

REGISTROS CARSTOLÓGICOS REPÈRES KARSTOLOGIQUES

Joël RODET

O terreno cárstico de São Domingos desenvolve-se numa zona de transição, salientada pela sua posição de fronteira na organização administrativa do Brasil, onde encontram-se os Estados de Goiás, Tocantins e Bahia, nos limites das duas grandes regiões: Centro-Oeste e Nordeste. Essa posição intermediária não se deve unicamente à boa vontade dos homens. A situação geomorfológica é também intermediária, de contato: São Domingos desenvolve-se ao pé de uma frente de cuesta, inteiramente virada para a depressão periférica que drena o Paranã, afluente da margem direita do imenso Rio Tocantins. Após ter-se lentamente elevado a partir de Barreiras, percorrendo o Chapadão do monótono reverso de cuesta da Serra Geral, o contraste é surpreendente quando balançamos sobre a frente: após a plana Bahia, Goiás parece bem cortado, e São Domingos está lá, exemplar.

As cavernas exploradas na região de São Domingos oferecem um desenvolvimento acumulado importante para o Brasil, pois com mais de 60 km de galerias topografadas, constituem o segundo conjunto espeológico da América do Sul. Trinta e sete quilômetros foram topografados durante a expedição Goiás 94. O conjunto dessas cavernas apresenta elementos semelhantes que permitem considerar uma evolução comum; cada sistema oferece, no entanto, aspectos específicos que salientam as condições locais dessa evolução.

A REGIÃO DE SÃO DOMINGOS : UMA ZONA DE TRANSIÇÃO

A região de São Domingos é difícil de ser qualificada, simplesmente porque não representa uma unidade individualizada, mas uma zona de contato entre dois meios completamente opostos.

Le terroir karstique de São Domingos se développe dans une zone de transition, soulignée par sa position frontalière dans l'organisation administrative du Brésil, au contact de l'état de Goiás avec ceux de Tocantins et de Bahia, à la limite des deux grandes régions Centro-Oeste et Nordeste. Cette position charnière n'est pas due uniquement au bon vouloir des hommes. La situation géomorphologique est elle aussi une charnière, un contact: São Domingos se développe au pied d'un front de cuesta, entièrement tourné vers la dépression périphérique que draine le Paranã, affluent en rive droite du fleuve géant Tocantins. Après s'être lentement élevé depuis Barreiras en parcourant le « Chapadão » du monotone revers de cuesta de la Serra Geral, le contraste est saisissant quand on bascule sur le front: après la tabulaire Bahia, Goiás paraît bien découpé, et São Domingos est là, aux premiers rangs.

Les cavernes explorées dans la région de São Domingos offrent un développement cumulé important pour le Brésil, puisqu'avec plus de 60 km de galeries topographiées, elles constituent le deuxième ensemble spéléologique d'Amérique du Sud. De celui-ci, 37 km furent topographiés durant Goiás 94. L'ensemble de ces cavernes présente des éléments semblables qui permettent d'envisager une évolution commune, chaque système offrant cependant des aspects spécifiques qui soulignent des conditions locales de cette évolution.

LA RÉGION DE SÃO DOMINGOS : UNE ZONE DE TRANSITION

La région de São Domingos est difficile à qualifier simplement car elle ne représente pas une unité individualisée mais une zone de contact entre deux milieux résolument opposés.

1. A Leste, um reverso de cuesta

Por um lado, a Serra Geral de Goiás não passa de uma zona culminante de uma monótona elevação lenta e contínua de um maciço monoclinal de argila arenosa a partir das margens do Rio São Francisco. Esse longo reverso de cuesta desenvolve-se por aproximadamente 300 km, passando da planície do Rio São Francisco, por volta de 450 m de altitude, a mais de 1 000 m (1 028 m perto de São Domingos) sobre a cornija ocidental, chamada de Paredão. A parte ocidental, próxima a São Domingos, apresenta-se na forma de uma imensa extensão plana e desnudada, talhada por raras viscosidades de vales direcionados para a bacia superficial do São Francisco (rios cataclinais), exceção feita da montante do rio São Domingos, que dirige-se para oeste (rio anaclinal). Esse platô desértico é cheio de imensas fazendas de monocultura que se estendem a perder de vista, empurrando a cada dia que passa a vegetação original de Cerrado. O viajante que não suportar a solidão ou os horizontes sem obstáculo, deve evitar esse setor...

2. A Oeste, uma depressão periférica

Por outro lado, o olhar balança sobre uma linha de crista, 200 a 300 m mais baixa, em direção de uma depressão periférica de relevo confuso e complicado por uma geologia variada e uma vegetação densa. Essa depressão subsequente é escavada pelos afluentes do rio Paranã, que corre entre 425 m de altitude próximo a Iaciara e 400 m perto de Nova Roma, definindo o nível hidrológico regional. Os principais afluentes oriundos da base do Paredão, e que escorrem da frente de cuesta para o Paranã são, do sul para o norte : o Rio Corrente (Alvorada do Norte, fora de nossa área de estudo), o Rio Água Quente e seu afluente São Mateus, o Rio São Domingos e seu afluente São Vicente, e, fora de nosso âmbito de estudo, o Rio Bezerra (Campos Belos).

1. A l'est, un revers de cuesta

D'un côté, la Serra Geral de Goiás n'est que la zone sommitale d'une monotone élévation lente et continue d'un massif monoclinal de grès depuis les marges du fleuve nordestin, le São Francisco. Ce long revers de cuesta se développe sur près de 300 km, passant de la plaine franciscaine, autour de 450 m d'altitude, à plus de 1 000 m (1 028 m près de São Domingos) sur la corniche occidentale appelée localement le « Paredão ». La partie occidentale, proche de São Domingos, se présente sous la forme d'une immense étendue plane et dénudée, entaillée de rares amorces de vallons tournés vers le bassin superficiel du fleuve São Francisco (cours d'eau cataclinaux), exception faite de l'amont du Rio São Domingos qui se dirige vers l'Ouest (cours d'eau anaclinal). Ce plateau désertique est le domaine d'immenses fazendas de culture monocérealière qui s'étendent à perte de vue, repoussant chaque jour davantage la végétation originelle appelée le Cerrado. Voyageur qui ne supporte pas la solitude ou les horizons sans obstacle, évite le secteur...

2. A l'ouest, une dépression périphérique

De l'autre côté, le regard bascule sur la ligne de crête, 250 à 300 m plus bas, vers la dépression périphérique au relief confus et compliqué par une géologie variée et une végétation touffue. Cette dépression subséquente est excavée par les affluents du Rio Paranã qui coule entre 425 m d'altitude près de Iaciara et 400 m près de Nova Roma, définissant le niveau de base hydrologique régional. Les principaux affluents issus de la base du Paredão et coulant du front de cuesta vers le Paranã sont, du sud au nord : le Rio Corrente (Alvorada do Norte, hors de notre zone d'étude), le Rio Água Quente et son affluent le Rio São Mateus, le Rio São Domingos et son affluent le Rio São Vicente, puis hors du cadre de l'étude, le Rio Bezerra (Campos Belos).

3. A frente de cuesta : uma muralha vertical

Entre esses dois elementos dominantes da geomorfologia regional, desenvolve-se uma alta cornija vertical meridiana, verdadeira muralha saída nas formações argilosas da cuesta, cujas colorações vermelhas se inflamam no pôr-do-sol. Sua altura e sua continuidade impedem as comunicações entre a depressão ortoclinal e o reverso da cuesta, acrescentando uma sensação de isolamento. Para desenclavar essa região, importantes trabalhos rodoviários estão sendo feitos no vale anaclinal do Rio São Domingos para chegar à grande rodovia que passa na parte culminante do reverso.

4. No Centro : a Serra do Calcário, uma barreira carbonatada

As sub-bacias do São Mateus e do São Domingos incluem, entre o pé do Peredão e a planície do Rio Paranã, uma zona de topografia acidentada, de 10 a 20 km de largura, por onde podemos seguir, por aproximadamente 150 km, a partir de Posse, ao sul, a Campos Belos, ou até mesmo além, ao norte, no Estado do Tocantins. Dominando com cem metros a mais o talude do pé da cuesta ou da planície do Rio Paranã, essa longa cadeia de colinas tem o nome local de Serra do Calcário e diferencia-se de sua vizinhança por uma vegetação específica densa e adaptada à seca. Os pontos altos dessa serra são quase de 1 000 m ao sul de São Domingos, enquanto, ao norte, diminuem e ficam abaixo de 850 m. Trata-se do domínio carstificado de São Domingos, atravessado por numerosos rios que se perdem e ressurgem após vários quilômetros de percurso subterrâneo.

O CARSTE DE SÃO DOMINGOS : UM PLANALTO CALCÁRIO TROPICAL

A região cárstica de São Domingos pode ser definida como um vasto "planalto calcário", conjunto carstificado que apresenta uma montante hidrológica de rios exógenos constituídos de forte vazão (de várias centenas de l/s a mais de 5 m³/s em estiagem) que, atravessando o maciço calcário, perdem-se em impressionantes gargantas. Estas desenvolvem-se em galeria-túneis de grande diâmetro. A da Lapa da Terra Ronca é superior a 50 m, por exemplo.

3. Le front de cuesta : une muraille verticale

Entre ces deux éléments dominants de la géomorphologie régionale, se développe une haute corniche verticale méridienne, véritable muraille dégagée dans les formations gréseuses de la cuesta, dont les teintes rouges s'enflamment au coucher du soleil. Sa hauteur et sa continuité empêchent les communications entre la dépression orthoclinale et le revers de la cuesta, ajoutant au sentiment d'isolement. Pour désenclaver cette région, d'importants travaux routiers sont entrepris dans la vallée anaclinale du Rio São Domingos pour rejoindre la grande route qui passe sur la partie sommitale du revers.

