

LE KARST : UN TEMOIN DES MUTATIONS SOCIO-ECONOMIQUES DANS LA SIERRA DE ZONGOLICA (MEXIQUE)

par

Jean-Jacques DELANNOY ¹

(5 figures)

RESUME.— Lors d'une expédition spéléo-morphologique dans la Sierra de Zongolica (Etat de Vera-Cruz, Mexique) en 1983, de profondes dégradations naturelles (morphodynamiques, hydrologiques, . . .) et anthropiques (directes ou indirectes) ainsi que leurs interrelations, ont pu être observées. L'étude du karst souterrain et des remplissages des cavités a permis de poser le grave problème de l'érosion des sols et de leur évacuation vers le karst profond. Ce transfert a pour effet de favoriser le colmatage progressif des conduits souterrains et indirectement de contrarier les circulations karstiques avec pour conséquences des mises en charge et des inondations. Par l'analyse fine des dépôts souterrains, il apparaît que ces processus se sont accentués suite aux diverses mutations socio-agricoles au sein de la sierra. Par une meilleure connaissance hydrogéologique et du comportement du karst, il est possible de remettre en question l'évolution des structures agraires et d'aborder les problèmes d'aménagement dans cette région tropicale humide afin d'atténuer les effets des dégradations relevées.

Mots-clés : Sierra Madre orientale, Mexique, dégradations, aménagement, karstologie appliquée.

ABSTRACT.— *Karst, evidence of the socio-economical changes in the Sierra de Zongolica, Mexico.*

During a speleo-morphological expedition in the Sierra de Zongolica (State of Vera-Cruz, Mexico) in 1983, severe natural and man-induced damages could be observed, at the same time as their interrelations. The study of underground karst and cave deposits allowed to point out the problem of soil erosion and soil transportation to deep karst. This carrying favours a progressive filling up of underground conduits; it troubles karstic currents and causes floods. Fine analysis of underground deposits shows that those processes have increased because of the socio-agricultural mutations in the Sierra. By a better understanding of the hydrogeology and of the karst processes, it is possible to question land structures and to enter upon regional planning of this humid tropical area in order to reduce the degradations.

Key-words : Sierra Madre oriental, Mexico, degradation, regional planning, applied karstology.

SITUATION

La Sierra de Zongolica (Etat de Vera-Cruz), élément méridional de la Sierra Madre orientale, est limitée au nord par la dépression d'Orizaba, à l'est par la plaine côtière de Cordoba-Vera-Cruz, au sud par les hauts reliefs de Huautla et à l'ouest par le bassin de Tehuacan.

Ensemble karstique d'environ 880 m², la sierra présente un relief vigoureux et accidenté dont l'altitude est comprise entre 2.750 m et 100 m.

CADRE CLIMATIQUE

De climat tropical humide, la Sierra de Zongolica reçoit en moyenne 4 m de précipitations annuelles caractérisées par une période de fortes pluies trouvant son maximum en septembre. Lors de cette saison qui se

développe de juin à octobre, l'orographie détermine, outre une zonation bio-climatique, des effets de mousson. La saison "sèche", de novembre à mai, est peu marquée du fait de l'influence des vents du nord responsables de brouillards tenaces et de pluies fines de condensation. Seuls les mois d'avril et de mai connaissent un léger déficit en eau. Cette dualité saison pluvieuse - saison sèche est particulièrement importante dans le régime des écoulements (grande variabilité des débits ; le rio Tonto passe ainsi de 50 m³/s à 3130 m³/s), dans le fonctionnement du karst et dans l'intensité des processus morpho-dynamiques.

¹ E.R.A. N° 282 du C.N.R.S. L'Erigny, 38430 Moirans (Fr.).
Directeur-adjoint de la Commission scientifique de la Fédération française de Spéléologie.

