogénique du complexe souterrain Hundidero-Gato

Par l'étude hydrogéologique, on sait que, le réseau spéléologique Hundidero-Gato est, d'une part, le siège d'écoulements temporaires durant les crues du Guadares, et, d'autre part, perché au dessus d'un aquifère karstique régional. L'existence-même de ce vaste réseau spéléologique qui résulte d'un creusement souterrain, suppose donc des conditions de creusement et de drainage différentes de celles existant "actuellement". Dans ce contexte, il faut considérer le réseau spéléologique Hundidero-Gato comme l'expression d'une ancienne structure de drainage souterrain.

Plusieurs stades d'évolution relative peut être, d'ores et déjà, mis en valeur (fig. 7):

Stade 1 - La morphologie en canyon de l'Hundidero est liée à un creusement par des écoulements à surface libre possédant un fort potentiel érosif: le rio Guadares dont les eaux charriaient du matériel abrasif (le matériel gréseux). Vers l'aval, les eaux rejoignaient une zone noyée dont un des drains était la Galerie del Gato; cette zone noyée était conditionnée par l'altitude du niveau de base (Guadiaro). Le gabarit des galeries aussi bien de type canyon que de type "conduite forcée", atteste de la "durée" de fonctionnement de cette ancienne organisation des écoulements souterrains, ce qui suppose une relative stabilité du potentiel de karstification et implicitement des conditions tectoniques et morpho-climatiques.

Stade 2 - Suite à un abaissement du niveau de base (Guadiaro), le drainage souterrain doit se réorganiser en fonction des nouvelles conditions hydrogéologiques. Cette réorganisation provoque l'assèchement de la galerie del Gato qui n'appartient alors plus à la zone noyée du karst.

Stade 3 - Malgré cette modification du drainage karstique, il ne fait guère de doute que le réseau spéléologique Hundidero-Gato reste parcouru par des écoulements souterrains à surface libre. On distingue plusieurs phases du ruissellement.

- une phase d'écoulement incrustants qui est à l'origine des cascades et planchers stalagmitiques. Ces formations stalagmitiques de couleur brunâtre qui sont riches en matériel détritique, sont assurément liées à des écoulements non turbulents et incrustants alimentés par le Guadares. Les datations isotopiques de ces concrétions donnent un âge moyen de l'ordre de 80.000 BP. La forte teneur en argile des planchers stalagmitiques a handicapé les analyses et rend les dates moyennement fiables. Néanmoins, le fait de retrouver sur ces