4. Au centre : la Serra do Calcário, une barrière carbonatée

Les sous-bassins du São Mateus et du São Domingos incluent, entre le pied de la falaise et la plaine du Rio Paranã, une zone à la topographie tourmentée large de 10 à 20 km qu'on peut suivre depuis Posse au sud jusqu'à Campos Belos, voire au-delà, au nord, dans l'état de Tocantins, sur près de 150 km. Dominant d'une centaine de mètres le glacis du pied de la cuesta ou la plaine du Rio Paranã, cette longue chaîne colinéaire porte localement le nom de Serra do Calcário et tranche d'avec ses environs par une végétation spécifique dense et adaptée à la sécheresse. Les points hauts de cette serre approchent les 1 000 m au sud de São Domingos, tandis qu'au nord ils s'abaissent en dessous de 850 m. C'est le domaine karstifié de São Domingos, traversé par de nombreuses rivières qui se perdent et résurgent après plusieurs kilomètres de parcours souterrain.

LE KARST DE SÃO DOMINGOS : UN CAUSSE TROPICAL

La région karstique de São Domingos peut être définie comme un vaste « cause », ensemble karstifié présentant un amont hydrologique à cours d'eau exogènes constitués, de fort débit (de plusieurs centaines de l/s à plus de 5 m³/s en étiage) qui, en traversant le massif calcaire, se perdent dans d'impressionnantes goules. Ces dernières se développent en galerie-tunnel de grand diamètre. Celle de la Lapa da Terra Ronca est supérieure à 50 m.

Esses mesmos rios reaparecem vários quilômetros a jusante por meio de potentes ressurgências; algumas delas são penetráveis.

Fato notável, pois não habitual nas civilizações ocidentais; antes mesmo que as explorações espeleológicas pudessem demonstrar, recentemente, as ligações hidrológicas, as populações locais souberam identificar essas relações entre perdas e ressurgências, atribuindo o mesmo nome ao rio que se perde e que ressurge vários quilômetros depois. Isso está longe de acontecer na Europa. Na França, por exemplo, é fato corrente que um rio se perca com um nome e ressurja com uma outra designação (abertura de Bramabiau).

Quem diz “planalto calcário” subentende uma bacia montante não calcária. Isto com dois incidentes fundamentais: uma alimentação perene, hierarquizada, epígena, e uma assinatura bioquímica e hidrodinâmica específica.

1. Uma alimentação perene, hierarquizada e epígena

1.1. A perenidade dos aportes é um elemento estruturante da drenagem subterrânea. É lógico, portanto, explorar conjuntos evoluídos, centrados em eixos maiores de drenagem que vão coletar, com sua passagem, as águas do meio carbonatado. Morfologicamente, deve-se tentar explorar galerias-túneis e, quando a evolução morfológica for favorável, gargantas e canyons. As vazões podem ser muito importantes em função da extensão da bacia de alimentação.

1.2. A hierarquia das drenagens favorece os eixos exógenos (galerias-túneis) a partir dos quais irão desenvolver-se os condutos alimentados pelas águas cársticas específicas (pequenos coletores, como o de Malhada). Observaremos drenos maiores para a circulação perene irregular (eixos menores do tipo Bezerra) e drenos menores para circulação temporária (eixos locais de tipo Passa Três). No entanto, não devemos esquecer os condutos fossilizados por captura, não importando qual seja o tipo de dreno. Sobre os eixos maiores, podemos considerar duas organizações segundo o contexto local:

Ces mêmes cours d'eau réapparaissent plusieurs kilomètres en aval par de puissantes résurgences dont certaines sont pénétrables.

Fait notable, car non habituel dans les civilisations occidentales; avant même que les explorations spéléologiques puissent démontrer, récemment, les liaisons hydrologiques, les populations locales ont su identifier ces relations entre pertes et résurgences, attribuant le même nom au cours d'eau qui se perd et qui résurge plusieurs kilomètres plus loin. C'est loin d'être le cas en Europe. En France, par exemple, il est courant qu'une rivière se perde avec un nom et résurge sous un autre patronyme (percée de Bramabiau).

Qui dit « cause », sous-entend un bassin amont non karstique. Ceci a deux incidences fondamentales: une alimentation pérenne, hiérarchisée, épigée et une signature biochimique et hydrodynamique spécifique.

1. Une alimentation pérenne, hiérarchisée, épigée

1.1. La pérennité des apports est un élément structurant du drainage souterrain. Il est donc logique d'explorer des ensembles évolués, centrés sur les axes majeurs de drainage qui vont collecter sur leur passage les eaux du milieu carbonaté. Morphologiquement, on doit s'attendre à explorer des galeries-tunnels et, lorsque l'évolution géomorphologique y est favorable, des gorges et des canyons. Les débits peuvent être très importants, en relation avec l'étendue du bassin d'alimentation.

1.2. La hiérarchie des drainages favorise les axes exogènes (galerias-tunnels) à partir desquels vont se développer les conduits alimentés par les eaux karstiques spécifiques (petits collecteurs comme celui de Malhada). On observera des drains majeurs à circulation pérenne relativement régulière (axes majeurs type São Vicente), des drains moyens à circulation pérenne irrégulière (axes mineurs type Bezerra) et des drains mineurs à circulation temporaire (axes locaux type Passa Três). Il ne faut pas oublier cependant les conduits fossilisés par capture, et ce quel que soit le type de drain. Sur les axes majeurs, on peut envisager deux organisations selon le contexte local:

Se os eixos exógenos estiverem distanciados uns dos outros, e paralelos, teremos tantos sistemas cársticos quanto eixos (São Vicente, Angélica, Terra Ronca, São Mateus).

Se, por outro lado, os eixos exógenos estiverem próximos e tangentes, podemos esperar por confluências subterrâneas maiores (São Bernardo, Palmeiras).

1.3. A epigenia *"consiste num fenômeno em que um rio que corria sobre uma superfície plana possa, devido à erosão, atravessar relevos rochosos de diversas resistências, sem que suas estruturas guiem seu trajeto"* (Foucault e Raoul, 1984, p. 116). A epigenia verdadeira não é demonstrada, mas é bastante provável que, como sugere Leonildes no capítulo "Aspectos Geológicos", os arenitos da formação Urucuia cobriam toda a província geológica do Grupo Bambuí. Sobre essa série detritica, instalaram-se os processos de erosão há mais de 60 milhões de anos. É preciso imaginar rios que alimentam a bacia do Paranã e que irão pouco a pouco mostrar uma depressão subsequente antes de uma frente de cuesta (hoje materializada pelo Paredão).

Esses rios irão atingir as formações calcárias subjacentes e atualizar a Serra do Calcário, permitindo, então, a implantação dos processos cársticos. Estes irão ter, pouco a pouco, importância até se tomarem preponderantes : os rios vão tomar-se subterrâneos, pelo menos, numa parte de seus trajetos. Os rios mais potentes são os que há mais tempo conheceram uma evolução superficial antes de desaparecer sob a terra. É bastante provável que isso tenha sido o caso de rios maiores, como o São Domingos. Falta um estudo geomorfológico sério sobre a Serra do Calcário, a fim de encontrar testemunhos eventuais dessa evolução (antigos vales, hoje elevados, que possam responder a essa definição).

Depois dessa fase de desaparecimento dos rios, a evolução vai no sentido de retornar a uma circulação superficial que demonstra o exame das extensões percorridas pelos rios aéreos no âmbito calcário, em razão :

Si les axes exogènes sont éloignés les uns des autres, et parallèles, on aura autant de systèmes karstiques que d'axes (São Vicente, Angélica, Terra Ronca, São Mateus).

Si par contre les axes exogènes sont proches et tangents, on peut s'attendre à des confluences souterraines majeures (São Bernardo - Palmeiras).

1.3. L'épigenie *"consiste dans le phénomène par lequel un cours d'eau qui coulait sur une surface plane, se trouve, du fait de l'érosion, traverser des reliefs comportant des roches de diverses résistances, sans que leurs structures ne guident son trajet"* [Foucault et Raoul, 1984, p.1 16]. L'épigenie vraie n'est pas démontrée, mais elle est fort probable si, comme le suggère Leonides dans le chapitre « Aspects Géologiques », les grès de la formation Urucuia recouvraient toute la province géologique du Groupe Bambuí. Sur cette série détritique, s'installent les processus d'érosion, il y a plus de 60 millions d'années. Il faut imaginer des cours d'eau, alimentant le bassin du Paranã, qui vont peu à peu dégager une dépression subséquente en avant d'un front de cuesta (aujourd'hui matérialisé par le Paredão).

Ces cours d'eau vont atteindre les formations calcaires sous-jacentes et mettre à jour la Serra do Calcário, permettant alors la mise en place des processus karstiques. Ceux-ci vont prendre peu à peu de l'importance jusqu'à devenir prépondérants : les cours d'eau vont tous devenir souterrains sur au moins une partie de leur parcours. Les rivières les plus puissantes sont celles qui le plus longtemps ont connu une évolution superficielle avant de disparaître sous terre. Il est fort probable que ce fût le cas des cours d'eau majeurs comme le Rio São Domingos. Il manque une sérieuse étude géomorphologique sur la Serra do Calcário, à la recherche des témoins éventuels d'une telle évolution (anciennes vallées, aujourd'hui perchées, qui puissent répondre à cette définition).

