



HAL
open science

Mexico, au risque de son développement

Samuel Rufat

► **To cite this version:**

| Samuel Rufat. Mexico, au risque de son développement. Géoconfluences, 2006. halshs-02487894

HAL Id: halshs-02487894

<https://shs.hal.science/halshs-02487894v1>

Submitted on 3 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Archive. Mexico, au risque de son développement (2006)

La capitale du Mexique a connu une croissance démographique et une extension très rapides entre 1940 et 1980, pendant une période de forte expansion qui avait conduit le président de la République Miguel Aleman à promettre une Cadillac à chaque Mexicain. L'ancienne ville coloniale de moins 350 000 habitants sur 27 km² du début du siècle dernier, la ville traditionnelle, fameuse "région plus transparente de l'air [1]", accueille plus de 18 millions d'habitants sur 1 540 km² en 2000. Au cours du XXe siècle, la population de la capitale a été multipliée par 52, alors que celle du pays ne l'a été que par 6, passant de 15 à plus de 100 millions d'habitants.

	début XXe	1940	1950	1960	1980	2000
Superficie (km ²)	27	117	220	470	1 050	1 540
Population (millions)	0,35	1,8	3	5	12	18,2

Le Recensement général de 1980, en attribuant 14 millions d'habitants à l'agglomération (qui n'en comptait que 12 à l'époque), a fait croire que Mexico était la plus grande ville du monde et qu'elle atteindrait 30 millions avant 2000. Le XIe Recensement général, en ne dénombant que 15 millions d'habitants en 1990, a montré qu'il y avait eu une forte surévaluation et le XIIe, en 2000, attribue 18,2 millions d'habitants à l'agglomération (données INEGI [2]). Mais ces prévisions alarmantes, parallèles à l'émergence d'une sensibilité "écologiste", ont fait de Mexico l'archétype de la *monstruopole*, en devenant après Londres la *smogopolis* (Claude Bataillon et Laurent Panabière, 1988).

Dans sa thèse, Jérôme Monnet [3] analyse l'image de la ville de Mexico, dont Paul Bairoch fait l'aboutissement de l'évolution urbaine (1985). Le Mexico des années 1980 a tout contre lui : abritant le "plus grand bidonville du monde", Nezahualcoyotl, la ville la plus peuplée et polluée souffre également de catastrophes industrielles et naturelles, de corruption (le chef de la police de Mexico est condamné en 1988) ; à tel point que le séisme meurtrier de septembre 1985 a réactivé les interprétations de punition divine. La *monstruopole* (Luis Gonzales, 1986) cristallise en fait deux courants de critiques : la critique traditionnelle de la ville industrielle (des socialistes utopiques au *smog* de Londres dans les années 1950) ; la critique qui accompagne l'explosion urbaine du Tiers-Monde et la constitution de gigantesque zones pauvres (de Calcutta aux *favelas* de Rio). Ces images sont en partie vraies, mais le "monstre urbain" continue à attirer des migrants et à polariser le centre du Mexique.

Au-delà des mythes, la croissance accélérée de la métropole au cours du XXe siècle peut apparaître, a posteriori, comme le contre exemple de la "durabilité" : croissance anarchique, privatisation illégale, autoconstruction à l'écart des réseaux et des services, accroissement des inégalités sociales, avec une forte pression sur les terrains agricoles, les réserves naturelles et les espaces non urbanisables (fortes pentes, lits majeurs). Les métropoles présentent tous les ingrédients des catastrophes majeures et Mexico, par son site exceptionnel et son mode de croissance, lie la superposition de nombreux aléas à une dynamique de renforcement du risque

et de pression sur un environnement fragile.

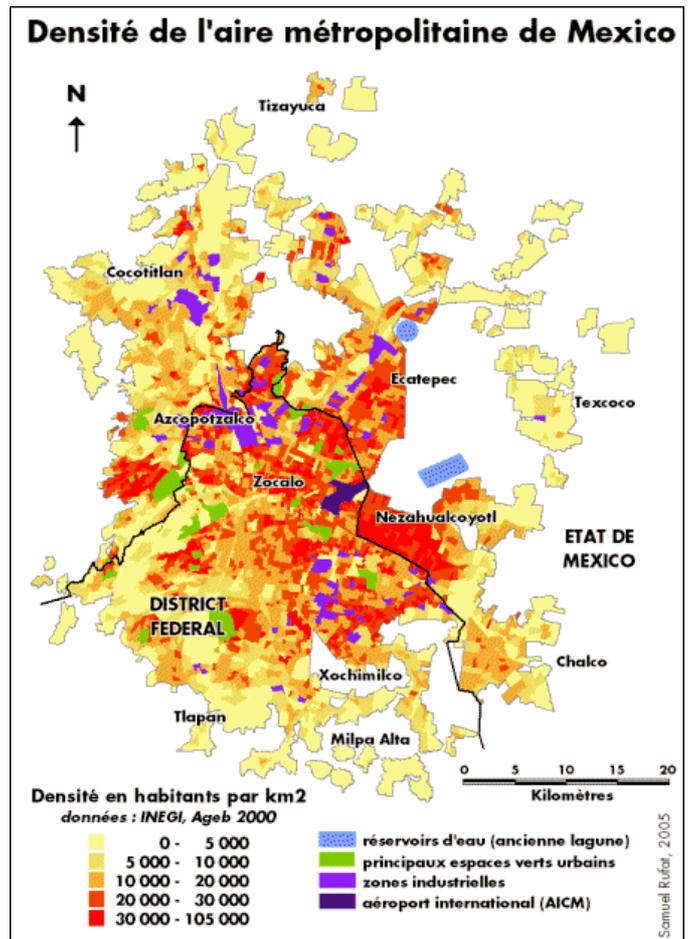
La macrocéphalie, Mexico monstre urbain et moteur économique

