

EAU ET AMENAGEMENT DANS LES REGIONS INTER-TROPICALES, T. 2,
Espaces Tropicaux, n° 3, Talence, CEGET-CNRS, 1991.

EAU DOMESTIQUE, IRRIGATION ET VOLCANS ETEINTS AU MEXIQUE

Claude BOUET
Géographe ORSTOM
Laboratoire d'Etudes Agraires
2051 Avenue du Val de Montferrand
34032 MONTPELLIER CEDEX

Mots clés : Mexique Central, Michoacán, volcans éteints, lacs de cratères artificiels, jagueyes, ravitaillement en eau, changements agricoles alternatifs.

Keywords : *Central Mexico, Michoacan, extinct volcanos, artificial crater lakes, pools-jagueyes, water supply, alternative agricultural strategies.*

Palabras claves : *Mexico Central, Michoacán, volcanes extinguidos, lagos de crater artificiales, jagueyes, abasto en agua, cambios agricolas alternativos.*

Résumé : Le problème de l'eau est partout présent au Mexique, mais se pose de différentes façons selon les régions.

Dans le Mexique Central, et plus particulièrement l'Etat du Michoacán, il ne se pose pas en termes de quantités absolues, puisque la région est comprise entre les isohyètes de 750 et 1 500 mm, mais en termes de déséquilibres et d'inégale répartition.

L'homme a trouvé des parades plus ou moins adaptées aux types de situations rencontrées : pompage dans les nappes phréatiques, captage et canalisation des sources, prises directes sur les rivières, construction de retenues, etc. La plus simple, lorsque toute autre solution est impossible, consiste à creuser des trous et créer un impluvium le plus vaste possible, puis à le tapisser d'argile, et plus récemment de membrane PVC, pour recueillir quelques centaines de m³ d'eau qui alimentent le bétail, parfois les hommes, ou servent à l'irrigation au cours des 7 mois d'une saison rigoureusement sèche. Ces *jagueyes* parsèment par milliers les paysages de plateaux du Mexique Central. Malheureusement, ils coûtent cher à creuser et à aménager, pour une capacité relativement réduite en rapport avec un plan d'eau vaste et peu profond qui favorise l'évaporation.



Il est apparu au géographe que les volcans éteints qui jalonnent l'axe néo-volcanique de la Sierra Tarasca, offraient naturellement la possibilité de *jagueyes* surélevés, véritables châteaux d'eau subnaturels. Il s'agirait, à l'aide d'un étanchéiseur PVC, de transformer les caldeiras en lacs de cratère alimentés par les précipitations de saison humide et par divers stratagèmes hydrauliques, évitant si possible le pompage. Lorsqu'un de ces volcans commande une localité ou une plaine «de temporal» cultivée, son aménagement peut, en apportant en permanence l'eau pour les hommes, le bétail et l'irrigation, révolutionner localement l'économie agricole.

Abstract : *The problem of water is widespread in Mexico but varies greatly according to the different regions.*

In Central Mexico in general and in Michoacan in particular, it is a question of absolute quantities because it is located between the isoquants of 750 from 1 500 mm of seasonately and its unequal distribution.

Men adapted solutions to each situation : pumping out of underground reservoirs ; opening and water-piping of springs, daming of rivers, and so on... The simplest, when all other solution is impossible, consists in excavate wells, make the largest possible impluvium and line it with day, and more recently with a PVC membrane, in order to collect several hundreds of cubic meters of water, which nourishes the cattle, and sometimes people, or which serves for irrigation, during the seven months of a rigorous dry season. There are thousands of these pools in the countryside of the contryside of the Central Mexican high plateau. Unfortunately they are expensive to dig and their limited capacity is aggravated by their shallowness, which favours evaporation.

For the the geographer, it appears that extinct volcanos which are commun in neo-volcanic axe of Tarascan chain, offers natural possibilities of elevated pools, which would be good subnatural watertanks. By means of a PVC waterproof membrane, the holes would be transformed into crater-lakes nourished during the rain-season and by several hydraulic stratagems, which avoid pumping when possible. When one of those volcanos is situated above a village, a locality or a «temporal» cultivated plain, its management can be the first cause of some new introduction into the local agricultural economy, where it offers possibilities to have permanent water for people cattle and even plants.

Resumen : *El problema del agua está muy presente en toda la República Mexicana, pero se plantea de manera muy diferente según las regiones.*

En la parte central del país y mas precisamente en el Estado de Michoacán, no se plantea en terminos de cantidad absoluta, ya que lo cruzan las lineas isoyetas de 750 hasta 1 500 mm, sino en terminos de desequilibrios y de reparticiones desiguales.

Siempre el hombre respondió de manera mas o menos adaptada a tal o cual distinta situación : bombeo, chupando en los mantos freáticos toma y cañeria de

manantiales, presa en los rios, construcción de bordos, represas, embalses, etc. La mas sencilla, cuando se imposibilita otra solución, consiste en excavar hoyos, conseguir impluvios de tamaño más amplio que se pueda alfombrarlos con arcilla, o hoy en día con membrana PVC, para almacenar unos cuantos centenares de metros cúbicos de agua para el abasto del ganado, a veces de la gente o hasta aprovecharlos para el riego, en el transcurso de los siete meses de secas.

Son esos jagueyes, miles y miles, salpicando los paisajes de llanos del Mexico Central. Desafortunadamente es muy elevado el costo para hundirlos y acondicionarlos, eso solo para aprovechar una cantidad de agua bastante diminuta si una se refiere a lo extenso y de poca profundidad de la superficie de agua que mucho favorece la evaporación.

Para el geógrafo, fué obvio que los volcanes extinguidos que salpican el eje neo-volcanico de la Meseta Tarasca, ofrecían una oportunidad natural al planteamiento de jagueyes realzados o sea de arcos de agua semi-naturales, calderas que se trataría de convertir en lagos de cráter, con el empleo de una manta impermeabilizadora PVC, siendo llenados a la vez por las lluvias de estación húmeda y por artefactos hydraulicos que no procuran tener recurso al bombeo, cuando posible.

Cuando algun volcán extinguido desde mucho tiempo, domina sea un pueblo o un rancho, sea una llanura de cultivo de temporal, su aprovechamiento para el abasto perenal de los seres vivos o para el riego, puede ser fuente de una verdadera revolución en la economía agrícola local.

Le problème de l'eau au Mexique est capital et singulier. Comme partout ailleurs, lié à la climatologie, il présente le cas d'espèce d'être étroitement associé à des conditions orographiques, géologiques et subséquentement pédologiques, particulières.

En dehors des zones semi-désertiques dépressionnaires septentrionales (Bolson de Mapimí) où les précipitations sont inférieures à 500 mm, il pleut plus ou moins à peu près partout au Mexique, aussi bien dans la zone axiale centrale que dans les terres chaudes du Pacifique, dans la basse péninsule tropicale Yucatèque que dans la Sierra Madre orientale, véritable balcon au-dessus des plaines littorales de la mer caraïbe. 800 à 2 000 mm ou plus d'eau s'abattent annuellement sur ces régions. Le fond du problème n'est donc pas lié à des isohyètes faibles ou élevés, mais à une répartition extrêmement déséquilibrée des précipitations, due aux effets conjugués de la latitude, de l'altitude et d'une orographie contrastée. Des variations très importantes de la pluviométrie peuvent être observées localement sur ces mêmes secteurs d'altiplano (1 500 à 2 000 m) rigoureusement plat, mais bosselé de quelques cônes volcaniques qui arrêtent les perturbations à la manière d'une barrière montagneuse ordinaire.

Sans doute ce déséquilibre n'est-il pas uniforme au sein de la zone géographique enserrée entre les isohyètes supérieurs à 500 mm. Il est nettement plus atténué dans les zones littorales du Golfe et du Pacifique que dans les terres chaudes de climat purement tropical, comme dans la pénéplaine et les montagnes chiapano-yucatèques.

Il est par contre beaucoup plus marqué dans le Mexique central, très grossièrement au nord et au sud de l'axe néo-volcanique. Cela est dû au fait que ces régions sont constituées de sols d'une perméabilité telle qu'aucune averse, si forte soit-elle, ne favorise la formation d'une quelconque flaque ou mare, et moins encore l'alimentation d'un réseau hydrographique de surface important et hiérarchisé. Le Mexique central est vierge de cours d'eau importants, à l'exception du complexe fluvio-lacustre Rio Lerma-lac de Chapala-Rio Santiago. Un tel milieu, une telle hydrologie favorisent l'endoréisme et seules les tornades tropicales de la saison humide (juin-octobre) sont capables d'emporter les sols humifères de surfaces des pentes déboisées, sabrant celles-ci de profondes *carcavas* ou *barrancas* avant de disparaître par percolation à travers les accumulations d'arènes volcaniques. Des sources puissantes pour lesquelles la terminologie mexicaine est variée (*manantiales* ou *ojos de agua*) jaillissent ainsi à la périphérie des massifs. Ainsi en est-il pour le Duero qui alimente la vallée de Zamora, ou des Chorros del Varral qui jaillissent en cascade d'une falaise de l'Altiplano au-dessus de la Sierra Madre Occidentale.