Après cette phase d'enfouissement des cours d'eau, l'évolution actuelle va dans le sens du retour à une circulation superficielle que démontre l'examen des étendues parcourues par les cours d'eaux aériens dans le domaine calcaire, en raison :

a) da erosão cárstica que permite o surgimento de um canyon na zona de entrada das aberturas hidrocarstícas (acesso à Lapa do Bezerra). Essa evolução pode atingir também o interior do maciço calcário onde uma galeria-túnel pode passar a ser um canyon por afundamento das camadas (rio Terra Ronca), e, em seguida, por erosão regressiva, em vasta depressão (rio São Bernardo-Palmeiras).

b) dos transportes de insolúveis, a partir da bacia montante não carbonatada, que impermeabilizam o leito dos rios no maciço calcário. É assim que pode-se observar o desenvolvimento de formas planas de recobrimento a montante do maciço calcário, gerando, às vezes, poljes (setor do Rio São Bernardo), muito frequentemente extensões pantanosas de acumulação sedimentar (rios Angélica e Terra Ronca).

c) do alcance do nível de base impermeável constituído pelas rochas do soco cristalino granito-gneissico, o que se pode observar em várias cavidades (Lapa do Angélica, Lapa do Bezerra, Lapa do São Vicente).

Não se trata de epigenia real, mas de uma evolução cárstica que, pouco a pouco, vai permitir aos rios exógenos, introduzidos no carste, circular novamente na superfície.

2. Uma assinatura bioquímica e hidrodinâmica específica

Essa assinatura deve-se à bacia a montante, e permite distinguir as rios exógenas não cársticas dos rios endógenos do planalto calcário. Esse aspecto foi abordado no capítulo "Balanço Hidroquímico" e provavelmente também no capítulo sobre a "Biospeologia", em razão das associações faunísticas distintas ligadas às condições alimentares diferentes. Por um lado hidrodinâmico, deve-se distinguir três tipos de drenagens: a drenagem exógena, a drenagem endógena e a drenagem mista, que resulta da mistura dos dois primeiros tipos.

2.1. A drenagem exógena oferece uma assinatura hidrodinâmica que reforça sua identidade hidrogeológica. Sua composição hidroquímica marca um rio exógeno, mineralogicamente conforme a sua área de alimentação não cárstica.

a) de l'érosion karstique qui permet la mise en place d'un canyon dans la zone d'entrée des percées hydrokarstiques (accès à la Lapa do Bezerra). Cette évolution peut atteindre aussi l'intérieur du massif calcaire où une galerie-tunnel peut évoluer en canyon par effondrement des voûtes (Rio Terra Ronca), puis, par érosion régressive, en vaste dépression (Rio São Bernardo-Palmeiras).

b) des transports d'insolubles, à partir du bassin amont non carbonaté, qui imperméabilisent le lit des rivières dans le massif calcaire. C'est ainsi qu'on peut noter le développement de formes planes d'enneigement sur l'amont du massif calcaire, générant parfois des poljes (secteur du Rio São Bernardo), le plus souvent des étendues marécageuses d'accumulation sédimentaire (Rio Angélica, Rio Terra Ronca).

c) de l'atteinte du niveau de base imperméable constitué par les roches du socle cristallin granito-gneissique, ce qu'on peut observer dans plusieurs cavités (Lapa do Angélica, Lapa do Bezerra, Lapa do São Vicente).

Il ne s'agit pas d'épigenie réelle mais d'une évolution karstique qui peu à peu va permettre aux cours d'eaux exogènes introduits dans le karst, de circuler de nouveau en surface.

2. Une signature biochimique et hydrodynamique spécifique

Cette signature est due au bassin amont, et permet de distinguer les eaux exogènes non karstiques des eaux endogènes du causse. Cet aspect a été abordé dans le chapitre « Bilan hydro-géochimique » et probablement aussi dans celui sur la « Biospéléologie », en raison des associations faunistiques distinctes liées aux conditions alimentaires différentes. D'un point de vue hydrodynamique, on doit distinguer trois types de drainages: le drainage exogène, le drainage endogène et le drainage mixte, résultant du mélange des deux premiers types.

2.1. Le drainage exogène offre une signature hydrodynamique qui renforce son identité hydrogéologique. Sa composition hydrochimique souligne une eau exogène, minéralogiquement conforme à son aire d'alimentation non karstique.

Seu regime e sua dinâmica estão ligados às condições a montante : climatologia e extensão da bacia de alimentação. No caso de São Domingos, a presença das belas formações da Serra Geral, fornecendo um poderoso aquífero de porosidade, em uma área conseqüente, assegura a perenidade da alimentação apesar do período de seca que pode atingir 5 meses. A natureza relativamente impermeável da bacia a montante, acrescida da dinâmica das chuvas, permite uma resposta imediata às fortes precipitações e então, em mais de uma estação de altas águas (estação das chuvas), fenômenos de cheia que oferecem potenciais de transporte importantes (troncos de árvores, seixos grossos), longe no interior dos resíduos subterrâneos. Esse tipo de drenagem caracteriza-se então por sua perenidade e seu volume e, desenvolve coletores de grande diâmetro do tipo "galeria-túnel". Essas drenagens são as que oferecem, proporcionalmente, a mais forte regularidade das vazões, os volumes sendo porém, de longe, os mais importantes (ver capítulo "Hidroclimatologia da Região"). Essa regularidade será tão marcada quanto a bacia a montante que se desenvolverá no aquífero arenítico.

2.2. A drenagem endógena está fortemente restringida pelas condições climáticas do massivo calcário. Sua bacia de alimentação é reduzida, em relação ao caso precedente, e no clima da estação da seca, a drenagem é temporária. Oferecerá então os drenos de mínima importância, que poderão ser temporariamente enchidos por cargas detriticas. Trata-se de condutos que confluem nos coletores perenes, secos no período de inverno, drenados com cheias brutais durante a estação das chuvas (afluem na margem direita da Lapa do Angélica). São drenagens que oferecem as variações da vazão mais contrastantes, pela qualidade de resposta imediata do carste às precipitações.

2.3. A drenagem mista resulta do curso do rio do calcário onde a maior quantidade pode desenvolver-se parcialmente fora do maciço calcário, mas não é alimentado (ou pouco) pelo reservatório arenítico.

Son régime et sa dynamique sont liés directement aux conditions amont : climatologie et étendue du bassin d'alimentation. Dans le cas de São Domingos, la présence des formations gréseuses de la Serra Geral, fournissant un puissant aquífero de porosité, sur une aire conséquente, assure la pérennité de l'alimentation malgré une période sèche qui peut atteindre 5 mois. La nature relativement imperméable du bassin amont, ajoutée à la dynamique des pluies, permet une réponse immédiate aux fortes précipitations et ainsi, en plus d'une saison de hautes eaux (saison des pluies), des phénomènes de crue qui offrent des potentiels de transport importants (troncs d'arbres, galets de gros diamètre), loin à l'intérieur des réseaux souterrains. Ce type de drainage se caractérise donc par sa pérennité et son volume et développe des collecteurs de gros diamètre de type « galerie-tunnel ». Ces drainages sont ceux qui offrent, proportionnellement, la plus forte régularité de débits, les volumes étant cependant, et de loin, les plus importants (cf. chapitre « Hydroclimatologie de la région »). Cette régularité sera d'autant plus marquée que le bassin amont se développera dans l'aquífero gréseux.

2.2. Le drainage endogène est fortement contraint par les conditions climatiques du massif calcaire. Son bassin d'alimentation est réduit, par rapport au cas précédent, et sous climat à saison sèche, le drainage est temporaire. Il offrira donc des drains de moindre importance, qui pourront être temporairement comblés par des charges détritiques. Il s'agit de conduits qui confluent avec les collecteurs pérennes, secs en période hivernale, drainés avec des crues brutales pendant la saison des pluies (affluent en rive droite de la Lapa do Angélica). Ce sont ces drainages qui offrent les variations de débits les plus contrastées, par la qualité de réponse immédiate du karst aux précipitations.

2.3. Le drainage mixte résulte de cours d'eau du calcaire dont l'amont peut se développer partiellement en dehors du massif calcaire, mais n'est pas alimenté (ou peu) par le réservoir gréseux.

Tendo em conta esse fato, coletores de tamanho médio, de circulação temporária ou muito reduzida são formados durante o período de seca. Suas qualidades dinâmicas e hidrogeológicas variam das da drenagem exógena (Rio Bezerra) à das da drenagem endógena (Rio Passa Três, Rio Malhada), e oferecem então uma variedade e variações qualitativas entre as mais contrastantes.

Naturalmente, no maciço cárstico, em razão das combinações entre os diferentes elementos, que permitem constituir os resíduos subterrâneos e a evolução carstológica que marca as suas heranças, os meios complexos que deslocam-se, permitindo definir as qualidades gerais do platô da Serra do Calcário, e identificar no seu âmago as especificações locais de um sistema, diferente de seu vizinho. São Bernardo-Palmeiras, Terra Ronca-Malhada, São Mateus, São Vicente, Angélica-Bezerra, Caveira são também sistemas cársticos particulares e específicos, mas têm traços fundamentais que os definem como elementos do distrito espeleológico de São Domingos.

No planalto, as formas cársticas são numerosas. As dolinas e os vales secos acidentam o plano e quando o calcário aflora, observa-se o desenvolvimento dos campos de lapiás. De lugar para lugar, um abismo abre sua boca grande nos mega-condutos que se desenvolvem por vezes em rasa profundidade. O endocarste apresenta a formação em estágios dos condutos, testemunhos de um carste maduro e evoluído, oferecendo uma certa antigüidade. Falta uma cartografia detalhada dessas superfícies, que mostraria a densidade e a riqueza das formas, e deslocaria evidências nas relações entre carste superficial e profundo.

