

Eau et espace à Valle de Bravo

La bataille pour l'eau

Luc Descroix
géographe-hydrologue

Michel Esteves
hydrologue

David Viramontes
éco-pédologue

Céline Duwig
hydrologue

Jean-Marc Lapetite
hydrologue

Le sud et le centre du Mexique sont beaucoup plus favorisés que le nord en terme de bilan hydrique. On considère qu'ils regroupent 46 % des terres arables du pays, mais disposent de 93 % des ressources en eau. Cependant, c'est une région qui est aussi bien plus peuplée, du fait de l'ancienneté de la présence des cultures indiennes, et aussi du fait de la fertilité de ses sols (ce fait et l'ancienneté des civilisations ne sont probablement pas étrangers l'un à l'autre) ; les sols volcaniques sont connus en effet pour leur richesse ; par contre, ils sont aussi fragiles et très sensibles à l'érosion.

On se propose d'examiner ici le rapport entre la gestion de l'eau et celle de l'espace à travers une autre région du Mexique, celle du haut bassin du Cutzamala, situé à 150 km environ à l'ouest de la ville de Mexico.

En effet, si deux des trois problèmes hydrologiques « majeurs » que connaît le Mexique de nos jours concernent avant tout le nord (cf. « L'eau, agent économique et enjeu politique », p. 249), le sud n'en est pas exempt, comme en témoigne malheureusement la disparition prochaine du lac de Chapala.

Effectivement, les autorités mexicaines ont décrété en l'an 2001 qu'il y avait trois urgences nationales en matière hydrologique :

– la première est le conflit au sujet du partage des eaux du río Grande/rio Bravo (cf. « L'eau, agent économique et enjeu politique », p. 249) qui envenime les relations entre les deux grands voisins et représente la par-

Petite géopolitique
des eaux
au Mexique

faite illustration à la fois du rapport de force normal entre un pays du Nord et du Sud, de l'échange inégal, de l'arrogance de la seule superpuissance du moment, de ce qu'est l'absence de solidarité amont-aval, des conflits d'usage et de la raison du plus fort ;

– la deuxième concerne le lac de Chapala, qui est en train de s'assécher une bonne fois pour toutes : il pourrait disparaître au milieu de la décennie 2000, ce dont se réjouissent presque les propriétaires terriens qui ont les moyens d'en acheter le fond et de le mettre en valeur quand il sera asséché. La disparition progressive de cette lagune est due à la surconsommation d'eau dans le bassin : l'extrémité amont du bassin du río Lerma sert de plus en plus à alimenter Mexico en eau, et le bassin comporte les meilleures terres arables du Mexique. On y a peu à peu installé l'irrigation pour accroître les rendements et diversifier les cultures. Par ailleurs, plus de la moitié du bassin et de cette zone de grande culture est incluse dans l'État de Guanajuato, dont le gouverneur de 1994 à 2000 n'était autre que l'actuel président – libéral – de la République mexicaine, Vicente Fox, qui a veillé et continue à le faire, sur l'intérêt des grands cultivateurs. L'absence de concertation amont/aval et l'égoïsme de chaque acteur ont tué la lagune de Chapala ;

– la troisième urgence nationale est la Laguna, périmètre irrigué de 160 000 ha situé dans le centre-nord du pays, au sud du désert de Chihuahua, et qui est sinistré depuis une dizaine d'années du fait de la sécheresse récurrente (cf. « L'eau, agent économique et enjeu politique », p. 249). Dans ce dernier cas n'apparaît aucun problème de solidarité amont-aval, sinon pour le devenir des ressources ; les paysans de la Laguna ont causé eux-mêmes leur perte en surexploitant la ressource plus de cinquante ans durant.