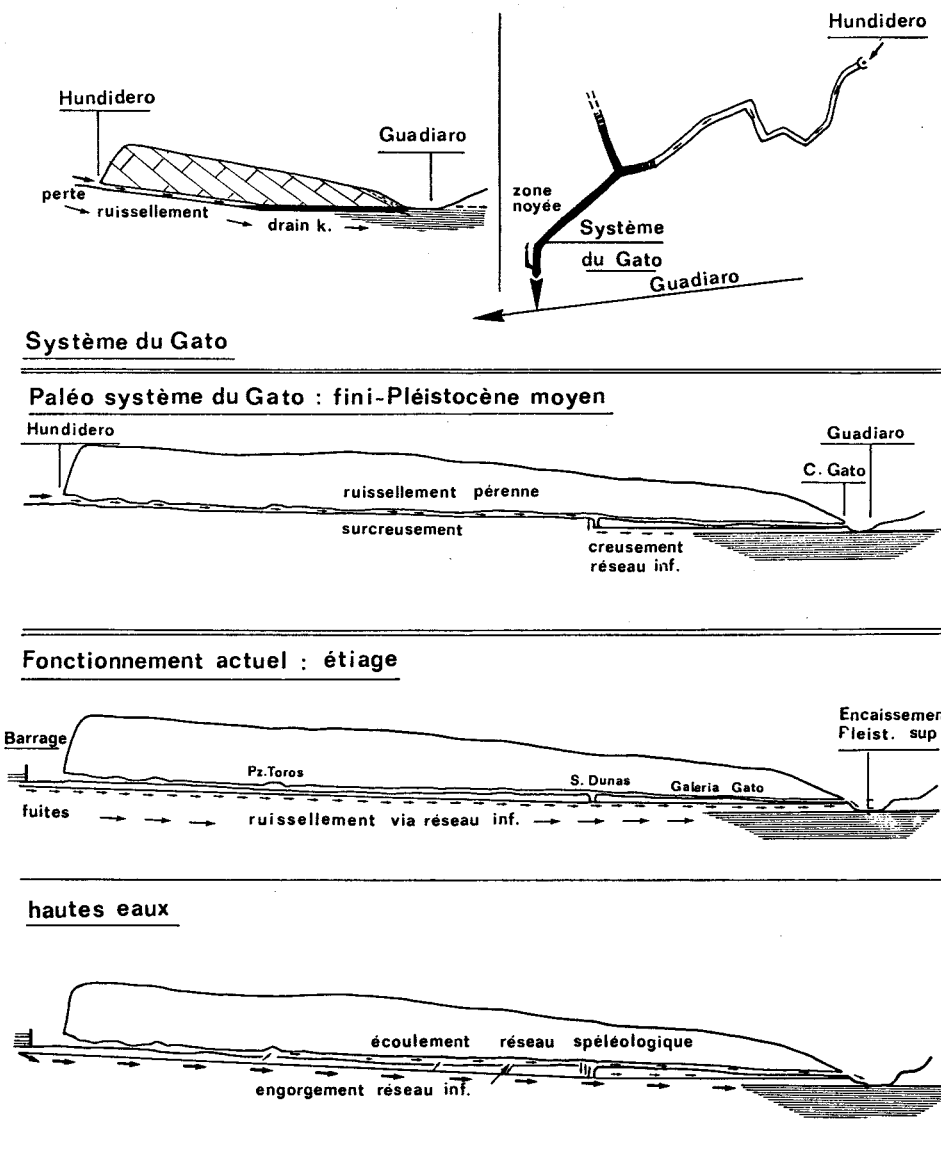


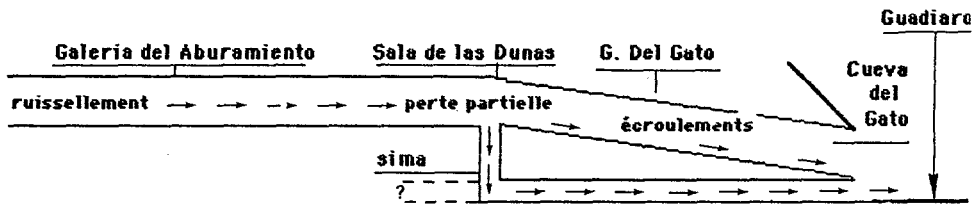
Fig. 7: Les fonctionnements successifs du système endokarstique Hundidero-Gato
 Sl. 7: Zaporedno delovanje endokraškega sistema Hundidero-Gato

divers échantillons, une tranche d'âge relativement similaire située entre 95 et 75.000 BP, autorise à rattacher ces formations à l'épisode émien mais sans plus de précision.
 - Plusieurs arguments permettent d'envisager que cet épisode de

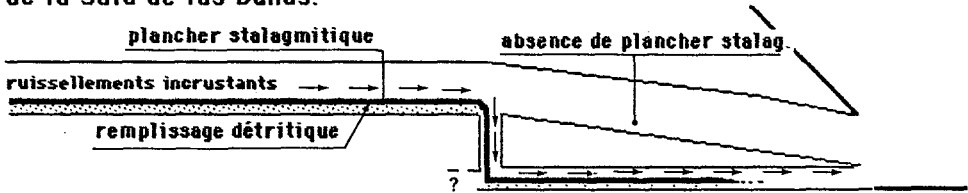
concrétionnement se situe après une première phase d'incision du réseau spéléologique. Le principal d'entre-eux est qu'en amont de la Sala de las Dunas, le plancher stalagmitique éémien coiffe une formation alluviale détritique (galets gréseux) qui colmate un surcreusement méandrique.

- Après l'Eémien, le réseau spéléologique connaît une nouvelle phase d'incision comme en témoignent le recreusement du plancher stalagmitique et le surcreusement méandrique. Ce surcreusement est particulièrement bien marqué dans la première partie de la traversée (fig. 8). A l'aval de la Sala de

Fonctionnement anté-éémien du réseau spéléologique Hundidero-Gato



Fonctionnement éémien : dépôt plancher stalagmitique en amont de la Sala de las Dunas.



Fonctionnement post-éémien : recreusement plancher stalagmitique et remplissages détritiques et surcreusement en amont de la S. Dunas.

