

**CONSERVATION ET REHABILITATION DES SOLS AGRICOLES A
TRAVERS L'ETUDE DE 3 EXEMPLES MENES PAR L'ORSTOM:
ALGERIE, EQUATEUR ET MEXIQUE.**

**G. DE NONI, M.A. MISSET, P. QUANTIN, E. ROOSE, M. VIENNOT,
C. ZEBROWSKI
Centres ORSTOM de Bondy et Montpellier(France).**

Depuis près d'un demi siècle, l'ORSTOM a consacré une part importante de son activité à la caractérisation spatiale et aux aptitudes agricoles des sols en zone tropicale car la survie des populations sous ces latitudes dépend en premier lieu des produits de l'agriculture. Ces recherches ont montré la richesse et la diversité de ces écosystèmes mais aussi leur susceptibilité aux processus de dégradation activés par des climats agressifs et agissant sur des sols, le plus souvent, pauvres et très lixiviés. Parmi ceux-ci, l'érosion hydrique constitue un des phénomènes majeurs affectant la plupart des régions tropicales.

Au cours des 30 dernières années, hydrologues et pédologues de l'ORSTOM ont développé des méthodes de travail originales où l'érosion est analysée en tant que processus d'origine essentiellement naturelle. On procède d'abord, dans les années 1960, à l'étude de bassins-versants représentatifs et expérimentaux dont l'observation permet de mettre en place une remarquable banque de données sur l'eau (précipitations, débits, ruissellements, érosion). Cependant, l'examen des diverses synthèses montrant que les mesures effectuées à l'exutoire des bassins ne donnent qu'une estimation globale et partielle de l'érosion, il est décidé de doubler le dispositif existant par des observations plus ponctuelles, à l'échelle d'une portion de versant, d'une parcelle, voire même du mètre carré. C'est la tendance qui va caractériser les deux décennies à venir : durant les années 70, parcelles de ruissellement, en général de 50 à 1000 m², où l'érosivité des pluies revêt un caractère capital ; durant les années 80, simulations de pluies, sur 1 m², où l'érodibilité des sols devient l'objet primordial.

Actuellement, ce type de démarche centrée sur l'étude physique des processus ne répond qu'en partie aux demandes de nos partenaires étrangers qui ont besoin de résultats permettant l'application rapide de possibles solutions. En effet dans ces pays, l'érosion n'est plus seulement un processus naturel chronique, elle est aussi un fait de civilisation. Depuis une dizaine d'années, la zone tropicale éprouve d'énormes difficultés pour contrôler une population en

croissance rapide. Il en résulte une multiplication des défrichements sur des terres en conditions agricoles difficiles, sans cesse plus sensibles à l'érosion, et un appauvrissement accéléré des conditions de vie des paysans.

Pour répondre à cette problématique élargie, l'ORSTOM, à travers trois études menées récemment en Algérie, en Equateur et au Mexique, propose une approche plus finalisée et globaliste de l'environnement agricole où l'objectif majeur est d'enrayer, par une lutte anti-érosive adaptée aux conditions locales, la baisse de fertilité des sols et du niveau de vie du paysannat.

LA MONTAGNE SEMI-ARIDE ALGERIENNE.

Le nord de l'Algérie est une région très sensible à l'érosion à cause de son relief montagneux et d'un climat méditerranéen aux pluies saturantes d'hiver et orageuses d'été mais aussi de l'impact et de la diversité (vergers, vigne, céréales, élevage) de son agriculture qui est considérée comme la plus productive du pays. Depuis 1950, la dégradation des terres s'est accélérée par suite d'une pression démographique croissante et il en résulte une recrudescence de l'érosion hydrique en milieu agricole. Malgré les efforts du gouvernement algérien pour instaurer une politique classique de "Défense et de Restauration des Sols" (DRS), l'érosion poursuit son travail de destruction des sols. Globalement, les paysans n'ont pas accepté la quantité importante de travail ainsi que la perte de terrain de culture sans qu'il y ait en retour une amélioration sensible de la productivité des sols.