Il peut paraître étonnant de ne pas voir figurer dans cette liste de priorités absolues le problème de l'alimentation en eau de la ville de Mexico. Cet approvisionnement étant en fait de plus en plus épineux, s'il n'est pas dans les trois urgences, c'est que celles-ci relèvent vraiment du désespoir de l'hydrologue ! En effet, la ville de Mexico est un bon exemple à la fois de stress hydrique, tant la ressource est surconsommée dans son bassin naturel (situé en altitude mais en position d'abri topographique), et d'absence de solidarité amont-aval. La ville ayant épuisé toutes les ressources proches et situées en amont ou dans les nappes du plateau de l'Anahuac, elle va depuis une vingtaine d'années, chercher l'eau plus bas, sur les versants mieux arrosés de l'Eje Volcanico Central, à l'ouest de la ville. Dans le bassin du Cutzamala, les paysans de plus en plus nombreux et avides de terres se voient déposséder d'une ressource qui leur permettait d'accroître leurs rendements, de s'assurer de bonnes

récoltes ou de pratiquer des cultures plus rémunératrices qu'auparavant, pour alimenter les marchés urbains proches.

Cet exemple souligne aussi l'importance de préserver la ressource en amont tant en qualité qu'en quantité, pour pérenniser ses usages. Dans le contexte de changement climatique actuel, des modifications de couverture végétale ou d'usages des sols en amont, des détournements d'eau d'un bassin à un autre, des surpompages des nappes de piedmont ne peuvent-ils pas affecter durablement le bilan de l'eau d'un bassin, remettre en question tout le fonctionnement de systèmes hydrauliques parfois séculaires en aval ou compromettre la simple survie d'un périmètre irrigué ou la gestion d'une nappe alluviale de la plaine aval ?

L'antériorité, le fait d'être en amont, d'avoir des besoins en eau supérieurs à cause d'une population plus nombreuse, sont toutes des raisons tout à fait honnêtes d'utiliser l'eau qui passe chez soi ; mais comme la liberté des uns s'arrête là où commence celle des autres, il est important d'apprendre à gérer la ressource dans la plus grande intelligence, dans le cadre d'un bassin, et si nécessaire en signant des traités clairs et ne prêtant pas à confusion entre États.

De même que la limite géographique du bassin, il est primordial que soient pris en compte tous les usages de l'eau, ceux qui ne font que prélever momentanément sans altérer (en principe) la qualité de l'eau, ceux qui la réchauffent, ceux qui la polluent, ceux qui s'en servent comme agent de transport ou aire de loisir, ceux qui la consomment partiellement ou intégralement (et en premier lieu bien sûr l'irrigation, de loin le premier usage), etc. Tous les usagers doivent chercher à gérer au mieux la ressource, à en garantir la qualité et à en prélever les plus petites quantités possibles, de manière à préserver la ressource et l'environnement.

Avant d'évoquer le bassin du Cutzamala, un dernier élément est à prendre en considération. Le Mexique est un État nation solide et démocratique (la guérilla chiapanèque est *a contrario* une preuve de l'existence d'un vaste espace de dialogue démocratique, malgré la répression dont elle a fait l'objet directement et par l'intermédiaire des églises néo-conservatrices exportées par le voisin du Nord). Ce pays est une société indigène, métisse, créole, latine tout à la fois, et aussi bien sûr l'intime mélange de toutes ces cultures ; cependant, il y a tout de même, en plus du clivage très fort entre les 10-20 % de la population qui a intégré le

La Culture ou les cultures

« marché » et le reste du pays, une cassure culturelle fortement déterminée par l'espace, l'histoire et les ressources, entre un Nord-Mexique aride, semi-aride, et peu peuplé et le Sud occupé depuis des millénaires. Le Nord aussi avait ces ethnies indiennes. Mais, essentiellement nomades, celles-ci ont peu marqué le paysage et ont été complètement marginalisées par la colonisation rurale au xx^e. Il faut de ce fait opposer :

- ce Nord où les paysans comme ceux de l'Ouest américain, ont une mentalité de pionnier, sont prêts à tout pour pousser la frontière, et se soucient peu du lendemain et de la pérennisation des ressources naturelles comme de la durabilité de leur système de production ;
- et le Sud, pays de « vieilles » civilisations indiennes, où l'agriculture se pratique depuis des millénaires (POSTEL, 1999 ; DESCROIX et LASSERRE, 2003) et a fait preuve de son adaptation aux milieux de montagne en assurant de bonnes récoltes dans ces milieux fragiles, depuis très longtemps.