Le processus de mégalopolisation, identifié au cours des années 1980, ajoute un dernier niveau, celui de la Région Centre, le cœur démographique, économique et industriel du pays, le long de l'axe néovolcanique. La croissance urbaine a débordé les cadres administratifs, ceux du District fédéral (DF) à partir des années 1950, ceux de la ZMCM à partir des années 1970. Dans un rayon de 100 km, de grandes villes relayent l'influence de la mégapole : Toluca, capitale de l'État de Mexico (950 000 habitants), Cuernavaca, capitale de l'État de Morelos (640 000), et Puebla (1,7 millions), capitale de l'État éponyme, sur la route de Veracruz. Ce vaste ensemble urbain qui structure la Région Centre ne prend pas la forme linéaire des mégalopoles (USA, Japon), mais celle d'un système solaire avec une capitale qui concentre l'essentiel des hommes, des activités et détermine la plupart des relations et des flux.

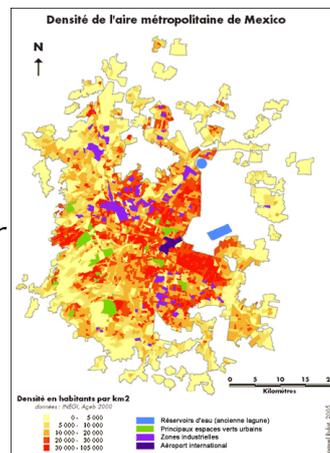
La capitale du Mexique est un ensemble urbain à plusieurs niveaux :

- **la Ville Centre**, le Mexico des années 1920, les quatre premiers arrondissements (*delegaciones*) : Cuauhtémoc, Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza, qui perd des habitants depuis 1970, malgré une croissance naturelle importante ;
- **le District Fédéral (DF)**, divisé en 16 arrondissements, absorbe la mairie de Mexico en 1929, l'étalement urbain le dépasse dès les années 1950, il accueille 8,3 millions d'habitants en 2000 ;
- **la Zone Métropolitaine** de la Ville de Mexico (ZMCM), agglomération en expansion continue, soit 27 communes sur plus de 1 500 km² en 2000, l'État de Mexico y devient majoritaire en 1995, et Nezahualcoyotl (commune créée en 1965) est parfois considérée comme la deuxième ville du pays ;
- **le Valle de Mexico**, vaste bassin endoréique (dont les eaux sont privées d'exutoire vers l'extérieur) de 9 500 km² à plus de 2 200 mètres d'altitude, trois États (DF, État de Mexico, Hidalgo) et plus de 50 communes.

Densité de l'aire métropolitaine de Mexico



L' image sans indications toponymiques (cliquer sur la miniature ci-contre)



(Toponymie sur les images cliquées)

Image 3D du site, vu en direction du sud-est

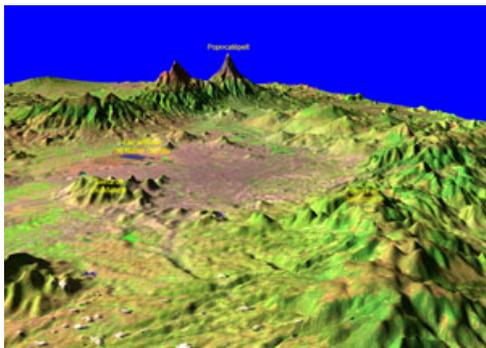
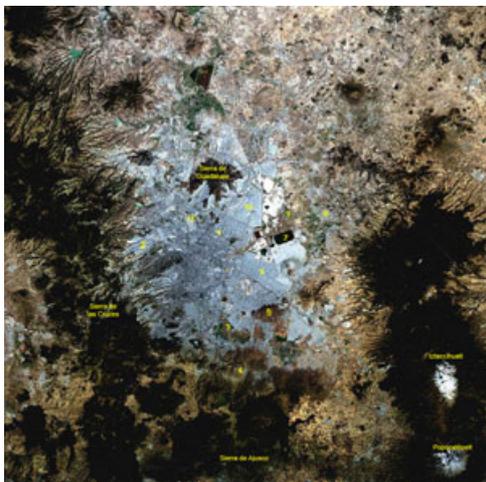


Image Landsat-7 du site de Mexico (6 janvier 2001)



La partie supérieure de l'image est au nord.

Repères toponymiques :

1) Zocalo (place centrale et cathédrale) ; 2) Alvaro Obregon ; 3) Xochimilco ; 4) Milpa alta ; 5) Iztapalapa ; 6) Nezahualcóyotl ; 7) Nabor Carrillo (lac artificiel) ; 8) Texcoco (ville) ; 9) Texcoco (lagune) ; 10) Ecatepec ; 11) raffinerie Azcapotzalco

Ci-contre en haut :

Reconstitution 3D du *Valle de Mexico*, vue du NO vers le SE, réalisée par la NASA (images Landsat et *Digital elevation model* / DEM). Au premier plan, la *Sierra de las Cruces*, au centre, la *Sierra de Guadalupe* à gauche et les anciens terrains lacustres urbanisés à droite, et au dernier plan, les deux volcans, Iztaccíhuatl à gauche et Popocatépetl à droite (l'échelle des hauteurs a été exagérée).