Dans ce contexte physique et humain particulier où la DRS n'a pu résoudre tous les problèmes, il est proposé une nouvelle approche où conjointement chercheurs et paysans mènent une action concrète de "Gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols (GCES)". En luttant contre l'érosion agricole, la GCES vise à augmenter la biomasse, la productivité des terres et du travail ainsi que les revenus nets des paysans. Elle doit s'appliquer en 3 phases:

- 1) sensibilisation et dialogue pour développer la confiance entre les paysans, les chercheurs et les techniciens,
- 2) expérimentation des techniques améliorées de production dans les champs des paysans,
- 3) planification de l'aménagement de l'espace exploité par une communauté rurale.

Nous présentons ici des résultats préliminaires correspondant à la phase "2" dont l'importance stratégique est capitale car elle

permet de comparer entre elles des situations traditionnelles et améliorées et d'évaluer, en conséquence, la faisabilité de l'aménagement d'un espace exploité à l'échelle d'une communauté rurale (phase "3"). Les études ont été réalisées sur quinze parcelles de ruissellement (22,5 X 4,5m) installées sur les champs des paysans, à proximité de la station de l'Institut National pour la Recherche Forestière (INRF) de Ouzera (Medea), à 90 km au sud d'Alger. Sur des versants raides (12 à 40%) coupés par de profondes vallées où coulent des oueds instables, on observe les principaux types de sols suivants :

- les sols jaunes clairs, lithosols sur colluvions calcaires, pauvres en matière organique,
- les vertisols gris sur marnes, bien structurés, avec 2% de matière organique et un pH de 7 à 8, saturés en calcium, très résistants au *splash*,
- les sols rouges fersiallitiques lessivés sur grès tendres, pauvres en matière organique, très fragiles et instables,
- les sols bruns calcaires sur colluvions, avec 2 à 3 % de matière organique, bien structurés mais à horizon humifère de faible épaisseur, généralement caillouteux.

Sur ces parcelles et ces 4 types de sols, il a donc été décidé de comparer les risques de ruissellement et d'érosion sur une jachère nue mais cultivée, à quatre systèmes de production (verger, vigne, agro-pastoral et sylvo-pastoral). Les améliorations introduites sont : le labour soigné, les herbicides, les pesticides, les graines sélectionnées, une fertilisation minérale suffisante, une jachère de légumineuses, des cultures associées et des rotations sous verger. Les résultats montrent que les pluies sont beaucoup moins énergétiques qu'en région tropicale, à part quelques orages de fréquence exceptionnelle (100 à 500 mm en 1 à 5 jours) qui laissent des blessures profondes dans le paysage. De même, après 4 années de mesures, l'érodibilité des sols s'avère modeste. En conséquence, l'époque de l'année, les pratiques culturales et le couvert végétal semblent être des agents plus déterminants pour expliquer la dynamique érosive. En effet, le ruissellement annuel moyen ne dépasse pas 4% sous culture alors qu'il peut s'approcher de 20% sur sols nus. Sur ces derniers, compactés ou saturés, le ruissellement peut dépasser 80% en hiver et donner lieu à des pertes en terre de l'ordre de 100 à 300 t/ha/an. C'est ce type de ruissellement qui est à l'origine de forts ravinements. En outre sur ces fortes pentes, l'érosion sèche par les pratiques culturales (de l'ordre de 10 à 50 t/ha/an) semble également responsable d'une part importante des pertes en terre : la fréquence de passages et la puissance des outils augmentent sans nul doute la vitesse de reptation du sol.

Mais l'aspect le plus intéressant de l'ensemble de ces observations concerne l'amélioration nette des rendements et des revenus du paysan, démontrant ainsi qu'il est possible d'intensifier et de rentabiliser une agriculture de montagne tout en réduisant les risques de dégradation de l'environnement. En effet, on note que les rendements en culture améliorée passent de 7 à plus de 45 quintaux pour le blé d'hiver, de 2.8 à 4 t/ha/an pour le raisin auxquels il faut ajouter 3 t/ha/an de blé ou de fèves en culture associée. De plus, la paille et les autres résidus de culture augmentent nettement (de 0.2 à 2 ou 3 t/ha/an) de telle sorte que la production animale et la disponibilité en fumier, si importante pour améliorer la fertilité et la stabilité du sol, peuvent aussi s'améliorer. En conséquence, ce type de gestion devrait être très attrayant pour le paysan car le revenu net peut être multiplié par 3 à 20 selon le type de système de production choisi.

LES ANDES DE L'EQUATEUR.