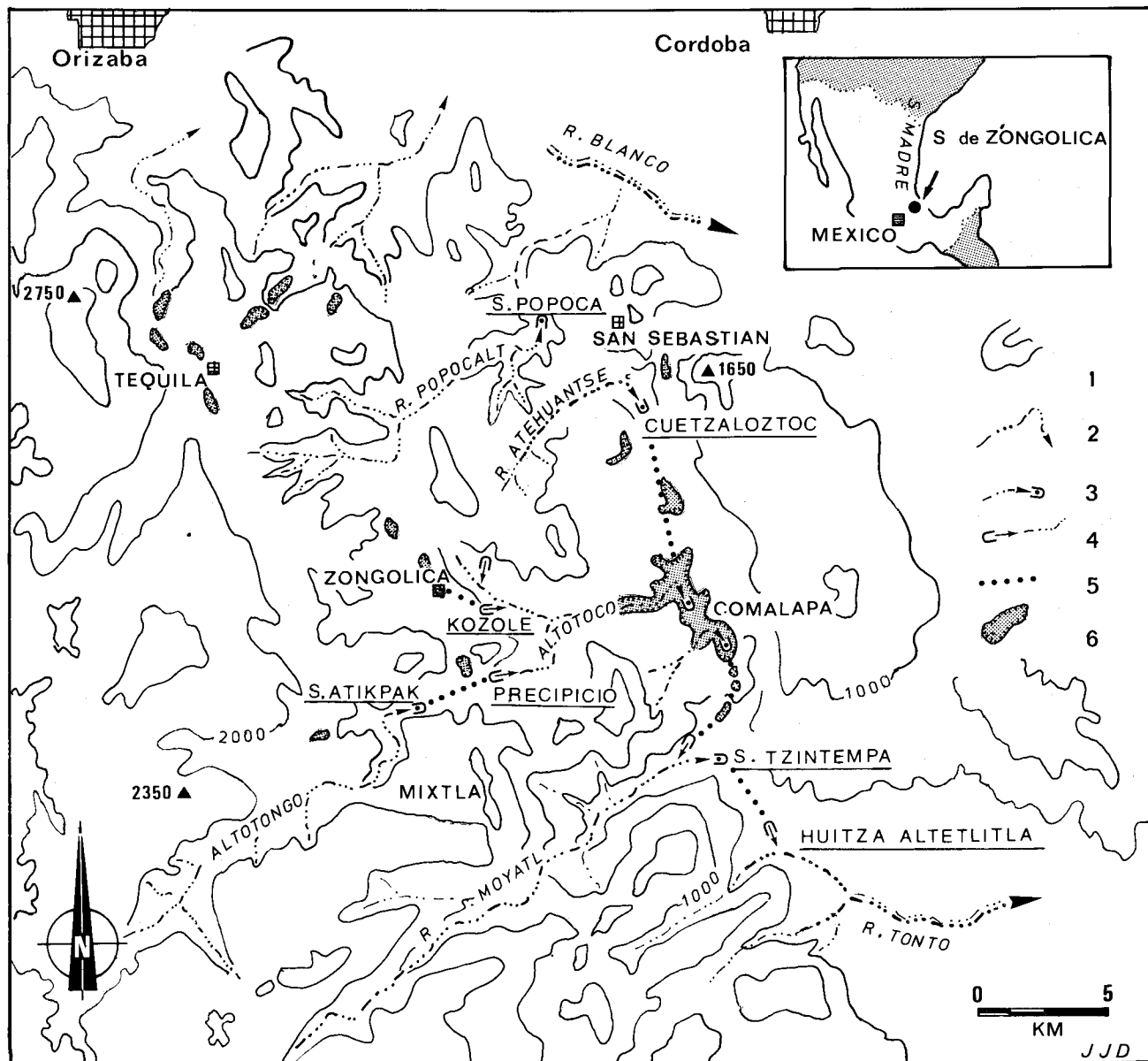


Figure 1. - La Sierra de Zongolica.

1. Courbe de niveau; 2. cours d'eau; 3. perte karstique; 4. émergence; 5. tracé souterrain; 6. dépression

CONTEXTE LITHO-STRUCTURAL ET ORGANISATION HYDROGRAPHIQUE

La Sierra de Zongolica, par sa spécificité karstique, se comporte comme un important château d'eau qui alimente trois grands cours d'eau atlantiques (rio Blanco, rio Tonto, rio Salado) qui jouent un grand rôle dans l'économie mexicaine (barrage hydraulique, irrigation ...) (fig. 1).