Des animations correspondantes, en survol 3D, sont disponibles sur le site du Scientific Visualization Studio - NASA/Goddard Space Flight Center :<http://svs.gsfc.nasa.gov/search/Keyword/Mexico>

Mexico City, (high vertical exaggeration)
<http://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a000000/a000300/a>

Ci-contre en bas :

Il s'agit d'une composition colorée en fausses couleurs naturelles réalisée à partir des canaux *Landsat Thematic Mapper* du proche-infrarouge, du rouge et de la bande verte du visible.

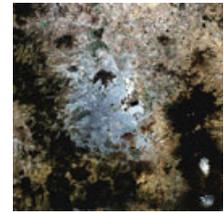
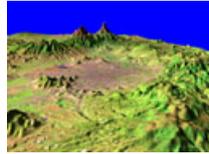
L'espace urbanisé se détache en gris, il contourne la *Sierra de Guadalupe*, tâche sombre au Nord, les terrains lacustres à nus et le lac artificiel Nabor Carrillo à l'Est, occupe le bas des pentes d'Iztapalapa et de Milpa Alta, tâches brunes au Sud, et s'approche des volcans couverts de neige au Sud-Est.

La ville de Mexico est entourée de zones volcaniques élevées qui piègent les polluants accumulés. Construite sur des sédiments issus de l'érosion, elle est particulièrement vulnérable aux effets des séismes.

Source : <http://landsat7.usgs.gov/gallery/detail/348>

Une composition colorée classique est disponible : Source : *Remote sensing tutorial, Nasa* : <http://rst.gsfc.nasa.gov> et http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect6/Sect6_11.html

Les images sans indications toponymiques (cliquer sur les miniatures) :



Mexico exporte vers les villes qui l'entourent une partie de ses industries mais aussi ses modes de croissance : les nouveaux arrivants et les nouvelles industries s'installent conjointement le long des principaux axes autoroutiers, au nord-est (vers Pachuca) et au sud-est (vers Puebla). L'habitat sous intégré, qui avait été rejeté à la périphérie du DF, se déplace vers la périphérie des capitales voisines en suivant ces axes. Ces extensions font de la Région Centre un ensemble intégré, mais montrent qu'ils fonctionnent comme des annexes du DF. Le passage de la surconcentration à l'étalement mégapolitain ne règle pas les problèmes, il les déplace. La capitale semble prise au piège de sa croissance, avec le surpeuplement, la pollution, le manque d'eau, les embouteillages, le surendettement... Mais limiter la croissance de Mexico signifierait, au moins dans un premier temps, mettre des entraves au développement économique du pays.

De hautes terres fertiles, exposées à de nombreux aléas

Le lien entre la superposition de nombreux aléas, la dynamique de croissance urbaine et la pression sur un environnement fragile apparaît dès la fondation de la capitale aztèque. Tenochtitlán est fondée vers 1325 ap. JC, dans la zone d'îlots et de marécages du lac de Texcoco [4], au milieu de la vallée de l'Anahuac ("terre au bord de l'eau" en nahuatl). Les Aztèques y aménagent des réseaux de canaux et de jardins flottants. Une méthode particulière de compostage et la vase tapissant le lit du lac permettent jusqu'à sept récoltes par an. La majeure partie des déchets est jetée dans les canaux, où ils se mêlent à la vase. Les *chinamperos* sillonnent les canaux pour draguer le fond du lac, ils épandent les sédiments et la vase prélevée dans la lagune pour en faire des parcelles rectangulaires (*chinampas*, sortes de hortillonnages) qui peuvent mesurer jusqu'à 200 mètres de long. Le niveau du lac est régulé par un barrage, de nombreuses écluses et deux aqueducs. Un troisième aqueduc fournit l'eau potable à la ville à partir de la source de Chapultepec. Plus les *chinampas* s'étendent, plus la cité aztèque est florissante [5]. Les excréments humains font partie du mélange, ce mode d'agriculture sert également de système de traitement des déchets. Alors que l'on rejette toujours les eaux usées dans les canaux résiduels de Xochimilco, on ne relève ni mauvaise odeur ni germes pathogènes normalement associés aux déjections humaines. On a découvert récemment que la vase abrite une bactérie comparable à celles que l'on trouve dans les sources d'eaux chaudes qui en fait une excellente "machine à compost [6]". L'éruption du volcan Xitle avait arrosé de débris le sol de toute la vallée au début de l'ère chrétienne. Il s'en était ensuivi une période de mille ans où tous les lacs étaient restés à sec, permettant la prolifération de cette bactérie thermophile.

Au XIVe siècle, les Aztèques trouvent donc un site défensif entouré d'une lagune qui se révèle particulièrement fertile mais exposée à de nombreux aléas (volcaniques, sismiques, hydrologiques).

Il se situe en bordure de l'axe Néovolcanique Pacifique Transversal, au contact de trois plaques tectoniques : Pacifique, Cocos et Nord Américaine. Cet axe subit encore de nombreuses tensions et le Popocatépetl, volcan le plus récent (50 000 ans), à moins de 70 km du centre ville, connaît une reprise d'activité depuis 1994 (photo ci-contre).