Comme pour l'ensemble des pays situés dans les Andes, qui sont un des accidents topographiques majeurs à l'échelle de la planète, l'érosion est un phénomène naturel actif en Équateur. Dans ce milieu de haute montagne, se sont établies des relations dynamiques entre la pluie, l'énergie du ruissellement, la vitesse de l'écoulement, l'inclinaison de la pente et l'intensité de l'érosion. En outre en Équateur, l'érosion est aussi un fait de société qui s'est soldé par la juxtaposition dans la Sierra de 2 systèmes de production et de deux mondes ruraux distincts : d'un côté, les grands domaines d'élevage (*haciendas*) situés dans les vallées et sur les zones planes d'interfluve où l'érosion est insignifiante ; d'un autre côté, de petites parcelles vivrières inférieures à 1 ha ("*minifundio*") refoulées sur des versants où les contraintes augmentent avec l'altitude. De nos jours, l'érosion des terres agricoles est importante dans le *minifundio* dont les densités varient de 50 hab./km² à plus de 200 hab./km².

Pour lutter contre les effets de l'érosion agricole, il est décidé de mener le programme "Équateur" en fonction des 3 phases suivantes:

Phase "DIAGNOSTIC".

Ce premier niveau d'approche, indispensable car il n'existe aucune information sur l'érosion au niveau du pays, donne lieu à la réalisation d'une carte des "Principaux processus d'érosion en Équateur", à l'échelle de 1/1.000.000. La lecture de ce document permet d'identifier les informations suivantes:

- souligner l'intensité et l'importance spatiale de l'érosion dans la partie andine du pays (appelée "*Sierra*") par rapport aux deux autres régions naturelles: la côte pacifique à l'ouest et le bassin amazonien à l'est ;
- caractériser les processus les plus actifs d'où émerge l'action primordiale de l'érosion pluviale qui peut se produire pendant près de 9 mois dans l'année, de septembre à mai. Les processus engendrés par le ruissellement diffus et concentré sont les plus courants et dévastateurs ;
- situer l'action de ces processus par rapport à l'environnement agricole d'où il ressort qu'il existe une relation étroite entre l'érosion actuelle, les zones à forts risques érosifs et les régions agricoles de type "*minifundio*".

La première génération du *minifundio*, libéré du joug de l'*hacienda* (1963-64), s'est installée entre 2000 et 3000 mètres dans l'étage du maïs. Face à la pression démographique intervient une seconde réforme agraire (décennie des années 70) qui pousse le *minifundio* sur les hautes terres et versants de la Sierra (3200-4000 mètres) et le conduit, face aux contraintes climatiques dues à l'altitude, à développer la trilogie orge-fève-pommes de terre.

Phase "STATIONS".

L'utilisation de parcelles de ruissellement (de 100 à 1000 m²) regroupées en plusieurs stations a été retenue parce que c'est une méthode de travail adaptée à l'étude de l'érosion hydrique en milieu agricole. Par rapport aux approches conventionnelles en stations agronomiques, nous nous sommes efforcés d'installer les stations chez le paysan et d'obtenir la participation de la communauté rurale aux observations. Afin de pouvoir tester l'efficacité de méthodes conservatoires adaptées aux réalités locales, chaque station est composée d'une parcelle témoin et pour le moins d'une parcelle améliorée. Les résultats peuvent être ainsi comparés sur la base de critères physiques (ruissellement, pertes en terre, pluviographie) et humains (cultures, pratiques et calendriers culturels).

Les enquêtes préliminaires de terrain ayant révélé la presque totale absence de méthodes conservatoires traditionnelles, il est décidé de lutter en premier lieu contre l'énergie du ruissellement, particulièrement active dans ce milieu de haute montagne aux fortes pentes. Pour cela, les parcelles améliorées sont dotées d'ouvrages simples (murets, bandes de végétation...etc.) et disposées perpendiculairement à la plus grande pente afin de disperser l'action des nappes et filets d'eau. Les matériaux utilisés sont ceux qu'emploient les paysans dans leurs constructions traditionnelles (maisons, haies, chemin...etc.). Dix stations ont été équipées de cette façon, soit au total près d'une quarantaine de

parcelles de ruissellement s'étalant du nord au sud de la Sierra sur environ 800 km .

