



MONOGRAPHIE DU SYSTÈME DE DRAINAGE DU VALLE DE MÉXICO

2018



INTRODUCTION

Dans le cadre de la 21^{ème} Conférence des Nations Unies pour le Changement Climatique (COP21) en novembre et décembre 2015 à Paris, le Ministère de l'Environnement Mexicain (SEMARNAT) et le Ministère français de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) ont signé un accord-cadre sur l'assistance, la coopération technique et scientifique et le partage d'expérience en matière de gestion des ressources en eau.

Dans ce contexte, le 3 juin 2016 à Mérida dans le Yucatan, la SEMARNAT, à travers la CONAGUA, l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN), le Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP) et l'Office International de l'Eau (OIEau) ont signé un accord technique posant les bases d'une coopération pour le Renforcement de la Commission Métropolitaine pour le Drainage du Valle de México.

Cet accord détaille et met en place les activités à réaliser dans le cadre de cette coopération, lesquelles ont été lancées à México le 16 février 2017 à l'occasion d'un premier comité de pilotage organisé lors d'une visite d'experts français au Mexique. L'objectif de ce projet est d'accompagner et concrétiser le processus de création d'un Organisme Métropolitain pour le drainage du Valle de Mexico¹(CMDVM) à travers un échange d'expérience avec les différents partenaires du projet (SIAAP, AESN, et OIEau).

Cette présente monographie constitue un des produits de ce projet. L'objectif est de présenter au lecteur une vision synthétique, à travers 7 chapitres, du complexe système de drainage de la Zone Métropolitaine du Valle de

México. Après un rappel du contexte géographique et politique de la mégalopole mexicaine, un bref historique de la constitution d'un vaste, indispensable réseau de drainage nous mènera ensuite vers une présentation des différents acteurs qui opèrent aujourd'hui ce système. Nous nous pencherons sur alors les infrastructures qu'ils opèrent, les règles d'opération qu'ils ont établies, les outils qu'ils utilisent pour les prévisions et le monitoring du système pour conclure sur les perspectives pour le Valle de México.

Ce document a été élaboré par le personnel de la sous-direction d'Etudes et Projets, ainsi que de la sous-direction d'Hydrologie et Ingénierie des Cours d'Eau de la Direction Technique de l'Organisme de Bassin du Valle de México (OCAVM). Il a été supervisé, révisé et traduit par l'Office International de l'Eau qui coordonne le projet, ainsi que le sous-Directeur d'Etudes et Projets de l'OCAVM, Héctor González Broc.

Il s'appuie sur une collecte et analyse de diverses sources bibliographiques et d'information fournie par le Système des Eaux de la Ville de México (Sacmex²) et la Commission de l'Eau de l'Etat de México (CAEM).

Plus qu'un produit réalisé dans le cadre de la coopération, cette monographie constitue une base synthétique et complète pour tout acteur désirent connaître la complexité et l'ampleur d'un des systèmes de drainage les plus grands du monde.

¹ Pour les besoins de cette monographie, nous emploierons ici le mot « drainage » comme la traduction littérale du terme mexicain « drenaje » désignant dans ce contexte la collecte, le traitement et l'évacuation des eaux usées et pluviales.

² Pour plus de clarté et de compréhension nous garderons dans cette monographie les sigles en espagnol

SOMMAIRE

Chapitre 1. Contexte Géographique et Politique du Valle de México	4
1.1 La Zone Métropolitaine du Valle de México	5
1.2 La Région Hydro-Administrative XIII	6
1.3 Climat	6
1.4 Population	7
1.5 Economie	7
1.6 Problématique	8
1.7 Normativité du Secteur Hydrique	12
Chapitre 2. Petite Histoire du Drainage du Valle de México	15
2.1 Introduction	16
2.2 Première étape	16
2.3 Deuxième étape	16
2.4 Troisième étape	17
2.5 Quatrième étape	17
2.6 Cinquième étape	18
2.7 Sixième étape	19
2.8 Septième étape	19
2.9 Huitième étape	19
Chapitre 3. Présentation des institutions de la Commission Métropolitaine de Drainage	22
3.1 Commission Nationale de l'Eau (CONAGUA)	23
3.2 Organisme de Bassin Aguas del Valle de México (OCAVM)	23
3.3 Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX)	25
3.4 Commission de l'Eau de l'Etat de México	26
3.5 Organismes Opérateurs Municipaux	27
3.6 Commission Métropolitaine de Drainage	29
Chapitre 4. Infrastructure du Système de Drainage du Valle de México	30
4.1 Introduction	31
4.2 Sorties Artificielles	32
4.3 Gran Canal del Desagüe	33
4.4 Sous-Système de l'Ouest	35
4.5 L'Infrastructure de Drainage Profond	37
4.6 Les ouvrages de régulation	40
4.7 Stations de traitement	42
4.8 Infrastructure en cours de construction	45
Chapitre 5. Protocole d'Opération	47
5.1 Description du Protocole d'Opération	48
5.2 Mise en Œuvre du Protocole d'Opération	51
Chapitre 6. Technologies appliquées pour la vigilance et le suivi du Système	53
6.1 Infrastructure et réseau de monitoring	54
6.2 Surveillance globale	56
Chapitre 7. Perspectives	59
7.1 Actions et programmes d'appui au secteur	60
7.2 Actions et politiques de réductions des impacts du Changement Climatique	61
7.3 Mesures Incitatives et Normes pour la récupération des Eaux de Pluie	64

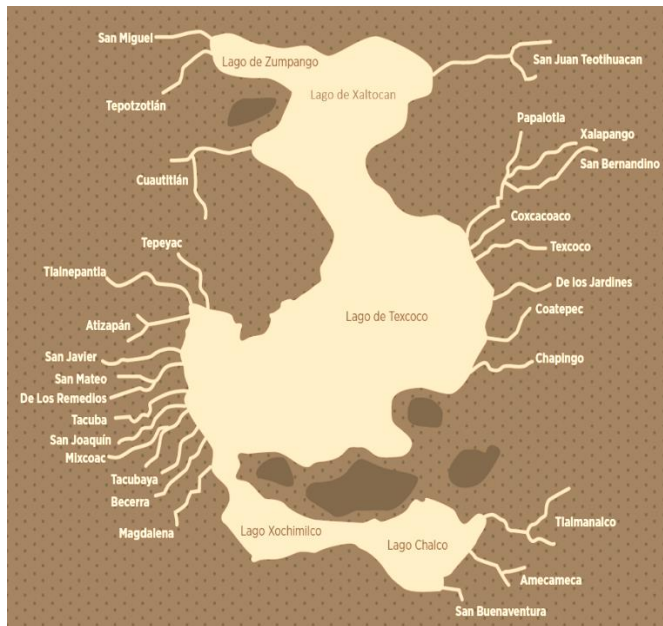
An aerial photograph of Mexico City, showing a dense urban landscape with a grid of streets, numerous buildings, and green spaces. The city is set in a valley, with mountains visible in the background under a clear blue sky.

1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET POLITIQUE DU VALLE DE MÉXICO

1.1. La Zone Métropolitaine du Valle de México

La Zone Métropolitaine du Valle de México (ZMVM) se situe dans la région centrale du territoire national, dans la confluence du parallèle 19° 30' de Latitude Nord y du méridien 99° 02' de Longitude Ouest, à une altitude moyenne de 2240 mètres au-dessus du niveau de la mer. Cette vallée se situe dans la partie méridionale et sur les hauteurs du plateau central national, dans la plaine alluviale formée par les anciens lacs de de Texcoco, Xochimilco, Chalco, Xaltocan y Zumpango.

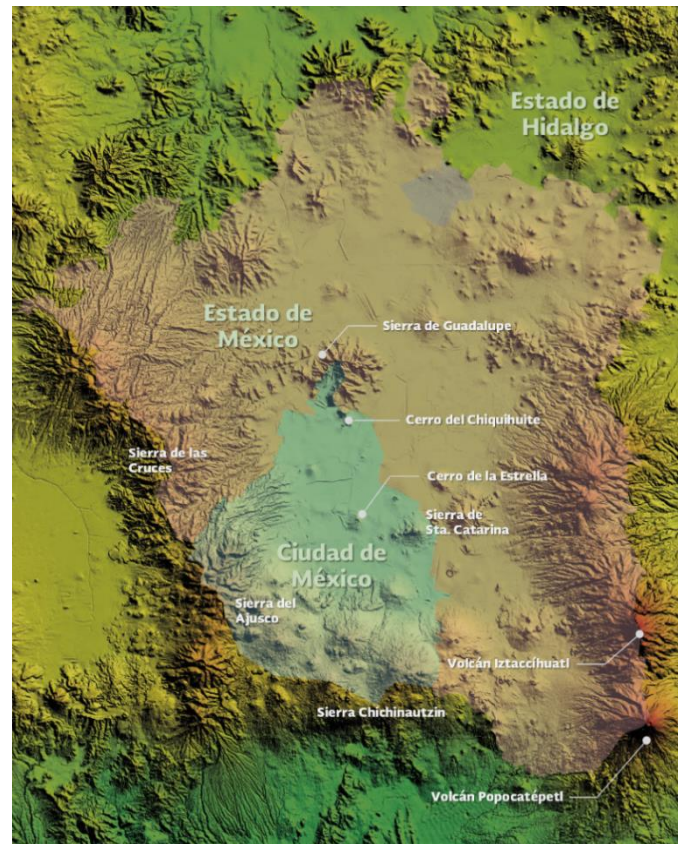
Figure 1. Système lacustre du Valle de México, XIVème Siècle.



Au Nord se situe la *Sierra de Guadalupe* et le *Cerro del Chiquihuite*; Au Centre, on trouve le *Cerro de la Estrella*; à l'Est le *Cerro de San Nicolás* et la *Sierra volcánica de Santa Catarina*. Au Sud et au Sud-ouest, la *Sierra del Ajusco* atteint une altitude de 3600 m et divise la ZMVM de la Vallée voisine de Cuernavaca et de la *Sierra Chichinautzin*. A l'Ouest, la *Sierra de las Cruces* la sépare de la Vallée de Toluca. Les points culminants de la Vallée sont les volcans *Popocatépetl* (5500 m) et *Iztaccíhuatl* (5290 m) au Sud-est de la ville.

Les chaînes montagneuses, entrelacées entre elles, forment un bassin fermé, endoréique, aux flancs imperméables composés de sédiments fluviaux, lacustres et volcaniques de sables grossiers épais et d'argiles aqueuses. Il n'existe donc pas, et n'a jamais existé, de sortie naturelle pour les eaux de pluie.

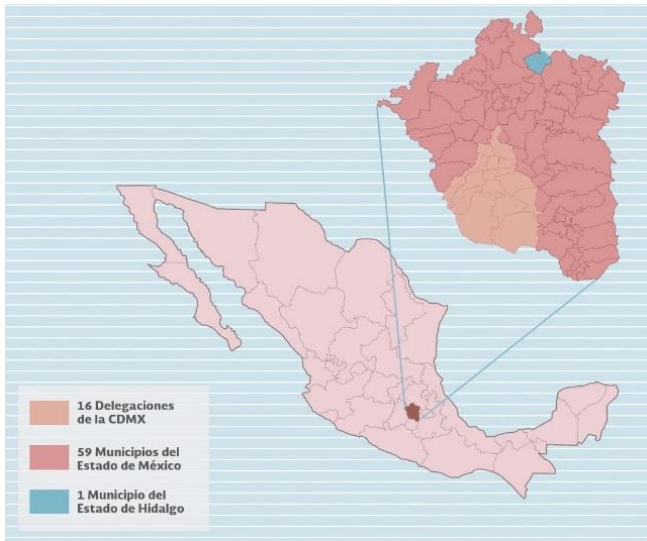
Figure 2. Géomorphologie de la ZMVM.



Le territoire actuel de la ZMVM couvre **7 866 km²**, dont 26% d'aire urbaine (2802 km²) et comprend:

- 16 Délégations de la Ciudad de México (CDMX).
- 59 communes (« municipios ») de l'Etat de México
- 1 commune de l'Etat de Hidalgo.

Figure 3. Délégations et communes qui composent la ZMVM.



1.2. La Région Hydro-administrative n° XIII

D'un point de vue purement physique et naturel, en prenant en compte les principaux cours d'eau, le pays est divisé en 37 Grands Bassins (ou Région Hydrographique).

Figure 4. Les 17 Grands Bassins du Mexique.



Pour des raisons pratiques d'administration, la CONAGUA a redécoupé le territoire en 13 Régions Hydro-administratives (RHA) qui sont définies comme un territoire formé par plusieurs bassins hydrographiques et hydrologiques, en prenant en compte le découpage politico-administratif du pays.

Chacune de ces RHA dispose d'un Organisme de Bassin.

La RHA XIII, celle du Valle de México, se situe dans la Région Hydrographie 26, Panuco, dans la partie centrale du pays. Elle inclut l'ensemble de la ZMVM et est composée par 105 communes des Etats de México, Hidalgo et Tlaxcala et les 16 délégations politiques de la Ville de México. Sa superficie est de **18 229 km²**, soit 0.93% de la superficie nationale et compte environ 23 millions d'habitants.

Figure 5. Les 13 Régions Hydro-Administratives du Mexique



1.3. Climat

La ZMVM regroupe plusieurs climats. Sur 63,7% de son territoire, le climat est subhumide modéré, avec des pluies en été. Le reste est subaride modéré

Par l'emplacement de la ZMVM dans la Zone Intertropicale, l'ensoleillement est généreux toute l'année, provoquant des températures pouvant être élevées. Cependant, ces conditions sont modifiées selon l'altitude et le relief, donnant un climat subhumide tempéré dans la vallée, et semifroid et subhumide modéré dans les zones dont l'altitude dépasse 2800m.

La température annuelle moyenne oscille entre 12 et 18 degrés selon l'altitude. De même, la précipitation moyenne annuelle varie entre 600 et 1000 mm, concentrée sur la période de l'été (de Mai à Octobre).

1.4. Population

Avec plus de 20,6 millions d'habitants (17% de la population nationale), la ZMVM est la troisième agglomération métropolitaine au monde selon l'OCDE, et la première en dehors continent asiatique.