Le formidable potentiel de fertilité des terres volcaniques (tchernozem noirs de la vallée de Zamora) est battu en brèche par l'irrégularité chronique du cycle saisonnier des pluies (saison sèche de septembre à mai). Si l'on dispose d'eau et si la topographie permet l'irrigation, c'est la fertilité de la terre, l'une des plus puissantes qui puissent exister au monde : les andosols d'Ukraine, les loess chinois, les riches limons du Comtat ou du Roussillon français portent-ils sur le même espace quatre récoltes successives (et avec quels rendements à l'hectare !) en quatorze mois ? Et ceci lié à la seule abondance d'eau et la possibilité d'irriguer. La limite est si tranchée, si nette entre terre fertile irriguée et *temporal* semi-improductif parce que non irrigable, qu'un homme peut, les jambes écartées, avoir un pied posé sur chacun de ces espaces contrastés, contraste encore accentué par l'importante évaporation subséquente aux chaleurs dépassant toujours les 35°C diurnes en saison sèche.

Il va de soi que l'agriculteur ou l'éleveur ont réagi à cette situation pour faire fructifier ces terres en s'acharnant à corriger ces irrégularités ou en s'adaptant. Le Mexicain descendant du conquérant espagnol, lui-même tenant d'une civilisation fortement imprégnée du génie mauresque pour les techniques de gestion de l'eau et d'irrigation¹, était tout à fait capable d'apporter sa propre réponse aux problèmes de sécheresse du sol et du ciel. Cependant, ayant soumis des peuples dont la propre civilisation touchant aux problèmes d'irrigation n'avait rien à leur envier, il s'est contenté la plupart du temps de copier, adapter ou développer une technologie préexistante parfaitement au point ; les seuls changements intervenant alors dans la formulation ou le vocabulaire

1. G. PEYRE : Les régimes juridiques des canaux d'irrigation dans le monde. Thèse de Doctorat : Faculté de Droit et Sciences Economiques, Montpellier, 1960.

spécialisé, l'acequia se substituant au canal précolombien, le «jardin flottant» à la *chinampa*, l'inondation en nappe à l'*entarquinamiento*.

Adaptation et symbiose se sont poursuivies, vaille que vaille, jusqu'après la période révolutionnaire où l'irrigation a connu un développement sans égal qui se prolonge de nos jours. La dernière manifestation politique tangible en faveur de l'irrigation, a constitué l'une des options essentielles du Système Agricole Mexicain (SAM) en 1980-1982. Elle préconisait la conquête des terres nouvelles par l'irrigation et la réhabilitation des sols érodés. En dépit de la mise en panne du SAM en 1982, transformer des terres de temporal en champs irrigués, passer de rendements dérisoires de monoculture sur une parcelle donnée à des productions améliorées de cultures successives annuelles, autrement dit accroître les rendements et multiplier les cultures sur une SAU qui ne dépasse pas 15 % du territoire national (proportionnellement, la SAU de la France est quatre fois supérieure !), tel est le leitmotiv de la politique agricole mexicaine depuis plus d'une décennie.

Comment et à partir de quoi irrigue-t-on les terres agricoles mexicaines ?

Sans doute les méthodes classiques ou traditionnelles déjà évoquées sont-elles toujours usitées, mais les techniques modernes (aspersion, goutte à goutte, pompage) plus récemment employées, sont directement fonction du capital en eau emmagasiné disponible, des surfaces à irriguer et de l'amplitude de la période de sécheresse. La gestion de l'eau - son stockage comme sa distribution - s'avère donc une branche essentielle de l'agriculture et de la politique agricole mexicaine publique, communautaire ou privée.

En période sèche (novembre-juin) l'eau d'irrigation, tout comme l'eau domestique ou industrielle d'ailleurs, provient de trois origines.

- **Le ruissellement** : il s'agit de l'eau prélevée dans les fleuves ou rivières pérennes, captée à divers niveaux de leurs cours et alimentant la plupart du temps, par gravité, un réseau de canaux répartiteurs. C'est le cas exemplaire du Valle de Zamora, irrigué par les eaux du Duero et du Celio. Malheureusement, les fleuves mexicains tombent en général très rapidement, à la fin de la saison des pluies, à un niveau d'étiage très bas, et sont rarement capables d'assurer en continuité, pendant la saison sèche (surtout à partir du mois d'avril), l'alimentation convenable des réseaux d'irrigation.

- **Le stockage naturel** : les nappes phréatiques nombreuses et puissantes sont de plus en plus sollicitées avec le développement du pompage des eaux souterraines, comme des eaux de surface lacustres. La gestion de ces eaux présente plusieurs caractéristiques spécifiques : elles nécessitent un matériel d'infrastructure fragile et coûteux (pompes, canalisations métalliques ou plastiques), souvent mal adaptable à une utilisation intensive qui entraîne une détérioration rapide, et en augmente les coûts tout en faisant chuter la rentabilité.

Les eaux elles-mêmes sont en général abondantes, ce qui rend moins aigu le problème de leur économie; mais il s'agit toujours d'eaux froides lorsque souterraines, impropres à certaines cultures comme la fraise, et parfois salées, comme on en rencontre souvent dans les nappes karstiques du Yucatan (*cenotes*). Les eaux de surface, lacs, *ojos de agua*, sources, présentent les mêmes avantages que les eaux fluviales, outre celui d'être souvent moins polluées que celles-ci (cf. la pollution du système du Lerma, cloaque réceptacle des effluents de la raffinerie de Salamanca et de l'agro-industrie porcicole de la Piedad - 700 000 suidés - bat quelques records peu enviables).

En dehors des eaux souterraines, les lacs ou étangs aériens sont également sollicités; mais lorsque leur taille est réduite et faible leur profondeur, ils sont rapidement asséchés par l'action conjuguée du prélèvement anthropique et de l'évaporation. Transformés en zones marécageuses ou *cieneegas* dont les marges peuvent temporairement porter des cultures, ils parviennent à subvenir aux besoins du bétail jusqu'à la fin de la saison sèche.

Le meilleur exemple en est fourni dans le Mexique central par le lac de Chapala (1 000 km²), élément majeur du système du Lerma, de moins en moins alimenté par ce fleuve, lui-même victime des forts prélèvements de l'agglomération de Mexico, de la raffinerie de Salamanca, et des zones irriguées du Bajío. Or le lac de Chapala ravitaille la ville de Guadalajara, dont la population a doublé au cours de la dernière décennie pour atteindre les 5 millions d'habitants. Les prélèvements supplémentaires induits par cette situation, joints à une évaporation accrue du fait de la diminution de plus de 2 m de la hauteur des eaux lacustres plus rapidement réchauffées et à une sécheresse circonstancielle dans les années 1983-1985, sont responsables de l'assèchement du rio Santiago, déversoir naturel d'évacuation du lac vers le Pacifique un mois à peine après les dernières pluies de saison. Un endoréisme de *cieneega* s'installe avec tout ce que cela entraîne de terres de cultures à conquérir, mais bientôt à leur tour inexploitable par manque d'eau si, comme le prévoient les calculs des écologistes qui ont pris en charge l'étude du lac, la sécheresse et les pompages se conjuguent pendant cinq ans encore au même rythme, pour conclure à l'assèchement complet de celui-ci !

- **Le stockage artificiel** : il concerne essentiellement les retenues de barrages et les étangs, mares ou lacs collinaires ou de plaines aménagés le long d'un cours d'eau secondaire, d'un ruisseau, ou simplement creusés dans la surface d'un plateau ou d'une plaine lorsque les couches géologiques ou les terrains volcaniques par trop perméables interdisent un réseau hydrographique de surface. Creusés à la main ou au moyen d'engins lourds, ces «trous» sont tapissés d'argile, et de plus en plus, depuis la divulgation commercialisée des plastiques, par des membranes PVC qui en assurent une étanchéisation soignée et de faible coût tant en matériel qu'en main-d'oeuvre.

Alors que les barrages à double fin (hydro-électrique et de stockage) ont le pouvoir d'alimenter l'irrigation ou de couvrir les besoins en eau à l'échelle

régionale (ex : la presa del Infernillo sur le río Balsas frontalier du Michoacán et du Guerrero), les lacs minuscules ou les étangs creusés ne peuvent prétendre qu'à la satisfaction de besoins locaux, d'une part à cause des coûts élevés de terrassement, et d'autre part des aires de drainage limitées, qui les dominent nécessairement s'ils sont aménagés dans des arènes volcaniques extrêmement perméables et au sein de régions à pluviométrie relativement faible. Le stockage est alors limité à quelques milliers de m³, l'impluvium se réduisant parfois à la seule superficie de l'étang lui-même. Ces réservoirs artificiels portent le nom de *bordos* ou de *jagueyes* (photos 1 et 2) selon le cas, et n'intéressent parfois qu'un éleveur et son bétail, lequel peut en posséder plusieurs éparpillés sur ses terres de parcours. Il est rare qu'un seul de ces aménagements suffise à satisfaire l'ensemble d'une communauté rurale, et pour ne prendre que le seul exemple du Michoacán, ce sont plus de 10 000 mares ou *jagueyes* qui parsèment le paysage des terres tempérées.

A - Le projet «Cratères éteints»

La multiplicité des cônes volcaniques qui jalonnent la zone de faiblesse et de fracture de direction E-W prenant en écharpe le Mexique central entre les 19e et 20e degrés de latitude Nord forme l'axe néo-volcanique qui traverse de part en part, d'ouest en est, l'Etat du Michoacán (fig. 1). Cet Etat compte plusieurs milliers d'édifices volcaniques en état plus ou moins avancé de sénilité. Les plus récents sont le Paricutín (février 1943) et le Jorullo (1779). De facture générale vulcanienne, la plupart d'entre eux se présentent sous l'aspect classique de cônes d'arènes et de cendres volcaniques de type mono-éruptif. Cette particularité leur confère des tailles relativement modestes, les portant seulement de 300 à 350 m au-dessus de la surface de l'altiplano. Les rims ont en moyenne 200 m de diamètre, et la profondeur des cratères ne dépasse jamais 100 m (cas du Paricutín). Leur forme générale de cuvette tronconique, plus ou moins évasée selon la vétusté du volcan, est idéale pour envisager leur utilisation comme châteaux d'eau et leur transformation en lacs de cratère artificiels. Le seul problème technique d'importance, l'étanchéisation ou calfatage, peut être, de nos jours, facilement résolu avec l'emploi des films ou membranes plastiques PVC ou de résine synthétique.