Les résultats dépouillés jusqu'à maintenant sont encourageants car les poids de terre prélevés sur les parcelles de ruissellement améliorées sont minimaux (en moyenne < 5t/ha/an) ce qui constitue une limite "admissible" comparée aux événements qui interviennent en situation témoin, de 50 à 100 t/ha/an et jusqu'à 200 t/ha/an en situation de jachère nue travaillée selon le protocole de "Wischmeier". Il en est de même pour les coefficients de ruissellement qui sont inférieurs à 10%. L'agressivité des pluies joue un rôle important dans la mesure où l'on a pu établir de bonnes corrélations entre les pertes en terre et les intensités pluviométriques maximales durant 15 ou 30 minutes selon les stations, et constater que, lorsqu'on regroupe les poids de terre dus aux 5 pluies les plus érosives de l'année, cette donnée correspond presque toujours à plus de 60% de l'érosion annuelle. Comme pour l'exemple algérien le rôle de l'homme n'est pas négligeable par ailleurs : sur la station de Mojanda, on a pu évaluer que le poids de terre tiré vers le bas du versant par la houe du paysan se situe autour de 40 t/an pour un hectare.

Phase "ACTION."

Cette phase découle en bonne logique de la présence de stations sur le "vrai" terrain et non pas en situation expérimentale qui occulte, bien souvent, la globalité et l'interdépendance des principaux intervenants. En effet, la station, gérée de cette façon, est un lieu quasi permanent de dialogue et de réflexion avec les agriculteurs où les chances d'application et de succès des résultats sont réelles. Les débuts sont encourageants mais il est nécessaire de pousser ce type d'approche afin d'englober les résultats actuels dans un système d'optimisation de la production agricole qui intégrerait outre la conservation, l'irrigation, la fertilisation...etc. C'est la raison pour laquelle nous avons lancé, dans cet esprit, un premier essai d'application des résultats sur la station de Mojanda. Celui-ci consiste en une opération incitative basée sur l'octroi d'un crédit aux agriculteurs désirant lutter contre l'érosion. Une vingtaine de familles environ a pu avoir accès, grâce à ce crédit, à des semences améliorées et à des engrais ; en contrepartie elles se sont engagées à construire sur leurs parcelles les ouvrages de conservation testés sur les stations. Cette opération a connu un vif succès et se développe à grands pas car les pertes en terre ont été réduites et la production agricole s'est améliorée.

Cependant, tous les problèmes ne sont pas maîtrisés : le principal réside dans le transfert d'échelle : si celui-ci est relativement satisfaisant de la parcelle expérimentale à la parcelle individuelle du paysan, grandeur nature, la situation se complique lorsqu'on

passé à un groupe de parcelles constituant un terroir de versant. A cette échelle, il devient très complexe de maîtriser la circulation de l'eau dont le cheminement se situe à plusieurs niveaux : entre les ouvrages conservatoires, de versant à versant et sur l'espace foncier des communautés (routes, chemins, habitat, bordures...etc.).

LES SOLS VOLCANIQUES INDURES DU MEXIQUE.

L'étude des "*tepetates*", sols volcaniques indurés des bassins de Mexico et de Tlaxcala, stériles en l'état pour l'agriculture, a pour but une meilleure connaissance de ce type de matériau afin de proposer des solutions de réhabilitation agricole. En effet, pour pouvoir corriger les effets du fort accroissement démographique de cette région, très agricole, il semble impératif d'envisager la récupération des "*tepetates*". Le programme a comporté deux opérations principales : -1-inventaire, caractérisation et cartographie des types de "*tepetates*", -2-régénération de la fertilité centrée sur la susceptibilité à l'érosion hydrique (amélioration de la macroporosité et de la stabilité structurale) et sur les propriétés chimiques de ceux-ci (problème de carence en azote et en phosphore)