AS CAVERNAS DE SÃO DOMINGOS, ENDOCARSTE EVOLUÍDO

As cavernas de São Domingos mostram muito claramente que o endocarste está evoluído, apresentando uma drenagem fluvio-cárstica elaborada. Além disso, algumas partes dos grandes eixos evoluem a céu aberto, tendo a galeria feito parte do canyon, observe-se uma depressão grande, apesar do ambiente carbonado.

De ce fait, ils forment des collecteurs de taille intermédiaire, à circulation temporaire ou très réduite pendant la saison sèche. Leurs qualités dynamiques et hydrogéologiques varient de celles du drainage exogène (Rio Bezerra) à celles du drainage endogène (Rio Passa Três, Rio Malhada), et offrent donc une variété et des variations qualitatives parmi les plus contrastées.

Naturellement, dans le massif karstique, en raison des combinaisons entre ces différents éléments, permettant de constituer les réseaux souterrains, et l'évolution karstologique qui les marque de ses héritages, des ensembles complexes se dégagent, permettant de définir les qualités générales du causse de la Serra do Calcário, et d'identifier en son sein les spécificités locales d'un système, différent de son voisin. São Bernardo-Palmeiras, Terra Ronca-Malhada, São Mateus, São Vicente, Angélica-Bezerra, Caveira sont autant de systèmes karstiques particuliers et spécifiques, mais tous ont des traits fondamentaux qui les définissent comme éléments du district karstique de São Domingos.

Sur le plateau, les formes karstiques sont nombreuses. Les dolines et les vallées sèches accidentent la plaine, et lorsque le calcaire affleure, on observe le développement de champs de lapiés. De place en place, un abîme ouvre sa gueule béante sur les mega-conduits qui se développent à faible profondeur parfois. L'endokarst présente des étagements de conduits, témoins d'un karst mature et évolué, offrant une certaine ancienneté. Il manque une cartographie détaillée de ces surfaces, qui montrerait la densité et la richesse des formes, et dégagerait des évidences dans les relations entre karst superficiel et profond.

LES CAVERNES DE SÃO DOMINGOS, ENDOKARST ÉVOLUÉ

Les cavernes de São Domingos montrent très clairement que l'endokarst est évolué, présentant un drainage fluvio-karstique élaboré. D'ailleurs, certaines parties des grands axes évoluent à ciel ouvert, la galerie ayant fait place au canyon, voire à une dépression large, malgré l'environnement carbonaté.

Três critérios permitem afirmar esta proposta : as grandes confluências efetuam-se debaixo da terra ou imediatamente em aval do primeiro tronco subterrâneo, as galerias mostram drenagens estáveis e os depósitos provam os regimes torrenciais antigos.

1. Uma zona de Confluência das Drenagens

A exploração das principais galerias permitiu colocar em evidência o papel de confluência das drenagens subterrâneas. Pode-se reter alguns exemplos segundo uma classificação simples (Fig. 5):

1.1. A confluência dos dois maiores drenos : em São Bernardo-Palmeiras, a confluência dos dois cursos d'água exógenos verifica-se a várias centenas de metros a montante da emergência comum (Fig. 5a).

1.2. A confluência de um dreno maior e de um dreno médio : no conjunto Angélica-Bezerra, a confluência se dá sob a boca da emergência, mas a exploração espeleológica revelou a complexidade da confluência em virtude do seu deslocamento no curso da evolução cárstica do sistema (Fig. 5b).

1.3. A confluência de um dreno maior e de um dreno menor : no Sistema Terra Ronca-Malhada, a confluência é mais complexa e apresenta um mecanismo de captura de paleodrenos por uma drenagem recente. Lá também a junção se dá na direção da corrente da drenagem subterrânea (Fig. 5c).

É o mesmo esquema dos sistemas de São Vicente e de São Mateus. Essas confluências subterrâneas são a prova de que houve uma longa evolução da drenagem cárstica e de sua organização. Trata-se essencialmente de um flúvio-carste, onde as cavidades exploradas são resquícios de uma páleo-drenagem subterrânea nitidamente mais desenvolvida.

Esta constatação pode enfatizar o papel de ruptura desempenhado pela Serra do Calcário: a organização da drenagem, a partir das confluências com o Rio Paranã, normalmente se dá até a barreira cárstica. A montante, a organização se dá mais na forma de sistemas paralelos e independentes.

Trois critères permettent d'affirmer cette proposition : les grandes confluences s'effectuent sous terre ou immédiatement en aval du premier tronçon souterrain, les réseaux montrent des drainages stables et les dépôts prouvent des régimes torrentiels anciens.

1. Une zone de confluence des drainages

L'exploration des principaux réseaux a permis de mettre en évidence le rôle de confluence tenu par les drainages souterrains. On peut en retenir quelques exemples selon une classification simple (Fig. 5):

1.1. La Confluence de deux drains majeurs : dans le réseau São Bernardo-Palmeiras, la confluence des deux cours d'eau exogènes se réalise à plusieurs centaines de mètres en amont de l'émergence commune (Fig. 5a).

1.2. La Confluence d'un drain majeur et d'un drain moyen : dans l'ensemble Angélica-Bezerra, celle-ci se réalise sous le porche de l'émergence, mais l'exploration spéléologique a montré la complexité de la confluence en raison de son déplacement au cours de l'évolution karstique du système (Fig. 5b).

1.3. La Confluence d'un drain majeur et d'un drain mineur : dans le système Terra Ronca-Malhada, la confluence est plus complexe et montre un mécanisme de capture de paléodraines par un drainage moderne. Là encore la jonction se situe dans l'aval du drainage souterrain (Fig. 5c).

On peut reporter le même schéma aux systèmes de São Vicente et de São Mateus. Ces confluences souterraines prouvent une longue évolution du drainage karstique et de son organisation. Il s'agit pour l'essentiel d'un fluvio-karst, les cavités explorées n'étant que les reliques d'un paléo-drainage souterrain nettement plus développé.

Ce constat peut souligner le rôle de rupture que joue la Serra do Calcário: l'organisation du drainage, à partir des confluences avec le Rio Paranã, se réalise normalement jusqu'à la barrière karstique. En amont, l'organisation s'effectue davantage en systèmes parallèles et indépendants.

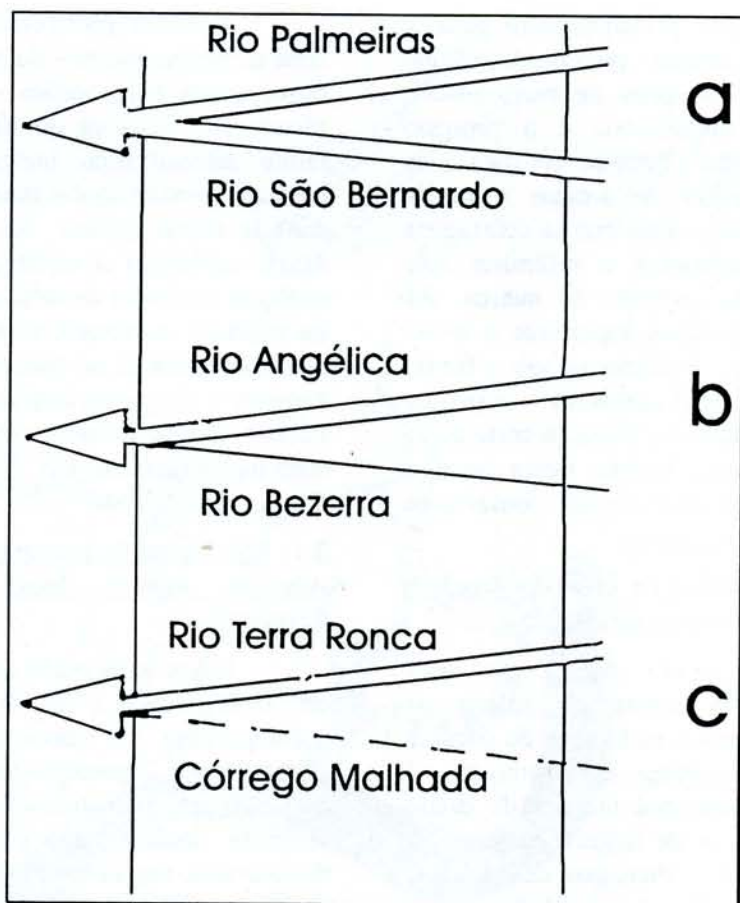


Fig. 5 : As confluências subterrâneas [5a : dois eixos maiores (traço duplo), 5b : um eixo maior e um eixo médio (traço simples), 5c : um eixo maior e um eixo menor (traço descontinuo). Os traços verticais apresentam o maciço] / **Les confluences souterraines** [5a : deux axes majeurs (trait double), 5b : un axe majeur et un axe moyen (trait simple), 5c : un axe majeur et un axe mineur (trait discontinu). Les traits verticaux représentent le massif].

A atual evolução dentro do endocarste parece querer suavizar essa barreira, o que deveria trazer repercussões até o pé do paredão.

2. As Redes Subterrâneas, drenagens estáveis

Um elemento que impressiona o visitante das cavernas de São Domingos é a relativa estabilidade das drenagens apesar da longa evolução carstológica do local. Nos sumidouros, a profundidade das drenagens não ultrapassa algumas dezenas de metros. Nas ressurgências, a suspensão dos paleodrenos atinge 150 m no máximo. Essa profundidade relativamente pequena deve-se naturalmente à proximidade do pedestal granito-gnáissico que limita a evolução vertical da drenagem.

L'évolution actuelle dans l'endokarst semble vouloir gommer cette barrière, ce qui devrait avoir des répercussions jusqu'au pied de la falaise.