A partir de cette idée simple, un faisceau de recherches devrait être envisagé, dont l'aboutissement serait une action intégrée de développement rural régional. Les points forts de cette action sont, en priorité, conjointement ou séparément, la satisfaction permanente des besoins en eau domestique et selon le cas, la transformation ou la modernisation de l'agriculture dans le respect des traditions *purhépecha* de gestion et de tenure des terres. Dans la région des hautes terres du Michoacán, envisager cette transformation signifie également trouver une alternative à l'immigration indigène rurale amorcée

vers les Etats-Unis depuis peu², afin que la terre puisse à nouveau nourrir convenablement celui qui la travaille, et que cesse l'élan qui pousse le paysan déstabilisé vers le «nord» au moment où la première puissance économique du monde montre une intransigeance législative marquée face à l'immigration clandestine mexicaine (Loi Simpson Rodino, mai 1987).

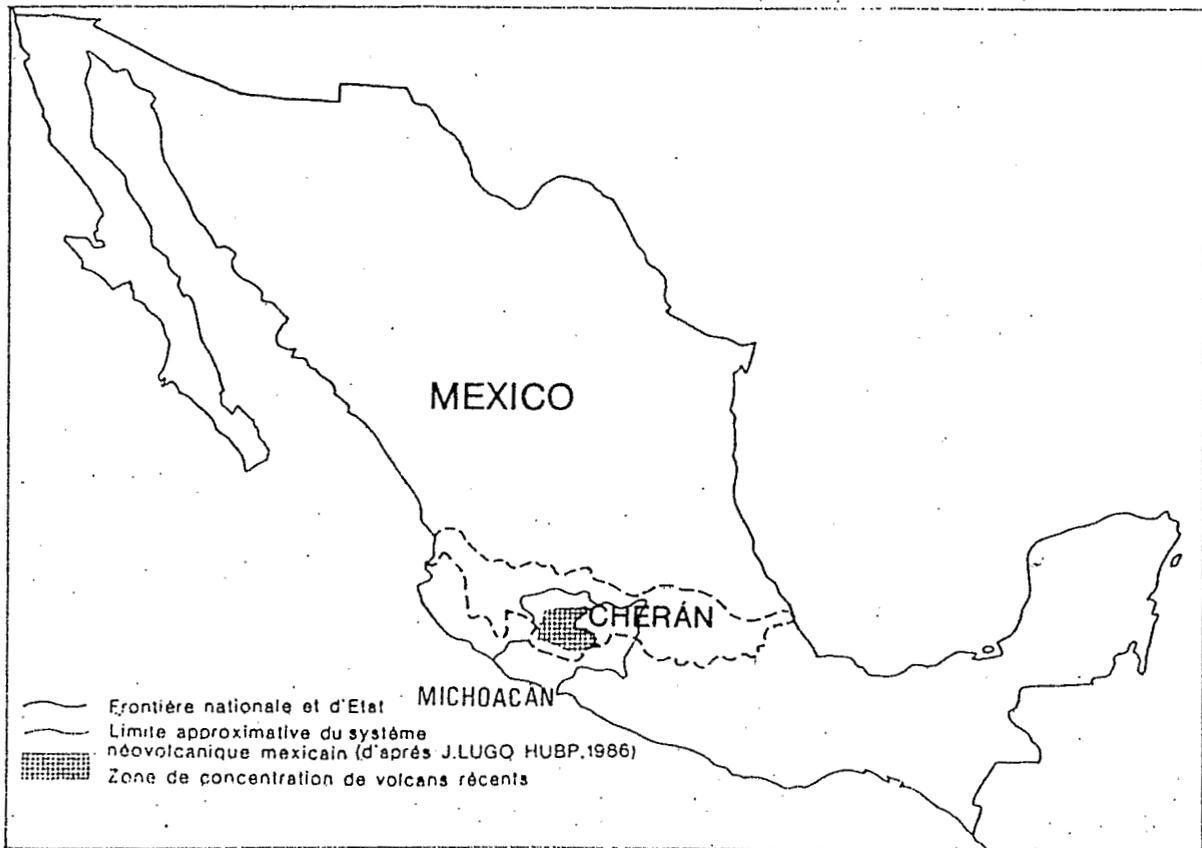


Figure 1 - Cherán, Michoacán, Mexique.

Cette recherche devrait, dans un premier temps, porter sur les avantages et les limites d'une démarche originale, par un recensement macro-spatial des possibles à l'échelle régionale, et par une analyse micro-spatiale des aires sélectionnées, rurales ou urbaines, commandées par un ou plusieurs appareils volcaniques retenus.

2. Les purhépecha n'avaient jusqu'ici aucune tradition migratoire vers les Etats-Unis. Le massacre forestier, le surpâturage, la réduction des ressources hydriques, générateurs de conflits internes ou intra-ethniques ou les aggravant favorisent ou impulsent ce mouvement migratoire, par ailleurs le fait de travailleurs capables de financer leur voyage. C'est le cas dans les plaines fertiles de l'Etat (Bajío, Valle de Zamora, Cienega de Zacapu).

B - Avantages et limites des lacs de cratère artificiels

1. L'argument premier militant en faveur de ce procédé de stockage des eaux pluviales réside dans l'utilisation d'un espace naturel en creux de capacité variable, de quelques mètres à quelques dizaines de mètres de profondeur dans sa partie centrale. Dans la plupart des cas qui nous intéressent, leur forme tronconique est presque parfaite. Les flancs peuvent être dénudés ou boisés, les fonds soit stériles, soit occupés par des landes de parcours, par des cultures (maïs) ou ... par quelque terrain de sport. Pour des capacités théoriques de stockage pouvant atteindre de 200 000 à 1 million de m³ et plus, ce qui représenterait des volumes correspondants de déblais si des réservoirs de ce type devaient être creusés ou aménagés artificiellement, les coûts de terrassement se trouvent éliminés en totalité ou très largement. L'aménagement peut être pris en charge par une communauté villageoise indigène avec le seul recours à la force de travail paysanne. Les engins lourds de terrassement, outre le coût de leur intervention, auraient souvent du mal à pénétrer dans un cratère, aux flancs de forte déclivité.

2. Outre l'économie du creusement d'une retenue aussi importante, le second avantage du «lac artificiel de cratère» réside dans sa localisation. Nombreux sont les cônes volcaniques qui ont jailli et se sont formés en élévation au-dessus de l'altiplano de l'Anahuac, qu'ils surplombent d'une hauteur variant entre 200 et 350 m au niveau du rim. Ainsi, le fond du cratère se trouve toujours à plusieurs dizaines de mètres au-dessus de la surface tabulaire du plateau. Il est inutile d'insister sur les mérites qui peuvent découler de l'utilisation de tels châteaux d'eau qui suppriment le recours au pompage. Une seule canalisation courant sur le flanc du volcan peut, une fois amorcé le siphon, satisfaire par gravité toute sollicitation effectuée depuis le plateau.

3. La possibilité d'emmagasiner de grandes quantités d'eau dans un château d'eau naturel ouvre des perspectives intéressantes, aussi bien pour l'agriculture que pour l'élevage ou l'utilisation domestique.

a) S'agissant de l'agriculture, les eaux pluviales emmagasinées permettent l'utilisation pour des cultures sensibles à la température de celles-ci. Par exemple, les eaux souterraines froides obtenues par pompage sont défavorables à la culture de la fraise. Ainsi, toute une gamme de cultures nouvelles peuvent être retenues, surtout si elles sont exigeantes en eau et de surcroît en main-d'oeuvre, pour battre en brèche la monoculture du maïs ou simplement l'améliorer.

b) S'agissant de l'élevage, les châteaux d'eau sont susceptibles d'alimenter de petits abreuvoirs adventices disséminés en contrebas du

volcan et aménagés de façon à limiter les pertes par gaspillage et évaporation. Par ailleurs, le lac lui-même est susceptible d'être ensemencé par alevinage, compensant les pertes occasionnées par la mise en eau des parcelles de culture par un élevage piscicole dont l'implantation doit faire l'objet d'une étude particulière de faisabilité. Cependant, on peut a priori voir l'intérêt d'acclimater dans ces unités stables et closes le fameux *pescado blanco* dont l'écosystème est justement situé dans le Michoacán (dont il constitue l'emblème) et plus particulièrement circonscrit aux lacs (naturels) de Pátzcuaro et à la lagune de Chapala.

c) Il est inutile de souligner l'intérêt de tels «ouvrages» pour les populations locales qui, pendant plusieurs mois, se voient rationner l'eau domestique et obligées de se ravitailler par camions-citernes à ces sources périphériques plus abondantes, mais distantes parfois de plusieurs dizaines de kilomètres. La soudure «liquide» est bien souvent un facteur limitant au développement de ces communautés et incitatif à l'émigration. Cependant, il est à craindre, dans la mesure où l'eau de retenue ne serait l'objet d'aucun brassage, qu'elle soit rapidement polluée en saison sèche chaude et par conséquent, préjudiciable à la consommation humaine. Un consensus serait alors à rechercher pour sauvegarder les eaux de source habituellement trop sollicitées, jusqu'à un tarissement trop précoce.