La première opération a permis de montrer, sur la base d'une cartographie morpho-pédologique à 1/50.000, la localisation des "*tepetates*" ainsi que la nature et la stratigraphie du matériau originel. Il s'agit d'une région volcanique située sur le "haut-plateau central" mexicain où les altitudes s'étagent de 2200m à plus de 5000m. L'étude concerne surtout les versants et les plaines qui bordent le volcan Tlaloc-Telapón. On y observe successivement : sur les hautes terres et versants (4100 à 2800m), des andosols en climat régulièrement humide (régime *udic*) et sur le piémont et glacis (2800 à 2250m) une transition de sols bruns-andiques aux sols bruns à croûte calcaire en climat subhumide à subaride (régime *ustic*). Les "*tepetates*" se trouvent à l'étage inférieur, soit en profondeur, soit affleurant lorsqu'ils ont été dégagés par l'érosion. L'influence de la colonisation et surtout de la dernière réforme agraire ont contribué à l'accélération du processus. La localisation des "*tepetates*" en régime climatique de transition vers le subaride suggère un effet du climat et de la pédogenèse sur leur formation, sans pour autant écarter l'impact de la texture du matériau originel (tufs volcaniques). Selon l'intensité de l'érosion, on distingue sur la carte les "*tepetates*" profonds, peu profonds, affleurants et réincorporés à l'agriculture. Sur le piémont, les

horizons de "*tepetate*" ont une consistance de "fragipan" (dure à l'état sec, friable à l'état humide). Ce sont des horizons d'altération de cendres volcaniques, enrichis en argile et dont le ciment est probablement dû à un dépôt de silice. Sur le glacis, les horizons sont de nature "pétrocalcique" (stable à l'état humide) et constitués d'un encroûtement calcaire foliacé et dur développé dans un niveau d'altération de tuf ou de brèche volcanique.

Malgré des facteurs limitants majeurs (compacité, faible macroporosité, carence en matière organique, azote et phosphore) la seconde opération n'a porté que sur les "*tepetates-fragipans*" parce que ceux-ci présentent *a priori* des propriétés favorables pour constituer un sol agricole. L'étude de l'érosion a été réalisée sur des parcelles expérimentales de ruissellement (22m x 2m) réparties en 4 stations et concernant 2 types de "*tepetates*" et un sol. Hormis le classique témoin nu, les "*tepetates*" ont été soumis à divers types de traitements : avec ou sans culture (maïs), sous-solage, sous-solage et fragmentation par labour et pulvérisage, billonnage. On peut ainsi comparer sol et "*tepetate*" et l'effet de la culture de maïs. Les résultats montrent que le ruissellement et l'érosion dépendent de l'érosivité des pluies, bien que l'intensité des pluies soit relativement moyenne avec des valeurs de 25 à 30 mm/h durant 30 minutes (I 30), et du traitement. Les principales données recueillies sont les suivantes :

- sur "*tepetate*" à nu, l'érosion est faible (5 à 10 t/ha/an) mais le taux de ruissellement moyen est élevé, de l'ordre de 70%. Ce dernier peut atteindre 90% lors de fortes pluies ;

- sur "*tepetate*" cultivé à nu (sous-solage, labour et pulvérisation) et en fonction de l'érosivité des pluies, le ruissellement est réduit de moitié (10-20% à 30-40% selon les stations) par contre les pertes en terre augmentent considérablement : de 20 à 130 t/ha

- sur "*tepetate*" cultivé et billonné, avec ou sans maïs, on observe les résultats les plus encourageants. Le coefficient de ruissellement est de 5% et l'érosion de 1 t/ha seulement. Cependant, deux remarques sont nécessaires pour nuancer ce commentaire :

- d'une part, à partir d'un certain seuil d'érosivité (I 30 > 30 mm/h), il y a rupture des billons et on constate une augmentation nette du ruissellement et de l'érosion (10 à 20% selon les sites);

- d'autre part, on note que la fonte des agrégats inférieurs à 2 mm et la formation corrélative d'une croûte accroissent notablement le ruissellement et l'érosion. Outre l'érosivité des pluies, les façons culturales locales concourent à fragmenter trop finement le sol et le rendent instable. Une seule opération de billonnage et un cloisonnement des espaces inter-billons permettraient de réduire avantageusement ces risques.

Ceci étant, l'érosion reste admissible dans ces conditions et les valeurs obtenues sont globalement proches de celles du sol originel ayant servi de référence.

En ce qui concerne la fertilité, les expérimentations se sont déroulées en serre et au laboratoire. Elles ont confirmé la pauvreté chimique du "*tepetate*" due à une carence en azote et phosphore labile et montré que le phosphore ajouté reste labile et qu'une fertilisation minérale (N 60 à 120 et P 60) ou organique (fumure) permet d'obtenir de bons résultats. Cette régénération de fertilité varie selon les plantes : un rendement presque normal est obtenu dès la première année pour le blé, l'orge, l'avoine et la vesce, il faut en revanche attendre la 2ème, voire la 3ème année, pour le maïs, le haricot ou la fève. Un agent biologique est probablement la cause de ce décalage.