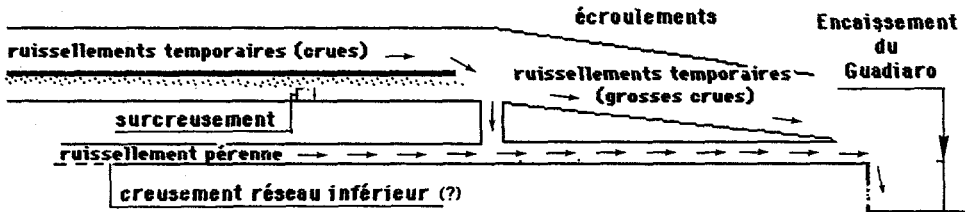


Fig. 8: Evolution du réseau spéléologique de la Cueva del Gato en fonction de l'enfoncement du niveau de base: le Guadiaro

Sl. 8: Razvoj jamskega sistema Cueva del Gato s poglabljanjem erozijske baze: reka Guadiaro

las Dunas, l'incision est beaucoup plus localisée (Paso de las Oclas). Cela peut-être attribué au fait que seule une partie des écoulements transitait par la galerie du Gato; le reste devant au niveau de la Sala de las Dunas rejoindre le réseau inférieur.

Nous avons, précédemment, souligné la position perchée de la Cueva del Gato par rapport au talweg "actuel" du Guadiaro (position d'ailleurs identique pour les émergences de Benaojan et de Jimera de Libar) (fig. 6). A un petit kilomètre en aval de la Cueva del Gato, sur la rive droite du Guadiaro, subsiste un lambeau de terrasse perchée à une vingtaine de mètres au dessus du lit du Guadiaro, c'est à dire au même niveau que la Cueva del Gato. Ce niveau de terrasse a pu être rapporté au Pléistocène moyen (DELANNOY, 1989). Aussi, dans cette hypothèse, l'encaissement basal du Guadiaro qui a perché la Cueva del Gato, serait postérieur au Pléistocène moyen.

Cette hypothèse est, d'ailleurs, confirmée par les tufs situés au débouché de Tajo de Ronda. Les datations isotopiques réalisées sur ces formations donnent un âge de l'ordre de 95.500 BP, ce qui permet de les rattacher à l'épisode éémien. Le recoupement de ces cascades de tufs signifie un creusement vraisemblablement contemporain des épisodes froids et humides du Pléistocène supérieur. Par ailleurs, dans le vallon de raccordement de l'émergence de Benaojan (440 m) au talweg du Guadiaro, se sont déposés des tufs attribués à l'Holocène; ce qui signifie que l'encaissement du Guadiaro par rapport à cette émergence est anté-holocène.

En fonction de ces divers repères chronologiques, on peut donc rattacher au Pléistocène supérieur l'enfoncement du Guadiaro qui a perché les émergences de Libar (Cueva del Gato, émergences de Benaojan et de Jimera de Libar).

Ces différents calages chronologiques nous permettent de confronter l'évolution spéléogénique du réseau Hundidero-Gato avec le cadre morfo-climatique pléistocène moyen et supérieur.