4. Le dernier argument en faveur de cette solution n'est pas le moindre. Celui-ci permet de résoudre - du moins partiellement - le crucial problème de l'eau à l'échelon local villageois, évitant un recours à une organisation pluri-communautaire entre sociétés villageoises, génératrice de conflits ou de mécontentements. C'est le cas type de micro-réalisations de développement à l'échelle de la communauté rurale de base, qui aurait le mérite de conserver intact le paysage et, de le changer à la fois, dans les caractéristiques matérialisées des activités anthropiques.

L'ultime argument en faveur de ce type d'opération serait d'ordre juridique : bien que primordial, il aurait tendance à être considéré comme d'importance secondaire : il s'agit de l'expropriation de l'espace - agricole ou urbain - siège du futur ouvrage. Dans le cas d'un barrage classique, il n'est pas rare qu'elle affecte des dizaines, des centaines, voire des milliers d'hectares, et exige souvent le déplacement de populations locales ou de villages entiers. Pour celui qui nous intéresse, aucune expropriation à envisager, puisque les cratères volcaniques mexicains ont un régime juridique fédéral : ils sont propriété de l'Etat. S'ils sont occupés par des parcelles de culture, cette occupation est simplement usufruitière³, la perte de cette jouissance pourrait être facilement compensée en réservant à l'occupant lésé l'exclusivité du droit de

3. Dans le cadre juridique communautaire indigène (en l'occurrence, purhépecha).

gestion piscicole des eaux, s'il était décidé de faire dans les cratères aménagés une expérience complémentaire de pisciculture rurale. Quant aux populations intéressées par l'ouvrage, il est évident qu'en aucun cas elles n'auraient à souffrir d'un quelconque déguerpissement, car il n'est aucun exemple au Michoacán d'un cratère volcanique portant un habitat, le seul exemple d'occupation «immobilière» étant celui d'un terrain de sports...

Cependant, le recours à ces réservoirs naturels aménagés présente des limites non négligeables qu'il convient de considérer.

Le premier facteur limitant réside dans la localisation géographique des cônes volcaniques susceptibles d'intérêt. Techniquement aménageable, tel ou tel volcan perdra de son intérêt s'il est éloigné d'une agglomération, ou s'il n'est pas situé à proximité immédiate d'une plaine ou d'un plateau dont il permettra l'irrigation.

Le deuxième handicap de ce recours à un caractère volcanique tient à la faiblesse du «bassin versant», autrement dit d'un impluvium limité aux bords internes du rim. Le bassin de réception est constitué par les seuls flancs internes et le fond du cratère, soit une superficie comprise entre 3 et 5 ha. En dépit d'une pluviométrie relativement élevée dépassant les 1 000 mm annuels, les aires de collecte ne pourront jamais permettre un stockage d'eau pluviale supérieur à quelques dizaines de milliers de m³, sauf si une assistance complémentaire accroît artificiellement le niveau de remplissage théorique du réservoir, par divers stratagèmes à envisager au cours de la saison des pluies.

Cette considération nous amène à voir dans la pluviométrie un handicap connexe du précédent. La région volcanique du Michoacán est comprise entre les isohyètes 1 000 et 1 200 mm. De tels chiffres permettent d'envisager favorablement le recours à la formule de stockage en cuvette volcanique naturelle, dans la mesure où le rapport rendement/investissement reste satisfaisant, autrement dit, si la relative faiblesse des quantités d'eau escomptées est compensée par la facilité d'aménagement de ces cuvettes, c'est-à-dire par un faible investissement financier que conditionnerait l'emploi de plastiques PVC, l'essentiel de la réalisation technique restant à la charge des forces de la communauté impliquée dans le projet. En l'occurrence, l'argument-clé reste celui de la possibilité d'augmenter le volume pluvial stocké par un complément artificiel obtenu par moyen annexe (pompage)⁴.

A ce titre, il est permis de bien augurer des observations paysannes concernant la pluviosité locale de montagne qui serait, par delà l'altitude générale du plateau (1 800 à 2 200 m), nettement plus élevée ponctuellement au-dessus des cratères qui dominent de 200 à 400 m cette altitude générale : les

4. Un autre appoint important évitant un coûteux pompage peut être imaginé à partir de l'aménagement de *barrancas* d'altitude au moyen de mini-barrages fonctionnant de façon intermittente lors des tornades de saison pluvieuse, et alimentant le réservoir relié par des canalisations, selon le principe des vastes communicants.

cratères seraient, à l'occasion d'une tornade ou d'une simple averse, beaucoup plus intensément et plus longtemps arrosés que les zones plus basses circumvoisines. Le phénomène est bien connu, des montagnes qui accrochent et retiennent les nuages, ceci sous tous les climats et sous toutes les latitudes ; mais il est primordial de connaître la plus-value pluviométrique locale dont bénéficie chacun des volcans dignes d'intérêt. Dans l'hypothèse où cette pluviosité serait 2 fois supérieure à la moyenne régionale périphérique, les cubages stockés pourraient dépasser, pour certains individus, les 100 000 m³, volume non négligeable pour la seule eau de pluie. Mais, au cours de la saison sèche, c'est-à-dire de la période d'utilisation de ce stock, combien de mètres cubes l'évaporation va-t-elle prélever pour diminuer ou anihiler l'intérêt de réunir ce capital en eau ?

Nous touchons du doigt les questions scientifiques, techniques, sociologiques et économiques que la recherche préalable aura à résoudre, avant de se lancer dans l'aventure de corriger la nature en créant artificiellement des lacs de cratère.

C - Les axes de recherche

La recherche doit, avant tout, après un inventaire des volcans justiciables par leur aspect et leur situation d'un aménagement, porter sur la géologie, la mécanique des sols et la climatologie. Chaque cuvette volcanique présentant des caractéristiques propres, cette recherche doit revêtir à la fois un caractère général et des aspects particuliers pour chacune des unités à traiter, qui sont autant de cas d'espèce par leur forme, leur situation, leur structure.

La géologie doit fournir des précisions sur la nature des accumulations successives de matériel volcanique, afin d'en déterminer le taux de porosité et surtout de perméabilité différentielle, de façon à juger de la résistance des parois du cratère aux forces latérales de pression de l'eau emmagasinée. L'étude de la perméabilité et de la granulométrie des terrains superficiels permettra de conclure à la nécessité ou à l'économie d'un drainage annexe, destiné à évacuer les eaux d'une éventuelle fuite par suite d'une défaillance du système de calfatage.

L'étude géophysique du cratère mettra l'accent sur la résistance différentielle des laves du conduit d'évacuation sous-jacentes au matériel d'accumulation, afin d'aménager le fond de la cavité de façon à obtenir un « plancher » susceptible d'accepter la pression des masses d'eau, sans préjudice pour le revêtement plastique étanche sensible à des différences de pressions importantes sur le matériel de support.

L'étude des pentes aura le même objet, la préférence allant aux pentes douces inférieures à 30°, mais des sondages devront essayer de détecter l'éventuelle formation de tunnels de lave risquant de compromettre l'entre-

prise. De même, il sera utile que la géophysique détermine la sensibilité locale aux séismes ou autres mouvements du sol.

L'étude climatique aura une double fin : déterminer l'exact régime des pluies au-dessus de la cuvette volcanique considérée, et le volume annuel théorique des chutes de pluies sectorielles, afin de la mettre en relation avec l'évaporation potentielle de saison sèche. Ce rapport établi, il sera possible d'apprécier si l'on doit intervenir par une action de prévention contre l'évaporation (microbilles de verre creuses, huiles, etc.) ou bien, en cas de solde nettement négatif, d'abandonner purement et simplement le projet.

L'hydrologie du milieu géographique régional sera analysée en détail, de façon à rechercher une source d'appoint superficielle ou souterraine aux eaux pluviales stockées en relativement faible quantité que permet seulement un impluvium exigü.

A cette recherche technique «amont», qui relève surtout de l'hydraulique villageoise et permettra d'arrêter le choix sur tel ou tel site volcanique et telle ou telle façon d'en concevoir l'étanchéité, l'aménagement en vue du stockage et de la distribution des eaux, se joindra une recherche socio-économique mettant en place des systèmes permettant de tirer le meilleur profit de la distribution de l'eau sur les plans domestique et agricole.

Le premier problème, le ravitaillement des populations rurales, dépendra de la quantité d'eau potentielle disponible dans un appareil à proximité d'une agglomération. Ce «plus» permettra d'aider partiellement ou totalement le ravitaillement en eau domestique (hommes et bétail) pendant toute la saison sèche, par un réseau de canalisations qui pourrait éventuellement alimenter par gravité des bornes-fontaines publiques ou des maisons individuelles (robinets individuels).

Plus importante mais non prioritaire, se révélera l'utilisation agricole de l'eau. S'agissant d'une eau qu'une gestion prudente devra distribuer judicieusement, divers types d'irrigation devront être sélectionnés (goutte à goutte, aspersion, raie) pour en assurer l'économie, donc la soudure jusqu'à la saison suivante...

Mais ceci n'interdit pas de voir le changement, le bouleversement, subséquents à cette innovation. L'agriculture peut être alors projetée dans le développement des cultures existantes de maïs dont les rendements et la rotation pourraient être sérieusement révisés à la hausse.