La densité moyenne de population y est d'environ 13500 habitants par km². La Ville de Mexico intra-muros (les 16 délégations) couvre 1 485 km² pour 8,90 millions d'habitants, soit une densité d'environ 6000 hab/km²

A l'horizon 2030, selon le Conseil National de la Population (CONAPO), la CDMX comptera approximativement la même population que les quatre précédentes décennies. En revanche, si les tendances se vérifient, la population continuera à augmenter et se concentrer dans les zones périphériques, et plus particulièrement dans l'Etat de Mexico. S'il compte aujourd'hui environ 11,6 millions d'habitants, ce chiffre pourrait atteindre 13,6 millions, faisant passer la population de la ZMVM à 22,3 millions d'habitants à l'horizon 2030.

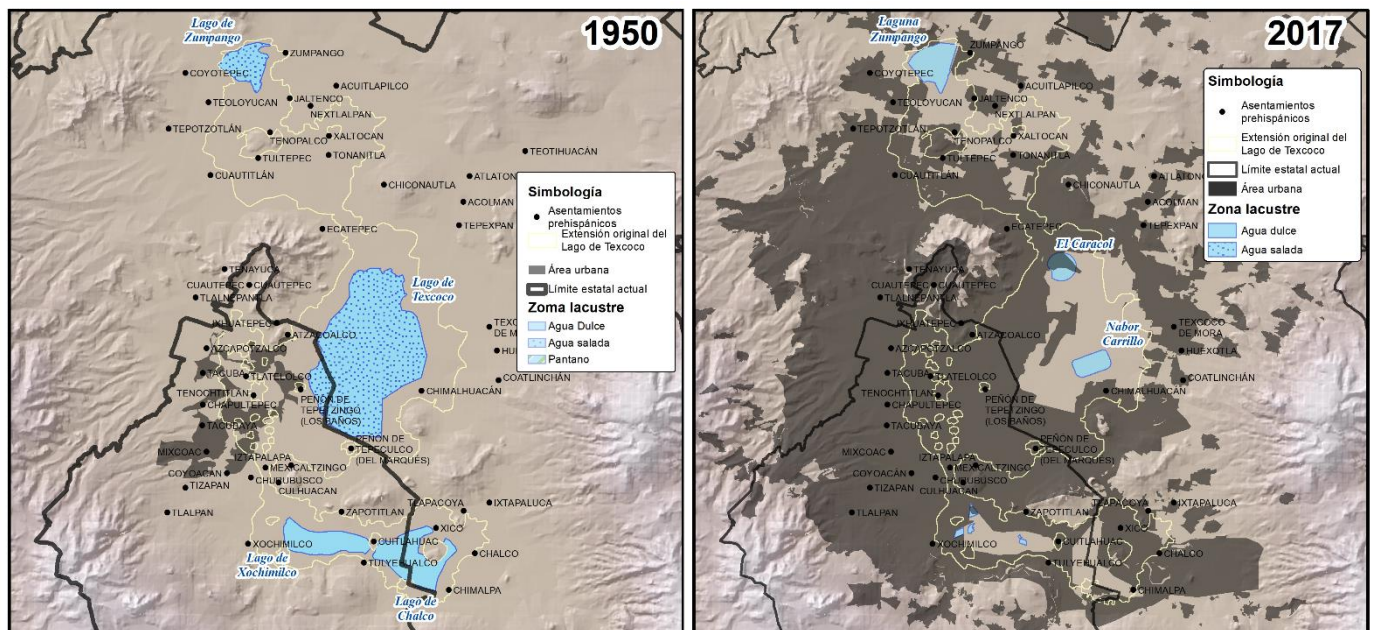
1.5. Économie

La ZMVM produit 4,74 milliards de pesos par an (209,6 millions d'euros), soit 23% du PIB national, et est le centre économique, financier, politique et culturel du pays.

L'industrie se concentre principalement sur les services à haute valeur ajoutée, plus particulièrement dans les secteurs de la finance et des assurances, mais aussi les communications, les transports, l'immobilier et les services aux entreprises. Pour schématiser, on peut dire que pour la CDMX, l'économie est principalement formée autour du commerce et des services, tandis que les communes en banlieue concentrent plutôt les industries manufacturières

Aujourd'hui, la moitié des communes et toutes les délégations sauf une ont un faible taux de marginalisation. Cela signifie qu'une grande partie de la population ont accès aux services de base. Cependant, la situation est plus hétérogène à l'échelle des colonies (équivalent des arrondissements) et, surtout en zone périphérique, on trouve une population précaire, où 40% des foyers manquent d'eau, d'électricité et d'assainissement.

Figure 6. Evolution de l'aire urbaine de la ZMVM



Toutes les zones, favorisées ou plus pauvres, témoignent de grandes inégalités de salaires, ce qui impacte grandement la cohésion sociale. Même si le taux moyen de chômage est relativement faible dans la ZMVM (4,8%) il peut atteindre 7,5% au Sud-Ouest. Ces chiffres sont cependant à remettre en perspective avec le secteur informel qui camoufle la réalité 57% des personnes qui exercent une activité le font dans un cadre informel.

1.6. Problématique

La RH XIII fait face aux plus grands défis du pays en termes de résilience et de durabilité, et ne pourra rétablir le déséquilibre qui s'accroît depuis trente ans qu'au prix d'importantes actions. A partir de la seconde moitié du XXème siècle, les zones où se sont concentrées les populations ont connu une dégradation environnementale générale et accélérée, et les problèmes auparavant localisés se sont étendus à la totalité du bassin et de ses aquifères.

Pour l'eau, le défi est double: la demande actuelle et future en eau potable est élevée pour des ressources faibles, et en même temps les précipitations torrentielles durant la saison des pluies gèrent des inondations très fréquentes. A ceci s'ajoute une qualité de l'eau peu satisfaisante pour la consommation humaine, les nombreuses fuites (infrastructure + branchements clandestins)

Eau Potable

Actuellement, la capacité d'approvisionnement en eau potable de la ZMVM est de **62.7 m³/s**, pour lesquels 67% (42 m³/s) sont d'origine souterraine et les 33% (20.7 m³/s) restants proviennent d'eaux de surface ou de sources.

L'Organisme de Bassin du Valle de Mexico (OCAVM) fournit en moyenne 21.7 m³/s d'eau à la Ville de Mexico et à l'Etat de México, couvrant ainsi les besoins de 6,9m d'habitants, sur la base d'une dotation quotidienne de 270 l/hab, et ce à travers d'un double système: Le Système Cutzamala et un système d'aqueducs et de puits appelé le Système Plan d'Action Immédiate (PAI)

Si selon les chiffres de l'Institut National de Statistiques (INEGI) le taux de couverture de la région atteint 97%, la réalité est moins optimiste avec 20% de la population doivent avoir recours à un service alternatif par des citernes et disposent d'une eau de piètre qualité.

Figure 7. Sources d'approvisionnement en eau potable de la ZMVM.

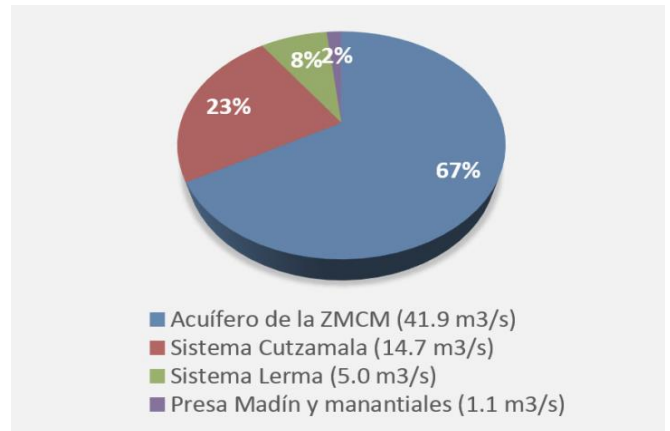


Figure 8. Approvisionnement en eau par des citernes, à l'Est de la CDMX

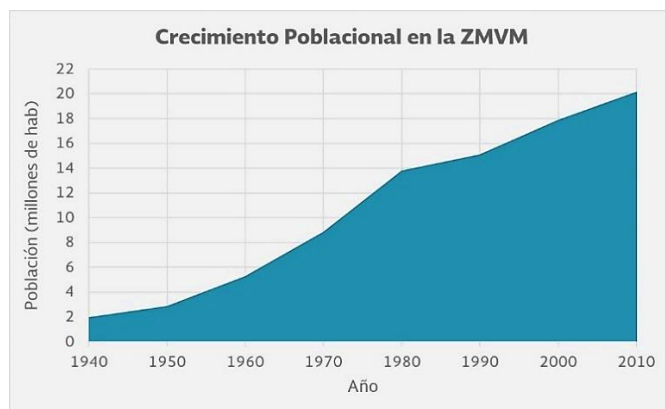


L'étendue de la ZMVM, la complexité de son système de distribution d'eau potable, l'ancienneté voire parfois la vétusté de son infrastructure et le manque d'entretien et la difficulté de mettre en place un système de surveillance permettent de comprendre le taux de fuites qui se situe entre 36 et 40%.

Drainage

L'augmentation de la population de la ZMVM depuis les années 1940 va de pair avec une augmentation de la demande en eau potable dans la zone. Afin d'y faire face, de nombreux puits ont été construits pour aller chercher la ressource de plus en plus profond sans le sous-sol, ce qui provoque aujourd'hui des tassements et affaissements différentiels du terrain qui impactent fortement le système de drainage. C'est par exemple le cas du *Grand Canal du Desagüe*, dont la pente s'est peu à peu inversée et requiert aujourd'hui une infrastructure de pompage pour évacuer les eaux usées et pluviales hors de la ville, quand il était initialement gravitaire.

Figure 9. L'augmentation de la population de la ZMVM (1940-2010).



De plus, l'expansion de la tache urbaine et la disparition des espaces verts ont considérablement réduit la surface perméable, de sorte que le ruissellement des eaux de pluie augmente d'année en année et que les périodes de concentration des précipitations sont de plus en plus courtes, et encore plus particulièrement à l'ouest.

D'autre part, la capacité des cours d'eau et canaux, et celle des barrages de régulation a été diminuée par l'accumulation des sédiments, la présence d'une grande quantité de déchets et l'invasion des zones par la population, ce qui empêche une opération efficace et affecte le fonctionnement de l'infrastructure.

Figure 10. Occupation humaine et déchets solides dans le lit du barrage de Tequilasco.



Figure 11. Barrage de régulation C de Becerra (on note que la présence d'une quantité importante de sédiments et de déchets ont compromis la capacité de stockage).



Environnement

En ce qui concerne les problèmes environnementaux, et encore plus ceux liés à l'eau, on note déjà des dommages irréversibles provoqués par deux changements cruciaux: la disparition des lacs et la transformation des cours d'eau en cloaques et canaux pour les eaux, tant usées que pluviales.

D'autres problèmes, tels que la déforestation et le changement d'usage des sols, continuent de progresser sans être contrôlés et réduisent les alternatives pour améliorer les conditions d'utilisation de l'eau dans la zone. On constate que les structures en charge de la gestion de l'environnement disposent de peu de ressources pour s'acquitter de leurs fonctions, ce qui rend très difficile l'amélioration de la situation environnementale déjà très préoccupante. Actuellement, dans le Valle de México, on estime que 69,5% des eaux usées ne sont pas traitées.

Figure 12. Canal General, Station de pompage Parada del Toro.



D'autre part, la mauvaise gestion des déchets solides met en péril la qualité des sols, de l'eau et de l'air. Le problème réside dans le manque d'infrastructures, ainsi que dans le contrôle insuffisant du respect des normes de traitement des déchets.

À l'heure actuelle, il n'existe pas d'instruments politiques solides encourageant la réduction et le recyclage des déchets au niveau métropolitain. En outre, le manque de planification met en péril les zones encore non urbanisées à cause de l'invasion perpétuelle des et illégale de ces zones, de décharges sauvages et de la déforestation.

Figure 13. Barrage de régulation Dolores.



Administration de l'eau

Le problème de l'insuffisance des ressources financières du secteur est dû, en partie, à la faible valeur économique donnée à l'eau par les différents usagers, qui se traduit par une réticence, voire une incompréhension, à payer pour un service d'eau potable, contrairement à d'autres services tels que l'électricité et le téléphone, dont les augmentations tarifaires ne sont pas autant contestées par la société que l'eau.

Par ailleurs, la faible capacité organismes opérateurs pour la mesure, la facturation et le contrôle et la réparation des fuites dans les réseaux de distribution ne permet pas d'obtenir un taux de recouvrement couvrant au minimum les coûts d'opération.

Aujourd'hui, les ressources sont tellement limitées qu'elles suffisent à peine à la subsistance des institutions; les structures en charge de la gestion de l'eau, à tous les niveaux, s'affaiblissent de jour en jour, perdent du personnel et leur capacité opérationnelle est réduite par rapport aux besoins croissants de la société.

D'un point de vue administratif, il n'existe pas un contrôle suffisant des prélèvements d'eau, des coupures affectent régulièrement la population rurale et il n'existe aucun programme d'aménagement du territoire coordonné permettant

de freiner l'invasion des zones à risque des réserves écologiques et des zones de recharge de l'aquifère.

Evènements extrêmes et inondations

Les inondations récurrentes dans les zones peuplées sont sans aucun doute un défi croissant et de plus en plus critique dans la ZMVM. Ce risque est accru par l'augmentation incontrôlable de la tache urbaine, par la déforestation des alentours et la surexploitation des aquifères qui affectent le système de drainage par les affaissements, par le mauvais état de l'infrastructure et par l'insuffisance des services de collecte et traitement des déchets de la tache urbaine. La mauvaise conservation de l'infrastructure et la capacité limitée de conduite exposent la métropole à de forts risques d'inondations, et ce jusqu'au Zócalo, le centre historique.

Ce risque d'inondation se définit selon la menace et la vulnérabilité et implique une analyse intégrant des facteurs environnementaux et socioéconomiques. En raison de sa situation géographique particulière, les menaces pour la ZMVM peuvent être naturelles (phénomènes sismiques, géologiques, géomorphologiques volcaniques et biologiques), avec des pluies intenses, des sécheresses, des cyclones tropicaux et des fronts froids venus de nord, mais aussi anthropogènes (surconsommation des ressources, déforestation, invasion de zones sensibles, etc.)

Conséquence de l'étalement de la tache urbaine, les cours d'eau et canaux à ciel ouvert ont subi des modifications dans leur structure et leur géométrie, ce qui entraîne des changements dans leur pente, leurs sections hydrauliques et creusent leur lit, et fait qu'ils changent de forme et deviennent surélevés au fil du temps. C'est ainsi qu'il existe des zones hautement peuplées qui se retrouvent en dessous du niveau de ces cours d'eau, et ce encore plus particulièrement dans l'Est.