Après avoir, dans cet ouvrage, analysé les rapports homme/nature sous un système minier que l'on n'essaie que depuis peu de faire perdurer, dans le Nord, il est intéressant de voir comment l'irruption de besoins et de moyens nouveaux peut menacer les régions de vieille culture du sud du Mexique. Les habitants de cette région, bien plus peuplée, doivent tant bien que mal adapter la très forte croissance démographique qu'ils connaissent depuis quelques décennies, à un contexte de pression extrême sur les ressources (eau, forêt, espaces de loisirs, etc.) imposé par la proximité de l'une des plus grandes et plus exubérantes villes du monde.

Historique de l'alimentation en eau de Mexico

La vallée de Mexico rassemble sur 4 000 km² situés à 2 240 m d'altitude une vingtaine de millions d'habitants. L'alimentation en eau de ces habitants et des activités qu'ils développent constitue un défi permanent, étant donné que la croissance démographique est forte (2-3 % par an), soit un demi-million d'habitants de plus chaque année.

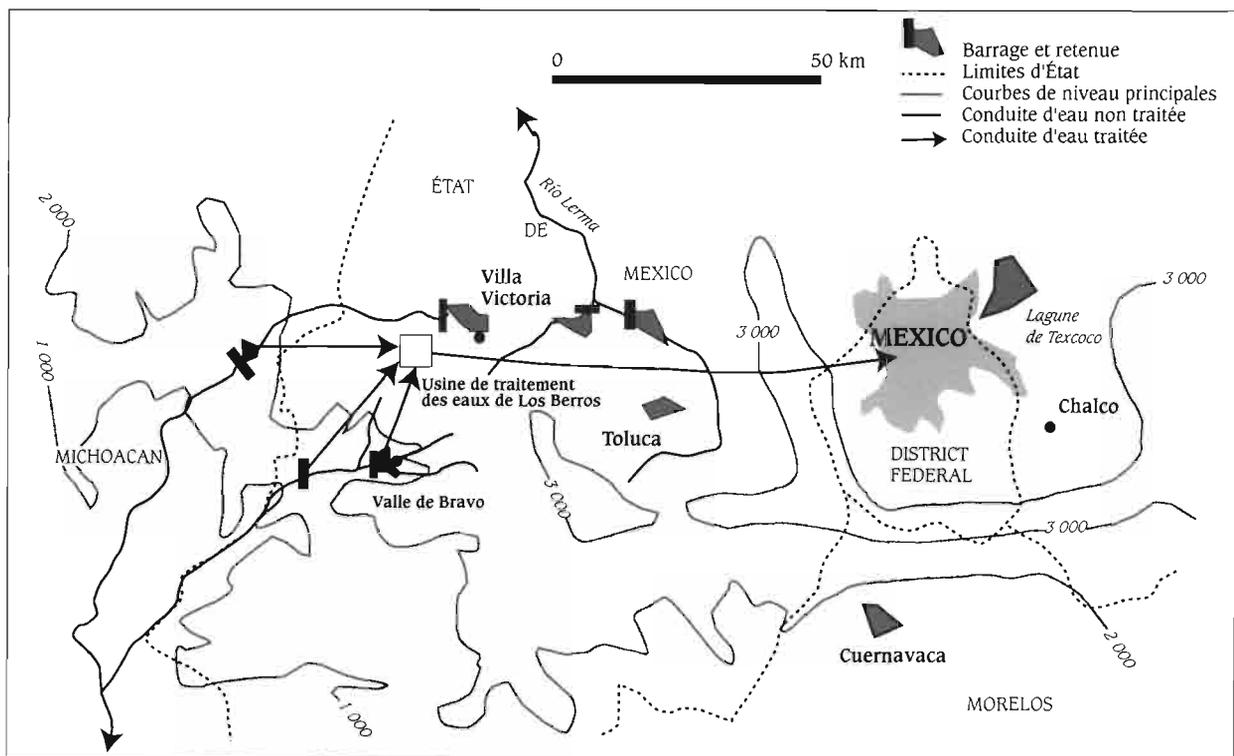
De plus, il s'agit aussi de réduire le surpompage de l'aquifère qui est une des sources d'approvisionnement depuis plus de cinquante ans. Le site de la ville se prête fort peu à la constitution de réserves d'eau : la zone urbanisée occupe tout le fond de la dépression et l'ancien lac de Tenochtitlán, qui bordait en 1520 la plus grande ville du monde, déjà peuplée de plus d'un million d'habitants. De ce fait, les 7 milliards de m³ d'eau que reçoit chaque année le bassin constituent aussi un défi en terme de gestion des crues. 80 % de ce volume est évapotranspiré, 11 % s'infiltré, le reste s'écoule et doit donc être évacué par pompage de la dépression locale-

ment endoréique et globalement très plane sur laquelle s'est installée la ville. La recharge naturelle de la nappe est donc de 24 m³/s.