Au contraire, cette agriculture pourrait connaître un véritable bouleversement par l'introduction de cultures nouvelles, jusque-là inconnues sur ces terres de temporal, comme les cultures céréalières, légumières ou maraichères pluri-annuelles. L'agriculture fruitière pourrait être déjà une réalité en place, puisque, lorsqu'on a l'eau, on peut tout... Cependant, les gelées printanières devraient faire l'objet d'une étude attentive en tant que facteur limitant.

La révolution micro-régionale induite par cet apport nouveau devrait être pensée comme devant avoir un impact de rétention sur la population

migrante. Transformer les cultures de temporal en maraîchage qui est culture de main-d'oeuvre, surtout de main-d'oeuvre féminine, serait donner l'espoir aux paysans de l'Altiplano et les faire hésiter au moment d'envisager une migration vers le Mexico ou le «Nord» de moins en moins accueillant.

En dépit de ces limites, par les formidables possibilités qu'elles font naître, il semble que l'utilisation des cratères éteints à usage de bassins de stockage soit une solution d'avenir - relativement peu coûteuse - à envisager avec attention. Les réalisations déjà effectuées aux Canaries (montagne du Taco, Valle de Molina) permettent d'augurer de leur succès auprès des populations de la Sierra Tarasca du Michoacán.

Les trois exemples de cratères choisis autour de la ville de Cherán permettraient une bonne approche de ce type d'aménagement transplanté au Mexique. Ils constitueraient le test permettant la poursuite ou l'arrêt d'une expérience originale selon la fortune qu'en connaîtrait la réalisation.

ANNEXE

Projet ponctuel d'aménagement des cratères éteints
sur le site de CHERAN; Meseta Tarasca (fig. 2)

Le site de Cherán a été sélectionné comme devant représenter le premier volet d'un projet d'ensemble d'aménagement des cratères éteints en lacs de stockage des eaux naturelles pluviales. Un grand nombre de facteurs concourent à en faire le siège idéal et promotionnel de ce type d'aménagement. Les besoins spécifiques en eau à cette zone en saison sèche comme les conditions naturelles, géographiques et économiques justifient ce choix.

A - Les besoins locaux en eau

Selon le recensement de 1980, l'agglomération de Cherán ne dépasserait pas 11 000 habitants. En réalité, en 1987, il semble que cette population est proche de 19 000 habitants, selon les indications du président municipal. Le cheptel consommateur d'eau se décomposerait en 10 000 têtes de bovins, dont 1 500 voient périodiquement leur existence menacée par la soif à chaque fin de saison sèche, 1 500 porcs, 800 équins (chevaux, mulets, ânes) et 8 000 ovins.

Utilisés sur place, ou faisant l'objet d'aménagements sommaires de captage, 7 points d'eau (*ojos de agua, manantiales, norias*) permettent un ravitaillement satisfaisant en saison des pluies, de juin à octobre. Leur identification toponymique est la suivante :

Los Ranchitos	Ojo de agua
Tendeparacúa	Ojo de agua
Cumitzaro	Ojo de agua
La Cofradía	Ojo de agua
Huécuaro	Ojo de agua
Rancho Itzaro	Manantial
Achuncio	Noria.

Ces sources, nappes ou puits se tarissent plus ou moins rapidement dès la fin de la saison des pluies.

La région de Cherán est comprise entre les isohyètes 1 100 et 1 200 mm. Son altitude générale supérieure à 2 000 m en fait une région bien arrosée, mais astreinte à plus de 2 mois de gelées hivernales et printanières.

Malheureusement, le grave déséquilibre de la répartition pluviométrique joint à l'extrême perméabilité des sols, crée un handicap certain au développement agricole comme à la simple survie humaine en temps de saison sèche.

Le réseau hydrographique est très faiblement hiérarchisé. Semi-endoréique et intermittent, il se présente sous la forme de ruisseaux ou *arroyos* souvent encaissés. L'encaissement, récent, est le résultat de la déforestation qui les transforme à l'occasion des tornades locales, en torrents initiateurs de barrancas abruptes entaillées dans des terrains volcaniques offrant peu de résistance à cette action mécanique brutale des eaux de ruissellement. Encore cette action est-elle relativement freinée par la perméabilité des terrains. Les eaux très rapidement s'infiltrent. Le seul réseau semi-hiérarchisé concerne deux ruisseaux « drainant » les cerros Pacaracua (arroyo Uruapa), Basilia et Mesa Ranchpacua (arroyo Copuro). Le cours de l'arroyo Uruapa passe aux abords même de l'agglomération (les « gourds » proches de la localité sont utilisés comme lavoirs publics), et au pied des cônes volcaniques du Tarucún et du Huanillo. Un barrage sommaire coupant la section amont des ces arroyos constituerait une prise d'alimentation complémentaire à l'eau pluviale emmagasinée dans les caldeiras aménagées, soit par pompage, soit selon le principe des vases communicants.

B - Le site : ses caractéristiques, son intérêt

Située à 19°42' de latitude N et 101°58' de longitude W sur la route Zamora-Uruapán, à 27 km du carrefour de Carapán, à 8 de Paracho et à 6 de Nahúatzen, les deux plus proches chefs-lieux municipaux voisins, Cherán occupe une position de verrou entre deux systèmes volcaniques importants culminant ou dépassant les 3 000 m d'altitude : cerro Pacaracua au nord, cerro de San Marcos au sud. A 2 360 m d'altitude, l'agglomération commande une mesa subhorizontale à l'est, dont la pente régulière de direction E-W s'efface à quelques centaines de mètres à l'ouest de la ville, pour faire place à une vaste plaine parfaitement horizontale, dont la partie orientale appartient pour 2 000 ha environ à la communauté indigène de Cherán. Celles voisines d'Aranza, Paracho, Ahuirán, Pomacuarán et Nurio se partagent la plus grande partie occidentale de cette vaste étendue en direction d'Uruapan. La section routière Carapán-Paracho, par une brusque courbe, ample mais serrée, passant au pied de deux massifs volcaniques accentue la différenciation de ces deux types de paysages, comme la ville de Cherán, qu'elle dessert, marque la rupture de l'étagement entre mesa orientale et plaine occidentale.

Cet ensemble de reliefs horizontaux est ponctué de 5 pointements vulcaniens, adventices des deux massifs précités. Verrues de 140 à 200 m de commandement au-dessus de celui-ci, 4 d'entre elles s'alignent sur un axe NNE-SSE sur la trajectoire duquel est situé l'agglomération elle-même. Il s'agit, d'est en ouest, de cerros Ziapo, Andujuata, Tarucún, El Borrego, et à l'ouest de la ville La Hoya El Huanillo. Au sud-est, à 600 m environ de l'agglomération, isolé, s'élève le cerro Cucundicata. Apparemment situés sur faille, les quatre

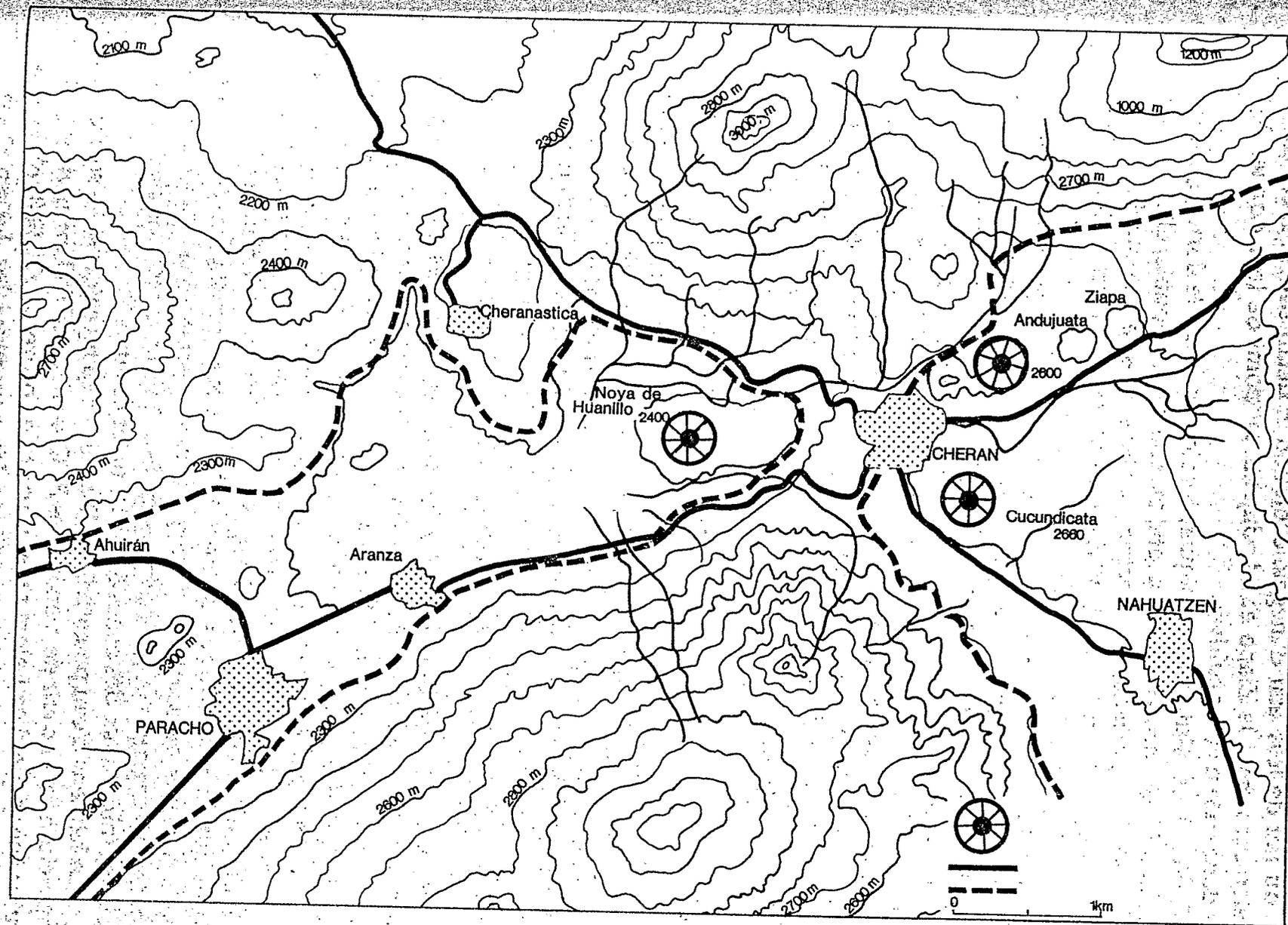


Figure 2 - Projet de lacs de cratère artificiels à Cherán

1. Volcan et son cratère aménageable.-
2. Route nationale.-
3. Piste.-
4. Limite de la zone de plaine non irriguée.

premiers apparaissent assez anciens, mais non contemporains les uns des autres, du fait de leur état d'inégale évolution et délabrement. L'érosion a complètement rabaissé le Ziapo et l'Andujuata au point de leur donner des formes douces de mornes cultivés.