L'organisation hydrographique et hydrogéologique de la sierra possède des caractères originaux influencés par le contexte litho-structural du massif dont une puissante assise (350 m) de marbres jurassiques. Ceux-ci doivent leur intense fracturation à la proximité d'une zone d'activité tectonique illustrée par le volcan du Citlatepelt (5.700 m) situé à moins de 50 km de Zongolica.

Le réseau hydrographique de surface, calqué sur les principaux accidents structuraux, est composé de 4 rivières :

- le rio Moyatl qui draine les hautes terres de Duraznotla-Xopilapa (terrains métamorphiques peu karstifiables).
- le rio Altotongo-Altotoco; ce cours d'eau a la particularité d'avoir un parcours tantôt aérien, tantôt souterrain (sumidero d'Atikpak-Precipicio; ponons de Comalapa-Monamika dans les gorges du Moyatl) avant de confluer avec le rio Moyatl.
- le rio Atehuantse qui draine les crêtes schisto-marneuses de Acotenacalt qui coiffent les marbres jurassiques.
- le rio Popocalt qui draine le nord de la Sierra de Zongolica.

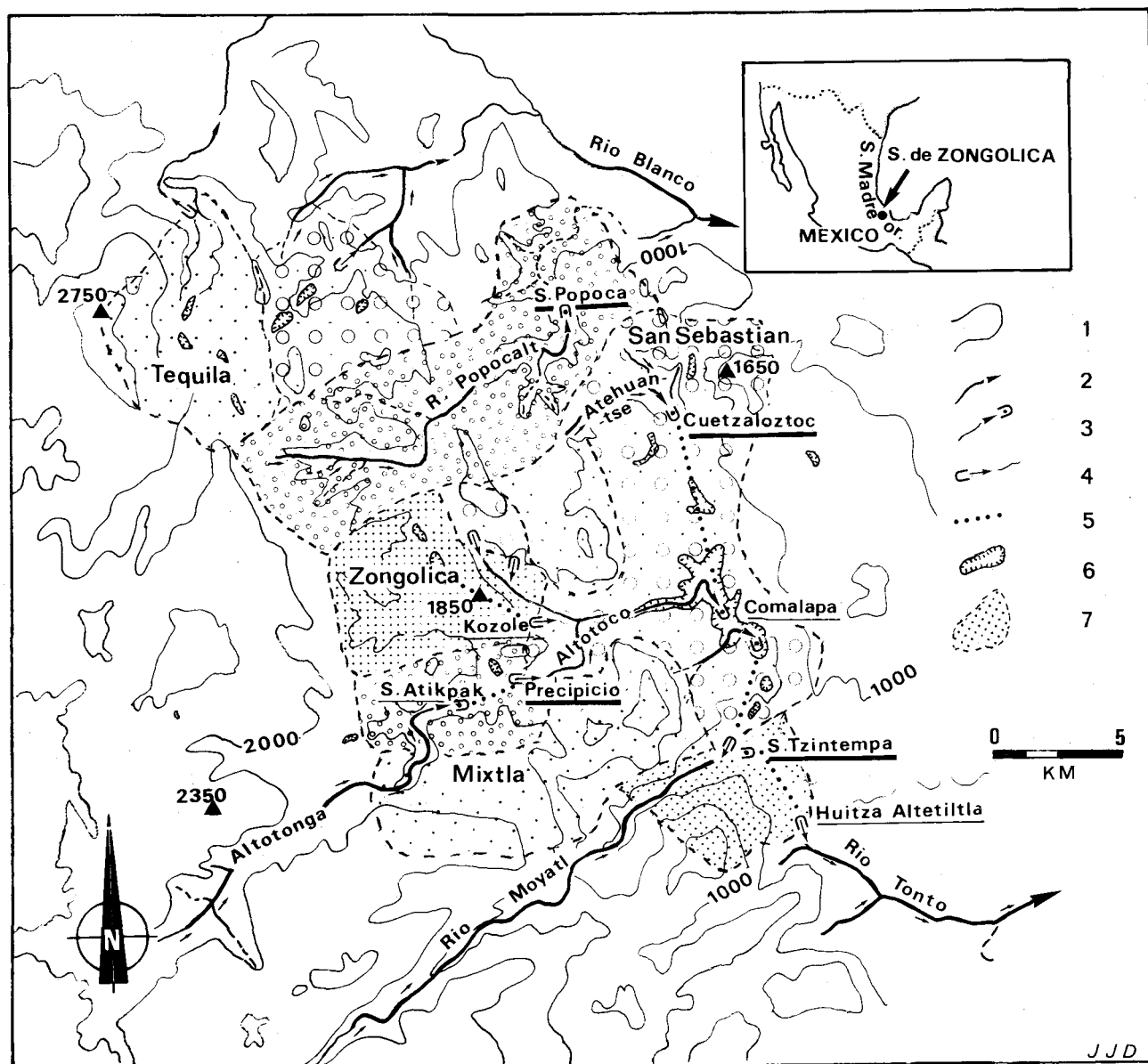


Figure 2. - Les bassins d'alimentation karstique dans la Sierra de Zongolica.

1. Courbe de niveau (équidistance : 500 m); 2. cours d'eau; 3. perte karstique; 4. émergence; 5. parcours souterrain des écoulements; 6. Poljé; 7. bassin d'alimentation karstique.

Chacun de ces cours d'eau pérennes de surface a pour caractéristique de se perdre dans le karst par d'importants sumideros (pertes).

- Rio Atehuantse : sumidero du Cuetzaloztotl dont le siphon aval se greffe sur la nappe aquifère du poljé de Comalapa.
- Rio Altotongo ; sumidero d'Atikpak au-delà duquel on peut suivre la paléo-vallée de l'Altotongo, perchée par rapport au sumidero, par de successifs phénomènes néotectoniques.
- Rio Altotoco : ponors du poljé de Comalapa.
- Rio Popocalt : sumidero de Popoca qui alimente le rio Blanco. A l'aval de la perte, le cours temporaire du Popocalt est alimenté, lors des hautes eaux, par plusieurs cheminées d'équilibre (Totomaxhapa; le Popoca lui-même qui peut complètement s'envoyer).