Or le pompage a commencé à aggraver les affaissements de terrain liés aux tremblements de terre, dès les années 1930 ; il n'est que de visiter le centre historique de la ville pour en percevoir des signes nets sur les édifices anciens : partie droite de la cathédrale de guingois, Palacio de Bellas Artes dont le socle et le perron forment un entonnoir autour du bâtiment, églises et immeubles penchés, etc.

Dès les années cinquante, en plus du pompage, toutes les eaux de surface du bassin étaient exploitées. On a alors créé le « sistema Lerma » dans les années 1960, afin de capter 14 m³/s dans le haut bassin de cette rivière, initiant le problème de déficit qui est à l'origine de l'actuelle disparition du lac de Chapala. La surexploitation du haut Lerma est manifeste dès 1972, ce qui a poussé à réaliser des études pour aller chercher l'eau encore plus loin. Dans le même temps, le pompage dans les nappes de la vallée de Mexico atteignait plus de 50 m³/s, soit plus du double de la recharge naturelle, accélérant l'enfoncement des terrains par abaissement du niveau phréatique.

Fig. 55 – Situation du sistema Cutzamala.



Durant cette même période d'expansion rapide, la ville a eu besoin de se fournir en électricité, d'où l'installation d'un vaste complexe sous le président Miguel Alemán (1940-1946), qui porte son nom « sistema Miguel Alemán ». Celui-ci, constitué d'une dizaine de barrages de tailles diverses, turbinait les eaux du haut bassin du río Cutzamala et de ses affluents. Ce bassin est situé immédiatement à l'ouest du haut bassin du río Lerma, à 150 km environ à l'ouest de la capitale (fig. 55).

Ce système a été peu à peu démantelé et transformé, afin de fournir des quantités croissantes d'eau de bonne qualité à la ville de Mexico ; la fourniture de courant électrique est dans le même temps devenue dérisoire (celle-ci a été remplacée par la production de centrales thermiques, le Mexique étant un des principaux producteurs mondiaux de pétrole).

Le sistema Cutzamala

Le sistema Cutzamala a été réalisé en plusieurs tranches :

- la première tranche a consisté à capter en 1982, les eaux du barrage de Villa Victoria (qui fait partie, comme presque tous les autres, du sistema Miguel Alemán), et à les traiter à l'usine de Los Berros afin de les rendre potables ; ensuite, par des stations de pompage, il faut faire monter 4 m³/s de 174 m afin de pouvoir les acheminer par gravité jusqu'à la vallée de Mexico, par un aqueduc de 77 km rejoignant le système existant de captage du haut río Lerma ;
- la deuxième tranche, achevée en 1985, a permis de tirer profit de 6 m³/s supplémentaires provenant du barrage de Valle de Bravo ; cela a nécessité la réalisation d'une prouesse technique, celle de faire monter ce débit de 822 m de dénivelée entre ledit barrage et l'usine de Los Berros, située à 29 km de là, et agrandie pour l'occasion. La puissance de la station de pompage (voir première tranche ci-dessus) relevant l'eau de la station de traitement de Los Berros vers Mexico a également dû être augmentée. La puissance des pompes installées pour cette nouvelle section Valle de Bravo-Los Berros atteint 22 000 chevaux ;
- la troisième tranche a été mise en service en 1993 : il s'agissait de capter 9 m³/s provenant des barrages Chilesdo et Colorines. Ce dernier, le plus bas du système (1 600 m), reçoit lui-même les eaux de trois barrages situés plus à l'ouest sur les affluents de rive droite du río Cutzamala ; ce sous-ensemble fournit 8 m³/s qu'il s'agit de faire monter de 1 000 m jusqu'à l'usine de Los Berros. Comme pour les tranches précédentes, il a fallu encore augmenter le débit à remonter de l'usine de traitement de Los Berros vers Mexico (fig. 56).