2. Les réseaux souterrains, des drainages stables

Un élément qui frappe le visiteur des cavernes de São Domingos est la relative stabilité des drainages malgré la longue évolution karstologique des sites. Aux pertes, l'enfoncement des drainages ne dépassent pas quelques dizaines de mètres. Aux émergences, la suspension des paléodraines atteint au maximum 150 m. Ce relativement faible enfoncement est naturellement dû à la proximité du socle granito-gneissique qui limite l'évolution verticale du drainage.

É esse o caso principalmente para a zona de sumidouros, menos - pelo menos no que observamos - para as zonas de ressurgência. Mas o que mais impressiona é o pequeno deslocamento horizontal. Pode-se constatar, na verdade, a manutenção de antigos e novos drenos no mesmo setor, sendo que as defasagens entre os drenos superiores e inferiores não ultrapassam algumas centenas de metros. As relações entre os condutos superiores e o rio atual são frequentes e realizam-se sob a forma de canyons e de gargantas estreitas, frequentemente verticais. Às vezes, o corte se dá no ângulo direito, mas, mesmo nesse caso, o afastamento entre os dois drenos conserva-se modesto.

2.1. O estudo topográfico da Lapa do Angélica mostra dois setores distintos de evolução :

A zona de vazão mostra um local escorregadio em três etapas, da galeria de entrada, acompanhando a inclinação do encaixe carbonatado. Esse leve deslocamento é reponsável pela excepcional largura do dreno que pode atingir 120 m de largura no local. O deslocamento máximo da drenagem de entrada é de 300 m, se se considerar que o afluente na margem direita é a antiga alimentação principal (Fig. 6). Isso faz crer que o terraço dos mega-seixos, que pontilham o dreno superior que, saindo dessa entrada, reencontra, a 500 m a jusante da entrada atual, o curso d'água subterrâneo.

Na zona de ressurgência, a constatação do deslocamento dos drenos mostra uma evolução contrária à inclinação (Fig. 7). Esse deslocamento, no sentido contrário da inclinação e na direção montante do vale, é induzido pela dinâmica de escavação e de aprofundamento da garganta que capta as águas do conjunto Angélica-Bezerra. Se esse deslizamento e na direção ao montante hidráulico do maciço pode surpreender, ele se revela, no entanto, como um fato corrente, já descrito em vários sítios (RODET, 1992), devido aos mecanismos da erosão regressiva. Esse deslizamento é observado inicialmente ao nível do teto baixo que temporariamente submerge representando um deslocamento de centenas de metros (Fig. 8), e depois ao nível do sifão da ressurgência onde atinge 200 m.

Ceci est particulièrement vrai pour la zone de pertes, moins - du moins en l'état de nos observations personnelles - pour les zones de résurgence. Mais ce qui frappe le plus est la faible délocalisation horizontale. En fait on constate le maintien des drains anciens et actuels dans le même secteur, les décalages entre les drains supérieurs et inférieurs ne dépassant pas quelques centaines de mètres. Les relations entre les conduits supérieurs et le cours d'eau actuel sont fréquentes et se réalisent sous la forme de canyons et de gorges étroites, souvent verticales. Parfois, le recouplement s'effectue à angle droit, mais même dans ces cas, l'éloignement des deux drains reste modeste.

2.1. L'étude de la topographie de la Lapa do Angélica montre deux secteurs distincts d'évolution :

La zone de perte montre un glissement, en trois stades, de la galerie d'entrée, accompagnant le pendage de l'encaissant carbonaté. Ce léger déplacement est responsable de la largeur exceptionnelle du drain qui peut atteindre localement 120 m de portée. Le déplacement maximum du drainage d'entrée est de 300 m, si l'on considère que l'affluent en rive droite est l'ancienne alimentation principale (Fig. 6). C'est ce que laisse croire la terrasse aux méga-galets qui ponctue le drain supérieur qui, issu de cette entrée, rejoint (aval du Rio dos Círculos), 500 m en aval de l'entrée actuelle, le cours d'eau souterrain.

Dans la zone de résurgence, le constat de déplacement des drains montre une évolution contraire au pendage (Fig. 7). Ce déplacement, à contre-pendage et vers l'amont de la vallée est induite par la dynamique de creusement et d'approfondissement de la gorge qui capte les eaux de l'ensemble Angélica-Bezerra. Si ce glissement à contre-pendage et vers l'amont hydraulique du massif peut surprendre, il se révèle être un fait courant, déjà décrit en de nombreux sites [RODET, 1992], dû aux mécanismes de l'érosion régressive. Ce glissement s'observe d'abord au niveau de la voûte mouillante qui représente un déplacement d'une centaine de mètres (Fig. 8) puis au niveau du siphon de la résurgence où il atteint les 200 m.

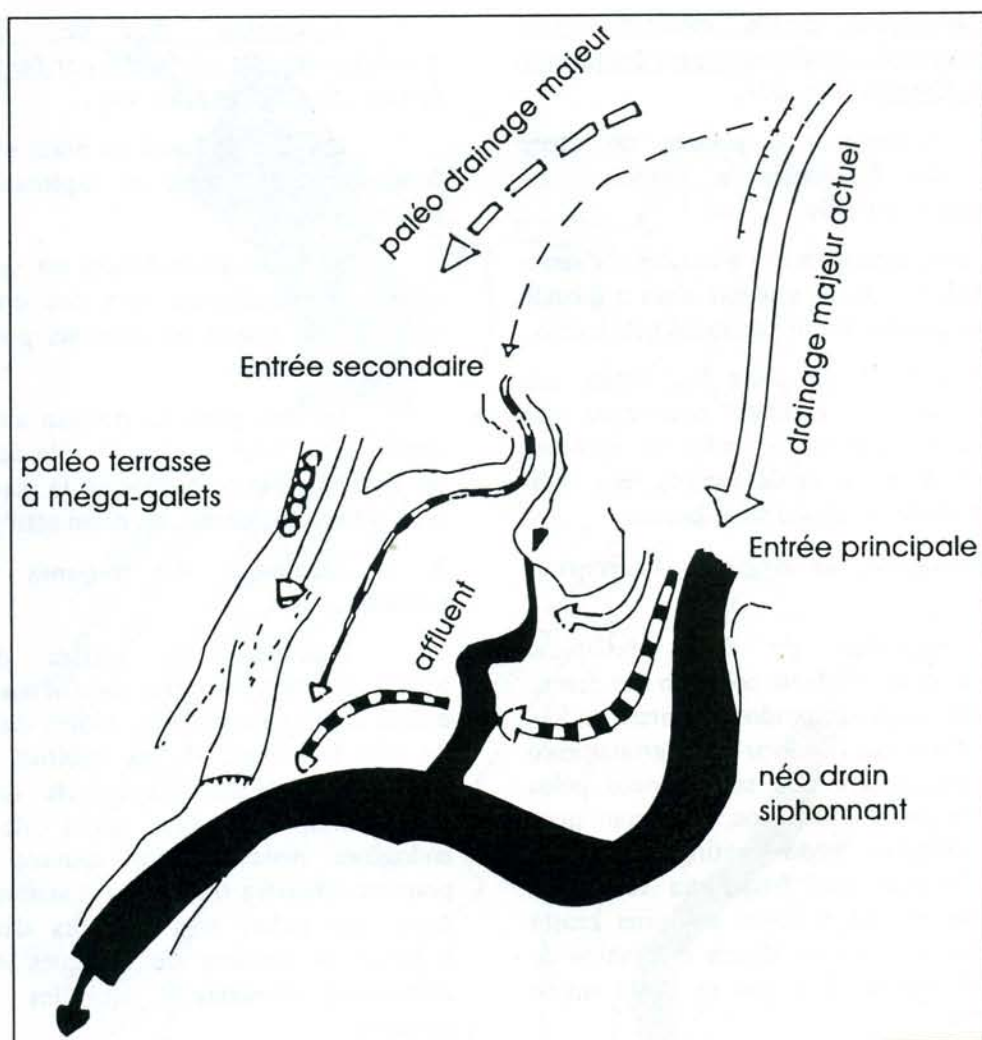


Fig. 6 : Os sumidouros do Rio Angélica / les pertes du Rio Angélica.

Pode-se ficar surpreso por esta última metragem, que revela a influência limitada da confluência do Rio Bezerra.

Essas observações destacam uma ligeira rotação horária da drenagem subterrânea em volta de um ponto relativamente fixo que se situa globalmente a meio caminho do sumidouro - ressurgência (Fig. 9). Para alguns, trata-se de adaptações recentes nas condições de drenagens exteriores. Essa modernidade é ilustrada por passagens baixas (antigos pontos finais da Lapa do Angélica), que vêm dividir os antigos condutos, hoje fósseis (Galeria Patrícia, na margem esquerda), ou semi-funcionais (drenos na margem esquerda que evitam o teto baixo que temporariamente submerge, "rasante", como diria Isabelle).

On peut être surpris par cette dernière valeur qui montre l'influence limitée de la confluence du Rio Bezerra.

Ces observations soulignent une légère rotation horaire du drainage souterrain autour d'un point relativement fixe qui se situe globalement à mi-distance perte/ressurgence (Fig. 9). Il s'agit d'adaptations, récentes pour certaines, aux conditions de drainage extérieures. Cette jeunesse est illustrée par des passages bas (ancien terminus de la Lapa do Angélica), parfois noyés (siphon de la ressurgence d'Angélica), qui viennent dédoubler les anciens conduits, aujourd'hui fossiles (Galerie Patrícia, en rive gauche), ou semi-fonctionnels (drains en rive gauche qui évitent la voûte mouillante, « rasante » *dixit* Isabelle).