Fig. 14. Zone peuplée en situation de vulnérabilité, Valle de Chalco Solidaridad, Etat de México.



Les dernières inondations les plus graves enregistrées dans la ZMVM sont dues pour la plupart au débordement des cours d'eau et canaux, ou même à une faille, voire rupture d'une digue ou d'un canal. C'est le cas par exemple d'une inondation survenue en septembre 2011 à Cuautitlán, dans l'Etat de México. La rupture d'un des bords du canal a affecté plus de 1200 habitations et une présence de plus de 2.50m d'eau (pluviale et résiduelle)

Fig. 15. Dégâts provoqués par la rupture du Cuautitlán, septembre 2011.



Afin de protéger la population et assurer l'évacuation des eaux usées et pluviales de la ZMVM, il existe un système de drainage appelé Système Hydrologique du Valle de México » (SHVM). Il est opéré de manière conjointe et coordonné par la **CONAGUA**, le **Sistema de Aguas de la Ciudad de México** (SACMEX) y la **Comission de l'Eau de l'Etat de México** (CAEM).

Il conduit les eaux résiduelles et pluviales du bassin vers le nord du bassin au moyen de 3 sorties artificielles: Le **Tunel Emisor Poniente** (TEP), le **Túnel Emisor Central** (TEC) y le **Gran Canal del Desagüe**. Ce SHVM comporte 38 barrages, des tunnels, des barrages, des bassins de stockage et 40 cours d'eau plus ou moins artificiels pour une longueur totale estimée d'environ 10 000 km.

1.7. Normativité du secteur de l'eau

La gestion juridique de l'eau au Mexique repose sur 3 articles de la Constitution (IV, XXVII et CXV) et sur la Ley de Aguas Nacionales (Loi sur l'Eau).

La Constitution Politique des Etats Unis du Mexique

L'article IV reconnaît à toute personne le droit à l'accès à l'eau potable et à l'assainissement pour sa consommation personnelle et domestique, de manière suffisante, salubre, acceptable et abordable. L'Etat doit garantir l'équité et la durabilité de ce droit et doit organiser la participation des différents niveaux (fédéral (central), Etat fédéré, gouvernement municipal et citoyen) pour atteindre son plein exercice.

L'Article XXVII précise que les eaux du territoire son propriété de la Nation et pose les bases pour que l'Etat assure son usage durable, avec la participation des citoyens et des 3 niveaux de gouvernement. Il spécifie que l'exploitation et l'usage de la ressource se réalise à travers des concessions octroyées par le pouvoir exécutif, conformément aux lois en vigueur.

L'article CXV quant à lui donne aux communes la responsabilité des services publics d'eau potable et d'assainissement des eaux usées (transport, traitement et rejets).

La Ley de Aguas Nacionales

La *Ley de Aguas Nacionales* (LAN), Loi sur l'Eau est la traduction réglementaire de l'Article XXVII expliqué précédemment. Il régleme la distribution et de contrôle de l'eau, et désigne la CONAGUA comme l'organe responsable d'exercer l'autorité en la matière et d'administrer les ressources au nom du pouvoir exécutif.

Les principales facultés données par la loi à la CONAGUA sont les suivantes :

- Administrer et sauvegarder la ressource en eau et les biens de propriété nationale, ainsi que préserver et contrôler leur quantité et leur qualité.
- Accorder des concessions ou des allocations pour l'exploitation de la ressource en eau du pays
- Accorder des permis pour les rejets des eaux usées dans le milieu récepteur
- Accorder des concessions pour l'occupation de zones fédérales
- Accorder des concessions pour l'extraction de matériaux issus des cours d'eau comme les graviers, le sable ou les roches.
- Octroyer les permis pour les ouvrages de franchissement des cours d'eau
- Appliquer la Ley Federal de Derechos, qui régle l'usage des biens publics.

Le Règlement de la Ley de Aguas Nacionales

Les usagers doivent respecter un cadre de droits et devoirs établis par la déclinaison réglementaire de la LAN, à savoir entre autres :

1. Les titres d'assignation et de concession : ils donnent le droit d'exploiter ou profiter d'un certain volume d'eau déterminé dans ce titre.

2. Les permis de rejet d'eaux usées: ils déterminent sous quelles conditions l'utilisateur pourra rejeter ses eaux résiduelles dans le milieu récepteur.
3. Le Registre Public des Droits d'Eau *Registro Público de Derechos de Agua* (REPDA): Il consigne les documents légaux, dont les 2 points précédents

Les Permis de rejet des eaux usées

Toute personne physique ou morale doit demander et obtenir un permis de la CONAGUA pour rejeter ses eaux préalablement traitées dans le milieu récepteur (cours d'eau, canaux, barrages, lacs, ou encore sur des terrains perméables exposés à l'infiltration

La LAN établit les conditions à remplir pour effectuer les rejets dans le milieu récepteur, parmi lesquelles :

1. Obtenir le permis de rejet
2. Opérer et entretenir l'équipement nécessaire pour la gestion et le traitement des eaux usées, en conformité avec les normes en vigueur et les conditions mentionnées dans le permis de rejet.
3. Tenir un registre des prélèvements et analyses de la qualité du rejet.

D'autres lois portant sur d'autres sujets sont également liées ou font référence à la gestion de l'eau, comme celle sur le Changement Climatique, la Loi des Forêts, la Loi générale de l'Équilibre Écologique et de la protection de l'environnement, le Code Minier,

La *Ley Federal de Derechos* (Loi Fédérale des Droits) quant à elle caractérise les zones de disponibilité de la ressource détermine les tarifs par usage, ainsi que ceux pour les rejets en fonction de leur qualité et celle du milieu récepteur.

Enfin, depuis l'intégration du droit humain à l'eau, des discussions sont en cours pour sa transposition dans la LAN.

Infractions et sanctions prévues

La LAN énumère les infractions passibles de sanction pour l'utilisateur les commettant :

- un rejet d'eaux résiduelles non conforme à la LAN
- L'utilisation d'eau non contaminée pour diluer les eaux résiduelles dans le but d'atteindre les normes en vigueur
- L'absence installation d'outils de mesure de la qualité du rejet ou leur négligence.
- L'occupation de lits de barrages, cours d'eau ou de zones fédérales sans permis correspondant octroyé par la CONAGUA
- Rejeter des déchets solides ou des substances toxiques dans le milieu récepteur, y compris dans le sous-sol.

Les Normes Officielles Mexicaines

Les Normes Officielles Mexicaines, *Normas Oficiales Mexicanas* (NOMs) sont des dispositions générales techniques élaborées par les différentes dépendances de l'Administration Publique Fédérale. Leur objectif est d'établir les règles, spécifications, lignes directrices et caractéristiques applicables à un produit, un process ou un service. En ce qui concerne l'assainissement, on relève principalement :

- NOM-001-SEMARNAT-1996, qui définit les niveaux acceptables de contaminants dans les rejets d'eaux résiduelles dans les cours d'eau et l'infrastructure de drainage fédéral.
- NOM-002-SEMARNAT-1996, qui définit les niveaux acceptables de contaminants dans les rejets d'eaux résiduelles dans les cours d'eau et l'infrastructure de drainage municipal
- NOM-003-SEMARNAT-1997, qui définit les niveaux acceptables de contaminants dans les eaux traitées réutilisées dans les services publics.

La CONAGUA, à travers le Comité Consultatif National du Secteur de l'Eau, *Consultivo Nacional del Sector Agua*, élabore les NOMs en ce qui concerne la conservation, la sécurité et la qualité pour les usages et exploitation des eaux et biens nationaux énoncés dans l'article 113 de la LAN, pour être ensuite publiées par la SEMARNAT (Ministère de l'environnement) qui est son ministère de tutelle.

Ainsi, la CONAGUA a élaboré 55 manuels de l'Eau Potable, de la Collecte et de l'assainissement des eaux usées (MAPAS) pour tout acteur qui élaborent, construisent, opèrent et administrent les infrastructures d'Eau Potable et d'Assainissement dans le pays.

Ces manuels sont une référence pour les critères, les procédés, les normes, les indicateurs, les paramètres et les cas de référence que la CONAGUA recommande d'utiliser à des fins d'homologation pour

élever le niveau global de couverture et de performance de ces services, afin d'en assurer l'efficacité et la qualité pour les populations.

Ces manuels, dédiés à la planification, à l'ingénierie de base et technologies d'appui, projets d'eau potable, collecte, assainissement et administration des eaux résiduelles sont consultables par le public à cette adresse :

http://www.mapasconagua.net/conten_general.aspx



2. PETITE HISTOIRE DU DRAINAGE DU VALLE DE MÉXICO

2.1. Introduction

La ZMVM se trouve dans un bassin endoréique à plus de 2000m d'altitude, et entouré de sommets d'origine volcanique, aux parois et aux fonds imperméables composés de sédiments fluviaux, lacustres et volcaniques, de sables et argiles aqueuses, qui ont généré un système lacustre composé de 5 lacs: **Texcoco**, **Xochimilco**, **Chalco**, **Xaltocan** y **Zumpango**, qui ne formaient plus qu'un seul et même lac de 2000 km² en saison des pluies.

Figure 1. Le système lacustre du Valle de México, XIV^{ème} Siècle.



Ces conditions peu clémentes expliquent la récurrence des inondations depuis la fondation de Tenochtitlan.

L'histoire des ouvrages construits au fil des siècles pour faire face aux problèmes hydrauliques de ce bassin enclavé remonte aux premières civilisations qui ont occupé le Valle de México. Se pencher sur l'évolution de ces ouvrages et sur les techniques alors utilisées permet de mieux comprendre la situation actuelle et la problématique à laquelle répond le système actuel de drainage. Cette histoire se divise en huit étapes:

2.2. Première étape

Dès leur établissement en 1325, les Mexicas ont commencé à installer un système de digues, de petits canaux avec un système de vannes pour se protéger des inondations et éviter que les eaux salées du lac de Texcoco ne se mélangent avec les eaux douces des lacs de Xochimilco et de Chalco.

L'ouvrage le plus important à l'époque es le *Albarradón de Nezahualcóyotl*; une digue de 22 km de long, 4 m de hauteur y 7 m de large comportant un complexe système d'écluses permettant de contrôler le niveau du lac de Mexico. Cet ouvrage, au-delà de se protéger des dégâts provoqués par les inondations, a également permis de développer l'agriculture dans les toujours célèbres et visitables jardins de Tenochtitlan.

Figure 2. La Ville de México, José Gómez Trasmonte (1628).



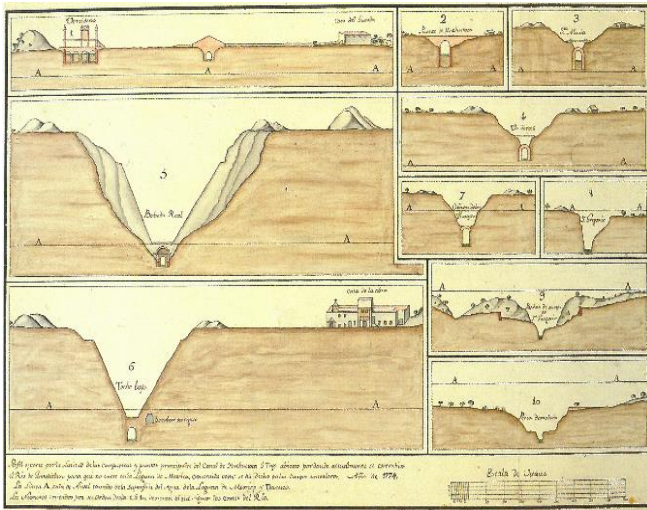
2.3. Deuxième étape

L'arrivée des espagnols a été synonyme de la destruction de la plus grande partie des ouvrages hydrauliques de la ville, tant les canaux de conduite d'eau potable que ceux de drainage des eaux du lac de Texcoco. A partir de 1553, la conséquence logique de ces destructions est une série d'inondations et de catastrophes naturelles liées aux précipitations.

Une construction majeure suite à la conquête a été le *Tajo de Nochistongo*, dans l'actuelle commune de

Huehuetoca dans l'Etat de México. Cet ouvrage réalisé en 1607 par l'ingénieur Enrico Martínez était un tunnel pour permettre d'évacuer les eaux de la vallée. Cependant, le manque de revêtement du tunnel a provoqué des éboulements qui l'ont rendu inopérable, jusqu'en 1789 quand il est remplacé par un canal à ciel ouvert.

Figure 3. Coupes transversales du Tajo de Nochistongo, Joaquín Velázquez de León y José Burgaleta (1774).



2.4. Troisième étape

A l'Indépendance à partir des années 1820, la Ville de México ne disposait pas d'une infrastructure de drainage des eaux usées et pluviales digne de ce nom. Le réseau était alors composé de petits égouts et conduites aux pentes mal calculées et de capacité insuffisante.

Les eaux étaient conduites jusqu'au Lac de Texcoco par le Canal de La Merced. L'unique sortie était donc l'évaporation naturelle. Cette inefficacité du réseau entraînait des inondations considérables du centre de la Ville. Témoins de ce phénomène, les petits carreaux utilisés pour marquer le niveau d'eau atteint lors des inondations sont toujours visibles aujourd'hui dans le centre-ville.

Figure 4. Inondations du centre-ville au début du XXème s.



En 1856, le Ministère du Développement ouvre un appel d'offre pour résoudre le problème de l'évacuation des eaux usées et pluviales de la ville. Le gagnant fut l'ingénieur Francisco de Garay avec son projet de canal commençant dans la ville, connecté à un tunnel débouchant sur le río Ametlac, Tequixquiac au nord de Zumpango dans l'Etat de México, avec une capacité théorique de 33 m³/s. Cet ouvrage est aujourd'hui appelé *Primer Túnel Tequixquiac* (ou Ancien Tunnel de Tequixquiac). Cependant, la situation politique du pays ne permit pas de construire l'ouvrage et le projet fut remis aux les archives en 1869.

2.5. Quatrième étape

Il sera finalement ressorti des cartons et les travaux reprennent avec l'arrivée au pouvoir de Porfirio Díaz, qui inaugurerait également en 1900 le **Gran Canal de Desagüe**.