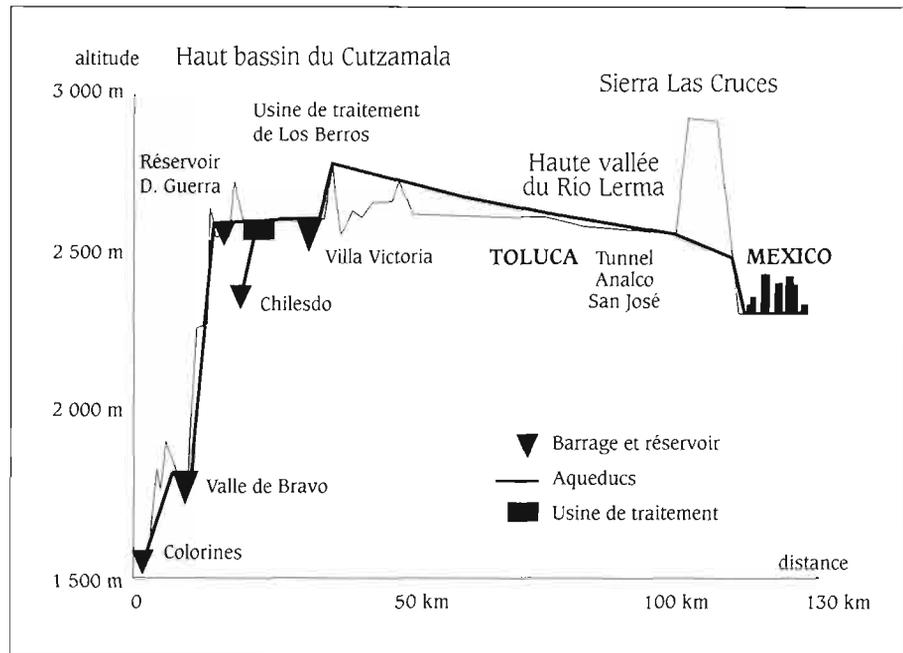


Fig. 56 – Coupe du sistema Cutzamala.

L'ensemble de ce système d'approvisionnement est impressionnant en termes de travaux de génie civil, mais l'enjeu a été à la portée des ingénieurs mexicains qui ont su mettre leur savoir-faire au service de la collectivité et de la forte demande en eau.

Et l'avenir ?

Alors qu'en sera-t-il quand l'approvisionnement sera à nouveau insuffisant ? En fait, il l'est déjà, depuis la mise en service de ces tranches successives, car l'addition de ces 19 m³/s au total n'a pas suffi à faire baisser le pompage (et donc le surpompage) dans les nappes de la ville. Il existe donc toujours un déficit de l'ordre de 30 m³/s si l'on veut vraiment maintenir le système en équilibre (c'est-à-dire en assurer la durabilité). Et les progrès à faire en terme d'économie d'eau ont été en grande partie déjà réalisés. En effet, les incitations aux économies d'eau domestiques sont très fortes, le travail d'éducation à la citoyenneté est très efficace et les enfants comme les adultes ont conscience de la fragilité de la ressource et agissent globalement en conséquence ; les industriels sont également en train d'équiper leurs installations afin de consommer et de polluer au minimum les eaux de surface comme celles de profondeur, de recycler au maximum. La multinationale qui a en charge la distribution d'eau a réduit en cinq ans les pertes en lignes de 40 % à 33 %, et l'effort se poursuit.

Conflits entre les usages de l'eau

Les gestionnaires de l'eau de la ville de Mexico ont réalisé un exploit assez unique : changer complètement l'usage principal d'un bassin de 2 000 km², d'une fonction énergétique à un usage d'approvisionnement en eau, et cela en une quinzaine d'années, sans conflit majeur et en effectuant au passage des prouesses de génie civil.

Ceci étant, on entre de fait en plein dans la logique des conflits d'usage pour l'eau. Le conflit électricité/eau potable a pu être éludé, le Mexique étant un gros producteur d'énergie fossile. Mais l'eau turbinée par les centrales était restituée au réseau hydrographique, ce qui n'est bien sûr pas le cas des eaux transférées du haut Cutzamala (et du haut Lerma) vers le bassin de l'Anahuac.