2.2. A atualidade desses mecanismos de aprofundamento foi confirmada pela exploração da Lapa do Caveira (Fig. 10) :

O montante e o jusante do dreno explorado são funcionais e limitadas, na exploração, por um sifão.

A zona intermediária é um coletor semi-ativo, quando há cheias e águas altas e quando os condutos perenes ficam saturados pela vazão.

No período de cheia há, então, um transbordamento do conduto semi-ativo que desempenha o papel de regulador da enchente (by-pass) e revela a idade recente, por sub-dimensionamento, do dreno ativo perene.

3 - A Drenagem, os Regimes Torrenciais Antigos

A existência de fases dinâmicas torrenciais é comprovada no conjunto dos drenos ativos subterrâneos explorados no carste de São Domingos. É comum observar-se o agrupamento dos leitos atuais dos rios subterrâneos pelos seixos de produtos endógenos, mas com mais frequência exógenos, podendo atingir 0,30 m de diâmetro. Também com frequência verifica-se que esses seixos são cobertos por uma crosta brilhante e enegrecida, de alguns milímetros de espessura (limonita ?), o que os deixa muito escorregadios.

Também é comum observar-se nas margens dos cursos d'água subterrâneos, terraços, feitos pela circulação atual, formadas por esses seixos unidos entre si por essa camada enegrecida e talvez pela calcita. Esses depósitos grosseiros, testemunhas de fases torrenciais, podem ter enchido o dreno, como se pode observar na passagem do teto baixo no afluente São Bernardo I do sistema São Bernardo-Palmeiras. Essa antiga fase de cheia seria talvez a origem de um mecanismo de descarga em um dreno superior, cuja chegada na margem direita do teto da galeria, imediatamente após essa teto baixo, pode ser percebida. Há, então, indícios de paleo-dinâmicas extremamente fortes nos sistemas cársticos da Serra do Calcário. Esses regimes torrenciais fortes e precoces alternaram-se com fases de recobrimento e de decantação.

2.2. L'actualité de ces mécanismes d'enfoncement est confirmée par l'exploration de la Lapa do Caveira (Fig. 10) :

L'amont et l'aval du drain exploré, sont fonctionnels et limités en exploration par un siphon.

La zone intermédiaire est un collecteur semi-actif, fonctionnel lors des crues et des hautes eaux, quand les conduits pérennes sont saturés par le débit.

Le trop plein se déverse alors dans le conduit semi-actif qui joue le rôle de régulateur de crue (by-pass) et montre la jeunesse, par sous-dimensionnement, du drain actif pérenne.

3. Le drainage, des régimes torrentiels anciens

L'existence de phases dynamiques torrentielles est attestée dans l'ensemble des drains actifs souterrains explorés dans le karst de São Domingos. Il est habituel d'observer l'encombrement des lits actuels des rivières souterraines, par des galets de produits endogènes mais le plus souvent exogènes, pouvant atteindre 0,30 m de diamètre. Souvent aussi, ces galets sont couverts d'une croûte brillante et noirâtre de quelques millimètres d'épaisseur (limonite ?), qui les rend très glissants.

Il est commun aussi d'observer sur les berges des cours d'eau souterrains, des terrasses, incisées par la circulation moderne, constituées de ces galets cimentés entre eux par ce liant noirâtre et parfois par de la calcite. Ces dépôts grossiers, témoins de phases torrentielles, peuvent avoir comblé le drain, comme on peut l'observer dans le passage en voûte basse de la branche São Bernardo I du système São Bernardo-Palmeiras. Cette phase de comblement ancien serait peut-être à l'origine d'un mécanisme de décharge par un drain supérieur que l'arrivée en rive droite au toit de la galerie, immédiatement après cette voûte basse, laisse présager. Il y a donc évidence de paléo-dynamiques extrêmement puissantes dans les systèmes karstiques de la Serra do Calcário. Ces régimes torrentiels précoces et puissants ont alterné avec des phases d'ennoiment et de décantation.

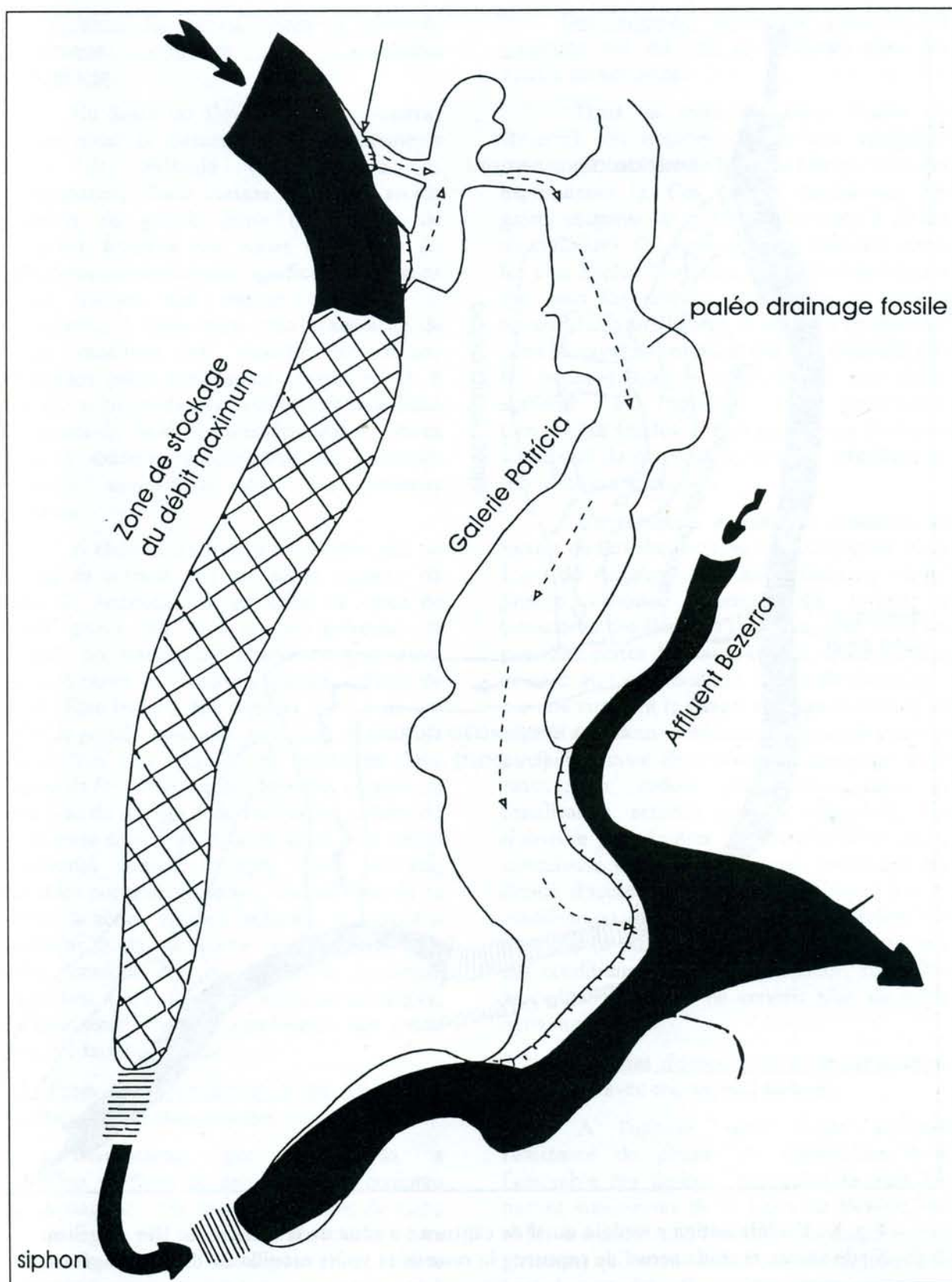


Fig. 7 : Um estágio antigo de captura : a zona de ressurgência do Rio Angélica
Un stade ancien de capture : la zone de résurgence du Rio Angélica.