Ce degré d'évolution est pratiquement similaire pour le Borrego, volcan satellite jumelé au Tarucún. Si la cuvette est encore perceptible, elle apparaît insuffisamment importante pour recevoir un aménagement de stockage.

Par contre le Tarucún, en dépit d'une cavité en partie égueulée sur 80 m environ, la Hoya del Huanillo et le Cucundicata, se présentent comme des exemples tout à fait satisfaisants pour recevoir les aménagements les transformant en réserves d'eau ou lacs de cratère pseudo-naturels. Leur proximité de la ville (600 m pour le Cucundicata ; 1 200 m pour le Tarucún), comme la hauteur de commandement des réservoirs projetés (180 m pour le Cucundicata ; 140 m pour le Tarucún) en font des unités susceptibles d'être retenues, afin d'être aménagées en châteaux d'eau à usage domestique de la ville. Situé en contrebas, dans la plaine qu'il commande de 200 m, le Huanillo serait plus apte à supporter un réservoir destiné à l'irrigation de son environnement, ou tout au moins une partie de celui-ci.

C - Traits caractéristiques des cratères sélectionnés

Selon qu'on leur attribue une vocation à usage domestique de complément ou d'irrigation d'après les premiers critères déjà exposés, il y a lieu de décrire, pour chaque cas, leurs caractéristiques techniques particulières, même sommairement ébauchées après un premier parcours de reconnaissance.

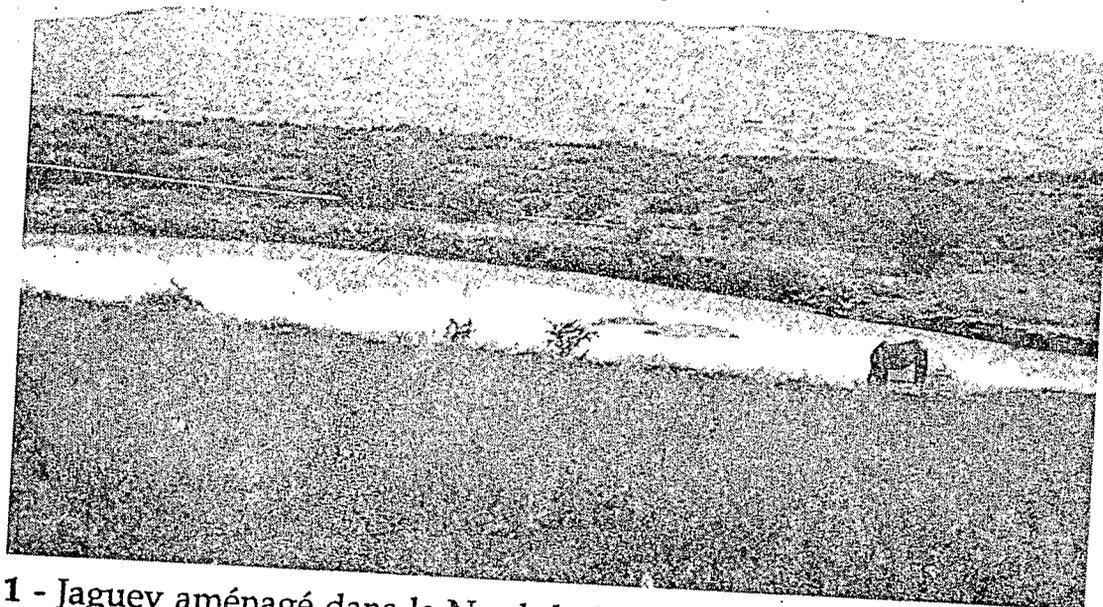
1. Le Cerro Tarucún (photo 3)

Cratère à fond sub-horizontale se relevant vers les bords intérieurs d'un rim de 250 m de diamètre environ selon une faible pente de l'ordre de 15°. Fond occupé par une parcelle cultivée d'environ 3 ha portant habituellement du maïs en culture pluviale. Rim colonisé par une végétation de conifères.

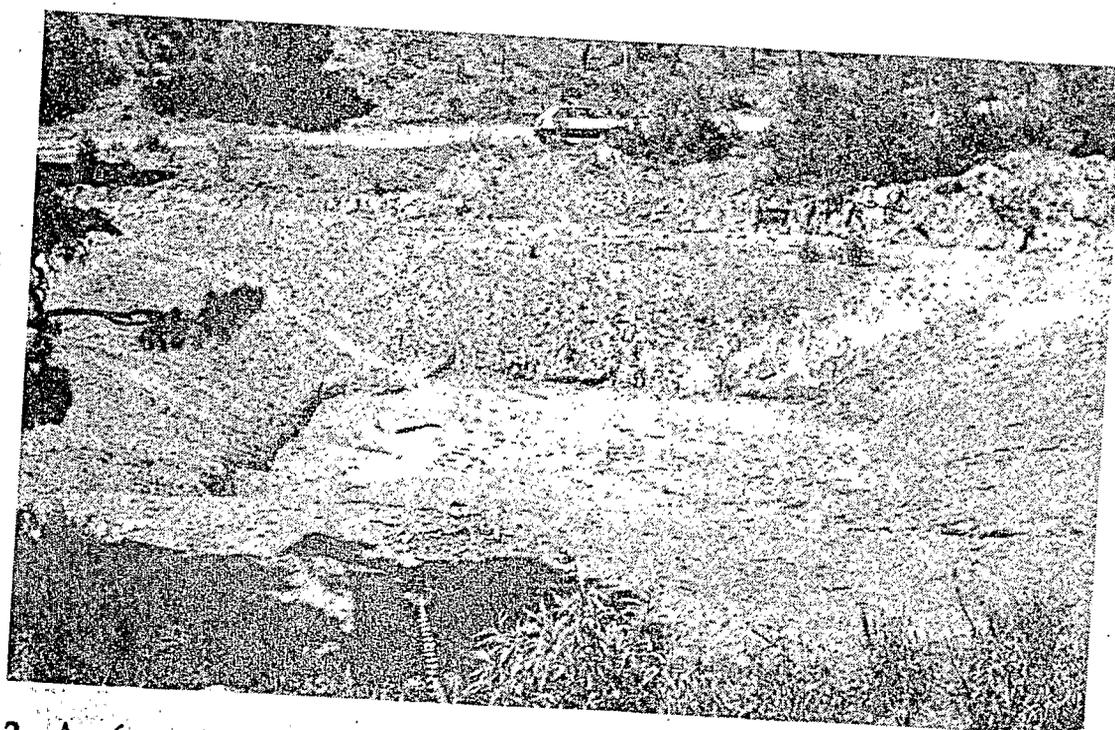
Matériel très évolué au compactage apparemment bien assuré par la vétusté du cône. La zone humifère présente une arène volcanique très décomposée de couleur ocre, de type Charanda, avec un bon coefficient de fertilité. Cette évolution n'interdit pas la possibilité de la présence de tunnels de lave, anciens conduits de soufflerie de gaz dans le substrat de la cavité, que les sondages géologiques et géo-techniques devraient permettre de détecter, et d'établir l'importance des zones de roche indéformable.

La hauteur d'eau potentielle s'élèverait à 8 m théoriques. La surface de l'impluvium à recouvrir de membranes PVC serait de 35 000 m² environ, et le volume théorique d'eau alors retenu serait de l'ordre de 220 000 m³ dont le 1/5 pourrait directement être fourni par les eaux pluviales. Le remplissage

PLANCHE I



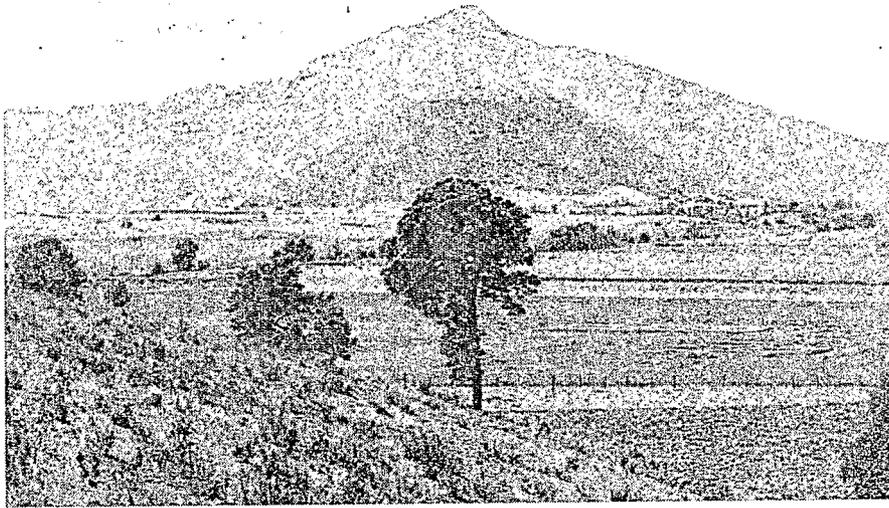
1 - Jagüey aménagé dans le Nord du Michoacan. Le cheval donne la mesure des limites de profondeur de l'ouvrage, rempli en fin de saison humide (septembre).