Or, le haut Cutzamala est une riche région agricole, comptant un grand nombre de petites et grandes propriétés, et surtout de communautés rurales et d'*ejidos*. De ce fait, l'eau qu'on attribue depuis vingt ans à la ville de Mexico est celle que pourrait utiliser cette activité agricole afin d'accroître ses rendements. Cette eau était du reste auparavant en grande partie utilisée pour l'irrigation. Celle-ci est devenue pratiquement impossible et les dirigeants locaux de la *Comisión Nacional del Agua* du district de Valle de Bravo ont été poursuivis en justice en 2001, car, devant la pression exercée par les usagers locaux, ils avaient vendu des droits d'eau illégaux à des agriculteurs.

En fait, devant l'urgence des besoins en eau de la capitale, on n'a pas vraiment demandé aux paysans du bassin s'ils étaient d'accord pour affecter leur eau aux besoins urbains. Il faut dire qu'avec une pluviométrie de 1 200 mm en moyenne, ils peuvent paraître privilégiés à l'échelle du Mexique. Mais la région est assez densément peuplée, et les usages de l'eau sont nombreux : irrigation, pêche, loisirs (golfs et aires vertes de Valle de Bravo, qui est la zone de récréation des classes aisées de Mexico). Il faut ajouter que le niveau du lac doit être maintenu constant puisque de nombreuses bases nautiques entourent le plan d'eau.

Comment pérenniser la ressource ?

On a vu que la fourniture du système Cutzamala ne permettait même pas de réduire le surpompage de la nappe ; il faut dire qu'il n'alimente qu'à hauteur de 25 % le marché de l'eau de la ville. Mais au moins, peut-on s'assurer que cette ressource va perdurer ?

Le problème majeur, en dehors de la pression sur la ressource en eau, est celui de la pression pour la terre. Tout le Mexique central est très peuplé, et cet axe volcanique comportant les meilleurs sols en terme de

fertilité, les andosols, ne fait pas exception, bien au contraire ; comme dans beaucoup de pays volcaniques, les montagnes sont ici cultivées depuis des siècles, voire des millénaires (dans la vallée de Tehuacán, État de Oaxaca, par exemple, cf. POSTEL, 1999).

On assiste en effet, depuis quelques décennies, à une accentuation de la pression foncière, liée à la croissance démographique et à celle, parallèle, de la demande en produits agricoles. Cela se traduit, logiquement, par des défrichements de terrains de plus en plus pentus (les moins en pente ayant été exploités auparavant). Comme la loi fédérale mexicaine prohibe pratiquement l'abattage des arbres, les paysans, soucieux par ailleurs de ne pas détruire une ressource dont ils savent l'importance en terme de protection des sols et des eaux, utilisent des stratagèmes qui viennent à bout des arbres sans les couper, en les tuant à petit feu ou en les « étranglant » littéralement au moyen de fils de fer barbelés autour des troncs.

Quoi qu'il en soit, cette faim de terre se traduit par le recul de la forêt, celle-ci étant de plus en plus reléguée sur les secteurs les plus élevés où l'agriculture est impossible (sur les flancs du Nevado de Toluca, par exemple) ou sur les seuls versants les plus pentus, où le labour à l'aide d'animaux de trait serait même impossible. Les forêts sont de plus en plus remplacées par des zones de cultures, ce qui ne manque pas d'entraîner des conséquences importantes en terme hydrologique.

Trois séries d'impacts sont déjà notables et malheureusement appelés à croître :



Champs cultivés sur fortes pentes : La Loma de Amanalco, haut bassin du Cutzamala, État de Mexico.