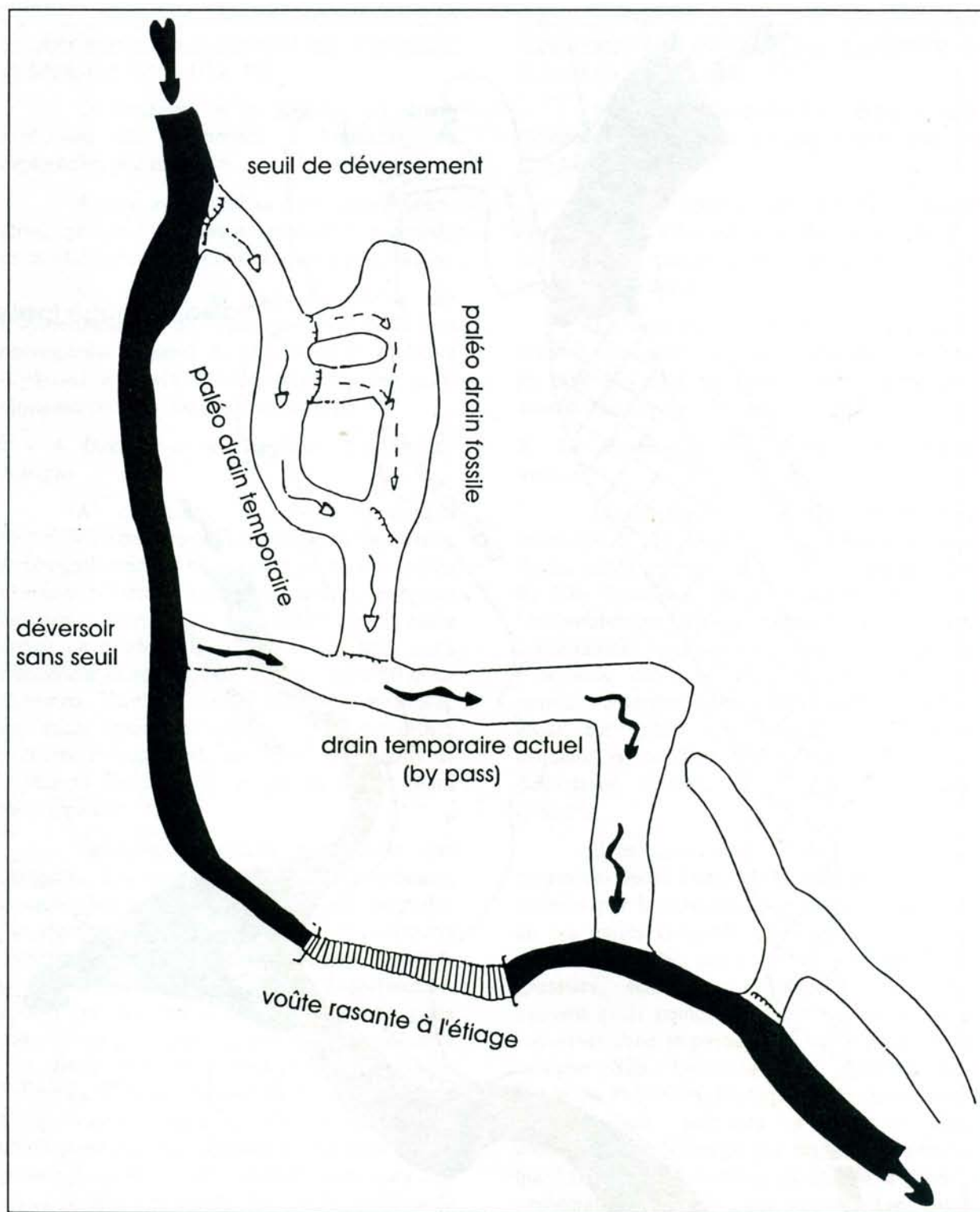


Fig. 8 : Estágio antigo e estágio atual de captura : a zona do teto baixo do Rio Angélica
Stade ancien et stade actuel de capture : la zone de la voûte mouillante du Rio Angélica.

3.1. Regimes torrenciais fortes e precoces tomaram-se evidentes nas cavidades subterrâneas.

No Salão do Deva (Lapa do Bezerra) pode-se observar massas de terra recentemente caídas da abóbada (perigo para os exploradores!). Essas massas contêm os seixos exógenos de grande porte (até 30 cm de diâmetro). Estamos nas zonas mais altas da rede, o que provavelmente significa que todos os níveis tiveram um regime torrencial. É conveniente, é claro, fazer essa observação de forma cautelosa em virtude dos fluxos absorvidos pelos sumidouros (vários m^3/s), o que, por si só, basta para explicar as dinâmicas torrenciais do local. É necessário que se insista sobre a extrema variabilidade do potencial dinâmico apresentada por tais sistemas cársticos.

A observação feita a várias centenas de metros da entrada, em um salão superior da Lapa do Angélica, de um seixo de cerca de $1/2 m^3$ prova não só o enorme potencial da torrente ao transportar elementos grosseiros, como também as possíveis perdas súbitas de carga. Esse terraço está situado no alto de um salão de grande dimensão, sobre um virado cuja base sofreu uma evolução no regime de cheia (lapiaz de face lateral e de abóbada), seguida de uma fase de tráfego e de reativação vadosa do salão antes de sua fossilização atual. Não foram observados outros terraços mais recentes, formados por grandes seixos, ou pelo fato de os drenos de acesso estarem fechados, ou porque a modificação da geometria dos condutos não tenha permitido que as mais fortes descargas chegassem a esse local em idênticas condições, ou finalmente porque a confluência não passa mais por tais dinâmicas.

3.2. Fases de recobrimento e de decantação alternam-se com esses regimes vadosos.

Constatamos, por outro lado, a existência de fases de decantação no conjunto das drenagens; nas partes superiores da Lapa do Bezerra, por exemplo, observa-se uma película muito fina de argila cinza, muito escorregadia, que recobre todos os relevos até à base das grandes salas na parte superior.

3.1. Des régimes torrentiels précoces et puissants ont été mis en évidence dans les cavités souterraines.

Dans la salle du Deva (Lapa do Bezerra), on observe des masses terrigènes récemment tombées de la voûte (danger pour les explorateurs !). Ces masses contiennent des galets exogènes de grande taille jusqu'à 30 cm de diamètre). Or, nous sommes dans les zones les plus hautes du réseau, ce qui tend à montrer que tous les niveaux ont connu un régime torrentiel. Naturellement, il convient de moduler cette observation en raison des flux engloutis par les pertes (plusieurs m^3/s) qui, à eux seuls, suffisent à expliquer des dynamiques torrentielles locales. Il faut insister sur l'extrême variabilité du potentiel dynamique qu'offrent de tels systèmes karstiques.

L'observation à plusieurs centaines de mètres de l'entrée, dans un drain supérieur de la Lapa do Angélica, d'un galet d'environ $1/2 m^3$ prouve l'énorme potentiel du torrent à transporter des éléments grossiers, mais aussi les possibles pertes de charge subites. Cette terrasse se situe au toit d'un drain de grande dimension, sur une vire dont la base a subi une évolution en régime noyé sous comblement (lapiaz de paroi et de voûte) suivie d'une phase de soutirage et de réactivation vadosa du drain avant sa fossilisation actuelle (concrétionnement). On n'observe pas d'autres terrasses plus récentes, constituées de gros galets, soit parce que les drains d'accès sont fermés, soit parce que la modification de la géométrie des conduits ne permet plus aux fortes charges d'atteindre dans des conditions identiques ce secteur, soit enfin parce que le réseau ne connaît plus de telles dynamiques.

3.2. Des phases d'enneigement et de décantation ont alterné avec ces régimes vadoses.

A l'opposé, nous avons constaté l'existence de phases de décantation dans l'ensemble des drains ; par exemple dans les parties supérieures de la Lapa do Bezerra, on observe une pellicule très fine d'argile grise, très glissante, qui recouvre tous les reliefs, jusqu'à la base des grandes salles supérieures.

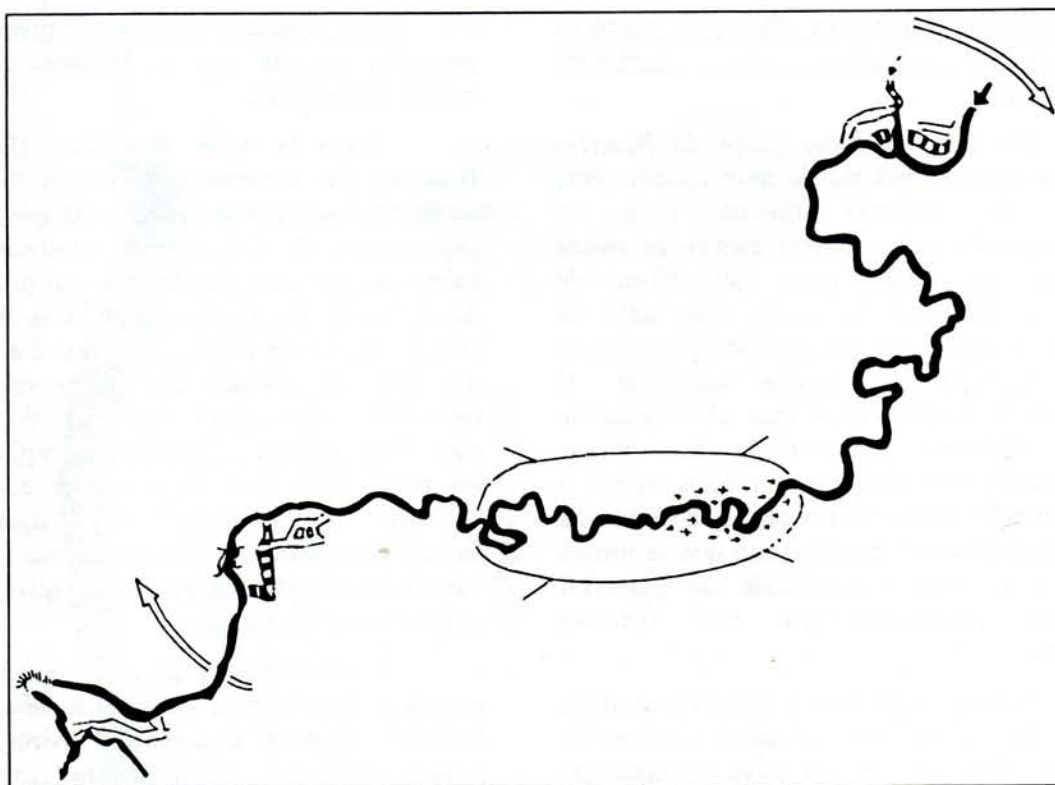


Fig. 9 : Os deslocamentos rotacionais horários na Lapa do Angélica
Les déplacements rotationnels horaires dans la Lapa do Angélica.

Ela é testemunha de um episódio de recobrimento muito recente, superior a 40 m de altura, que fossiliza por decantação todos os relevos, aí incluído os espeleotemas (pinheiros de argila, ou seja, espeleotemas cobertos por essa película). Indícios altitudinais levam-nos a fazer uma relação com a fase sedimentar que tampouco o canyon de acesso ao sumidouro do Bezerra. Esse canyon de acesso apresenta um fundo liso, testemunha de uma fase de sedimentação, em uma ligação verossímil com uma obstrução dentro do sistema subterrâneo. O curso d'água escava, atualmente, o seu leito nesse terraço, provando dessa forma ter havido modificação atual do regime de drenagem. A barragem responsável por essa fase de sedimentação ainda não foi identificada, mas poderia ser o desmoronamento final que limita atualmente a exploração a jusante da cavidade e não permite, parece, a junção humana na Lapa do Angélica.