Cet ouvrage élaboré par Luis Espinoza est un canal trapézoïdal, un tunnel de 10 km de long, puis une brèche artificielle (*Tajo*) de 2,5 km. Il commence au nord de la ville, traverse les lacs de Texcoco, Xaltocan et Zumpango en suivant le tunnel de Tequixquiac jusqu'à la brèche artificielle débouchant dans le fleuve du même nom. Le débit prévu est de 16 m³/s avec comprend 24 regards de 2 m de diamètre.

Figure 5. Drague Cuauhtémoc, construction du Gran Canal de Desagüe (1893).

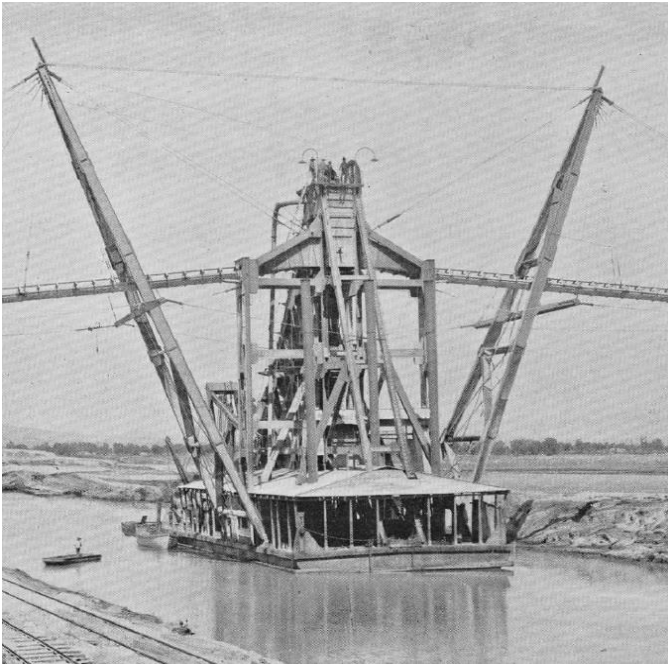


Figure 6. Entrée du Premier Tunnel de Tequixquiac.

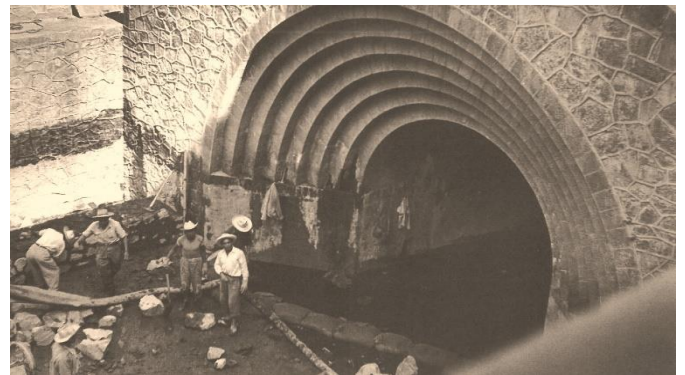


2.6. Cinquième étape

En 1930 la Ville de México compte déjà 1 million d'habitants. Cet essor de la population a pour conséquence une augmentation de la demande en eau potable, et les autorités se voient dès cette époque obligés d'aller chercher la ressource souterraine pour y faire face. Ceci a pour conséquence les premiers tassements et affaissements différentiels du sol, qui provoquent dès lors la diminution de la capacité du système de drainage et augmente le nombre et l'amplitude des inondations.

A la même date commence la prolongation vers le sud du *Gran Canal*, aussi connu comme *Canal de Miramontes*, ainsi qu'une série de travaux de désensablement, agrandissements, renforcements et surélévation des bords du canal. Les canalisations de la ville sont changées, et on construit des collecteurs, des siphons et des stations de pompage. Au même moment, le projet du *Segundo Túnel de Tequixquiac* (aussi appelé Nouveau Tunnel de Tequixquiac) est construit et débouche sur la Ravine (Barranca) de Acatlán, solution proposée initialement par l'ingénieur Francisco de Garay en 1856.

Fig. 7. Travaux du nouveau Tunnel de Tequixquiac



Ce projet a été conçu pour conduire $60 \text{ m}^3/\text{s}$ dans un tunnel circulaire de 11 km de long avec des puits de ventilation et un regard tous les 200 mètres. En parallèle sont réalisés des ouvrages de déviation combinée, à savoir un ensemble de structures construites sur les cours d'eau *Mixcoac*, *Tacubaya*, *San Joaquín*, *Tlalnepantla* et *San Javier* sur la pente Est du massif De Las Cruces, déviant leur cours vers le lac de Texcoco, au nord de la ville.

2.7. Sixième étape

En 1961 s'achève la construction du *Túnel Interceptor Poniente* à l'Ouest, afin de soulager et compléter le *Gran Canal* en conduisant 35 m³/s dans une série de tunnels de 15 km de long et un canal à revêtement à ciel ouvert jusqu'au barrage *Vaso de Cristo*. L'objectif est d'éviter que les écoulements des nombreuses ravines de la zone ne se dirigent vers la ville causant des inondations rapides. Sa prolongation est achevée, permettant de passer son débit à 80 m³/s et déverse les effluents dans le Río *Cuautitlán*, le lac de *Zumpango* et dans le *Tajo de Nochistongo*.

Figure 8. Construction de l'Emisor Poniente, ICA (1964).

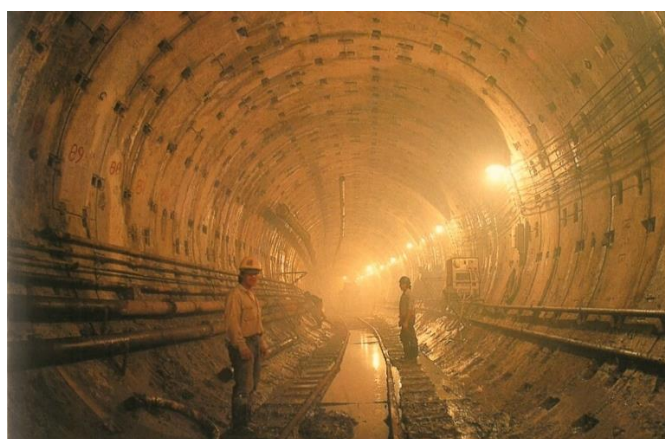


2.8. Septième étape

Au milieu des années 60, la ville de Mexico atteint déjà les 7 millions d'habitants, et avec eux la surexploitation de l'aquifère qui continue de provoquer des affaissements du sol, et en découle une perte de la capacité du système de drainage et des inondations. En 1967 commence la construction du drainage profond, des ouvrages d'une magnitude sans précédent, avec deux émissaires intercepteurs de 5m de diamètre pour une capacité de 100 m³/s : l'*Interceptor Central* (8 km, 4 regards) et l'*Interceptor Oriente* (10 km, et 6 regards). Leur profondeur se situe entre 30 et 50 m.

Ces deux tunnels débouchent sur l'*Emisor Central* qui se jette dans le fleuve El Salto. Ce dernier dessert des districts d'irrigation de Mezquital dans l'Etat de Hidalgo. Situé de 50 à 237 m de profondeur, il conduit près de 200 m³/s dans un tunnel de 6,5 m de diamètre. Cette profondeur permet une opération sans savoir à prendre en compte les problèmes d'affaissement du sol, de séismes et permet l'économie de la mise en place dans le futur de stations de pompage. Il constitue donc aujourd'hui une pièce clé du système de drainage du Valle de México.

Fig. 9. Interceptor Central, drainage profond (1979).

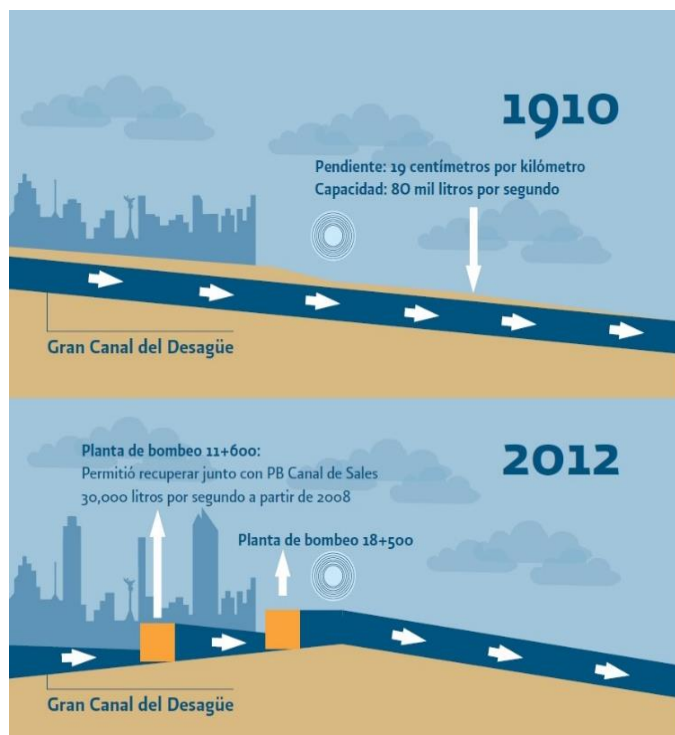


2.9. Huitième étape

Actuellement, à cause de l'affaissement de la ville, le *Gran Canal*, à l'origine gravitaire, a vu sa pente s'inverser, et a donc été complété par 12 stations de pompage pour envoyer les eaux du Sud de la ville jusqu'aux tunnels de Tequixquiac, jusqu'au Tula, pour approvisionner les districts d'irrigation.

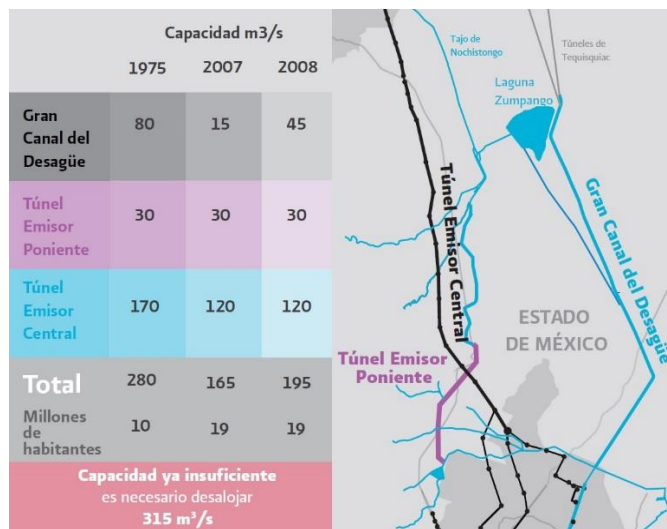
Le drainage profond, initialement prévu pour drainer les eaux de pluie uniquement, est également depuis 1992 utilisé pour compenser la perte de capacité du *Gran Canal*. Il draine à présent les eaux combinées que charrient l'*Interceptor Oriente* et de l'*Interceptor Central*. Aujourd'hui, le drainage profond compte 9 intercepteurs.

Figure 10. L'inversion de la pente du Gran Canal suite aux affaissements du sol.



Avec l'introduction d'eaux résiduelles dans le drainage profond vient l'impossibilité durant des années de réaliser les travaux d'entretien réalisés normalement en période d'étiage et nécessaires à son bon fonctionnement. La détérioration de sa structure liée à cette opération ininterrompue a entraîné une insuffisance de sa capacité.

Figure 11. Diminution de la perte de capacité du système de drainage du Valle de México.



Projets en cours

Túnel Emisor Oriente

En 2007, lors de l'élaboration du Programme de Soutenabilité Hydrique du Valle de México, les gouvernements de la Ville de México, et des Etats de México et Hidalgo, proposent un projet intégré comprenant la construction d'un nouveau tunnel, **Túnel Emisor Oriente (TEO)**. Encore en cours de construction à l'heure de la rédaction de ces lignes, cet ouvrage monumental permettra d'ajouter une nouvelle sortie au Valle, complémentaire à celle de l'*Emisor Central*, augmenter considérablement la capacité du drainage et réduire les risques d'inondation pour 20 millions d'habitants.

Ce tunnel de 62 km de long, à une profondeur maximale de 150 m, permettra de conduire jusqu'à 150 m³/s. 24 regards permettront sa surveillance et son entretien. Il commence au R2 de l'intercepteur Río de los Remedios et se jettera dans le Río Salto en Hidalgo, à côté de la sortie de l'*Emisor Central* et au niveau de la STEP d'Atotonilco.

Figure 12. Construction du Túnel Emisor Oriente.



Travaux de réparation à court terme

En 2007 a été initié un programme d'urgence pour inspecter et réparer le *Túnel Emisor Central* pendant la période d'étiage et améliorer ainsi l'opération du système superficiel.

Ce programme comprend la construction de 4 grandes stations de pompage:

- *Gran Canal km 11+600*, avec 21 m³/s.
- *Superficial Casa Colorada*, pour 20 m³/s.
- *Canal de Sales*, pour 10 m³/s.
- *Vaso El Cristo* pour 9 m³/s.

Grace à cette installation, il a été possible d'inspecter tout le système de drainage profond et commencer les travaux de réparation et d'entretien de l'*Emisor Central* à partir de l'été 2008.

Cependant, ces ouvrages d'urgence ont une durée de vie réduite compte-tenu de leur emplacement et de l'affaissement de la ville. Dès leur conception, ils ont été pensés comme provisoires, afin de permettre la construction de l'infrastructure complémentaire comme le TEO.

Figure 13. Construction de la SP El Caracol.



Les tunnels suivants:

- Tunnel Interceptor Río de los Remedios (TIRR)
- Tunnel Río de la Compañía (TRC)
- Tunnel Emisor Oriente,

Mais aussi les stations de pompage:

- La Caldera,
- Casa Colorada Profunda,
- El Caracol.

Sont autant d'infrastructures complémentaires importantes dans le système de drainage profond qui permettent d'augmenter la capacité d'évacuation des eaux usées et pluviales, mais aussi permettent de donner une certaine flexibilité pour l'entretien et l'opération de ce complexe système.

Figure 14. Station de pompage Casa Colorada Profunda.