- Rio Moyatl : sumidero de Tzintempa (Bocqueron) qui après un parcours souterrain de 1,5 km donne naissance au rio Tonto.

HYDROGEOLOGIE : CONTRAINTES NATURELLES, DEGRADATIONS ANTHROPIQUES ET AMENAGEMENTS POTENTIELS

La détermination des bassins d'alimentation karstique a été notre première démarche dans la Sierra de Zongolica, pour deux raisons essentielles :

- répondre aux différents phénomènes liés aux inondations des vallées et des dépressions fermées.
- définir les risques potentiels de contamination des eaux. (fig. 2).

Lors de la saison des pluies, de nombreux poljés

de la sierra (Comalapa - Zongolica - Ocotitla - Apanga...) s'inondent partiellement. La ville de Zongolica, enclavée dans un profond poljé structural, est régulièrement confrontée à ce problème qui interdit tout développement de la cité vers la partie "déprimée" du bassin. Pour répondre, dans un premier temps, à ce problème, les colons avaient perché leur habitat sur de hauts trottoirs qui canalisent les eaux vers la zone basse de la dépression.

Or les ponors dans lesquels se jettent les eaux pluviales ainsi que les eaux usées de la ville sont encombrés de débris et de branchages. Cette obturation progressive des ponors entraîne des inondations de plus en plus étendues qui obligent l'évacuation de la partie basse de la ville.

Ces inondations de plus en plus fréquentes sont à l'origine, par battements de nappes, de nombreux soutirages aux abords et dans la cité. En 1973, un important effondrement de 60 à 70 mètres de diamètre s'est ouvert aux abords de la ville. D'année en année, cette dépression aux berges instables et emplies d'eau, s'agrandit et menace un ensemble de résidences.

Un aménagement conséquent par un drainage superficiel et souterrain des eaux pluviales et de ruissellement et par un curage périodique des ponors devraient améliorer cette situation.