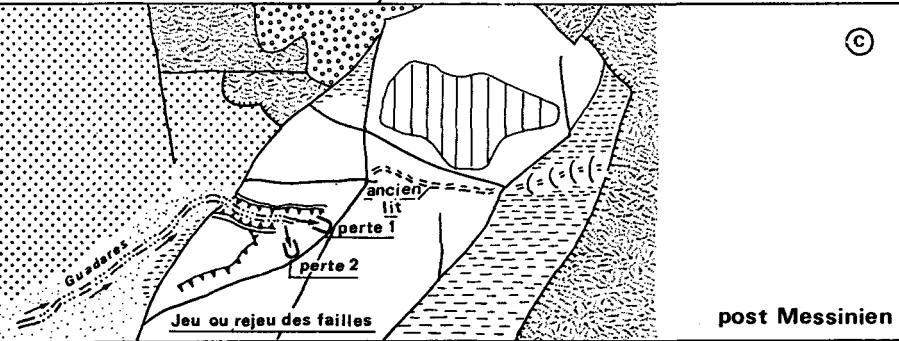
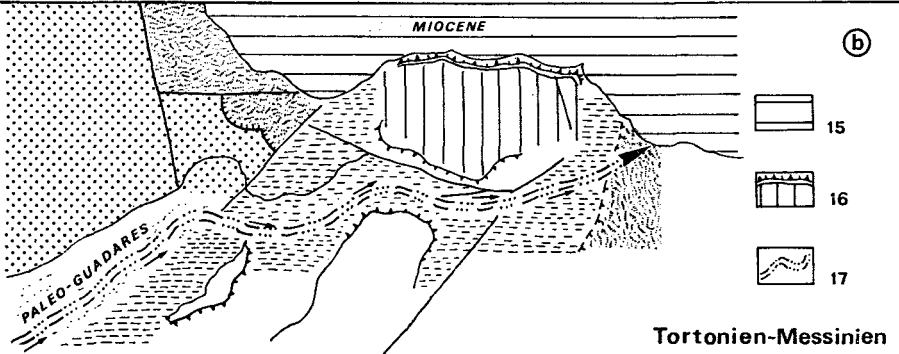
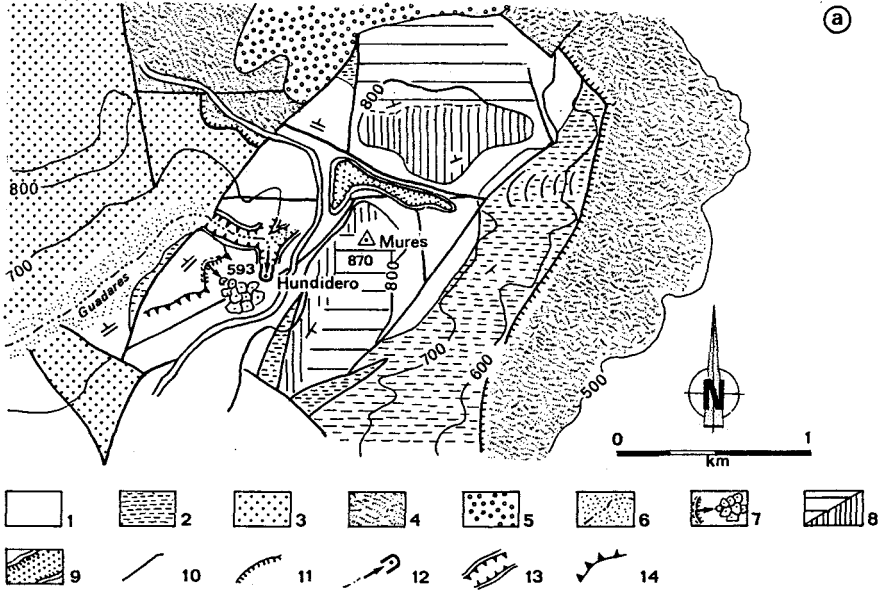
- Evolution anté-éémienne: L'étude des terrasses du Guadiaro a permis de fixer, à une vingtaine de mètres au dessus du talweg actuel, le niveau de ce rio durant le Pléistocène moyen. Les émergences du Gato de Benaojan et de Jimera de Libar se situant à ce même niveau, il est tentant d'attribuer à cette même période la mise en place de ces exutoires karstiques dépendants du Guadiaro. Nous rattachons également à cette période l'entaille partielle de la "Galeria del Hundidero - Galeria del Aburrimiento" et le creusement de la "Sima de las Dunas" pour les raisons suivantes:
- cette phase d'incision est en grande partie antérieure à l'Eémien (puisque'elle est fossilisée par des dépôts détritiques eux-même surmontés par les planchers stalagmitiques éémiens).
- le réseau inférieur del Gato (Sima de las Dunas - Cueva del Gato) se raccorde au niveau de base pléistocène moyen du Guadiaro.

- Evolution éémienne: Durant l'Eémien, les conditions climatiques méditerranéennes étaient favorables au concrétionnement. Le fait de suivre les planchers stalagmitiques pratiquement tout le long du parcours souterrain du Guadares (hormis au delà de la Sala de las Dunas) suppose l'existence de ruissellements quasi-pérennes. Cette quasi-permanence d'écoulements non turbulents peut être attribuée au fait qu'il y avait alors peu de fuites vers un réseau situé sous la galerie de l'Hundidero, soit parce que ce réseau n'était pas encore creusé, soit parce qu'il avait été colmaté.
- Evolution post-éémienne: Le Pléistocène supérieur se caractérise, à la fois, par un encaissement d'une vingtaine de mètres du Guadiaro, et par le surcreusement du réseau spéléologique Hundidero-Gato (recouplement et perchement des planchers stalagmitiques éémiens). Corrélativement à cette incision du réseau spéléologique, s'est agencé le réseau inférieur par lequel transitent actuellement les eaux du Guadares, en dehors des crues. Cette entaille du réseau spéléologique et l'agencement du réseau inférieur ont été, sans nul doute, favorisée par un potentiel hydraulique accru lié aux conditions climatiques de cet épisode (épisode froid et humide).