Infrastructures de l'Est du Valle

Avec la construction du Nouvel Aéroport International de la Ville de México (NAICM) la CONAGUA met en oeuvre le programme de travaux à l'Est du Valle de México (aussi appelé Système Hydraulique du Lac de Texcoco (SHLT)). Il s'agit d'un ensemble de travaux et d'actions permettant de réduire l'impact de la construction de l'Aéroport, réduire le risque d'inondation, améliorer l'assainissement et restaurer les services environnementaux dans la zone. Il comprend cinq grands axes :

- **Corps d'eau:** agrandir et construire de nouveaux corps d'eau pour tripler la capacité de régulation;
- **Récupération de cours d'eau** pour augmenter l'efficacité du ruissellement naturel ;
- **Assainissement des fleuves:** construire de nouveaux collecteurs pour capter et conduire les eaux urbaines jusqu'à des stations d'épuration.
- **Traitement des eaux résiduelles:** construction de 21 stations d'épuration et en réhabiliter 2 autres ;
- **Tunnels:** fermer une partie du *Río de los Remedios* et construire des tunnels pour améliorer le drainage profond.

An aerial photograph of a large, circular drainage structure, likely a stormwater management facility. The structure is composed of numerous white, rectangular concrete or metal panels arranged in a circular pattern. Each panel is connected to a central hub by a blue, conical component. The entire structure is set within a larger, reddish-brown circular area, possibly a paved plaza or a large drainage basin. The text is overlaid in the center of the image.

3. PRESENTATION
DES INSTITUTIONS
COMPOSANT LA
COMMISSION
METROPOLITAINE
DE DRAINAGE

3.1. Commission Nationale de l'Eau (CONAGUA)

En 1951, le pouvoir fédéral crée la Commission Hydrologique du Bassin du Valle de México (CHCVM), un organisme d'Etudes et de consultation sur les problèmes relatifs à l'eau, tant pour l'eau potable que pour l'assainissement, dans le bassin du Valle de México (CAVAM) qui absorbe la CHCVM et devient un organisme technique et administratif dépendant du ministère des ressources hydrauliques (SRH) et ayant pour objectif de programmer, élaborer des projets, construire opérer et maintenir les ouvrages d'approvisionnement en eau potable du Valle de Mexico.

En 1977, suite à la publication de la Loi Organique de l'Administration Publique sont fusionnés les ministères de l'Agriculture et de l'Elevage et le SRH. En 1989 est créée par décret la CONAGUA, comme un organe décentralisé du nouveau ministère, afin de concentrer dans un seul et unique organisme la planification, la construction et la conservation des ouvrages hydrauliques du pays.

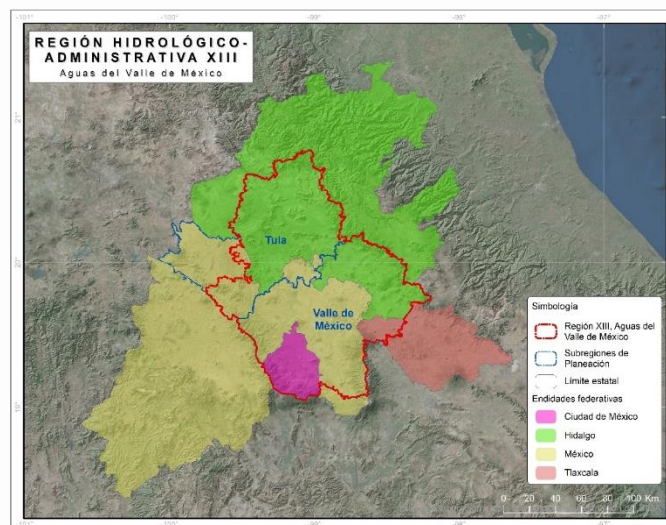
La Nouvelle Administration Fédérale transfère la CONAGUA au Ministère de l'Environnement, et des Ressources Naturelles (actuel SEMARNAT) et avec elle la compétence pour formuler et mettre en place la politique de l'Eau.

3.2. L'Organisme de Bassin Aguas del Valle de México (OCAVM)

En 1998, comme évoqué au chapitre 1, le pays est découpé en régions Hydro-Administratives. Est alors créé la Direction de la RHA XIII qui deviendra en 2004 avec la Loi sur l'Eau (LAN) l'Organisme de Bassin du Valle de México (OCAVM).

L'OCAVM regroupe plusieurs installations: son siège à l'Est de la ville (Iztacalco), une base opérationnelle au nord-est (Gustavo A. Madero), et plusieurs bureaux décentralisés pour être plus proches du terrain et des problématiques.

Figure 1. Region Hydro-Administrative XIII.



Les statuts de l'OCAVM précisent son rôle et ses attributions.

Mission

Administrer et préserver les Eaux Nationales dans son périmètre d'intervention, en s'appuyant sur la participation en visant un usage durable de la ressource et le développement intégré.

Vision

Etre une entité technique bénéficiant d'une autonomie administrative et financière, pour la gestion intégrée des ressources en eau, avec la participation des usagers.

Attributions

L'article 67 du règlement interne de la CONAGUA lui octroie les attributions suivantes :

- Autonomie exécutive, technique et administrative, dans l'exercice de ses fonctions et dans la gestion des biens et des ressources humaines, matérielles et financières qui leur sont attribués, conformément aux dispositions du cadre réglementaire applicable.
- Mettre en œuvre le Programme Régional Hydrique, en tenant compte des programmes et des sous-programmes locaux ou régionaux en conformité avec la

politique nationale de l'eau et le programme national de l'eau.

- Examiner les propositions formulées par son conseil consultatif afin d'atteindre les objectifs de ses programmes et actions dans le domaine de l'eau.
- Proposer au Directeur général de la CONAGUA, pour approbation, l'ordre de priorité des utilisations de l'eau, pour son application dans des conditions normales, et examiner les actions et propositions du Comité de Bassin.
- Exercer des pouvoirs en matière fiscale, sous la coordination de l'unité administrative du niveau national compétent, qui exercera des fonctions de supervision en ce qui concerne l'exercice de ces pouvoirs.

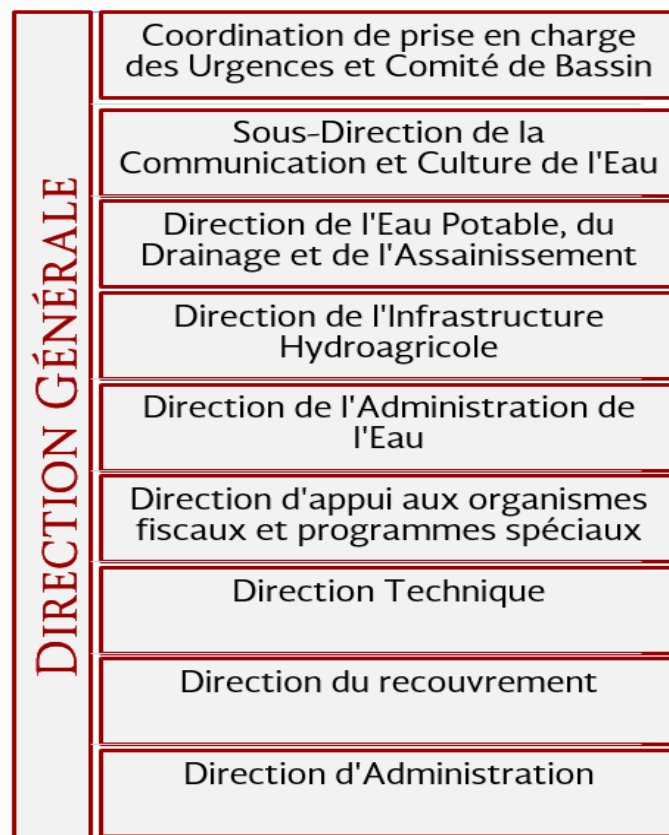
L'article 68 détaille ensuite les prérogatives suivantes :

- appliquer les procédures administratives, autoriser, émettre, réviser, prolonger ou supprimer les titres de concession et permis de rejet,
- Soutenir les unités administratives dans l'exercice des pouvoirs suivants :
- Déterminer la disponibilité des eaux nationales de surface ou souterraines présentes dans un bassin hydrologique, un sous-bassin ou un aquifère composant la RHA XIII;
- Définir les priorités nationales des programmes spéciaux interrégionaux et inter-bassins pour améliorer la gestion et la gestion des eaux nationales et de leurs biens publics inhérents, ainsi que des mesures transitoires à appliquer, dans les situations d'urgence, de rareté extrême ou de surexploitation, pour garantir l'usage public domestique et urbain.
- Réglementer la transmission des droits d'eau, par niveau hydro-administratif national, régional, par bassin hydrologique, entité fédérative, zone ou

localité, dans le même bassin ou le même aquifère.

Structure organique de l'OCAVM

Les Articles 11 et 74 du règlement de la CONAGUA établissent l'organisation administrative suivante pour l'OCAVM :



Budget et recouvrement de l'OCAVM

La situation économique du secteur hydrique dans le Valle de Mexico présente une grande insuffisance de ressources financières. Ceci s'explique par plusieurs facteurs :

La faible capacité de recouvrement des factures d'eau

- De nombreuses fuites dans le réseau
- des tarifs qui ne permettent pas de couvrir les coûts d'opération, et encore moins ceux d'entretien et d'investissement.

Cela provoque non seulement un manque de ressources financières pour réaliser des projets et

des nouveaux ouvrages, mais aussi menace le fonctionnement des organismes et des institutions.

Budget de l'OCAVM

Le Budget 2018 octroyé par le Programme annuel de la CONAGUA à l'OCAVM s'élève à 709 millions de pesos (environ 32 millions d'euros), incluant des projets d'ouvrages pluriannuels et annuels. Ils sont assignés à l'opération, l'entretien, la réhabilitation et la conservation de l'infrastructure hydraulique (le budget n'incluant pas les acquisitions et les services).

Recouvrement

Le recouvrement des droits d'usage et d'exploitation par l'OCAVM auprès des usagers en 2017 s'élève à 9 106,50 millions de pesos (400 millions d'euros). Cet écart entre le budget alloué et les sommes recouvrées s'explique par le fait que l'OCAVM est obligé de restituer ces sommes au budget fédéral, qui ensuite le répartit entre les différentes dépendances, indépendamment de l'origine des fonds. On peut donc dire que le principe « l'eau paie l'eau » n'est pas totalement appliqué au Mexique.

Pour plus de détails sur le Budget et le Recouvrement des droits d'Eau:

<https://datos.gob.mx/busca/database/recaudacion-de-conagua>.

3.3. Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX)

Le Système des Eaux de la Ville de México (SACMEX dans son sigle en espagnol) est un Organisme Public Décentralisé qui a été créé le 1^{er} janvier 2003. Il est le résultat de la fusion entre la Commission des Eaux de la Ville de México et la Direction Générale de la construction et de l'opération du système Hydraulique.

Mission

Apporter aux habitants un service d'eau potable, de collecte, et de traitement des eaux usées en quantité et qualité satisfaisante, à travers un usage efficient des fonds de SACMEX.

Vision

Satisfaire la demande en services hydrauliques des habitants de manière efficiente, suffisante et durable.

Objectifs

SACMEX est rattachée à la Direction de l'Environnement de la Ville de Mexico, qui lui a fixé les trois objectifs suivants:

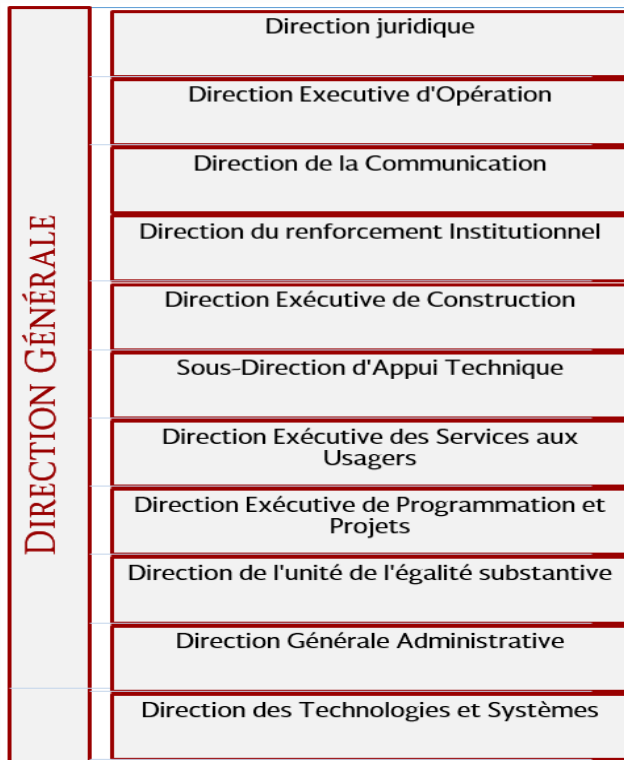
- Assurer le service public d'eau potable et d'assainissement;
- Opérer, entretenir et construire l'infrastructure hydraulique afférente;
- Exploiter, utiliser et distribuer efficacement la ressource en eau.

Fonctions

- Elaborer, actualiser et contrôler la mise en œuvre du Programme hydraulique de la Ville de Mexico, ainsi que développer des études et projets pour l'approvisionnement en eau potable et le traitement et la réutilisation des eaux usées, en construisant les ouvrages et en leur apportant l'entretien nécessaire, en coordination avec les autorités compétentes.
- Gérer et conserver les infrastructures de potabilisation, de distribution et de collecte des eaux usées, ainsi que superviser et surveiller leur fonctionnement.
- Elaborer et mettre en œuvre les ouvrages de prévention et de contrôle des inondations, des affaissements du sol, et ce uniquement lorsqu'ils sont liés à l'hydrologie.
- Autoriser et superviser les branchements au système d'eau potable de la ville, ainsi que construire et préserver les puits, les

sources d'eau potable, afin d'agrandir et améliorer constamment le réseau.

Structure organique de SACMEX



3.4. Commission de l'Eau de l'Etat de México (CAEM)

La Commission de l'Eau de l'Etat de México (Comisión del Agua del Estado de México - CAEM) a été mise en place par l'Exécutif de l'Etat de México (EM) en 1999. Elle est le résultat de l'évolution d'une première Commission de l'Eau et de l'Assainissement créée en 1971, d'abord comme dépendance rattachée au gouvernement local, puis autonomisée en 1974 avec l'attribution de la personnalité juridique et un patrimoine propre. Elle deviendra l'organisme public décentralisé qu'elle est aujourd'hui suite au boom démographique de la zone géographique et l'augmentation des besoins en eau potable et assainissement qui en découlent. Elle est aujourd'hui un organisme auxiliaire de la Direction de l'Eau et des travaux Publics du gouvernement de l'Etat de México, et compte 175 unités administratives. Son directeur est un représentant

direct (*Vocal Ejecutivo*) nommé par le Gouverneur de l'Etat de México.