Reste le problème pernicieux du rejet des eaux usées de Zongolica qui sont, elles, canalisées vers les pertes du poljé. Or les sumideros de Zongolica alimentent la puissante émergence du Cozole qui conflue avec l'Altotoco et fournit l'eau de consommation des habitants de Comalapa. Cette conjoncture n'est pas sans graves incidences quand on sait que de très nombreux cas d'hépatite virale et de gastro-entérite ont été relevés dans cette partie de la sierra où les infrastructures médicales restent insuffisantes.

Il est plus difficile de répondre aux problèmes de mises en charge des sumideros dues soit aux conditions hydrogéologiques du système, soit aux colmatages des réseaux souterrains, soit à ces causes conjuguées.

TEMOINS ET TRACEURS DE L'ÉROSION DES SOLS : LES REMPLISSAGES SOUTERRAINS

D'importants remplissages argilo-sableux ont été mis en évidence lors de l'exploration des collecteurs du Cuetzaloztotl, d'Atikpak, d'Ahuihuizcapa... (Ackermann, 1980; Delannoy, 1983). Ces dépôts peuvent atteindre des volumes considérables comme dans le Cuetzaloztotl où sur près d'un km de galeries, s'agence un paysage de "dunes" d'une vingtaine de mètres de hauteur.

Ces dépôts ont été et sont apportés dans le karst souterrain par les puissantes crues estivales des rios qui, capables de prendre en charge d'importantes quantités de matériaux, se transforment en de véritables fleuves de boue. Troncs de plusieurs m³ suspendus à plusieurs

dizaines de mètres du fond des galeries, blocs encastrés dans la paroi, terres arables déposées en terrasses dans les zones épinoyées sont quelques-uns des témoins de la compétence de ces cours d'eau.

Dans le collecteur du Cuetzaloztotl, une coupe d'une vingtaine de mètres a été relevée dans les remplissages souterrains (fig. 3).

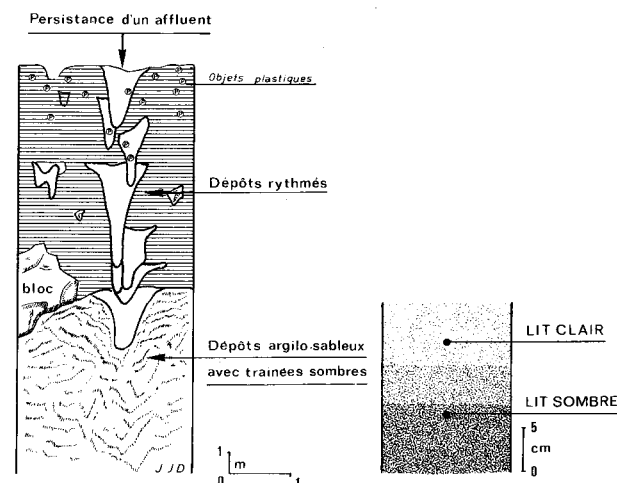


Figure 3

Ce remplissage se subdivise en deux parties : à la base, huit mètres de dépôt argilo-sableux dans lequel existent de nombreuses traînées noirâtres; au-dessus de cet ensemble se développent une douzaine de mètres de dépôts rythmés. On relève une alternance de lits sombres et de lits clairs respectivement de 15 et 5 cm d'épaisseur. Les lits sombres riches en matière organique sont limoneux (68 % d'éléments compris entre 20 et 2 microns).

Les lits clairs, plus argileux (36 à 52 % d'éléments inférieurs à 2 microns) sont beaucoup moins chargés en dépôts végétaux. La transition entre les deux lits se fait progressivement tant d'un point de vue granulométrique que de la teneur en matière organique. Il semble que chaque couple lit sombre - lit clair correspond, pour cette cavité, à la période des hautes eaux estivales qui envoient l'ensemble du collecteur. Lors de cette mise en charge des réseaux souterrains, qui exprime l'incapacité du drain aval d'évacuer la totalité des eaux, les particules fines acheminées par le rio en crue se déposent par gravitation-décantation. Les lits sombres correspondraient aux ondes de crue qui emmènent d'importantes quantités de matériaux très divers issus des horizons pédologiques supérieurs et des berges des cours d'eau. Les lits plus clairs se déposeraient en phase de décrue (qui peut durer plusieurs semaines) lorsque le rio possède une moindre capacité de transport; d'où des lits plus argileux et moins abondants en matière végétale. Après la décrue, le rio souterrain et ses affluents réentaillent les dépôts argilo-limoneux. On relève, d'ailleurs, une certaine persistance dans le tracé des écoulements.