2 - Aménagement d'un jagüey-abreuvador à Cherán (capacité théorique 1 200 m³).

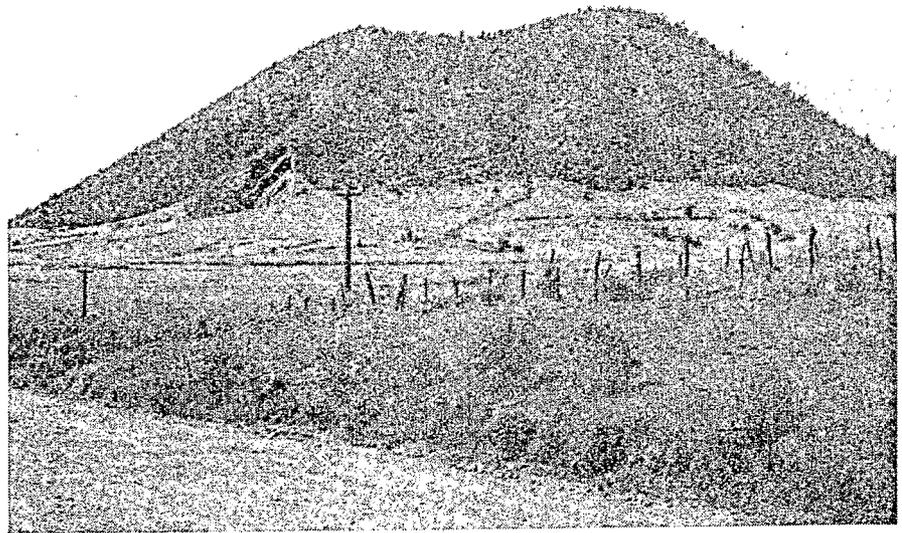
(Clichés C. Bouet)

PLANCHE II



3 - Volcan Tarucún. Cratère dont le lac artificiel pourrait être alimenté selon le principe des vases communicants, à partir de prises secondaires disposées dans les "barrancas" du système supérieur du Ceveo Paracacua à l'arrière-plan.

4 - Volcan Cucundicata. Type de cratère propre à être aménagé en lac-jaguey.



5 - Structure interne d'un volcan du système néovolcanique centro-mexicain. Lapilli, cendres volcaniques, cinérites, tezontle.

complémentaire du cratère pourrait être assuré par captage du trop plein de la source d'altitude alimentant habituellement par gravité l'agglomération de Cherán. Son débit très excédentaire au coeur de la saison des pluies, diminue fortement par la suite pour passer au voisinage du tarissement en période d'étiage de saison sèche.

2. Le Cerro Cucundicata (photo 4)

Caractéristiques à peu près identiques à celles du précédent volcan. Fond de cratère horizontal d'une superficie évaluée à 2 ha, décomposée en deux parcelles limitées par une clôture de barbelés, l'une à l'ouest labourée, l'autre à l'est étant en friche, et présentant une micro-topographie de taupinières qui donnent à cette friche l'aspect d'un champ mal retourné par quelque laboureur ivre, tant leur nombre est imposant. Les parois du rim sont couvertes de pins et de broussailles issues d'un récent déboisement.

Le flanc sud de la cuvette présente un ensellement de 8 m de portée qui correspond à une zone égueulée de 80 m environ d'envergure, les pentes intérieures de celle-ci sont de l'ordre de 15 à 20°. Avec une ouverture de cratère de l'ordre de 220 m de diamètre et une profondeur maxima de 12 m (si l'on néglige la hauteur perdue de 8 m à la partie égueulée) la surface utile de l'impluvium à aménager serait d'environ 25 000 m² et de 27 000 m² si l'on corrigeait par une digue ou un mur la «brèche» de l'ensellement égueulé.

Le volume théorique des eaux retenues serait dans le premier cas de 310 000 m³ et serait porté à plus de 500 000 dans le second cas de figure. Cependant, il serait utile d'étendre au maximum la surface membrannée de l'impluvium pour accroître les possibilités de stockage des eaux pluviales, les surfaces initialement calculées ne permettant de recueillir que le 1/10 de la capacité du réservoir artificiel.

3. La Hoya el Huanillo

Caractéristiques différant quelque peu des deux entités précédentes : appareil plus jeune que les précédents, représentant quelque peu l'image idéalisée du volcan de type vulcanien que l'on pourrait rencontrer dans un manuel élémentaire de géographie. Cône d'une régularité à peu près parfaite, encore respecté par l'érosion, sinon à la base du flanc E. grignotée par une carrière de *tezontle* qui permet d'en apprécier, en coupe, la structure interne (photo 5). Celle-ci est presque exclusivement constituée d'arène volcanique noire et de cendres très peu évoluées, sur lesquelles une végétation de feuillus, chênes et arbousiers notamment, ont réussi à s'accrocher. La même végétation, où le pin n'est pas dominant, tapisse les flancs internes de la cavité. Sa forme interne épouse à peu près la forme idéale du cône renversé, les surfaces subhorizontales ou ne dépassant guère 1 600 m².

Par contre les pentes sont abruptes, entre 40 et 45°, et des affleurements basaltiques jaillissent en trois points distincts et offrent un obstacle de relative importance à l'égalisation minutieuse des parois, mais par contre donnent des indications précieuses sur les positions de la roche indéformable. Les sondages afférents à cette recherche en seront facilités, et il y a tout lieu d'émettre l'hypothèse d'une éventuelle continuité de ce type de roche en zone profonde, de cuvette ou du moins d'une faible épaisseur du dépôt de matériel détritique issu de l'érosion. Ceci accrédite mieux l'hypothèse d'une relative jeunesse du volcan. La recherche d'éventuels tunnels de lave sous-jacents, susceptibles de «rejouer» sous la pression des eaux, ne doit souffrir en l'espèce aucune négligence. La même recherche devra porter sur la stabilité des talus, la teneur en eau naturelle des couches de cendres et de lapilli, et des zones d'éventuelle saturation accidentelle.

Le matériel détritique du fond de cratère est formé de graves ou *tezontle* grossier, et d'un mélange de cendres et de bombes volcaniques, labourés par l'action des taupes.

Si l'amplitude du rim est similaire à celle des cratères précédemment analysés, 200 m environ, la profondeur est plus imposante, 80 m, ce qui atteste le fait que l'érosion n'a pas encore permis une accumulation détritique de fond, un adoucissement des pentes et une nette diminution de la hauteur interne de la cuvette. Celle-ci ignore l'occupation humaine permanente. A des empreintes d'ongulés, il semble que quelques bovins ou de rares chèvres se risquent à dévaler les parois en quête d'une herbe un peu plus abondante et fraîche lorsque partout ailleurs sévit la désolation de la sécheresse. Les lieux, près d'une paroi basaltique, seraient «habités» par un «esprit» ou un animal fabuleux que les battues coordonnées de chasseurs n'auraient pu réduire ni même apercevoir, alors qu'il se laisse entrevoir par le promeneur solitaire... C'est dire combien ce volcan recèle une aura mystérieuse et inquiétante qu'ignorent les deux précédents. La superficie justiciable d'une couverture étanche PVC serait de l'ordre de 34 000 m², et sa capacité théorique serait comprise entre 1,2 et 1,4 million de m³. Dans ce cas, la quantité d'eau annuelle recueillie par l'impluvium serait dérisoire (entre 40 et 50 000 m³) en regard de la capacité potentielle de la cuvette aménagée (1/30 des possibilités). Il serait donc nécessaire de penser cet aménagement, porteur d'une révolution dans les systèmes de production agricole en vigueur dans la plaine environnante, comme une structure permettant de recueillir et de conserver en vue de l'irrigation périphérique de saison sèche, les eaux de stockage amenées là au cours des quatre mois de saison humide. C'est-à-dire qu'il faudrait associer au système récepteur un système d'alimentation annexe, dont l'investissement, et par la suite le fonctionnement et l'entretien, élèveraient le coût de l'eau stockée, et partant, des réalisations novatrices subséquentes. Il s'agit donc, en ce cas d'espèce, de réaliser une étude très précise des coûts, des avantages et des bénéfices projetés en fonction de l'importance des populations rurales concernées par cet enjeu.

CONCLUSION

D'une manière générale, cette étude doit, en priorité, mettre l'accent sur un phénomène dont nous avons à dessein éludé l'évocation tout au long des différents chapitres, pour n'en avoir aucun élément tangible d'appréciation, mais n'en ignorant pas non plus la toute première importance dans le contexte régional et local : il s'agit de l'évaporation.