- l'érosion des sols : les andosols sont, on l'a vu extrêmement fertiles mais aussi très fragiles ; ils ont la faculté de conserver longtemps l'humidité propice aux cultures (fortes valeurs de capacité au champ et de point de flétrissement). Par contre, leur dessiccation conduit à la perte totale de leur cohésion, et devenus pulvérulents, ils sont très fortement soumis à l'érosion éolienne comme à l'érosion hydrique ;
- l'agriculture remplace la forêt, ce qui fait que les eaux de ruissellement et d'infiltration sont de plus en plus chargées en intrants agricoles non consommés : engrais, nitrates, produits phytosanitaires. Cette situation nuit à terme à la qualité des eaux nécessaires à une agglomération et peut entraîner des risques d'eutrophisation des lacs de retenue ;
- les changements d'usage des sols peuvent conduire à une évolution des régimes des cours d'eau, de leur régularité, voire de leur coefficient d'écoulement, c'est-à-dire de leur capacité à fournir des eaux à leur exutoire. De fait, on a noté une nette diminution des apports naturels dans le bassin entre les années 1950-1960 et les années 1990 (- 40 %). Cela pourrait être dû aux ponctions réalisées par l'agriculture et la micro-irrigation, mais aussi aux déboisements et autres défrichements opérés en grand nombre dans le bassin.

Les paysans de Valle de Bravo sont tout à fait conscients de ces problèmes et des risques sur la durabilité de leur système de culture, mais leur production est le plus souvent destinée à l'autoconsommation, et ce qu'ils vendent sur le marché leur sert à couvrir les dépenses indispensables. Ils sont du reste très réceptifs aux consignes données par les autorités en charge de l'eau et de l'agriculture afin de préserver les champs de l'érosion, et de tradition, ils savent très bien qu'il faut labourer sur les lignes de niveau et disposer tous les 10 ou 20 m dans la pente, une ligne de « magueys », ces agaves énormes si typiques des montagnes du centre du Mexique. Mais la pression démographique est l'élément clé, incontournable. Beaucoup d'agro-systèmes au monde ont un jour basculé par l'inadaptation de leurs structures à un changement de ce type. Il faut espérer que dans ce cas, les mesures conseillées seront appliquées, et à même de garantir la fertilité des sols comme la durabilité des ressources en eau.

Des recherches
à approfondir :
le programme HVA

L'acuité des problèmes posés dans le haut bassin du Cutzamala en termes de conflits d'usage et de conflits pour la ressource eau et l'espace, justifie la poursuite des études dans cette région. C'est l'objectif d'un programme de recherche mené conjointement par l'équipe

« Hydrologie des versants agricoles » de l'IRD, l'équipe « Manejo de cuenca » de l'Instituto Mexicano de Tecnologia del Agua, basé à Cuernavaca dans l'État de Morelos, et le Laboratorio de fertilidad de suelos du Colegio de Postgraduados de Montecillo (État de Mexico).

Ce programme se propose de répondre aux questions scientifiques suivantes :

– quelles sont les conséquences hydrologiques des changements intervenus ces dernières décennies, dans l'usage des sols, tant en terme de volumes d'eau qu'en terme de qualité ?

– quelles sont les solutions à entrevoir pour espérer assurer la durabilité de l'agriculture dans le Valle de Bravo ?

– comment concilier cette activité et celles, en plein développement, liées à la proximité de la capitale (loisirs aquatiques, pêche à la truite, etc.), avec la fourniture d'une eau indispensable au maintien de la population et à la survie de l'économie de l'aire métropolitaine ?

Des recherches expérimentales, menées en particulier sur le petit bassin de La Loma de Amanalco (52 ha) doivent permettre d'apporter des résultats à ces questions, et de constituer une base de données et une modélisation des flux. Cela dans le but de fournir aux gestionnaires de l'eau et aux aménagistes des outils d'aide à la décision indispensables au devenir des sociétés en développement.

R é f é r e n c e s

DESCROIX L., LASSERRE F., 2003 – *L'eau dans tous ses États : Chine, Australie, Sénégal, États-Unis, Mexique, Moyen-Orient*. Paris, L'Harmattan, 350 p.

LASSERRE F., DESCROIX L., 2003 – *Eaux et territoires : tensions, coopérations et géopolitique*. Paris, L'Harmattan, 280 p.