La "montagne qui fume", en nahuatl, a retrouvé son filet de fumée et après plusieurs pluies de cendre, le volcan, entouré de plus de 300 cônes, pourrait de nouveau connaître une explosion violente comme celle du Vésuve (la dernière il y a 700 ans). La zone de subduction au contact des trois plaques, la Fosse d'Acapulco, à 50 km de la côte pacifique et 500 km de profondeur, est une importante zone d'épicentres sismiques. Les tensions qui font de la vallée une zone de subsidence ont produit des cassures qui pourraient engendrer des tremblements d'origine terrestre, encore plus puissants.

Le Popocatépetl vu depuis la Station spatiale internationale



Source :

http://visibleearth.nasa.gov/view_rec.php?id=1613

La cuvette endoréique (9 560 km²), plate sur près de 1 000 km² à 2 250 m d'altitude, est rendue perméable par un ensemble de vase, de laves et de cendres. Elle est entourée de sommets volcaniques de plus de 5 000 m, couverts de névés et de glaciers. Les fortes pentes et l'accélération de l'érosion favorisent les mouvements de masse et les glissements de terrain. Les tensions continuent de s'exercer et les chaînes volcaniques s'élèvent de 4,5 à 6 cm par an. Du fait de l'ajustement dynamique aux tensions, la cuvette est une zone de subsidence qui s'enfonce de plusieurs centimètres par an. Tous les écoulements se déversent vers la lagune de Texcoco, dont le niveau monte lors des précipitations concentrées en été. L'endoréisme favorise les inondations chroniques.

Une artificialisation des milieux ancienne qui accentue la vulnérabilité

Au XVI^e siècle, les Espagnols rompent l'équilibre écologique. Ils construisent leur capitale, Mexico, sur les ruines de la capitale Aztèque. Les conquérants ignorent le fonctionnement des digues et craignent que les Indiens n'utilisent contre eux leurs connaissances. Ils relient la nouvelle ville coloniale à la terre ferme en remplaçant les canaux par des avenues, et assèchent progressivement la lagune. Mais chaque année, les fortes pluies d'été font monter le niveau des lacs qui entourent la ville et provoquent des inondations, qui mettent parfois plus d'un an à se résorber, comme en 1555. Au cours des siècles suivants, de nombreux travaux de drainage sont réalisés pour dériver les eaux par gravité vers le nord, à l'extérieur du bassin endoréique. En 1967, une solution plus radicale est mise en œuvre, le "drainage profond", qui permet la vidange du lac et l'évacuation de toutes les eaux. Ces travaux ont accéléré le processus de destruction de l'écosystème lacustre fragile qui avait permis le maintien de fortes densités de population. La faune et la flore typique de la vallée ont disparu et on n'a conservé du vaste lac de Texcoco qu'un lac artificiel de "régulation" et les *chinampas* de Xochimilco, classées au patrimoine mondial de l'UNESCO. L'usage de la charrue, la déforestation et l'exploitation des versants ont provoqué une intense érosion des sols, les sédiments charriés par les eaux de ruissellement ont accéléré le comblement des lacs. La disparition des marécages et des étendues lacustres a modifié le climat du bassin endoréique sans régler le lourd problème de l'eau.

Le problème de l'eau à Mexico est double, comme le montre Alain Musset dans sa thèse

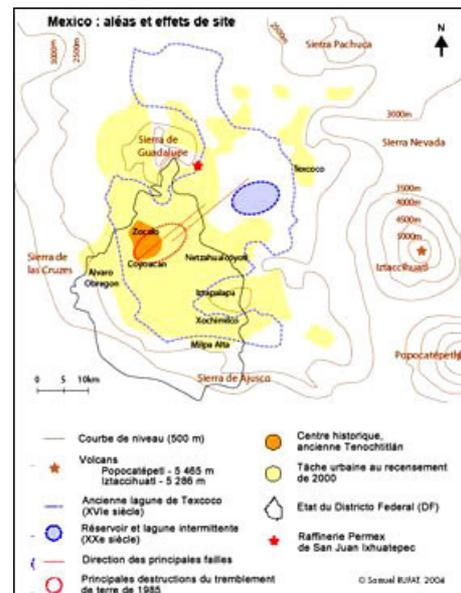
[7]. Il faut approvisionner la ville en eau potable, mais aussi évacuer les eaux usées et saumâtres en évitant les infiltrations entre les deux réseaux, même pendant la saison humide. Il s'agit d'un "paradoxe hérité de l'histoire" (Musset, 1989) : il a fallu trois siècles de travaux pour expulser l'eau que l'on fait venir à grands frais des vallées environnantes. L'alimentation en eau s'est d'abord appuyée sur les sources et lacs d'eau douce, puis sur le pompage des nappes phréatiques à la fin du XIXe siècle (vapeur puis électricité). La croissance urbaine et l'augmentation des besoins ont conduit à chercher l'eau de plus en plus loin. Le dernier grand projet, le "système de Lerma", apporte 20 m³/s, un tiers de besoins de l'agglomération, mais il faut aller chercher l'eau à plus de 150 km et lui faire remonter 1 200 m de dénivelé. La ville manque souvent d'eau à la fin de la saison sèche (avril-mai), avec un déficit de l'ordre de 5 à 6 m³/s, et continue à surexploiter les eaux superficielles, avec les disparitions d'écosystèmes que cela implique, ou à solliciter les aquifères profonds.