Des mesures effectuées dans le cadre du Plan Lerma et portant sur une localité du sud Bajío, soit une région moins élevée de 600 m environ que celle qui nous préoccupe sur l'axe néo-volcanique de la Sierra Tarasca, mais à seulement 65 km au nord à vol d'oiseau, c'est-à-dire certainement plus chaude et soumise à une évaporation plus intense que cette dernière (mais de combien en plus ?), nous montrent que l'évaporation est supérieure dans ce cas aux 750 mm des précipitations annuelles. Si un tel phénomène se révélait identique dans le secteur de Meseta intéressé, cela remettrait en cause la validité et l'objet d'un semblable projet. Ce serait bien un jeu puéril, coûteux et absurde, que d'emmagasiner de l'eau de pluie pour la voir repartir sans profit et presque aussitôt par le chemin même où elle y est parvenue ! (fig. 3).

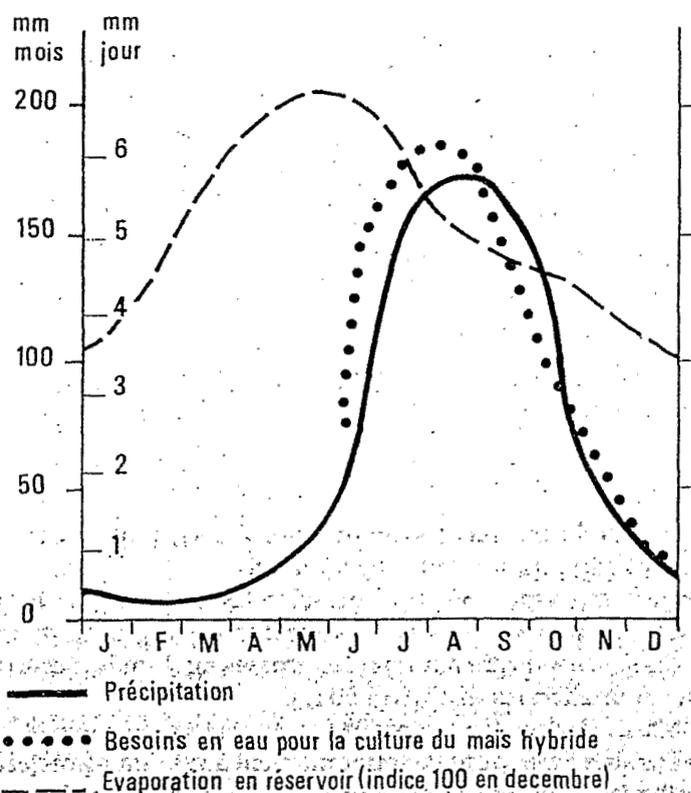


Figure 3 - Indice d'évaporation (moyenne sur 25 ans)

Source : Plan Lerma. Meteorología. Boletín 2. Angamacutiro. Mich.
 (Diagramme presque identique pour toutes les localités du Bajío Sud)

Certes des moyens existent pour freiner ou réduire d'un fort pourcentage l'évaporation et l'évapotranspiration (huiles, flotteurs de polyuréthane, micro-billes de verre creux, etc.). Il faut donc évaluer les gains en rétention d'eau obtenus par l'emploi de cette technologie mis en rapport avec le supplément de coût qu'ils entraînent : si après examen de toutes les composantes, le bilan conclut à un prix prohibitif de l'eau envisagée sous cette forme de stockage, il serait alors logique de renoncer à l'exécution de ce projet. Cependant, avant d'envisager une perspective d'abandon, il faudrait tenir compte de ce que le même litre d'eau n'a pas physiquement et économiquement la même valeur dans deux régions différentes, voire dans deux secteurs différents d'une même région. Sans parler de la charge symbolique et affective dont elle est porteuse, sans commune mesure lorsqu'il s'agit d'un pays assoiffé, ou d'une région où son abondance est telle qu'elle tolère tous les gaspillages. Cette charge a-t-elle un prix ? Cette valeur est-elle quantifiable ?⁵.

Les exemples positifs du Taco et du Valle de Molina aux Canaries ne méritent-ils pas de s'y attarder pour conduire à une réflexion plus profonde à propos de ces cas singuliers ? Ce qui est un succès à Santa Cruz de Tenerife, pourquoi se révélerait-il inefficace sur l'axe néo-volcanique du Michoacán ?

5. Nous voudrions évoquer trois chiffres relatifs à la situation dans trois pays différents quant à leur consommation en eau ou leur aspiration à cette consommation :

- le français consomme en moyenne 280 l/j d'eau selon les normes statistiques sur lesquelles se fondent les 2 grandes sociétés privées qui s'en partagent le marché de la distribution ;

- pour le Mexicain rurbain, c'est-à-dire habitant les grosses agglomérations rurales de plus de 10 000 habitants, cette consommation est évaluée à 50 l/j.

Dans un récent article (*Le Monde Diplomatique*, mai 1987, p. 31 : «Maîtriser l'eau et la démographie»), Claire Brisset note que le Burkina Faso, dont le gouvernement a créé un Ministère de l'Eau (ce qui se passe de commentaires !), a pour objectif prioritaire, dans le cadre de son plan quinquennal 1986-1990, d'assurer à chaque Burkinabè 20 l/j d'eau, à l'échéance de celle-ci. Ce qui veut dire qu'en 1987, ce quota est encore loin d'être atteint ! Autrement dit, pour saisir de manière imaginée ce phénomène de la valeur comparée, différenciée et contrastée de l'eau, lorsqu'un français tire 2 fois dans la journée - ce qui est un minimum - la chasse d'eau de ses toilettes, il brise les aspirations à la consommation d'eau d'un burkinabè... à l'horizon 90.

INUM 110 01218

COTE1 11 062EVAERU

VEN/1

volume 75442

EAU ET AMENAGEMENT DANS LES REGIONS INTER-TROPICALES

sous la direction de Pierre VENNETIER

Directeur de Recherche au CNRS

TOME 2

CENTRE D'ETUDES DE GEOGRAPHIE TROPICALE

Centre National de la Recherche Scientifique

Domaine Universitaire de Bordeaux
33405 Talence Cedex, France

ESPACES TROPICAUX, n° 3, 1991

DA15-001 C.E.D.I.D. - ORSTOM

VEN

INV 07001

Directeur de la collection :
Monsieur le Professeur SINGARAVELOU

Comité de Lecture :
M. J. BETHMONT, Professeur à l'Université de Saint-Etienne ;
M. C. BATAILLON, Directeur de Recherche au CNRS, CREDAL-Toulouse ;
M. J.P. CHARDON, Professeur à l'Université Antilles-Guyane, Fort-de-France ;
M. J.R. PITTE, Professeur à l'Université Paris-Sorbonne ;
M. J. RACINE, Chargé de Recherche au CNRS, Institut Français de Pondichéry.

Secrétariat de rédaction :
Maggy SEURIN.

REALISATION TECHNIQUE :
Composition et mise en page :
Marie-Bernadette DARIGNAC

Illustrations
Jacqueline CATHALAA

Travaux photographiques :
Alain VERGNES, Jean-Pierre VIDAL

Impression et reliure :
Guy SALIGNIERE

Impression de la couverture :
H-B Impression, 19 rue de la Belle Etoile, 33000 Bordeaux

Définition de la maquette de mise en page :
Marie-Bernadette DARIGNAC, Maggy SEURIN

Conception de la maquette de couverture :
Danielle CASTEX

Photos de couverture : 1. L'eau courante au marché Boggoko : cuisine et vaisselle dans la rue à la "fontaine" - Rangoun (Birmanie) ; 2. L'approvisionnement en eau dans un quartier périphérique de Rangoun. (clichés Guy Lubeigt)

Dépôt légal - 2e trimestre 1991 - n° 3

© Espaces Tropicaux, 1991

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

ISBN - 2-906621-18-8
ISSN 1147-3991

NOTED - 011030

SOMMAIRE

	Pages
III - L'IRRIGATION ET SES EFFETS	1
Louis BORTOLI, Gérard SOURNIA : Les mirages de l'irrigation et le sous-développement. Cas de l'Afrique sèche de l'Ouest	3
Michel LESOURD : Maîtrise et valorisation de l'eau agricole en République du Cap-Vert.	17
Daniel LEFEVRE : L'irrigation dans les deux principales îles des Mascareignes.	39
Maurice BURAC : L'irrigation dans le Sud-Est de la Martinique : un bilan.	57
Christian HUETZ DE LEMPS : Les transformations récentes de l'irrigation aux îles Hawaï.	79
Claude BOUET : Eau domestique, irrigation et volcans éteints au Mexique.	95
P.D. MAHADEV : Impact of irrigation on the demographic aspects : a case study of a newly irrigated area in India.	119
Kamala MARIUS-GNANOU : L'irrigation et les mutations récentes dans la région de Pondichéry (Inde).	133
Raymond BLANADET : Les programmes de développement de la petite hydraulique rurale en Asie du Sud-Est (Thaïlande, Philippines, Indonésie).	161
IV - L'EAU ET LA VILLE	173
Jean-Claude BRUNEAU, Moanda NAKATANDA : Les problèmes liés à la maîtrise de l'eau en milieu péri-urbain à Kinshasa (Zaire), une première approche	175
Michelle GERARD : Le problème d'approvisionnement en eau d'une ville du Zaïre : Kikwit	191
Gilles FOURT, Jean REVEL-MOUROZ : Une politique de l'eau à Monterrey (Nuevo Leon, Mexique)	223
Guy LUBEIGT : L'approvisionnement en eau de Rangoun (Birmanie).	257