Réflexions sur la capture du rio Guadares par le karst

Si on arrive à cerner le passage du creusement du drain Hundidero-Gato au système actuel et si l'évolution spéléologique récente a pu être relativement bien calée, restent posées les causes et l'âge de la capture du Guadares par le karst. L'étude des paléo-systèmes de la Pileta et du Gato a mis en évidence un étagement d'anciens niveaux de drainage karstique liés à différentes étapes d'enfoncement du rio Guadiaro. Dans le bassin de Ronde s.s., il est difficile de distinguer des témoins d'anciennes organisations hydrographiques du Guadiaro: par contre, sur ses bordures calcaires péribétiques, subsistent des paléo-morphologies fluviales. Une de ces paléo-formes les mieux marquées correspond à l'entaille de l'extrémité septentrionale de la Sierra de Libar (Nures - Cupil). En effet, dans le prolongement du terme aval de l'actuelle vallée de Guadares, 150 mètres au dessus de la perte de l'Hundidero, se développe une dépression longiforme qui débouche vers l'Est sur le bassin de Ronde (fig. 9). La présence de nombreux galets roulés provenant des collines gréseuses de la Sierra Peralto permet d'affirmer que cette dépression a été parcourue par un ancien cours du Guadares, avant sa capture par le karst. Il est donc important de caler chronologiquement le fonctionnement de cette ancienne vallée du Guadares.

L'étude morphologique de l'extrémité septentrionale de la Sierra de Libar (Mures - Cupil) qu'il serait trop long de développer ici, permet de définir un creusement fini-pliocène de la paléo-vallée du Guadares; l'argument principal étant que cette ancienne vallée recoupe une surface d'aplanissement d'âge pliocène.



Cette ancienne vallée du Guadares se raccordait, sans nul doute, au Guadiaro dont le lit devait se situer aux alentours de 750 mètres d'altitude actuelle. L'existence de cet ancien niveau du Guadiaro vers 750 mètres, est, par ailleurs, confirmée par la présence, à une même altitude, de l'ancien niveau noyé de la Pileta (conduites forcées).

La position d'aujourd'hui perchée de l'ancienne vallée du Guadares, l'assèchement des drain noyés de la Pileta et l'entaille en gorges des molasses (Tajo de Ronda) supposent un important enfoncement du Guadiaro lié à un potentiel énergétique est en grande partie lié au soulèvement post-pliocène. A ce paramètre tectonique, il faut adjoindre le potentiel d'érosif lié aux conditions morpho-climatiques pléistocènes (épisodes froids et humides).

CONCLUSION : LA CONTRIBUTION DES RÉSEAUX SOUTERRAINS DANS LA DÉFINITION DU CADRE KARSTOGÉNIQUE DE LA SERRANIA DE GRAZALEMA

L'étude des réseaux souterrains de la Pileta et du Gato a, d'une part, mis en valeur en étagement de paléo-systèmes karstiques lié aux différents stades d'enfoncement du Guadiaro et, d'autre part, permis de définir l'évolution spéléogénique de ces cavités reflétant relativement bien les variations climatiques. L'étude morphologique de la vallée de Guadiaro (terrasses) et de la paléo-vallée du Guadares ainsi que les datations isotopiques des formations stalagmitiques ont contribué à caler le cadre karstogénique.