L'ensemble des résultats montrent que les "*tepetates-fragipans*", après aménagement adapté, peuvent devenir une ressource agricole durable et de bonne productivité. Par ailleurs, une enquête parallèle sur les systèmes économiques familiaux confirme bien que les "*tepetates*" sont une ressource agricole nécessaire pour les petites exploitations (< 15ha). Enfin, le coût des travaux proposés pour réhabiliter ce type de matériau semble adapté aux réalités locales car on estime, qu'avec l'aide de l'Etat, ces derniers peuvent être rentabilisés en huit années environ.

Les trois exemples analysés ici démontrent que la réhabilitation et la conservation des sols pour l'agriculture dans des milieux dominés par le poids des contraintes naturelles (montagne escarpée) et des conditions socio-économiques (petit paysannat marginalisé et fort accroissement démographique) ne sont pas des défis impossibles à relever. Ces obstacles ont pu être franchis grâce à un travail conjoint "chez et avec" les communautés rurales et en combinant des phases de recherche, de valorisation et d'action. La priorité ayant été donnée à l'expérimentation sur des ouvrages simples adaptés aux conditions du milieu et peu onéreux, il est ainsi possible d'obtenir une participation motivée du paysannat. Cependant, considérant les conditions de pauvreté, parfois extrêmes, des hommes qui peuplent ces milieux, l'aide de l'Etat semble indispensable si l'on souhaite que ce type d'opération s'instaure en vraie grandeur dans les traditions locales d'une génération, à savoir : conserver la fertilité des sols, garantir la

qualité des récoltes et globalement améliorer les conditions de vie des agriculteurs.

Il ressort donc de cette analyse qu'il est tout à fait envisageable de répondre aux nouvelles demandes de nos partenaires sur la base d'études qui attribueraient une large place à la multidisciplinarité et qui placeraient sur un même niveau l'analyse physique et la perception - historique, sociale, économique - de l'érosion agricole.

BIBLIOGRAPHIE

ARABI (M.), ROOSE (E), 1992. - Gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols en montagne semi-aride algérienne, 10 p. dact. + tableaux en ann., en cours de publication dans Cah. ORSTOM, série Pédologie.

DE NONI (G.), NOUVELOT (J.F.), TRUJILLO (G.), WINCKELL (A.), 1984.- Los principales procesos erosivos en Ecuador, PRONAREG - PRONACOS - ORSTOM, Quito, 31p., avec une carte du pays (2 couleurs) à l'échelle de 1/1000.000.

DE NONI (G.), TRUJILLO (G.), VIENNOT (M.), 1988. - The soil conservation project in the ecuadorian Sierra by MAG-ORSTOM, Taller "Usos sostenidos de tierras en laderas", DESFIL (Washington), Quito-Salcedo, p. 345-358.

DE NONI (G.), VIENNOT (M.), TRUJILLO (G.), 1990. - Mesures de l'érosion dans les Andes de l'Equateur, Cah. ORSTOM, série Pédologie, vol. XXV, n° 1-2, p. 183-196.

PEÑA (D), ZEBROWSKI (C.), 1991. - Incorporacion de los "Tepetates" a la produccion agricola. Caracterizacion fisica, 1er Simposio Internacional sobre "Suelos volcanicos endurecidos", p. 43-44.

QUANTIN (P.) et al., 1992. - Etude des sols volcaniques indurés "Tepetates" des bassins de Mexico et de Tlaxcala, en vue de leur réhabilitation agricole, Rapport final contrat CEE, n° TS2-0212-C, 77 p.

ROOSE (E.), 1987. - Gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols dans la zone soudano-sahélienne d'Afrique occidentale, in Séminaire ICRISAT-INRAN (11/06/87), Niamey, pp. 55-72.

ROOSE (E), 1987. - Evolution des stratégies de lutte antiérosive en Algérie; nouvelle démarche: la GCES. Séminaire INRF de Medea (Algérie). Bull. Réseau Erosion, 7, 91-96.

ZEBROWSKI (C.), 1991. - Los suelos volcanicos endurecidos en America latina. Resumes ampliados, 1er Simposio Internacional sobre "Suelos volcanicos endurecidos", p. 1-