En centre ville, la surexploitation des nappes crée des contractions de terrain

qui se traduisent par des effondrements locaux. Le phénomène est connu depuis 1925, il s'est accéléré dans les années 1950, jusqu'à 50 cm/an en moyenne. En 1954, le Palacio de Bellas Artes s'est effondré et son escalier d'entrée a dû être inversé. Depuis les années 1980, les effondrements locaux sont mieux contrôlés, ils sont de l'ordre de 5 à 8 cm/an aujourd'hui. Mais ils ont progressivement déplacé le niveau de base vers le centre ville, qui s'est enfoncé de plus de 3 mètres sous le niveau de l'ancien lac.

Ce phénomène complique le drainage de la cuvette. La croissance de la tâche urbaine a conduit à l'incorporation de zones peu perméables, à l'imperméabilisation des possibles exutoires et à un raccordement aux réseaux toujours plus lent et coûteux. Actuellement, les pentes du réseau de drainage (1 600 km²) ne permettent plus l'évacuation d'eau par gravité et le "drainage profond" est en cours de redimensionnement. Il est systématiquement bouché en début de saison des pluies par les trombes d'eau (7 à 10% des précipitations annuelles en un orage en octobre) charriant boues et débris (érosion sur les versants à nu et surtout ordures). Le système est fragile et parfois aberrant : la croissance de la métropole nécessite de trouver 20 m³/s de plus à l'horizon 2010, en allant chercher l'eau de plus en plus loin, et en créant des conflits d'usage avec les régions agricoles voisines, alors que les pertes du réseau sont chiffrées à 27 m³/s (38% du volume distribué).

Mexico : aléas et effets de site



Les activités industrielles, les réservoirs d'hydrocarbures (Azcapotzalco, Alvaro Obregon), les 15 décharges à ciel ouvert, dont Santa Catalina entre l'aéroport et la réserve de l'ancienne lagune, sont d'importants vecteurs de pollution des eaux. La consommation d'eau est domestique à 90%, l'agriculture et l'industrie utilisent les eaux résiduelles traitées dans les 69 stations du DF et les 22 de l'État de Mexico. La pollution de l'eau est aggravée par les pertes du réseau et la surexploitation des nappes : les craquements engendrés par les effondrements locaux font que l'eau polluée de surface peut contaminer les aquifères profonds. Pour éviter la

crise annuelle lors des étiages d'avril-mai, les habitants installent des réservoirs sur les toits pour stocker l'eau, mais ils sont rarement nettoyés et servent de refuge aux parasites intestinaux. Depuis les années 1980, les teneurs en polluants inorganiques ont diminuées et restent en dessous des seuils autorisés. Mais les teneurs en coliformes ont parfois centuplés, avec l'apparition de coliformes fécaux (plus d'un par 100 mL), en particulier à Iztapalapa, Xochimilco et dans le centre historique. Ce paradoxe de l'eau est l'indice du lien entre les dynamiques d'urbanisation et le renforcement du risque, non seulement au travers des aléas, mais aussi de la vulnérabilité.

Les sédiments meubles de l'ancien lac amplifient les ondes sismiques. La croissance de la ville s'est essentiellement faite sur le site de l'ancien lac de Texcoco, il n'en reste aujourd'hui que le lac artificiel Nabor Carillo (achevé en 1982, 1 000 ha), la lagune intermittente mitée par les activités agricoles, et les canaux résiduels de Xochimilco. Les argiles meubles qui ont rempli la cuvette au quaternaire, 3 500 m de cendres et de laves perméables et plus de 400 m d'alluvions fluvio-lacustres, favorisent les croisements horizontaux et verticaux des ondes. Le tremblement de terre du 19 septembre 1985 (7h19) a surpris par son ampleur (8,1 sur l'échelle de Richter et encore 7,5 dans sa réplique du lendemain), ainsi que parce que l'épicentre était éloigné, au large des côtes de l'océan Pacifique, à 400 km de Mexico. Cette catastrophe a sans doute causé le décès de 10 à 30 000 personnes et 5 à 9 000 bâtiments ont été endommagés, jusqu'à l'effondrement dans 21% des cas. Les dégâts se concentrent dans les quartiers centraux, sur une superficie de 40 km² (4 % de l'espace urbanisé en 1980). Plus de 100 000 logements sont détruits, surtout dans les immeubles de plus de 6 étages. Comme le précédent tremblement de terre date de 1967, à une époque où le centre ville comportait peu d'immeubles élevés, la comparaison est difficile, ce qui a alimenté une polémique. La corrélation entre les dégâts et les argiles meubles a montré le rôle amplificateur des sédiments que l'on retrouve sous le centre ville et entre Nezahualcōyotl et Texcoco.

La croissance urbaine accélérée et la pression foncière ont conduit les fronts "informels" d'urbanisation à s'étendre sur les pentes des volcans et des *sierras*, comme à Milpa Alta, pourtant classée zone protégée en raison de pentes supérieures à 30%. Les défrichements et les constructions ont accentué l'érosion, pendant la saison des pluies, des glissements de terrain de 5 à 20 tonnes se produisent tous les ans dans les fortes pentes (Sierra de Guadalajara, Sierra de Ajusco). Le *Valle de Mexico*, malgré les avantages qu'il a conféré, est à l'origine de l'exposition complexe aux aléas de la capitale du Mexique. Ces effets de site ont joué en lien avec les dynamiques d'urbanisation incontrôlées qui ont à la fois renforcé la vulnérabilité de la métropole, et accentué l'exposition aux aléas.

