

## Premiers Résultats du Suivi de l'Erosion Hydrique et de l'Hydrodynamique des Sols à Tepetates (Texcoco, Mexique)

A. Marquéz\*, C. Prat\*, E. Huerta\*\*, E. Carrillo\*\* et J.L. Janeau\*. \*ORSTOM, Col. Los Morales, A.P. 57297, 06501 México, Mexique; \*\*Colegio de Postgraduados de Montecillo, Edomex, Mexique.

**Abstract:** First results of study of water erosion and hydrodynamics in tepetate soils (Texcoco, Mexico). The main part of the tepetates in Mexico appears on the surface of the ground due to the erosion process and do not permit agriculture. We study the runoff and soil erosion on a indurated non cultivated tepetate as a reference, and on various improved tepetate. We study also the hydrodynamics of soils with tepetate. The first results show that the tepetate in natural condition produces a high runoff due to the lack of infiltration meanwhile the soil erosion is limited (10 t/ha in 1992 and the half part in 1993). This runoff generate a drastic regressive erosion downstream. In the case of cultivated tepetate, there an acceptable rate of soil loss in the case where the terrace system is well made.

**Introduction.** Au Mexique, les horizons indurés volcaniques (tepetates) couvrent de 35 à 170,000 km<sup>2</sup> (1) dont la moitié affleure, provoquant une forte érosion et l'abandon des terres par les paysans. Dans des études antérieures, en particulier le programme de recherche CEE-ORSTOM-CP-UAT-JL Liebig (2) de 1988 à 1992, les différents types de tepetates de la région de Mexico et de Tlaxcala ont été identifiés et caractérisés d'un point de vue physico-chimique, pétrographique et minéralogique, mais leur fonctionnement hydrodynamique n'a pas été mis en évidence. D'autre part, les travaux portant sur l'érosion au Mexique y compris le programme sur les tepetates de Texcoco, se sont focalisés sur les parcelles de type Wischmeier dont la taille ne correspond qu'imparfaitement à la réalité. Afin de comparer et de compléter ces données ainsi que celles obtenues sur parcelles de 1 000 m<sup>2</sup> depuis 3 ans à Tlaxcala, nous avons équipé une série de terrasses dont le tepetate a été rippé en 1993. De plus, deux toposéquences ont fait l'objet d'un suivi hydrodynamique hebdomadaire.

L'objectif de notre étude est de déterminer l'impact de différentes pratiques de récupération des tepetates sur les propriétés et le fonctionnement hydrique ainsi que sur l'érosion des tepetates réhabilités. La plupart des données étant encore en phase d'analyse, nous nous limiterons à présenter les premiers résultats.

### Matériels et méthodes.

**Erosion:** Une parcelle de 100 m<sup>2</sup>, 7 parcelles de 700 à 1000 m<sup>2</sup> et un bassin versant de 1800 m<sup>2</sup> ont fait l'objet d'aménagements et de suivis de l'érosion (3). Afin de mesurer en continu le ruissellement, chaque site a été équipé d'un limnigraphe au niveau d'un déversoir. Celui-ci se vide dans une cuve de 800 l permettant de récupérer les sédiments et de jouer le rôle de répartiteur d'eau. L'aliquote (1/20) se déverse dans un second répartiteur identique, qui se vide (1/20) dans un troisième de faible capacité (100 l). Du fait des volumes d'eau très importants, la parcelle sur tepetate nu possède une cuve de plus. Afin de connaître la dynamique et les quantités d'éléments solides et dissous transportés au cours de l'érosion, un échantillon d'eau chargé de sédiments a été récupéré et analysé après chaque pluie. De même le contenu des cuves et les sédiments ont été récupérés, séchés et pesés. Les différentes variables prises en compte dans l'étude de l'érosion et du ruissellement sont: profondeur du rippage (40-60 cm), taille des agrégats (préparation fine ou moyenne), pente de la terrasse (10, 5 et 1%), effet d'engrais organique (fumier de bovins 0 ou 13.6 t/ha de mat. sèche), d'engrais vert (vesce) et d'association (orge avec ou sans vesce). A titre de référence, une parcelle possédant un sol brun vertique a été cultivé avec l'association orge-vesce, un petit bassin versant et une parcelle type Wischmeier de tepetate nu non rippé ont été également suivis.