De nombreux témoins anthropiques confirment le colmatage progressif de ce réseau souterrain : ce sont de nombreux objets en plastique (assiette, gobelet, boîte...) qui ont été introduits dans la sierra, il y a une quinzaine d'années, avec l'ouverture de "Comasupo" à Totolacatla. On retrouve ces témoins dans les trois mètres supérieurs du remplissage actuel où se distribuent une douzaine de couples lits sombres - lits clairs. Quelles que soient la périodicité des varves et l'hypothèse proposée, l'étude des collecteurs souterrains et de leur remplissage pose la question du lessivage des sols qui semble s'accroître dans la sierra de Zongolica.

Pour répondre à cette problématique, il est nécessaire de déterminer les causes de ces transferts; causes qui apparaissent essentiellement anthropiques.

PRATIQUES ET MUTATIONS SOCIO-AGRICOLAS DANS LA SIERRA DE ZONGOLICA ET LEURS INCIDENCES SUR LE MILIEU

La Sierra de Zongolica, peuplée d'Indiens de langue nahuatl, se caractérise par une forte densité de population en regard de son relief accidenté : 96 à 50 h/km². C'est une des conséquences du rôle de zone refuge qu'a joué la sierra depuis la colonisation espagnole, vis-à-vis des populations indiennes (fig. 4).

DEMOGRAPHIE de la Sierra de ZONGOLICA

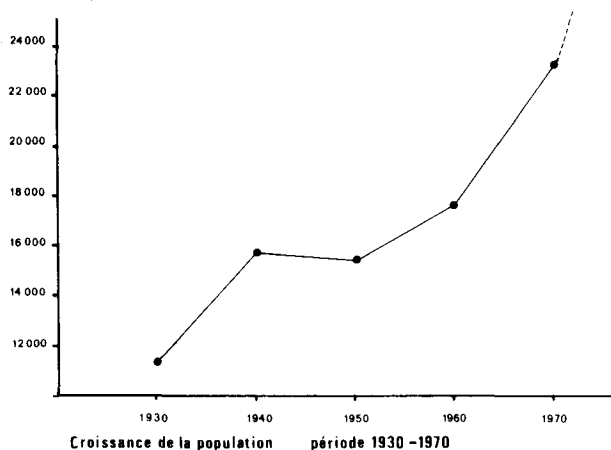


Figure 4. - Croissance démographique dans la Sierra de Zongolica
Sources : Département de Géographie, UNAM.

L'activité économique de cette région, longtemps refermée sur elle-même, était tournée vers une agriculture de subsistance basée sur la production de maïs, de frijoles, de chile... associée à un petit élevage. On constate, de nos jours, d'importantes étendues déforestées sur les fortes pentes du kegelkarst de Zongolica, malgré une modeste exploitation des ressources forestières. Cet état de fait est dû aux pratiques agricoles (milpas) qui impliquent un besoin toujours croissant de nouveaux défrichements

pour répondre d'une part à l'érosion des sols et d'autre part à la pression démographique.

Ce double phénomène de déforestation et d'érosion des sols a été accentué par l'arrivée de cultures spéculatives : la monoculture du tabac puis celle du café en remplacement du cacao ont favorisé le défrichement de vastes pans de versants contrairement aux milpas indiens qui restaient de taille modeste.

Du fait du manque de suivi de la politique agraire dans la sierra, commandée par les impératifs de marchés et de rentabilité, de nombreux secteurs défrichés ont été abandonnés. Sur ces versants, hormis l'évacuation des sols agricoles déjà relevée, de nombreux processus morphodynamiques sont à l'origine de dégradations spectaculaires (fig. 5) :

- incision de profondes ravines dans les versants que la forêt n'arrive pas à recoloniser;
- développement de lavakas et affaissements dans les horizons pédologiques;
- coulées de solifluxion et mouvements de terrains importants...