Les principales informations karstogéniques qui émanent de cette démarche globale sont (Fig. 10):

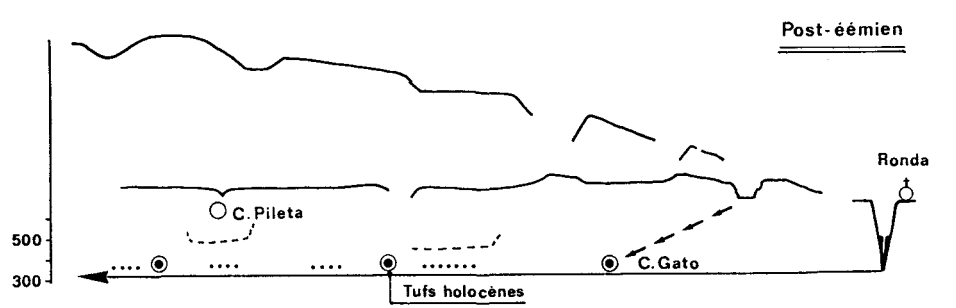
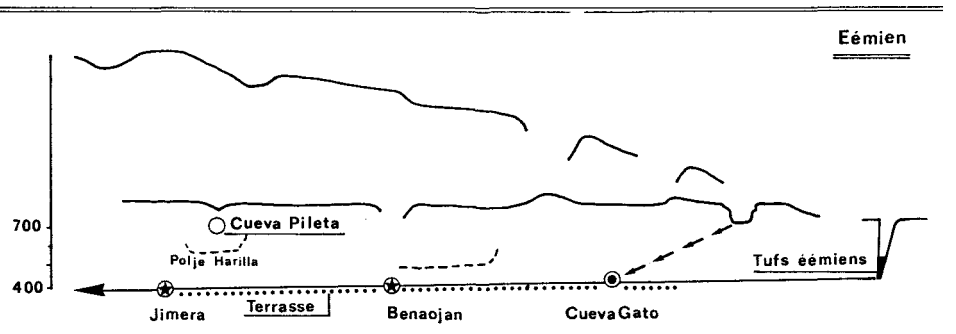
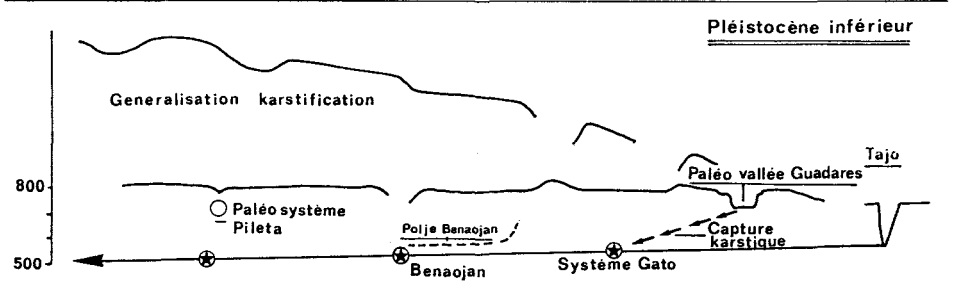
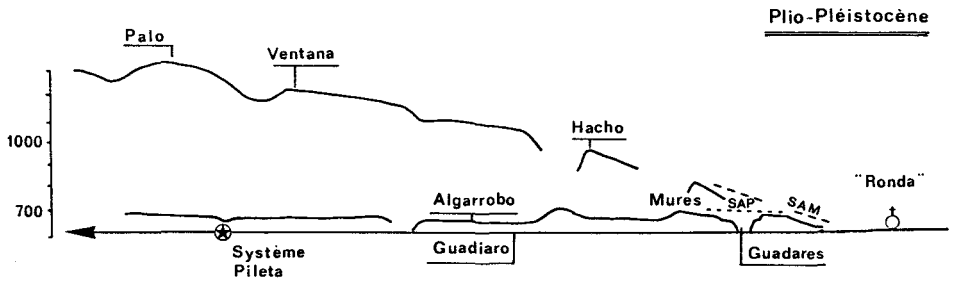
- La fin du Pliocène et la transition plio-pléistocène constituent un épisode charnière dans l'organisation et l'évolution karstique de la Serrania de Grazalema. Cette période se marque, en effet, à la fois par une régression marine, par un soulèvement d'ensemble des Cordillères Bétiques et par une modification du contexte bio-climatique. C'est à cette dynamique d'ensemble que nous attribuons la mise en place et surtout la première phase d'enfoncement du réseau hydrographique dépendant du rio Guadiaro qui recoupe l'aplanissement pliocènes.