Mission

La CAEM est un organisme Public Décentralisé, dont le rôle est d'administrer avec responsabilité, efficacité et qualité les ressources en eau pour satisfaire la demande des habitants, en promouvant la conscience du bon usage et de la réutilisation de l'eau afin d'en maintenir la durabilité.

Vision

Etre reconnu comme un organisme public autonome innovant, solidaire, qui planifie, coordonne, et répond à la demande en ressources en eau des habitants, avec un niveau scientifique et technologie à la hauteur d'une gestion durable et raisonnée de de l'eau.

Objectifs

- Augmenter la couverture du service d'eau potable, de collecte et de traitement des eaux usées de l'Etat de Mexico.
- Assurer l'approvisionnement en eau en quantité et en qualité
- Appuyer les communes dans l'opération et l'entretien de leurs réseaux.
- Renforcer techniquement et administrativement les organismes opérateurs et les communes

Fonctions

Parmi les principales fonctions de la CAEM figurent:

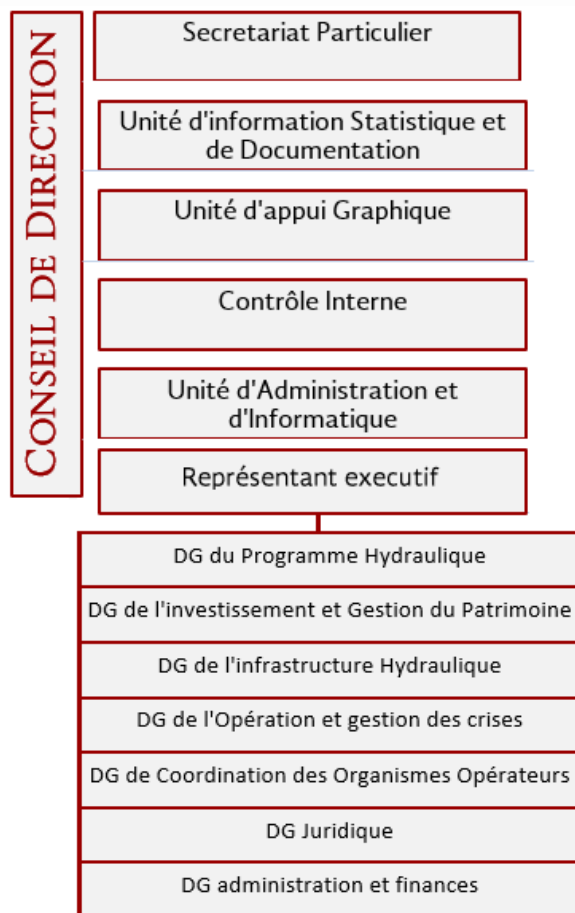
- Elaborer, appliquer, évaluer et actualiser le Programme Hydrique Intégré de l'Etat de Mexico
- Administrer les eaux de juridiction de l'EM
- Fournir de l'eau brute dans les conditions définies par la loi, le règlement ou toute norme applicable.
- Proposer des tarifs des services aux autorités compétentes, dans les termes établis par la loi.
- Opérer, maintenir, conserver, réhabiliter et administrer l'infrastructure hydraulique de EM, ainsi que certaines portions de ceux des

organismes opérateurs et communes, comme défini par la fédération.

- Faire partie du Conseil Local de Protection Civile et participer aux activités d'appui à la population.

Structure Organique de la CAEM

Les 175 unités administratives que compte la CAEM se répartissent de la manière suivante :



3.5. Organismes Opérateurs Municipaux

S'ils ne forment pas à proprement parler de la Commission Métropolitaine de Drainage du Valle de México, les Organismes opérateurs n'en sont pas moins des acteurs annexes importants à prendre en compte puisqu'ils opèrent le système superficiel et sont en première ligne en cas d'inondations. On dénombre 45 organismes opérateurs dans la région. Ils sont chargés de la

mise en œuvre du service d'eau potable, collecte et traitement des eaux usées municipales. Les tableaux suivants présentent les Organismes par Etat du Valle de México.

ESTADO DE TLAXCALA
<ul style="list-style-type: none"> • Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Calpulalpan • Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Sanctórum de Lázaro Cárdenas • Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Nanacamilpa de Mariano Arista • Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Benito Juárez.

ESTADO DE HIDALGO
<ul style="list-style-type: none"> • Comisión de Agua y Alcantarillado Sistema Actopan (CAASA) • Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales (CAASIM) • Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Alfajayucan, Hidalgo (CAAMAH) • Dirección de Obras Públicas de Apan Hidalgo (DOPAH) • Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Atitalaquia, Hidalgo (CAPASMAH) • Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Cardonal (CARDONAL) • Sistema de Agua Potable de Chapantongo, Hidalgo (SAPCH) • Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo (CAPASMIH) • Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mixquiahuala, Hidalgo (CAAMM) • Comisión de Agua y Alcantarillado del Sistema Valle del Mezquital (CAASVAM) • Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Progreso de Álvaro Obregón (CAAMPPO) • Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de San Agustín Tlaxiaca (CAPASSA) • Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de San Salvador, Hidalgo (CAAMSSH) • Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo (CAAMTROH)

ESTADO DE MÉXICO

- Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Amecameca
- Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Agua (SAPASA), Atizapán de Zaragoza
- Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), Chalco
- Organismo Descentralizado de Agua Potable y Saneamiento (ODAS), Chicoloapan
- Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), Chimalhuacán
- Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Coacalco (SAPASAC)
- OPERAGUA, Cuautitlán Izcalli
- Sistema de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Ecatepec (SAPASE)
- Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado, Huehuetoca
- Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Huixquilucan
- Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), Ixtapaluca
- Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), Jaltenco
- Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), La Paz
- Organismo de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (OAPAS), Naucalpan
- Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), Nezahualcóyotl
- Sistema de Agua Potable y Saneamiento de Nicolás Romero (SAPASNIR)
- Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), Tecámac
- Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Teoloyucan (OOAPAST)
- Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Teotihuacán (ODAPAST)
- Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Tequixquiac
- Organismo Público Descentralizado Municipal (OPDM), Tlalnepantla
- Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Tultitlán (APAST)

ESTADO DE MÉXICO

- Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Valle de Chalco Solidaridad
- Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado, Zumpango

ESTADO DE HIDALGO

- Comisión de Agua y Alcantarillado Sistema Actopan (CAASA)
- Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales (CAASIM)
- Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Alfajayucan, Hidalgo (CAAMAH)
- Dirección de Obras Públicas de Apan Hidalgo (DOPAH)
- Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Atitalaquia, Hidalgo (CAPASMAH)
- Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Cardonal (CARDONAL)
- Sistema de Agua Potable de Chapantongo, Hidalgo (SAPCH)
- Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo (CAPASMIH)
- Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mixquiahuala, Hidalgo (CAAMM)
- Comisión de Agua y Alcantarillado del Sistema Valle del Mezquital (CAASVAM)
- Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Progreso de Álvaro Obregón (CAAMPAAO)
- Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de San Agustín Tlaxiaca (CAPASSA)
- Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de San Salvador, Hidalgo (CAAMSSH)
- Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo (CAAMTROH)
- Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Tizayuca, Hidalgo (CAAMTH)
- Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Tula de Allende (CAPYAT)
- Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Zapotlán de Juárez (CAPASMZJ)

Recouvrement

La grande majorité des OO de la région ne disposent que de maigres ressources financières en comparaison à la taille des enjeux auxquels ils font face, et ne peuvent pas accomplir leur mission d'extension et entretien du réseau d'eau potable et assainissement, ni garantir la qualité du service déjà en place. Cette inefficacité est due à la baisse des fonds alloués par le niveau fédéral et le niveau Etatique, mais aussi s'explique par des verrous sociaux qui ne permettent pas mettre en place une tarification permettant de couvrir les coûts d'opération du système.

Selon les estimations de la CONAGUA, seulement la moitié de l'eau potabilisée et transportée par les OO est facturée. Le reste se perd en fuites ou est distribuée sans facturation.

De plus, afin de favoriser le développement et l'autonomie des OO, et apporter un meilleur service à la population, le gouvernement fédéral à travers la CONAGUA a mis en place plusieurs programmes d'appui qui sont détaillés plus loin dans le Chapitre 7.

3.6. La Commission Métropolitaine pour le Drainage du Valle de México.


La complexe Infrastructure hydraulique du Valle de México, véritable millefeuille technique et administratif est opérée par différents niveaux administratifs, politiques et géographiques, aux fonctions et missions diverses. Dans ce cas de continuité démographique du territoire composée par plusieurs centre urbains, l'article CXV fraction VI de la Constitution mexicaine prévoit que ces différents niveaux, dans la limite de leurs compétences, doivent planifier et réguler leur développement.

C'est pour cette raison, et aussi pour résoudre les problèmes complexes rencontrés pour la planification et l'opération de l'infrastructure hydraulique de la ZMVM que la CONAGUA, et les gouvernements du DF et de l'Etat de México, ont

signé un accord en 1995 officialisant ce besoin de coordination en créant la Commission pour l'Eau potable et l'Assainissement de l'Aire Urbaine.

Une fois installée la commission en 2001, un « protocole d'Opération Conjointe » est signé et décrit les accords de coordination pour l'opération du système hydrologique du Valle de México pendant la saison des pluies.

Un nouvel accord tripartite va plus loin en 2014 et crée l'actuelle « Commission Métropolitaine pour le Drainage du Valle de México ». Elle a pour mission de concentrer les efforts, orienter les actions, assurer un suivi et évaluer les accords de coordination entre les différents niveaux d'administration, mais aussi créer les mécanismes administratifs, techniques et financiers qui permettent une coordination permanente, et enfin observer et s'assurer de la bonne application du protocole d'opération conjointe pour l'attention aux phénomènes hydrométéorologiques dans la ZM.



4. INFRASTRUCTURE DU SYSTÈME DE DRAINAGE DU VALLE DE MÉXICO

4.1. Introduction

A l'origine, les grands ouvrages de drainage de la ville de México ont été conçus pour évacuer les eaux pluviales provenant des cours d'eau de l'est et de l'ouest de la ville, transportant ces eaux vers le centre de la ville. Par la suite, la croissance démographique exponentielle, les eaux usées ont dû être introduites dans le système pluvial pour leur évacuation et pour ce faire les principaux cours ont été refermés (Fig. 1).

NB : On ne traduira pas dans ce chapitre le terme espagnol « río », sa traduction ne rendant pas compte de la réalité mexicaine. Si sa traduction serait « fleuve », « rivière », ou bien même « cours d'eau », ce serait tromper le lecteur ne connaissant pas la problématique mexicaine. Les cours d'eau de la ville de Mexico, bien qu'à l'origine naturels et à ciel ouvert sont aujourd'hui pour la plupart bétonnés, fermés et charrient les eaux usées de la ville. Sur les hauteurs de la ville, surtout à l'ouest, subsistent certains cours d'eau encore « naturels », comme des petites ravines, mais fonctionnent comme des égouts à ciel ouvert.

Figure 1. Ríos du Valle de México.



Pour répondre à la problématique de l'évacuation des eaux usées et pluviales dans le Valle de México, Une série de grands ouvrages ont été réalisés dès la seconde moitié du XXème siècle, à savoir des ouvrages de régulation, des canaux, des tunnels profonds, des stations de pompage et des stations d'épuration. On se réfère aujourd'hui à cette infrastructure comme le « Système Hydrologique du Valle de México »

4.2. Sorties Artificielles

La nature endoréique du bassin a conduit à la nécessité vitale de construire des sorties artificielles au nord de la ville dès 1607.

Actuellement le bassin compte 4 sorties et prochaine fois une cinquième avec le *Túnel Emisor Oriente* (Fig. 2):

1) Tajo de Nochistongo.

Il fut construit **entre 1607 et 1789**. Situé au nord-ouest de la ville, **c'est la première sortie artificielle jamais construite dans la zone. Ses 13 km conduisent jusqu'à 40 m³/s**. Il transporte les eaux de l'**Emisor del Poniente** et se jette dans

le Río *El Salto* à la frontière entre les Etats de México et de Hidalgo.

2) Viejo Túnel de Tequixquiac

Aussi appelé "le Premier Tunnel de Tequixquiac", il a été inauguré en 1900 pour transporter les eaux du **Gran Canal de Desagüe** dans le Río Tequixquiac dans l'Etat de México. (Fig. 3). Situé au nord-ouest de la ville, il a été conçu pour conduire **16 m³/s** dans une ligne droite de **10,10 km et comprend 24 regards**.

3) Nuevo Túnel de Tequixquiac,

Ou "Second Tunnel de Tequixquiac" est entré en opération en 1946 et a été mis en place pour augmenter la capacité d'évacuation des eaux résiduelles et de pluie du **Gran Canal de Desagüe** jusqu'à la sortie du bassin dans le Río Tequixquiac dans l'Etat de México. Ses 11,30 km transportent jusqu'à **60 m³/s**, et 10 regards ont été construits pour son entretien. (Fig. 4).

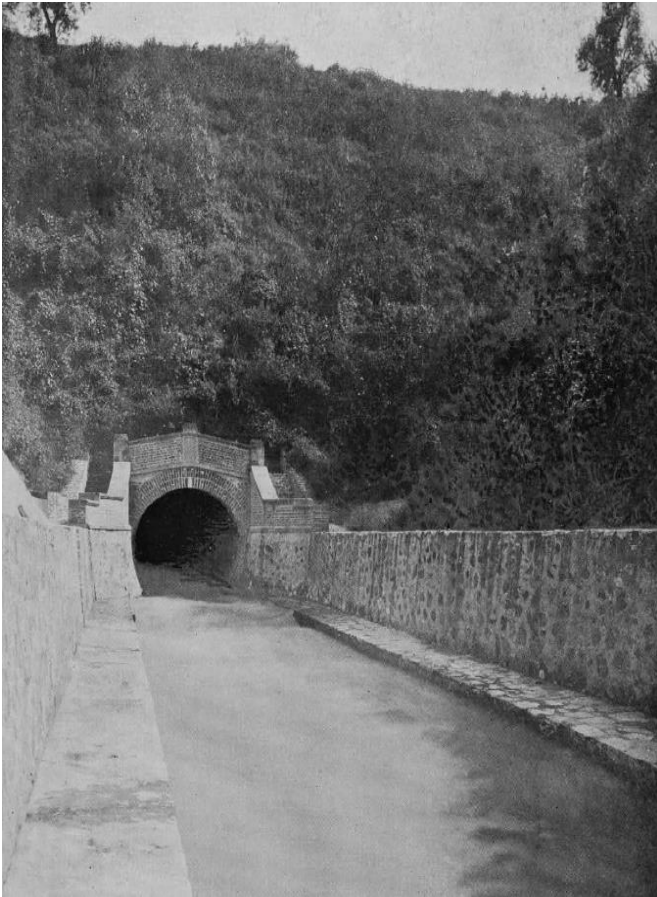
4) Túnel Emisor Central

Inauguré en 1975 il fait partie des ouvrages profonds. Cet émissaire de **50 km** de long reçoit les eaux de 9 intercepteurs pour un maximum de **220 m³/s** et rejette les eaux dans le Río El Salto dans l'Etat de Hidalgo.