Il est indéniable que le recul de la forêt associé à des pratiques agricoles mal adaptées aux conditions géoclimatiques sont à l'origine de nombreuses dégradations du milieu (évacuation irrémédiable des sols agricoles) et de modifications dans le fonctionnement du karst dont on ne mesure pas encore toutes les conséquences. Ainsi du fait de prises en charge trop importante des cours d'eau, on constate des colmatages progressifs de vastes réseaux souterrains et principalement des collecteurs. Le moindre potentiel d'évacuation des drains souterrains a pour effet de provoquer des inondations de plus en plus importantes des poljés avec les conséquences que l'on connaît (soutirage, rétention des sols excessive en eau...).

Il est important pour le développement de la Sierra de Zongolica de dresser un premier bilan des dégradations naturelles et anthropiques (carte des dégradations dans la Sierra de Zongolica) et de poser les bases potentielles de son aménagement (pratiques agraires adaptées au relief et aux conditions climatiques, drainage des dépressions fermées vers les ponors régulièrement curés, stabilisation des soutirages par implants végétaux, corsetage des berges des rios aux abords des sumideros, traitement par bassins successifs de décantation des eaux usées de Zongolica...).

L'étude globale d'un massif karstique et de son fonctionnement a permis de déterminer la gravité des processus morphodynamiques accentués par des activités socio-économiques non adaptées et de poser de nouvelles bases pour le développement de cette région tropicale.

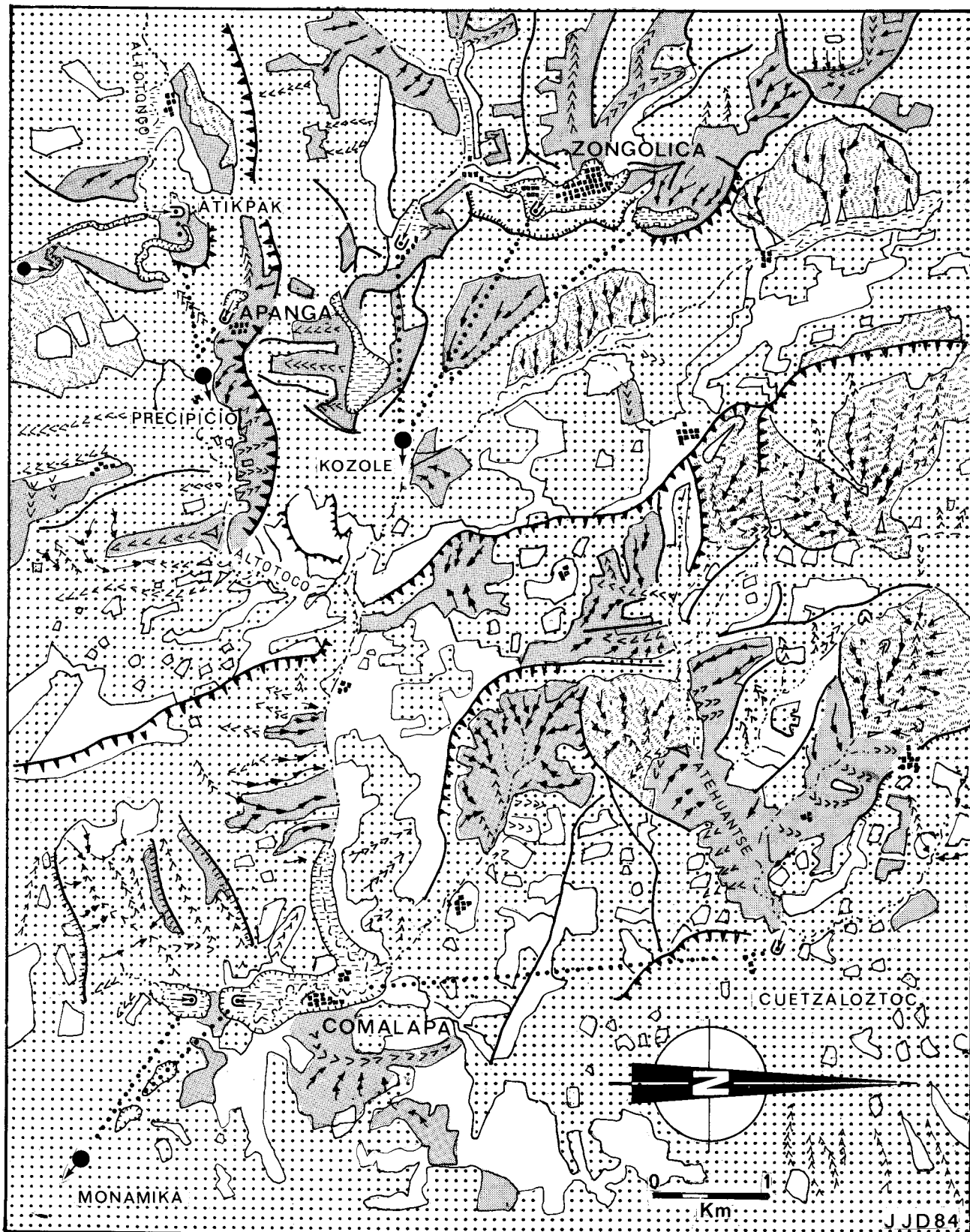
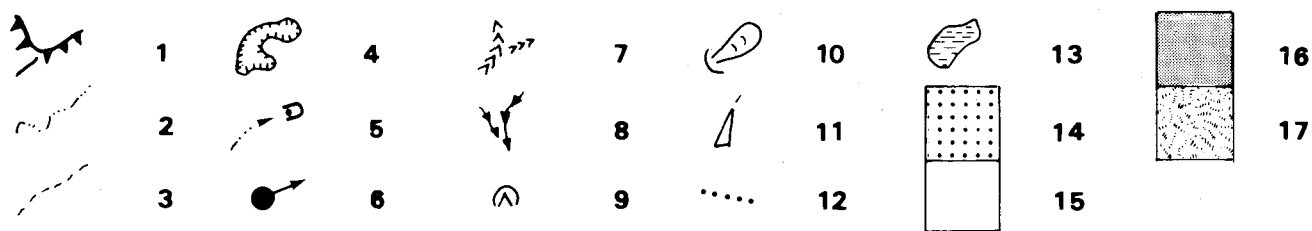