Fig. 9: La paléo-vallée du Guadares et la perte de l'Hundidero

1: Calcaires jurassiques; 2: Marno-calcaires crétacés; 3: Grès et sables numidiens; 4: Flyschs; 5: Molasses tortonio-messiniennes; 6: Cours d'eau et dépôts alluviaux; 7: Ecoulement; 8: Surface d'aplanissement messinienne / Surface d'aplanissement pliocène; 9: Dépression fermée perchée; 10: Faille; 11: Escarpement; 12: Perte; 13: Canyon; 14: Crêt

Sl. 9: Paleo-dolina Guadares in ponor potoka Hundidero

1: jurski apnenec; 2: kredni lapornati apnenec; 3: numidijski peščenjak in pesek; 4: fliš; 5: tortono-mesinijska molasa; 6: vodni tok in aluvialni sedimenti; 7: podor; 8: mesinijska uravnava / pliocenska uravnava; 9: zaprta depresija; 10: prelom; 11: strmo pobočje; 12: ponor; 13: canyon; 14: greben



- ⊗ 1
- 2
- 3

Les témoins contemporains de cette organisation hydrographique sont relativement nombreux. L'exemple le plus spectaculaire est assurément la paléo-vallée perchée du Guadares qui se dirigeait vers le bassin de Ronde pour confluer avec Guadiaro dont le talweg se situait aux environs de 750 mètres d'altitude actuelle.

Le creusement plio-pléistocène du Guadiaro a, également, provoqué la karstification des hautes sierras pénibétiques. C'est durant cette phase de karstification que s'est mise en place le système karstique de la Pileta; les galeries en conduite forcée de cette cavité correspondent aux drains de la zone noyée.

La karstification plio-pléistocène des sierras pénibétiques est vraisemblablement restée limitée aux régions sommitales dégagées de la couverture crétacée et qui possédaient un potentiel de karstification à la fois gravitaire et hydraulique; ce qui n'était pas encore le cas pour les reliefs de moyenne altitude, les bas versants et les dépressions toujours tamponnées par la couverture crétacée et possédant un modeste potentiel gravitaire par rapport au niveau de base karstique.

- Le Pléistocène inférieur se caractérise, d'un point de vue géologique, par un soulèvement d'ensemble des Cordillères Bétiques qui est à l'origine d'un puissant potentiel d'érosion gravitaire. C'est durant cet épisode que les cours d'eau ont commencé à entailler de profondes gorges tels le Tajo de Ronda, ou la cluse de las Buitreras (en aval de Cortes de la Frontera).

D'un point de vue karstologique, cet épisode apparaît fondamental puisque suite à l'enfoncement du réseau hydrographique (Guadiaro), la karstification a pu être effective sur l'ensemble de la serrania. Celle-ci est traduite par une profonde restructuration du drainage karstique (cf. système de Gato) et par une désorganisation du drainage superficiel qui se marque, soit par des pertes karstiques (cf. Guadares), soit par l'individualisation des dépressions pénibétiques qui vont dès lors évoluer en poljé s.s. (Llanos de Libar, del Pozuelo, de Villaluenga...).

- Durant le Pléistocène moyen et supérieur, l'enfoncement du réseau hydrographique se poursuit. Cela est particulièrement net dans la vallée du Guadiaro qui a recoupé puis perché la zone noyée du système karstique du Gato qui a évolué depuis en réseau spéléologique

Fig. 10: Les étapes d'enfoncement du Guadiaro et les structurations du drainage karstique dépendant du niveau de base de Guadiaro

1: Drain de la zone noyée; 2: Paléo-drain karstique évoluant en réseau spéléologique; 3: Paléo-drain recoupé par la vallée du Guadiaro et continuant à fonctionner en exutoire karstique S.A.M.: Surface d'aplanissement messinienne; S.A.P.: Surface d'aplanissement "pliocène".

Sl. 10: Stopnje poglobljanja Guadiara in zgradba kraškega odtoka, ki je odvisen od nivoja baze Guadiara

1: odtok iz poplavne cone; 2: paleo-kraški odtok, ki se je razvil v speleološki sistem; 3: paleo-odtok, prerezan z dolino Guadiara sedaj deluje kot kraški odtok. S.A.M.: mesinjska uravnava, S.A.P.: "pliocenska" uravnava.

(surcreusement en méandre, écroulement, concrétionnement ...). L'étude spéléomorphologique de ces réseaux nous a aidé à fixer leur évolution durant le Pléistocène supérieur et à soulever l'inadaptation des exutoires karstiques par rapport à l'encaissement post-éémien du Guadiaro.