Elle témoigne d'un épisode d'envolement très récent, supérieur à 40 m de hauteur, qui vient fossiliser par décantation tous les reliefs, y compris le concrétionnement (sapins d'argile, en fait des concrétions couvertes de cette pellicule). Des arguments altitudinaux nous portent à envisager une relation avec la phase sédimentaire qui a comblé le canyon d'accès à la perte de Bezerra. Ce canyon d'accès présente un fond plat, témoignant d'une phase de sédimentation, en liaison vraisemblable avec une obstruction dans le système souterrain. Le cours d'eau recrée, aujourd'hui, son lit dans cette terrasse, prouvant ainsi une modification actuelle du régime de drainage. Le barrage responsable de cette phase de sédimentation n'est pas encore identifié, mais pourrait être l'effondrement final qui limite actuellement l'exploration à l'aval de la cavité et n'autorise pas, semble-t-il, la jonction humaine avec la Lapa do Angélica.

Outros exemplos mais antigos poderiam ser valorizados pelo estudo do enchimento dos condutos, principalmente sob as películas calcíticas que às vezes se espalham por esses depósitos. O estudo dos condutos superiores das confluências subterrâneas deverá contribuir para isso.

CONCLUSÃO

São os eixos maiores da drenagem subterrânea que foram explorados até agora. Não há dúvida de que há ainda grande número de cavernas a serem descobertas, descritas e estudadas. Cada nova exploração contera informações que permitirão graduar ou modificar essa análise. Nas cavidades já conhecidas não duvidamos que novos desenvolvimentos serão descritos e topografados, principalmente os paleo-drenos suspensos e os afluentes endógenos. Surpresas importantes recompensarão os mais dedicados e criativos, cobrindo as zonas obscuras que hoje limitam seriamente nosso avanço sintético, sem esquecer os estudos específicos indispensáveis destinados a cada sistema subterrâneo. A extensão e a variedade do grande maciço calcáreo são provas de um futuro promissor para os espeleólogos: só foram percorridas as cavidades mais evidentes e de acesso mais fácil. Se se tiver em mente que, na França, apesar da antiguidade e da intensidade do movimento espeleológico, as "premières" acontecem semanalmente, incluindo a exploração de cavernas de tamanho mundial (precipícios de mais de 1 000 m de desnível), pode-se prever descobertas por várias gerações de exploradores subterrâneos.

Não abordei o problema dos espeleotemas dentro das cavidades, o que é uma característica espetacular. A razão é simples: não gosto da "maquiagem". É verdade que um espeleotema não me comove tanto quanto uma tábua cheia de pregos ou um corte sedimentar polifásico, mas o canudo, o disco de calcita ou o helictite merecem a atenção do amador em cavernas.

D'autres exemples plus anciens pourraient être mis en valeur par l'étude des comblements des conduits, notamment sous les pellicules calcitiques qui rythment parfois ces dépôts. L'étude des conduits supérieurs des réseaux souterrains devrait contribuer à cette démarche.

CONCLUSION

Ce sont les axes majeurs du drainage souterrain qui ont été explorés jusqu'alors. Nul doute que de nombreuses cavernes restent à découvrir, à décrire, à étudier. Chaque nouvelle exploration amènera son lot d'informations qui permettra de nuancer, voire de modifier cette analyse. Dans les cavités déjà reconnues, je ne doute pas que de nouveaux développements seront parcourus et topographiés, notamment les paléodrenas suspendus et les affluents endogènes. Des surprises importantes récompenseront les plus fidèles et inventifs et combleront les zones d'ombre qui aujourd'hui limitent sérieusement notre démarche synthétique, sans oublier les indispensables études spécifiques que mérite chaque système souterrain. L'étendue et la variété du grand massif calcaire sont des gages d'un futur fructueux pour les spéléologues : seules les cavités les plus évidentes et faciles d'accès ont été parcourues. Si l'on retient qu'en France, malgré l'ancienneté et la densité du mouvement spéléologique, des « premières » se réalisent chaque semaine, y compris l'exploration de cavités de taille mondiale (gouffres de plus de 1 000 m de dénivellation), on peut prédire des découvertes pour encore plusieurs générations d'explorateurs souterrains.

Je n'ai pas abordé le problème du concrétionnement dans les cavités, pourtant d'un aspect spectaculaire. La raison en est simple je n'aime pas le « maquillage ». Certes une concrétion ne m'émeut pas autant qu'une planche à clous ou une coupe sédimentaire polyphasée, mais la fistuleuse, le disque de calcite ou l'excentrique méritent l'attention de l'amateur de cavernes.

A verdadeira razão é que a formação de espeleotemas não é mais que uma característica espetacular dentro da evolução de uma caverna e, freqüentemente, para obter informações importantes, é necessário fazer um certo número de análises, muitas vezes em laboratório, e como sou geomorfólogo de caverna e não cristalógrafo do mundo subterrâneo, não possuo a competência exigida para fazer sobressair a extrema riqueza ornamental oferecida pelo endocarste de São Domingos. No que se refere à idade do carste de São Domingos, nenhum elemento permite fixar a idade do local. Dizer que ele é antigo é um indício e também uma falta de originalidade em um contexto brasileiro onde tudo é antigo (geologicamente falando, não humanamente...) em vista de uma evolução continental que está entre as mais velhas do globo. As provas de uma erosão atual, no entanto, não faltam, e se se pode pensar que as condições continentais dominam amplamente a região depois do fim do Mesozóico, os indícios mais antigos desapareceram enquanto a atualização dos sistemas é mais do que evidente. Assim, antes de se ousar falar de data, será necessário fazer um esboço da cronologia das fases identificáveis e pesquisar as relações entre elas. Eis aí algumas sugestões de pesquisa para aqueles que acreditavam que depois das expedições de Goiás os espeleólogos brasileiros não teriam mais nada a descobrir sob a sua terra...

La vraie raison est que le concrétionnement n'est qu'un aspect spectaculaire dans l'évolution d'une caveme et souvent pour obtenir des informations importantes, il faut réaliser un certain nombre d'analyses dont beaucoup en laboratoire, et comme je suis géomorphologue des cavernes et non pas cristallographe du monde souterrain, je n'ai pas les compétences requises pour mettre en valeur l'extrême richesse ornementale qu'offre l'endokarst de São Domingos. Quant à l'âge du karst de São Domingos, aucun élément ne permet d'en fixer l'acte de naissance. Dire qu'il est ancien est une évidence et aussi un manque d'originalité dans un contexte brésilien où tout est ancien (géologiquement parlant, car humainement...) en raison d'une évolution continentale parmi les plus vieilles du globe. Cependant les témoins d'une érosion actuelle très active ne manquent pas, et si l'on peut penser que les conditions continentales ont largement dominé la région depuis la fin du Mésozoïque, les témoins les plus anciens ont disparu tandis que l'actualisation des systèmes est plus qu'évidente. Donc, avant d'oser parler de datation, il faudra esquisser une chronologie des phases identifiables et rechercher les liaisons entre elles. Voilà quelques pistes de recherches pour ceux qui craignaient qu'après les expéditions Goiás, les spéléologues brésiliens n'aient plus rien à découvrir sous leur terre...

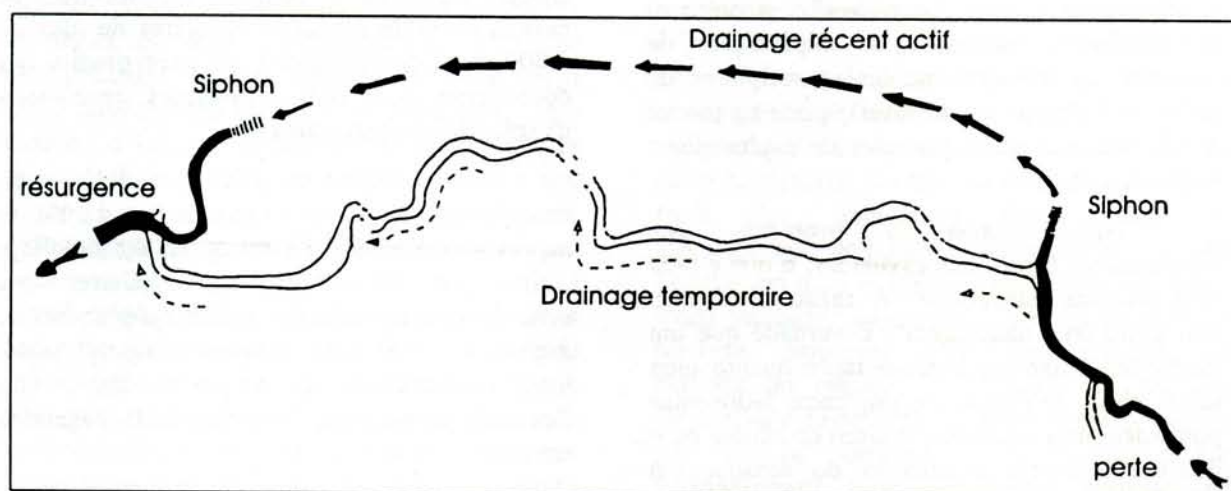


Fig. 10 : Um estágio recente de captura : a Lapa do Caveira
Un stade récent de capture : la Lapa do Caveira.