Figure 2. Les sorties artificielles du Valle de México.

Figure 3. Sortie du Primer Túnel de Tequixquiac.



4.3. Gran Canal del Desagüe

Inauguré en 1900, sa construction a été motivée par la nécessité de réduire la quantité d'eau déversée dans le lac de Texcoco, et plus bas ceux de San Cristóbal, Xaltocan y Zumpango, où arrive le Río Cuautitlán. Il déverse alors les eaux dans le Tula et ses affluents le Moctezuma et le Pánuco, qui après 300 km se jettent dans le Golfe de México. Il est composé de trois éléments :

1) **Un canal de 47.5 km de long** qui commence à l'Est de la Ville aux portes de San Lázaro, traverse le lac de Texcoco puis ceux de San Cristóbal et Xaltocan, pour terminer dans la commune de Zumpango,

2) Le **1er Túnel de Tequixquiac** à partir de ce point jusqu'à Tequixquiac décrit précédemment,

3) Une brèche (Tajo) de 2,5 km à la sortie du tunnel pour le connecter au fleuve du même nom (aussi appelé El Salado)

Cet ouvrage, premier de cette ampleur et le premier gravitaire, a requis une importante main d'œuvre et un Budget considérable auquel ont participé les différents niveaux de gouvernement, et y ont été appliquées la technologie et les méthodes les plus modernes de l'époque.

Figure 4. Gran Canal del Desagüe à la conexión avec le Segundo Túnel de Tequixquiac.



Aujourd'hui, à cause de l'affaissement du sol de la Ville, le *Gran Canal del Desagüe* a vu sa pente s'inverser et a ainsi perdu sa caractéristique gravitaire. Il transporte donc les eaux de la partie basse de la ville assisté par 12 stations de pompages, parmi lesquelles **PB 11+600** et la **PB 11+800** avec des capacités respectives de **20 et 40 m³/s** (la capacité maximale de ce canal).

Au long de son parcours, il collecte les eaux du **Canal General**, du **rió de la Compañía** (aussi appelle *Dren General del Valle*), du **rió Churubusco**, du **rió de La Piedad**, du **rió Consulado** et du **rió de Los Remedios**, tous des cours d'eau artificialisés et fermés. Les eaux sont pompées jusqu'aux tunnels de Tequixquiac pour continuer vers le nord jusqu'au bassin du Tula et approvisionner les canaux d'irrigation (Fig. 5).

Figure 5. Tracé du Gran Canal del Desagüe



4.4. Sous-système de l'Ouest

Les cours d'eau à l'Ouest de la ville sont plus courts et plus petits que ceux de l'Est, mais très pentus, ce qui se traduit par des temps de concentration très courts et requièrent ainsi des temps de réponse très courts également. L'augmentation de la tâche urbaine de la ZMVM au début du XXème siècle la ville a commencé à connaître une série d'inondations par ruissellement, et non plus seulement comme à l'origine par débordement du Río Cuautitlán ou du lac de Texcoco.

Pour faire face au problème, les autorités ont commencé à mettre en place le sous-système Est, à savoir un ensemble de travaux impliquant la canalisation et la couverture de certains cours d'eau, ainsi qu'une série de barrages interconnectés par des tunnels dans le but de contrôler les pics des crues des cours d'eau de la zone. Il a commencé avec la construction du barrage de Tecamachalco, puis celui de San Joaquín et le barrage dérivateur Tornillo qui dévie les eaux du cours d'eau Tornillo vers les *río Hondo, Becerra, Tacubaya, Mixcoac, el Capulín*. Enfin, les *río Consulado* et *río La Piedad* ont été canalisés et couverts. (Fig. 8).

Il comporte aujourd'hui:

- **17 barrages pour réguler les crues:** *Anzaldo, Texcalatlaco, Tequilasco, La Mina, Las Flores, Pilares, Tarango, Mixcoac, C de Becerra, B de Becerra, A de Becerra, Tacubaya, Ruiz Cortines, Dolores, Barrilaco, Tecamachalco* et *San Joaquín*.
- **6 tunnels d'interconnexion pour transvaser les volumes d'eau entre les barrages:** *Anzaldo-Texcalatlaco, Tequilasco-Tarango, Mixcoac-C de Becerra, C de Becerra-Tacubaya, Tacubaya-Tecamachalco* et *Tecamachalco-San Joaquín*.
- **L'Interceptor del Poniente, pour assister le Gran Canal del Desagüe** et soulager le réseau de collecteurs. Il est composé d'un tunnel et un canal à revêtement qui suit le *río Hondo* en direction du nord jusqu'au barrage *Vaso de Cristo*. Il permet ainsi d'éviter que les cours d'eau ne débordent subitement vers le centre de la ville.

Aujourd'hui, la croissance démographique et la construction de nouveaux quartiers dans les zones hautes à l'est de la ville ont compromis considérablement l'opération des barrages de régulation. En effet, beaucoup d'entre eux voient leurs lits et bords envahis par l'habitat informel, mais aussi formel (fig. 6). Ces ouvrages perdent donc toute ou partie de leur capacité puisqu'il est impossible de permettre une augmentation de leurs niveaux jusqu'aux habitations.

Figure 6. Constructions dans le lit du barrage de Tecamachalco.



De plus, la manque de conscience environnementale et l'insuffisance des services de collecte et de traitement des déchets dans les zones hautes et fortement peuplées font qu'une grande partie de ces déchets se retrouvent dans les cours d'eau et sont charriés jusqu'aux barrages et tunnels, empêchant leur bon fonctionnement pour la régulation des précipitations soudaines.

Figure 7. Accumulation de déchets dans la Presa C de Becerra.

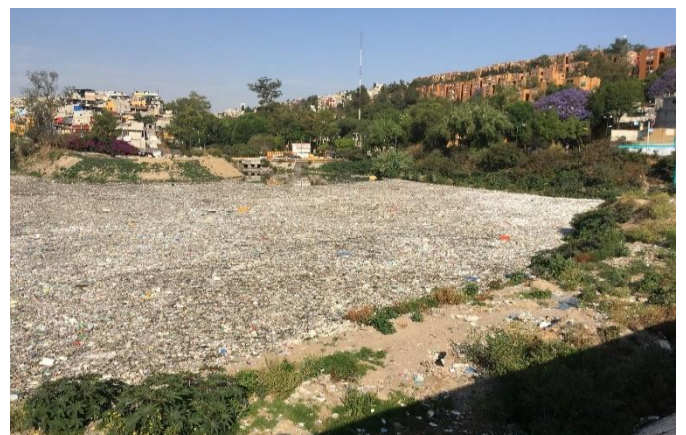


Figure 8. Sous-système de l'Ouest



4.5. L'infrastructure de drainage profond

Malgré tous les ouvrages construits pour répondre aux besoins d'évacuation des eaux usées et pluviales d'une aire urbaine de plus en plus dense, la capacité du système de drainage commence à atteindre ses limites dès 1959. A cette date, l'affaissement du sol est démontré par Nabor Carrillo, qui a mis en évidence que le Lac de Texcoco se trouvait alors 5.50 m au-dessus du niveau du centre-ville, tandis qu'il se trouvait à 1.90m en dessous en 1910. Il a donc fallu penser un système de drainage qui ne soit plus affecté par ces conditions extrêmes qui rendent son opération de plus en plus difficile, sans compter un coût de plus en plus élevé à cause de la nécessité de pomper les millions de mètres cubes d'eau à défaut de pouvoir compter sur un système gravitaire. De plus, une autre obligation était celle de percer une nouvelle sortie, les autres étant déjà arrivées à leur limite. C'est ce que l'on appelle aujourd'hui le système de drainage profond de la Ville de México.

La première étape de son développement est conclue par la construction du **Túnel Emisor Central** qui permet de conduire les eaux de ce système profond hors du bassin. Il commence son trajet à Cuautepec dans la délégation Gustavo A. Madero, et son parcours le mène jusqu'au fleuve El Salto où il déverse ses eaux, qui sont ensuite conduite au barrage de Requena et enfin au fleuve Tula et au barrage Endhó (Fig. 9). Ce dernier permet de répondre à la demande des districts d'irrigation, et le Tula, affluent du Moctezuma, permet d'atteindre le Golfe de México.

Figure 9. Porte de sortie de l'Emisor Central.



Figure 10. Construction d'un des regards de l'Emisor Central (1970)



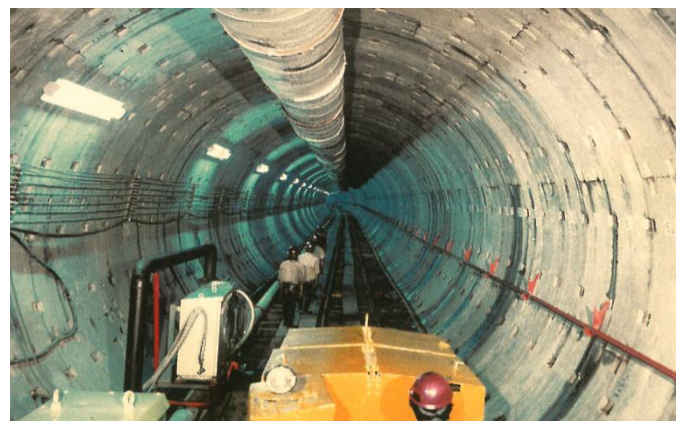
Actuellement, le système de drainage profond compte 166 km de tunnels en opération, et est la troisième sortie pour l'évacuation des eaux usées et pluviales du Valle de México

Il comprend l'infrastructure suivante (Fig. 13):

Emisor Central.

Construit entre 1967 et 1975, il conduit jusqu'à **220 m³/s** à travers un tunnel de 50 km de long, pour 6,5 m de diamètre, à une profondeur se situant entre **40 et 220 m**.

Figure 11. Intérieur de l'Emisor Central (1975).



Il reçoit les effluents des intercepteurs suivants:

- Interceptor Central
- Interceptor Oriente
- Interceptor Oriente Sur.
- Interceptor Centro-Poniente.
- Interceptor Centro-Centro.
- Interceptor Oriente-Oriente.
- Interceptor Obrero Mundial.

Túnel Emisor del Poniente:

Avec ses 32.3 km de long pour une capacité de **80 m³/s**, il reçoit les effluents des collecteurs suivants:

- Interceptor Poniente.
- Interceptor Iztapalapa.
- Interceptor Canal Nacional-Canal de Chalco.
- Interceptor Gran Canal.

Au fil des années, de plus en plus d'infrastructures ont été connectées au système de drainage profond et des conduites, des ouvrages de stockages et des stations de pompage installés sur le *Gran Canal* permettent de dévier les eaux en période d'étiage vers le tunnel de Tequiquiac.

La station de pompage *El Caracol*, l'Escargot, doit son nom à sa forme évoquant le gastéropode éponyme.

Avec une capacité de **40 m³/s**, elle est indispensable au fonctionnement du *Túnel Emisor Oriente*. Elle reçoit les eaux du premier tronçon du *Túnel Emisor*

Oriente pour les envoyer au *Gran Canal de Desagüe*, dans sa partie non affectée par l'affaissement du sol. Les effluents sont ensuite conduits gravitairement jusqu'à l'Etat de Hidalgo.

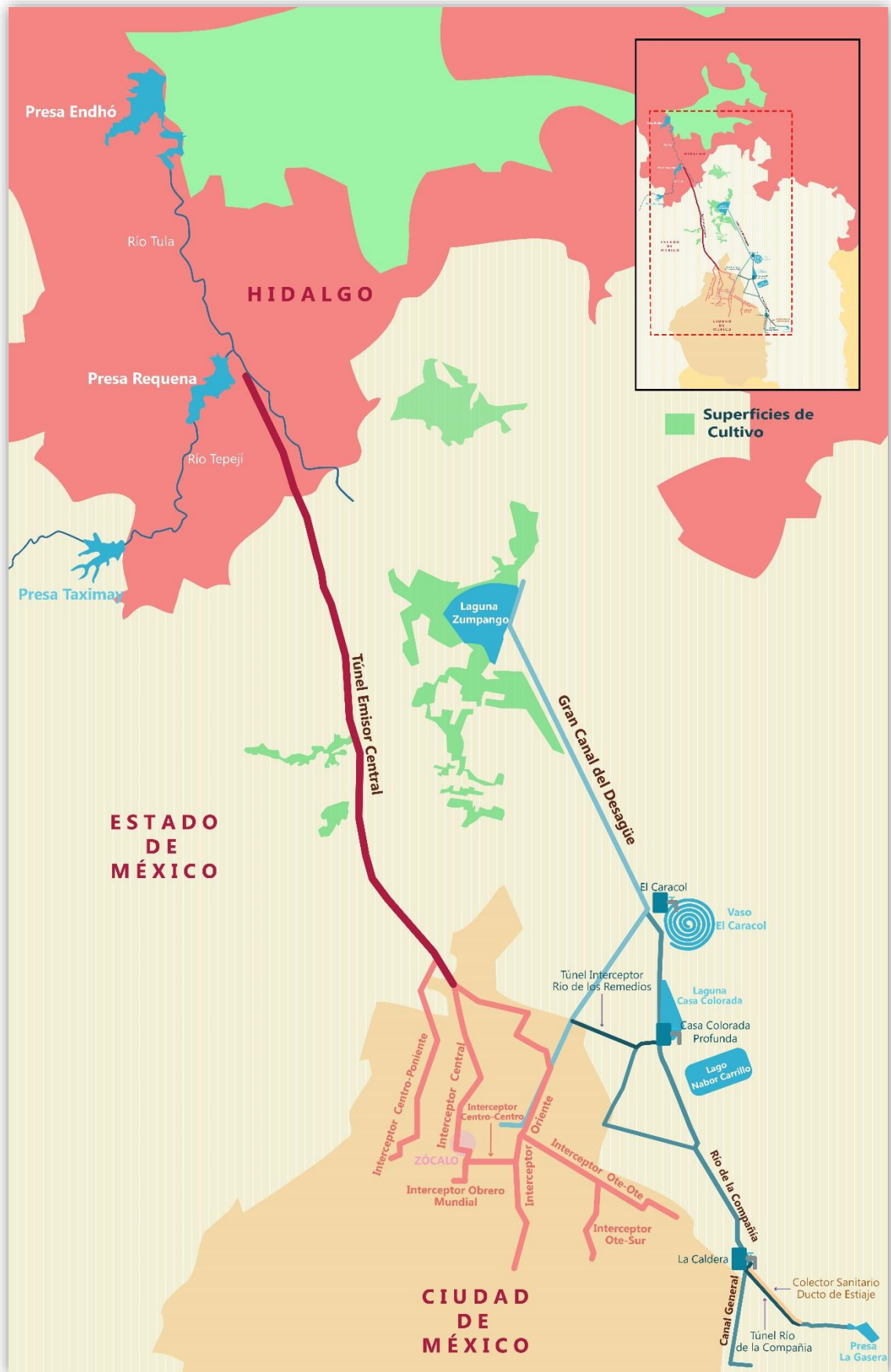
Figure 12. Construction de l'Interceptor del Poniente (1964).