POSTEL S., 1999 – *Pillar of sand. Can the irrigation miracle last ?* New York, Worldwatch book, Norton, 312 p.

latitudes 23

La Sierra Madre occidentale

Un château d'eau menacé

Éditeurs scientifiques

Luc Descroix, Juan Estrada,
José Luis Gonzalez Barrios, David Viramontes

IRD
Éditions

Sommaire

Avant-propos	11
Préambule	13
<i>Jean-François NOUVELOT</i>	
Introduction	15
<i>Luc DESCROIX</i>	
Encadré 1 : Géologie de la Sierra Madre occidentale. Constitution et origine	33
<i>Marc TARDY</i>	
MILIEU NATUREL ET PEUPEMENT DANS LA SIERRA MADRE OCCIDENTALE	
Les ressources en eau dans le centre-nord du Mexique. Perspective historique	49
<i>David VIRAMONTES</i>	
Encadré 2 : Propriété privée et publique, gestion collective. Quelle politique patrimoniale ?	59
<i>Luc DESCROIX</i>	
Une montagne en voie d'abandon ?	65
<i>Béatrice INARD-LOMBARD</i>	
Encadré 3 : Un contexte démographique et économique de transition. Démographie comparée de la Sierra Madre avec celle de deux autres régions agro-pastorales	83
<i>Luc DESCROIX</i>	
Le projet <i>Hervideros</i> . Un regard sur le passé préhispanique de la Sierra Madre occidentale du Durango, Mexique	93
<i>Marie-Areti HERS et Oscar J. POLACO</i>	
Encadré 4 : L'indianité et l'indigénisme au Mexique et dans la Sierra Madre occidentale	115
<i>Luc DESCROIX</i>	
LES SOLS ET L'EAU : PRÉCIPITATIONS ET RUISSELLEMENT DANS LA SIERRA	
Le climat et l'aléa pluviométrique au Nord-Mexique	129
<i>Jean-François NOUVELOT, Luc DESCROIX et Juan ESTRADA</i>	

La spatialisation des précipitations sur les deux versants de la Sierra Madre occidentale	145
<i>Luc DESCROIX, Jean-François NOUVELOT, Juan ESTRADA et Alfonso GUTIERREZ</i>	
Un encroûtement des sols limitant l'infiltration	155
<i>Jérôme POULENARD, José Luis GONZALEZ BARRIOS, David VIRAMONTES, Luc DESCROIX et Jean-Louis JANEAU</i>	
Des conditions favorisant une érosion et un ruissellement en nappe ..	171
<i>José Luis GONZALEZ BARRIOS, Luc DESCROIX, David VIRAMONTES, Jérôme POULENARD, Alain PLENECASSAGNE, Laura MACIAS, Christelle BOYER et Arnaud BOLLERY</i>	
PÂTURAGES ET FORÊTS SOUS PRESSION	
Trop de bétail et trop de bûcherons. Une économie minière	191
<i>David VIRAMONTES, Eva ANAYA, Coral GARCIA, Jérôme POULENARD, Henri BARRAL, Laura MACIAS et Maria Guadalupe RODRIGUEZ CAMARILLO</i>	
Encadré 5 : L'appréciation du surpâturage	201
<i>Eva ANAYA, Luc DESCROIX et Henri BARRAL</i>	
Une eau menacée par la dégradation des ressources végétales	207
<i>Luc DESCROIX, David VIRAMONTES, Eva ANAYA, Henri BARRAL, Alain PLENECASSAGNE, José Luis GONZALEZ BARRIOS, Jeffrey BACON et Laura MACIAS</i>	
Influence de la forêt sur la pluviométrie	221
<i>Luc DESCROIX, José Luis GONZALEZ BARRIOS et Raul SOLIS</i>	
UNE EAU DISPUTÉE DANS UN ESPACE ENCORE LIBRE	
L'eau, agent économique et enjeu politique	249
<i>Luc DESCROIX et Frédéric LASSERRE</i>	
L'écotourisme : une alternative à la déprise et à la surexploitation ? Des atouts pour développer une nouvelle activité	265
<i>Luc DESCROIX</i>	
Eau et espace à Valle de Bravo. La bataille pour l'eau	283
<i>Luc DESCROIX, Michel ESTEVES, David VIRAMONTES, Céline DUWIG et Jean-Marc LAPETITE</i>	
Conclusion : une région à construire, un territoire et des ressources à préserver	295
<i>Luc DESCROIX, David VIRAMONTES et José Luis GONZALEZ BARRIOS</i>	
Glossaire	303
Résumé	311
Summary	317
Resumen	323