BIBLIOGRAPHIE

- ARQUEOLOGIA, 1986: La Cueva de la Pileta, Hoy : Arte Rupestre. - Rev. Arqueologia, 66, 36-44
- BENAVENTE, J. & A. MANGIN, 1984: Aplicacion del analisis de series de tiempo al sistema espeleologico Huididero-Gato. - Actes del I. Congreso Español de Geologia, 3, 541-553
- BOURGOIS, J., 1978: La transversale de Ronda. Données géologiques pour un modèle d'évolution de l'arc de Gibraltar. - Thèse, Ann. Sc. Université de Besançon, Géologie, 445 p.
- BULLON, J.A., 1983: La Cueva de la Pileta. IPEK, 1974-1979, 24, 27-36, Berlin
- CADET, J.P. & J. FOURNIQUET & M. GIGOUT & M. GUILLEMIN & G. PIERRE, 1978: La néotectonique des littoraux de l'Arc de Gibraltar et des pourtours de la mer d'Alboran. - Quaternaria, 185-201
- COMPANIA SEVILLANA DE ELECTRICIDAD, 1968
- DELANNOY, J.J., 1984: La Serrania de Grazalema (Cordillères Bétiques occidentales). - Travaux E.R.A. 282, 13, 1-54
- DELANNOY, J.J. & F. DIAZ DEL OLMO, 1986: La Serrania de Grazalema (Cadiz - Malaga). - Karstologia Mémoires, 1, 55-69
- DELANNOY, J.J. & GUENDON, J.L., 1986: La Sierra de las Nieves (Malaga). La Sima Gesm.- Karstologia Mémoires, 1, 71-85
- DELANNOY, J.J., 1987: Inventaire bio-géographique des espaces naturels d'Andalousie: La Serrania de Grazalema et la Sierra de las Nieves. - Casa de Velazquez - Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucia, 50 p.
- DELANNOY, J.J. & F. DIAZ DEL OLMO & G.A. PULIDO BOSH, 1989: Libro-guida de la Reunion franco-española sobre los karsts mediterraneos de Andalucia occidental
- DIAZ DEL OLMO, F. & J.J. DELANNOY, 1989: Cordilleras beticas: el subbetico y las zonas internas. El karst en España.- Monografia num. 4 de la S.E.G.
- DURAN DELGA, M., 1980: la Méditerranée occidentale: étapes de sa genèse et problèmes structuraux liés à celle-ci. - Livre Jubilaire Soc. Géol. française, Mémoires h.s., 10, 203-224
- DURAN VALSERO, J.J., 1986: Estudio estadístico de la correlacion entre la precipitacion y el caudal en un rio subterraneo: Sistema Huididero-Gato. - Andalucia Subterranea, 6, 11-36
- ERASO, A.R., 1986: Aplicacion del metodo de prediccion de las direcciones de dreanaje al karst de la Sierra de Libar (Malaga). - Agua en

- Anadalucia, Actas del II. Simposio sobre el Agua en Andalucia, 291-302, Granada
- GIGOUT, M. & J.P. CADET & J. FOURNIQUET & M. GUILLEMIN & G. PIERRE, 1977: L'histoire tectonique récente de l'Arc de Gibraltar et des bordures de la mer d'Alboran: la chronologie du Quaternaire. - B.S.G.F., 7, 19, 575-614
- GIGOUT, M. & J.P. CADET & G. PIERRE, 1974: Sur le comportement de l'Arc de Gibraltar au Quaternaire récent d'après les déformations littorales. - 2ème Réunion des Sciences de la Terre, 167 p., Nancy
- LHENAFF, R., 1977: Les formes majeures du relief karstique dans la Sierra de Libar.-
- LHENAFF, R., 1986: Répartition des massifs karstiques et conditions générales d'évolution. Karstologia Mémoires, 1, 5-24
- LHENAFF, R., 1986: Les grands poljés des Cordillères Bétiques andalouses et leurs rapports avec l'organisation endokarstique. - Karstologia Mémoires, 1, 101-112
- OJEDA VILLAJERO, F., 1973: La Cueva de la Pileta. - Jabega, 4, 64-71, Malaga
- ORUETA, D. de, 1919: Informe sobre el reconocimiento de la Serrania de Ronda. - Bol. Inst. Geol., 11, 201 p.