Une croissance incontrôlée aggravant les situations à risque

La croissance urbaine incontrôlée conduit à exposer les populations les plus vulnérables. La polarisation sociale suit les contrastes topographiques et écologiques, entre le sud-ouest montagneux, forestier, peu pollué et varié et le nord-est monotone, plat et semi aride. Elle recouvre partiellement le clivage entre deux administrations, le DF et l'État de Mexico pour des raisons historiques et politiques au travers de la question foncière. La dualité se retrouve, qu'il s'agisse de qualité de l'air ou de distribution d'eau, avec d'un côté l'oasis de verdure des quartiers ouest et sud-ouest, même pendant la saison sèche, alors que les quartiers est et sud-est, sont exposés aux tourbillons de poussière et ne disposent souvent d'eau que grâce aux camions citernes ou à des puits pollués.

La métropole a dépassé les cadres administratifs, elle déborde depuis les années 1950 sur l'État de Mexico qui, depuis 1995, accueille plus de population que le DF. Le DF accueille la croissance industrielle jusque vers 1960, puis se spécialise dans les activités non polluantes et moins consommatrices d'espace. La proximité du pouvoir permet un contrôle de l'habitat plus fort qu'ailleurs. L'État de Mexico accueille ce que le DF ne peut ou ne veut plus recevoir, du fait d'une politique permissive, voire corrompue, qui rend les terrains bon marché. Mexico est une métropole bicéphale, toujours au bord de la faillite, qui vit sur les richesses de la nation. La gestion de cet ensemble urbain à cheval sur deux États est compliquée et les solutions coûtent cher : Mexico vit dans un provisoire qui s'éternise. Les recettes du DF et des mairies de l'État de

Mexico ont fortement diminué suite à la crise de 1982 et au krach de 1994, avec une baisse d'environ 11% entre 1980 et 2000. Les dépenses ont été couvertes pendant cette période par l'endettement, mais le DF disposait de moyens nettement supérieurs et pouvait obtenir des financements directs sur le budget fédéral. Le DF dépense en moyenne 8 fois plus par habitant que les mairies de l'État de Mexico : la métropole bicéphale est aussi une ville duale.

Les tentatives de maîtrise de l'expansion urbaine ont eu des effets pervers. Au début des années 1950, les nouvelles extensions sont interdites dans le DF, les terrains périphériques subissent alors une forte pression, mais ils ne sont pas urbanisables. La moitié des terrains urbanisés échappait originellement à la propriété privée.

L'habitat informel s'est développé au contact entre le DF et l'État de Mexico, par une appropriation illégale, grâce à l'attitude permissive des autorités. Les plus pauvres et les nouveaux arrivants ont été contraints de s'installer là où le terrain est offert à un prix accessible ou est facilement appropriable. Par exemple, sur les terrains à nu de l'ancien lac de Texcoco, poussiéreux ou boueux selon les saisons. La ségrégation socio-spatiale est source de renforcement de la vulnérabilité, d'abord parce que les pauvres et les migrants sont confinés dans les zones les plus exposées et les plus dégradées, ensuite parce qu'ils habitent des quartiers très denses, avec un accès aux réseaux et aux services urbains limité, souvent à proximité des activités dangereuses.

L'étalement urbain fait émerger de nouveaux aléas, notamment le long des principaux axes autoroutiers où se sont développés de façon conjointe les industries et les quartiers informels des périphéries sous intégrées. C'est le long de l'autoroute vers Pachuca, au nord-est, que se concentrent les industries pétrochimiques et les conduites d'hydrocarbures, activités dangereuses qui jouxtent les quartiers autoconstruits d'Ecatepec. Les nouveaux arrivants, migrants et exclus, qui sont les populations les plus vulnérables, se concentrent à proximité des sources de danger.

Le 19 novembre 1984, la raffinerie de San Juan de Ixhuatepec a subi une explosion (*blève* [8]) particulièrement meurtrière : lors du déchargement d'un camion citerne de GLP dans une conduite de Pétroleos Mexicanos (Pemex), une vanne explose à 5h 44, entraînant l'incendie de la conduite. Les pompiers et la sécurité civile, peu équipés et en sous effectifs, ne parviennent pas à maîtriser l'incendie qui entraîne des *blèves* sur deux ou trois sphères de butane de 900 m³. Ils se poursuivent pendant 1h30, s'étendant à 54 sphères et cylindres de stockage, pour un volume de butane et de propane estimé à plus de 11 000 m³. La raffinerie est entourée d'un quartier dense d'habitat informel, particulièrement vulnérable. Le bilan officiel fait état de 500 décès, près de 2 000 blessés et 1 200 disparus, mais ces chiffres ont été contestés par les opposants au Parti de la Révolution institutionnelle (PRI) [9]. Cette raffinerie a connu une nouvelle explosion le 11 novembre 1996.

Après cet accident, le gouverneur du DF décide de fermer la "raffinerie du 18 mars" d'Azcapotzalco en 1991. Cette raffinerie est un symbole de la nationalisation de 1938, mais elle a été rattrapée par la croissance urbaine et intégrée aux tissus urbains centraux. Malgré le projet de transformer le site en espace vert, ses terrains accueillent toujours un terminal d'hydrocarbure en exploitation, les nombreux gazoducs et oléoducs continuent à générer un risque important pour la population. La désindustrialisation du DF ne résout pas la situation, elle est liée à l'étalement urbain et la déconcentration industrielle qui aboutissent à étendre les espaces exposés et aggraver les problèmes de pollution.