**Hydrodynamique:** Deux toposéquences ont été sélectionnées: a) San Pablo Ixtayoc sert de "référence andosols" et marque le début de la formation des tepetates avec des sols plus ou moins en place, terrassés. Le climat est humide à saison sèche atténuée, et se situe entre 2 800 et 3 200 m d'altitude. Cinq sites de mesure situés au sommet d'un lahar, s'échelonnent sur une longueur d'environ 1 000 m. b) San Miguel Tlaxpan comporte des tepetates bien marqués, dont les sols généralement encore en place, ont été mis en terrasses il y a plusieurs années. Le climat est subaride à saison sèche marquée (6 mois) et les sols sont à caractères cambiques ou vertiques, avec présence de tepetates t<sub>2</sub> et t<sub>3</sub> carbonatés et non carbonatés. Cinq sites de mesure se répartissent sur moins de 500 m et se localisent à 2 550 m d'altitude. Chaque site est équipé d'un tube d'aluminium de 3,50 m de profondeur afin d'effectuer les mesures à l'aide d'une sonde neutronique, une fois par semaine, tous les 10 cm, avec un prélèvement d'échantillon de 0 à 40 cm de la surface afin de déterminer directement l'humidité. Dans la toposéquence de S. Miguel, une batterie de tensiomètres (0,3 - 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 2,5 - 3,0 m de profondeur) a été installée autour de chaque tube afin de déterminer la disponibilité de l'eau dans les sols. Un tensiomètre électronique portable (DTE 10000 de Nardeux) nous permet de faire une lecture immédiate.



## Résultats et discussions.

### Erosion:

En 1992, les données concernent le bassin versant de tepetate nu. Sa superficie d'environ 1 800 m<sup>2</sup> est occupée à 70% par le tepetate café (t<sub>3</sub>), à 10% par le tepetate t<sub>2</sub> carbonaté et le reste, soit moins de 20% par des zones de sédimentation où se développe la végétation.

Des 68 pluies qui sont tombées au cours de l'année, 55 ont provoqué un ruissellement globalement inférieur à 50% de la quantité d'eau tombée sur le sol; et les 13 restantes ont provoqué un ruissellement supérieur à 50%, dont 3 dépassent les 70% (4). En fait, le ruissellement apparaît pour des pluies dépassant les 4 mm, confirmant ainsi les données obtenues à Tlaxcala (2). En terme de moyenne pour chaque pluie, l'I<sub>30</sub> présente des valeurs très variables pour les pluies dont le ruissellement dépasse les 50% puisqu'il est compris entre 25 et 80 MJ.mm/ha.h. Quant aux 3 pluies ayant entraîné un ruissellement supérieur à 70%, elles présentent un I<sub>30</sub> sup à 80 MJ.mm/ha.h.

La quantité totale de sédiments arrachés au cours de l'année dépasse les 10 t/ha, soit à peine moins du double de la quantité mesurée sur la parcelle de Wichmeier dans les années précédentes.

En 1993, les pluies ont été rares, éparses, faibles en quantité (400 mm) et en intensité. Ainsi, la pluie la plus forte ne dépasse pas les 25 mm. Dans ces conditions, le ruissellement et l'érosion sur les terrasses de tepetate réhabilité ont été extrêmement réduits. Seul, le tepetate nu a présenté une érosion plus significative de quelques tonnes de sédiments transportés.

Bien que les valeurs moyennes obtenues soient intéressantes, elles masquent de très nombreuses disparités et s'avèrent parfois trompeuses. C'est pourquoi, nous sommes en train d'effectuer l'analyse des caractéristiques de l'intensité-durée-fréquence des phases de chaque pluie ainsi que la comparaison entre ces phases et l'hydrogramme correspondant. Une des conséquences sera d'abandonner l'I<sub>30</sub> au profit d'intensité de durée plus courtes: 15, 10 et 5 minutes.