Figure 5. - Carte des dégradations naturelles et anthropiques dans la Sierra de Zongolica, Mexique.



Légende de la figure 5

1. lignes de crête; 2. cours d'eau pérenne; 3. cours d'eau temporaire; 4. Poljé; 5. Perte; 6. émergence; 7. ravins; 8. ravines profondes; 9. Lavaka; 10. mouvement de terrain; 11. cône de déjection; 12. cours souterrain; 13. zone inondable; 14. forêt sempervirente; 15. milpas; 16. zone défrichée très dégradée; 17. zone agricole abandonnée.

BIBLIOGRAPHIE

- ACKERMANN, P., 1981. Spéléologie sur les hauts bassins du rio Tonto. Sierra de Zongolica - Mexique. Colloque de Seyssins. Congrès de la F.F.S.
- ACKERMANN, P., 1981. Notes d'explorations spéléologiques dans la Sierra de Zongolica. Inédit.
- DELANNOY, J.J., 1984. Mexique 83 : Sierra de Zongolica. Spélunca n° 13.
- DELANNOY, J.J., 1984. Sur l'intérêt de la karstologie dans les problèmes d'aménagement en région calcaire. L'exemple de la Sierra de Zongolica. Spélunca Mémoires n° 13. XV^e Congrès de la F.F.S.
- TAMAYO, L.J., 1982. Geografía moderna de Mexico. Edition Trillas, Mexico.
- THOURET, J.C. & ROVERA, G., 1983. Une carte intégrée des milieux instables et dégradés et de leurs aménagements potentiels : région de Tunja; Andes de Colombie. R.G.A. n°2, Tome LXXI.