De la "région la plus transparente" à la *smogopolis*

L'agglomération ne bénéficie plus de l'atmosphère pure et limpide d'altitude : les vents dominants soufflent du NNE, transportant les émissions des zones industrielles (Azcapotzalco, Ecatepec) vers les quartiers du SSO (Pedregal, San Angel, Coyoacan). Mexico rejette chaque jour des milliers de tonnes d'immondices qui ne sont pas traités, mais en partie incinérés et surtout déposés dans des décharges à ciel ouvert, des terrains vagues, des ruisseaux et sur la voie publique où s'accumulent des ordures qui ne sont presque jamais ramassées. Les activités industrielles, ainsi que le développement rapide de la motorisation individuelle, ont contribué à donner de Mexico une image de *smogopolis*. La voiture individuelle représente encore au moins

1/5e des déplacements, en 2000, plus de 4,5 millions de véhicules circulent dans l'aire métropolitaine, dont 3,65 millions de voitures individuelles. Mais les chiffres bruts, 0,2 voitures et 3,7 m² d'espace vert par personne en 2000, sont trompeurs parce que les ménages aisés disposent en moyenne de plus de deux voitures, de façon à pouvoir circuler tous les jours, et habitent de préférence dans l'Ouest de la métropole qui concentre les espaces verts.

L'inversion thermique

La longue saison sèche aggrave les problèmes de pollution en favorisant la stagnation de l'air sur la ville pendant la moitié de l'année. Les six mois sans pluie, de décembre à mai, correspondent à une atmosphère calme, mais aussi au dessèchement des sols et aux tornades sèches qui mettent facilement en mouvement les particules. Du fait de l'altitude, certains quartiers s'étendent à plus de 2 800 m, il gèle une dizaine de nuits entre décembre et février. Le refroidissement du sol provoque une inversion thermique : une couche d'air froid stagnante de quelques centaines de mètres d'épaisseur accumule les gaz, les fumées, les poussières qui ne se dispersent partiellement que lors du réchauffement du milieu de la journée (pas tous les jours). Dans la journée, une brise de vallée déplace l'air du NE vers le SO, elle décape les sols nus de l'ancien lac de Texcoco, principale source de microparticules minérales, essentiellement des silices, qui se déposent dans les poumons. Cette combinaison d'éléments favorables à la concentration de pollution atmosphérique se réduit pendant la saison des pluies : les températures plus élevées ne favorisent plus l'inversion thermique, les orages presque quotidiens renouvellent l'air, l'humidité des sols et la croissance de la végétation empêchent la formation de nuages de poussière.

L'inversion thermique exceptionnelle de l'hiver 1985-86, a favorisé une prise de conscience et la mise en place de mesures d'urgence contre la pollution atmosphérique. La circulation alternée des voitures est obligatoire depuis 1988 : le programme "Hoy no circula" interdit de circulation chaque voiture l'un des 5 jours ouvrables, selon la pastille de couleur de la plaque d'immatriculation. Une deuxième phase est prévue en cas de pic de pollution, seule une voiture sur deux est alors autorisée à circuler (numéro pair/impair). De même, seuls les taxis verts, au pot catalytique, peuvent circuler toute la journée. Les embouteillages n'ont pourtant pas diminué, d'abord parce que les déplacements sont reportés les week end, lorsque tous les véhicules peuvent circuler, ensuite, parce que les ménages aisés disposent de plusieurs voitures, de façon à pouvoir circuler tous les jours.

Après les silices, le polluant le plus inquiétant est l'ozone [10], d'autant plus que les carburants qui émettent moins de plomb et de soufre, produits par Pemex à partir de 1986, aboutissent à l'augmentation des taux d'ozone. Les émissions ont diminué au cours des années 1990 : les mesures prises après 1986 se sont fait sentir avec un léger décalage, du fait de l'inertie de la concentration des polluants. Pour réduire les concentrations de polluants, la construction de gigantesques ventilateurs, brassant l'air verticalement, avait été envisagée avant la crise des années 1980. Actuellement, la solution privilégiée est la reconstitution d'espaces lacustres artificiels et la poursuite de la reconquête végétale des terrains à nu, ce qui permettrait de modifier la circulation de l'air, le climat urbain et de diminuer les particules en suspension.

Conclusion

L'agglomération de Mexico illustre la complexité du lien entre les dynamiques d'urbanisation et la création ou le renforcement du risque. Tout d'abord, le site de Tenochtitlán est exposé à de nombreux aléas et la croissance urbaine finit par atteindre des espaces également exposés, comme les fortes pentes volcaniques au sud de l'agglomération. Ensuite, la rupture de l'équilibre écologique et l'artificialisation ancienne du *Valle de Mexico* en ont accentué l'exposition aux aléas, hydrologiques par exemple, ou ont engendré de nouveaux aléas, comme les effondrements locaux. Enfin, le lien entre urbanisation et industrialisation génère également de nouveaux aléas et crée des situations de risque, notamment du fait de la conjonction entre activités dangereuses et habitat informel le long des axes autoroutiers.

Le mode de croissance de Mexico, sa macrocéphalie qui renforce la concentration des personnes, des investissements et des biens dans un environnement fragile, exposé à de

nombreux aléas accentue sa vulnérabilité. L'agglomération accueille des populations particulièrement vulnérables, les nouveaux arrivants pauvres et les exclus, qui s'installent dans les quartiers informels, denses, sous-intégrés, deviennent captifs des espaces les plus exposés et les plus dégradés.