De plus, si l'érodibilité des tepetates (en particulier t<sub>3</sub>) est limitée, le ruissellement est très important: plus de 85% de l'eau ruisselle pour des pluies > 4 mm et d'intensité >10 mm/h. La conséquence est qu'il se développe en aval, une érosion régressive catastrophique et où des dizaines, voir des centaines de tonnes de matériaux sont arrachés et transportés dans les vallées. Il est donc important d'étudier ce phénomène, qui n'a pas été pris en compte jusqu'à maintenant.

### Hydrodynamique:

Globalement, il semble que les profils au sein d'une même toposéquence aient un comportement assez proches les uns des autres au cours de l'année. Par contre, la toposéquence de San Pablo a un comportement différent de celui de San Miguel.

Dans le cas de S. Pablo, c'est tout le profil qui reste humide au cours de la saison humide. Après chaque pluie, l'eau traverse progressivement l'ensemble du profil. Pendant la saison sèche, seul le premier mètre semble affecté par la sécheresse. Les tepetates ne semblent donc pas jouer ici un rôle dans la limitation de la pénétration de l'eau.

En ce qui concerne S. Miguel, au cours de la saison des pluies, ce sont principalement les horizons de surface et le premier tepetate (t<sub>2</sub> carbonaté) qui s'humidifient, les autres horizons (au delà d'un mètre de profondeur environ) ont une teneur en eau faible et relativement constante tout au long de l'année. Le tepetate t<sub>2</sub> semble donc bien limiter la pénétration de l'eau en profondeur. En ce qui concerne l'existence d'écoulement latéraux internes, rien ne nous permet actuellement de penser qu'il existe de tels phénomènes au cours d'une saison à pluviométrie "normale". Toutefois, il reste à le vérifier dans le cas de saison particulièrement humide et de pluies particulièrement importantes. 1993 ayant été une saison trop sèche et peu érosive, nous espérons pouvoir faire ce type de suivi en 1994.

A partir de 1994, des suivis seront effectués sur les terrasses de tepetate réhabilités, afin de déterminer l'influence des traitements du tepetate sur l'hydrodynamique et la capacité de rétention en eau des sols.

### Bibliographie citée.

- (1) Zebrowski C., C. Prat, J.D. Etchevers B., H.M. Arias R., M.E. Miranda M. (Eds), 1992. Actas del primer simposio internacional sobre los suelos volcánicos endurecidos, México, Vol. 10, Número especial, 572 p.
- (2) Quantin P., 1992. Etude des sols volcaniques indurés "tepetates" des bassins de Mexico et de Tlaxcala, en vue de leur réhabilitation agricole. Rapport scientifique final. CEE # TS2.A.212.C. 77 p.
- (3) Baéz B., C. Prat, A. Márquez et A. Chora, 1994. Premiers résultats d'essais agronomiques visant à la réhabilitation agricole du tepetate t<sub>3</sub> (Texcoco, Mexique): I. Cas de l'orge et de la vesce. Dans ce volume.
- (4) Prat C., J.L. Oropeza y J.L. Janeau, 1993. Resultados del primer año de investigación del programa ORSTOM-CP sobre la rehabilitación de los tepetates (suelos volcánicos endurecidos) de México. In: J. F. Gallardo L. (Eds). Actes du XII Congrès latinoaméricain de la science du sol, Espagne, Vol. 3, p 1367-1371.



ACAPULCO, MEXICO  
JULY 10-16, 1994



**VOLUME 6b:**  
**COMMISSION V: POSTER SESSIONS**

**Transactions**

15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science  
15 Bodenkundlicher Weltkongress  
15<sup>ème</sup> Congrès Mondial de la Science du Sol  
15<sup>o</sup> Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo

p. 241-242

## Symposium ID-13. Indurated Volcanic Soils: Use and Management

	Page
Induration of air-dried volcanic ash soil in Aso area of Japan. <i>H. Kubotera, and I. Yamada. (Japan).</i> . . . . .	214
Les formations volcaniques indurées des Andes de Colombie: une distribution et des processus géochimiques liés à des conditions climatiques sèches. <i>P. Faivre, et S. Gaviria. (France).</i> . . . . .	216
Indurated horizons in poorly drained volcanic soils. <i>W. Luzio, and T. Palma. (Chile).</i> . . . . .	218
Formation of petrocalcic horizons in soil from basic pyroclastics under the semiarid climate of Lanzarote (Spain). <i>R. Jahn, and K. Stahr. (Germany).</i> . . . . .	220
Micromorphology of placic horizons of andosols of the azores. <i>J. Pinheiro and A. Rodriguez. (Spain).</i> . . . . .	222
Characterization and agricultural assessment of two "talpetate" profiles in Nicaragua. <i>A.W. Vogel, D. Creutzberg and J.H. Kauffman. (The Netherlands).</i> . . . . .	224
The talpetate of the Central-Pacific region of Nicaragua: a palagonitized tuff from the Masaya volcano. <i>C. Prat and P. Quantin. (France).</i> . . . . .	226
Utilisation de différentes formes d'amendements organiques pour la restauration de sols volcaniques dégradés par érosion anthropique au El Salvador (Amérique Centrale). <i>J. Collinet. (Costa Rica).</i> . . . . .	228
Dorbank, a reddish brown hardpan of South Africa - A proto-silcrete?. <i>F. Ellis, and J.J.N. Lambrechts. (South Africa).</i> . . . . .	230
Relation géométrique et variations minéralogiques des différents termes d'une séquence d'altération de tufs pyroclastiques de la région de Texcoco (Mexique). <i>J. Bertaux, et P. Quantin. (France).</i> . . . . .	232
Les sols à tepetate de la région de xalapa-coatepec, mexique. Caractérisation, dégradation et conservation. <i>J.P. Rossignol. (France).</i> . . . . .	234
Une étude "microstructurale" des traits pédologiques de sols volcaniques indurés ("tepetates") de la vallée de Mexico. <i>C. Hidalgo, F. Elsass, and P. Quantin. (France).</i> . . . . .	236
Premiers résultats d'essais agronomiques visant à la réhabilitation agricole du tepetate t <sub>3</sub> (Texcoco, Mexique): I cas de l'orge et de la vesce. <i>A. Baéz, C. Prat, A. Márquez et B. Chora. (Mexico).</i> . . . . .	237

y 14  
age  
214  
216  
218  
220  
222  
224  
226  
228  
230  
232  
234  
236  
237

Premiers résultats d'essais agronomiques visant à la réhabilitation agricole du tepetate (Texcoco, Mexique): II essais agronomiques. *B. Chora, A. Márquez, C. Prat et A. Baéz. (Mexico)*. . . . . 239

Premiers résultats du suivi de l'érosion hydrique et de l'hydrodynamique des sols à tepetate (Texcoco, Mexique). *A. Márquez, C. Prat, E. Huerta, E. Carrillo, and J.L. Janeau. (Mexico)*. . . . . 241

La réhabilitation agricole de la cangahua en Equateur. *G. Trujillo, E. Custode, G. De Noni, M. Viennot and C. López. (Ecuador)*. . . . . 243

Variabilité de la productivité du Maïs selon l'aptitude de ses ressources phylogénétiques dans un sol induré. *H. Navarro et D. Flores. (Mexico)*. . . . . 245

Utilisation agricole des sols volcaniques indurés. *M.A. Pérez et H. Navarro. (Mexico)*. . . . . 247

Determination of microbial biomass and its fluctuation on base of agroecological management of tepetate. *M. Crisóstomo S. and R. Ferrera-Cerrato. (Mexico)*. . . . . 249

Agronomics practices for soil conservation. *J.D. Rios, J.L. Oropeza and M.R. Martínez. (Mexico)*. . . . . 251