Il ne faut cependant pas rester prisonnier des images négatives du Mexique des années 1980. Elles ont permis la prise de conscience débouchant sur des politiques de gestion qui se sont révélées en partie efficaces. Depuis 1997, les citoyens du DF élisent un gouvernement local. Les premières élections ont vu la victoire du Parti de la Révolution Démocratique (PRD) mené par Cuauhtémoc Cárdenas. Le PRD est un parti concurrent à la fois du PRI [9], qui dirige encore l'État de Mexico, et du Parti d'alliance nationale (PAN) de Vicente Fox actuellement président de la République. Les nouveaux gouvernants du DF, actuellement Alejandro Encinas Rodríguez, élu en 2005, se sont attaqués aux problèmes structurels de l'agglomération : la corruption, la maîtrise de l'urbanisation, la préservation de l'environnement et l'amélioration de la qualité de vie, la pollution et les transports. Si l'agglomération n'a pas surmonté tout ses problèmes, ils paraissent moins démesurés qu'il y a vingt ans, Mexico est devenue "une ville plus humaine" (F. Thomas, 1999).

Notes

[1] Alfonso Reyes, 1917, *Vision de Anahuac*, Carlos Fuentes a repris cette citation pour le titre de son premier roman (1959), traduit en 1982 chez Gallimard, La plus limpide région.

[2] Institut National de Statistiques, Géographie et Informatique, www.inegi.gob.mx

[3] Monnet J. - *La Ville et son double* - Paris, Nathan, coll. "Essais et recherches", 224 p. - 1993

[4] La légende raconte que le dieu Huitzilopochtli donna l'ordre aux Aztèques de s'installer là où ils verraient un aigle dévorer un serpent perché sur un cactus, il figure sur le drapeau mexicain.

[5] Hernan Cortés compte 60 000 maisons concentrées sur 15 km² en août 1521 (*Cartas de relacion*, 1524)

[6] "Le secret de la fertilité des sols chez les Aztèques enfin découvert", *Courrier International*, 13 mai 2004

[7] Musset A. - *De l'eau vive à l'eau morte. Enjeux techniques et culturels dans la Vallée de México (XVIe-XIXe siècles)* - Paris, Éditions Recherche sur les Civilisations, 414 p. (thèse de doctorat, soutenue en 1989 à l'EHESS) - 1991

[8] *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (bleve)* : explosion d'une sphère de stockage de gaz liquéfié par réchauffement brutal (incendie extérieur), la surpression fait exploser la sphère et vaporise le gaz hors du confinement, formant un nuage sous pression qui s'allume sous la forme d'une gigantesque boule de feu.

[9] Le Parti de la Révolution institutionnelle, PRI, devient parti unique dans les années 1920 après la Révolution mexicaine et gouverne autoritairement le pays jusqu'en 1990. Le DF est administré par un gouverneur nommé par le Président de la République jusqu'aux premières élections, en 1997.

[10] La chaleur de moteurs à combustion conduit l'oxygène et l'azote de l'air à former des oxydes d'azote (NOx) qui avec les hydrocarbures émis dans l'atmosphère produisent par photosynthèse de l'ozone (O3), en cas de forte insolation (milieu de la journée, temps clair, altitude).

Bibliographie sommaire

- Bataillon Cl. - "La pollution atmosphérique urbaine : le cas de Mexico" - La Documentation française - *Problèmes d'Amérique latine*, n° 14, pp. 235-242 - juillet-sept. 1994
- Garza Salinas M. - *Los desastres en Mexico* - Mexico, UNAM, 287 p. - 2001

- Garza G. (coord) - *La Ciudad de Mexico en el fin del segundo Milenio* - Mexico, Colegio de Mexico GDF, 768 p. - 2000
- Mitchell J. K. (coord) - *Crucibles of hazard : mega cities and disasters in transition* - Tokyo, United Nation University Press, 418 p. - 1999
- Monnet J. - *La ville et son double* - Paris, Nathan, coll. "Essais et recherches", 224 p. - 1993
- Musset A. - *De l'eau vive à l'eau morte. Enjeux techniques et culturels dans la Vallée de México (XVIe-XIXe siècles)* - Paris, Éditions Recherche sur les Civilisations, 414 p. - 1991
- Tomas F. et Terrazas O. - "Mexico : une ville plus humaine en cette fin de siècle", *RG Lyon*, n°4, pp. 341-353 - 1999
- Tomas F. et Vanneph A., - "Séisme et stratégies socio-spatiales à Mexico" - *Mappemonde*, Montpellier, Reclus, n° 4, pp. 18-21 - 1988
- Velazquez D. R. - "Vulnerabilidad y riesgo en el DF" - *Ciudades*, n°38, avril-juin 1998, Mexico, Pebla RNIU, pp. 31-37 - 1998

Samuel Rufat,

agrégé de géographie, laboratoire Géophile à l'ENS de Lyon

Pour Géoconfluences le 24 mars 2006

Mise à jour : 5-04-2006

Pour citer cet article :

Samuel Rufat, « **Archive. Mexico, au risque de son développement (2006)** », *Géoconfluences*, avril 2006.

<https://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-thematiques/risques-et-societes/corpus-documentaire/mexico-au-risque-de-son-developpement>