Caractéristiques des ouvrages composant le Système de Drainage

Nombre de túnel	Diámetro (m)	Capacidad de conducción (m/s)	Profundidad promedio (m)	Longitud proyecto (km)	Longitud operación (km)	Periodo de construcción	No. de lumbreras
Emisor Central	6.5	220	48-217	50	50	1967-1975	23
Interceptores							
Central	5	90	22-41	22.28	16.1	1967-1975	15
Oriente	5	85	20-50	28	28	1967-1975 1987-1990	22
Oriente- Sur	5	40	20-25	13.8	13.8	1990-1997	9
Centro -Poniente	4	40	20-51	16	16	1975-1982	9
Poniente	4	25	12-35	16.2	16.2	1960	27
Centro - centro	5	90	25-26	3.7	3.7	1986-1988	4
Oriente - Oriente	5	40	20	7.3	3.4	1997	6
Iztapalapa	3	20	10-16	5.5	5.5	1994	6
Canal Nacional - Canal de Chalco	3.1-3.2	20	10-18	16.3	11.64	1987	10
Obrero Mundial	3.2	20	16	0.8	0.8	1987	3
Gran Canal	3.1	90	...	1.01	1.01	...	...
Indios Verdes	3.1	...	15-28	2.76	...	...	...
Ermita	3.1	...	12-16	6.58	...	...	...
Cuauhtepic	3.1	...	...	1.82	...	...	...

Figure 13. Eléments principaux du Système de Drainage Profond



Système Sud-Est:

Tunnel Río de la Compañía (TRC)

Il a remplacé l'ancien Canal Río de la Compañía, altéré par les déformations du sol. Il conduit jusqu'à **40 m³/s** d'effluents à travers un tunnel de 5 m de large et 7 km de long jusqu'à Chalco.

Collecteur sanitaire Ducto de Estiaje

6 km de long pour 3,5 m de large en béton armé permettent de conduire jusqu'à **16 m³/s**.

Station de pompage La Caldera.

Ses **40 m³/s** de capacité en font un élément indispensable pour l'opération du TRC

Système Sud-Centre

Tunnel Interceptor Río de los Remedios (TIRR)

Avec 10 km de long et 5 de diamètre, il permet de conduire **80 m³/s**.

Station de pompage Casa Colorada Profunda Ses **40 m³/s** de capacité sont utilisés en cas de phénomène extrême pour envoyer les excédents d'eau de pluie à la lagune de régulation Casa Colorada.

4.6. Les ouvrages de régulation

Afin de réduire les volumes déchargés dans le Système de Drainage Profond et éviter sa saturation lors des fortes pluies, le Système Hydrologique du Valle de México compte sur les ouvrages de régulation suivants, qui permettent de stocker et réguler les excédents de précipitations pour les rejeter ensuite dans l'infrastructure une fois l'évènement pluvieux terminé ¹:

Laguna de Zumpango

Située dans la commune éponyme dans l'Etat de México au nord de la ville, elle a une superficie de 1865 ha et une capacité de stockage de **100**

1) Il convient ici de préciser qu'il n'existe pas de données actualisées sur la capacité réelle de stockage des ouvrages décrits ci-après. Le manque de budget pour l'entretien et la quantité importante de déchets et sédiments

millions de m³, et reçoit environs deux mois dans l'année une partie des effluents du *río Cuautitlán* et de l' *Emisor Poniente* à travers le canal *Santo Tomás*, L'eau ainsi stockée est utilisée par les zones de productions agricole des alentours et le reste est envoyé au *Gran Canal del Desagüe* (Fig. 14).

Figure 14. Laguna de Zumpango.



Vaso de Cristo

Situé à Naucalpan de Juárez, dans l'Etat de México à la frontière avec la Ville de Mexico, permet de stocker **4 millions de mètres cubes** d'eau sur 130 ha. Il reçoit les eaux de l'*Interceptor del Poniente*, du *río Hondo* et du *río de Los Remedios*. Une fois régulées, ces eaux repartent dans ce dernier et sont envoyées à l'*Emisor del Poniente* (Fig. 15).

Figure 15. Vaso de Cristo.



charriés par le système laisse à penser que la capacité de stockage est bien inférieure à celle initialement prévue.

Vaso Fresnos.

Autre régulateur des eaux du *río de Los Remedios*, il se situe sur la commune de Tlalnepantla (EM) et a une capacité de stockage de **750 000 m³** sur 19 ha.

Vaso Carretas

Toujours sur la même commune de Tlalnepantla, et en face du *Vaso Fresnos*, sa capacité de **950 000 m³** permet également de réguler les eaux du *río de los Remedios*.

Figure 16. Vaso Carretas.



Laguna Cuauhtepac

Au Nord de la ville de México, dans la délégation Gustavo A. Madero, il permet de stocker **175 000 m³** provenant du *río Cuauhtepac*.

Laguna Ciénega Chica

Au sud-Est de la Ville sur la Délégation de Xochimilco, il a une capacité de stockage de **1,2 millions de m³**.

Laguna Ciénega Grande Egalement dans la Délégation Xochimilco, elle a une capacité de **800 000 m³**, reçoit les eaux de la *Laguna Ciénega Chica* pour les envoyer au *río Churubusco*

Laguna San Lorenzo Tezonco

Toujours située à **Xochimilco**, ses **600 000 m³**, régulent les ruissellements du nord de la délégation Tláhuac pour les envoyer au *río Churubusco*.

Laguna Iztapalapa.

Dans la délégation éponyme, ses **47 000 m³**, régulent les ruissellements pour les collecteurs

Santa Marta et *Ejército de Oriente* pour ensuite les décharger dans l'*Interceptor Iztapalapa*.

Presa La Gasera

Située au Sud-Est du Valle à la confluence du *río San Francisco* et du *río San Rafael*, ses **800 000 m³** permettent de stocker jusqu'à 55% du volume de ces collecteurs lors d'évènements pluvieux et envoyer jusqu'à **30 m³/s** au Canal *Río de La Compañía*.

Figure 17. Presa La Gasera.



Laguna El Salado

Dans la Délégation Iztapalapa à l'est de la ville, elle stocke **300 000 m³** sur 15 ha.

Lago Nabor Carrillo

Situé dans la zone Fédérale du Lago de Texcoco, il régule les effluents des collecteurs de l'Est avant leur incorporation au Gran Canal del Desagüe, sur une superficie de 1000 ha et avec une capacité maximale de stockage de **30 millions de m³**.

Figure 18. Lago Nabor Carrillo.



Laguna Churubusco

Dans la même zone Fédérale, il stocke jusqu'à **5 millions de m³** sur 270 ha et régule les eaux du tronçon est du *río Churubusco* et du *Dren General del Valle (río de La Compañía)* avant de les envoyer au *Gran Canal del Desagüe*.

Laguna de Regulación Horaria

Toujours dans la même zone, ses 4.5 millions de m³, complètent les fonctions de la *Laguna Churubusco*

4.7. Stations de traitement

La ZMVM compte 27 stations d'épuration : 13 dans la Ville de Mexico pour une capacité totale de 2,62 m³/s et 14 dans l'Etat de México pour 1,69 m³/s. La moitié d'entre elles opère en-dessous de leur capacité installée. Pendant l'Étiage, la Ville de México génère **28 m³/s** d'eaux usées, pour lesquelles seul 9% reçoit un traitement avant sa réutilisation dans les districts d'irrigation. Cela signifie donc que l'immense majorité du volume (91%) était jusqu'alors rejeté dans la nature sans aucun traitement. Cette situation a été récemment améliorée par la mise en route de la station d'Atotonilco pour une capacité de **23 m³ /s**.

Figure 19. STEP Cerro de la Estrella.



Les STEP comprennent des traitements secondaires (boues activées), une désinfection et pour certaines un process tertiaire. Les eaux usées de la ZMVM sont problématiques à traiter en ce qu'elles présentent beaucoup d'éléments solides, de fortes quantités de graisses et huiles, de phosphore, nitrates, nitrites et une forte conductivité électrique pour une dureté et une alcalinité très basses.

On ne listera ici que les STEP d'une capacité supérieure à 500 litres par seconde:

Dans la Ville de Mexico:

- Cerro de la Estrella (4 000 l/s)
- San Juan de Aragón (500 l/s).

Dans l'Etat de México:

- Lago de Texcoco I (1 000 l/s),
- Termoeléctrica Valle de México (750 l/s),
- Lago de Texcoco II "Ing. Ramón Grijalva Ruiz" (500 l/s)
- Presa Lago de Guadalupe (500 l/s).

Figure 20. STEP Lago de Texcoco I.



Dans l'Etat de Hidalgo

- PTAR Atotonilco (23 000 l/s)

La STEP Atotonilco est situé dans la communauté agricole Ejido Conejos en Hidalgo, à la sortie du point d'arrivée du drainage profond via le *Túnel Emisor Central* et le *Túnel Emisor Oriente (TEO)*.

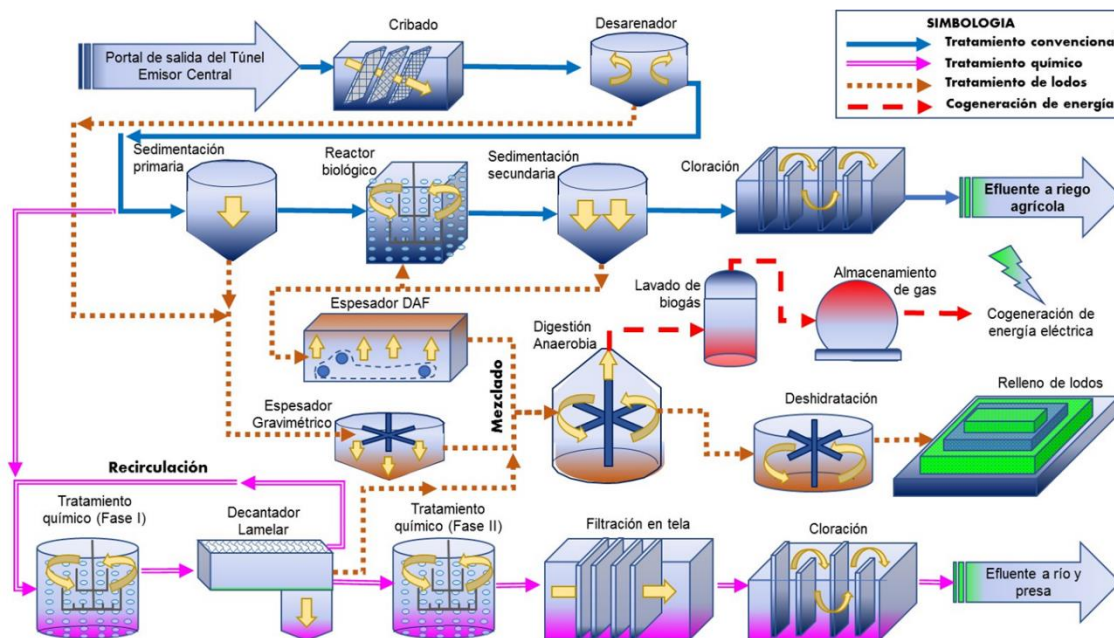
Elle vise à traiter 60% des eaux résiduelles du Valle de México et développer l'agriculture irriguée en aval avec une eau de meilleure qualité pour les 80 000 hectares de districts d'irrigation en aval.

Figure 21. PTAR Atotonilco.



Elle inclut deux types de traitement: conventionnel, en période d'été, et un chimique, en saison des pluies lors des gros événements pluvieux. Sa construction a coûté 1 milliard de pesos (prix de 2009 au moment de la négociation du contrat) soit 432,8 millions d'euros.

Figure 23. Schéma de traitement des flux de la STEP Atotonilco



Elle comprend un système de valorisation des boues grâce à des biodigesteurs qui permettent de produire une partie de l'énergie électrique consommée par la STEP; et réduire son impact environnemental.

S'il lui est possible d'atteindre une capacité de traitement de **35 m³/s**, le process chimique, plus rapide, pourra permettre de traiter **42 m³/s** en saison des pluies

Figure 22. Capacités de traitement de la STEP Atotonilco

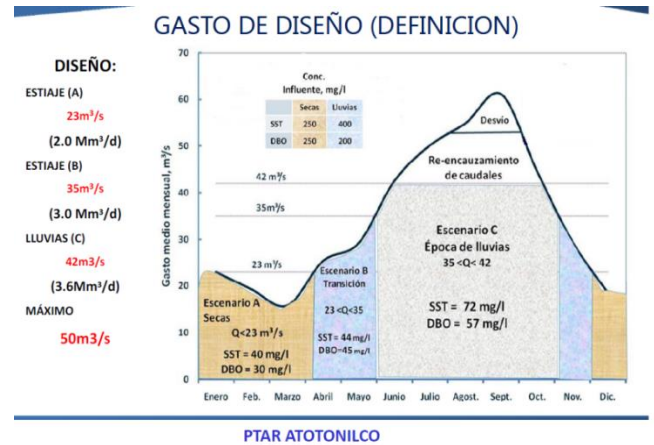


Figure 24. Corps de régulation et principales stations d'épuration



4.8. Infrastructure en cours de construction

Les ouvrages suivants viendront renforcer le Système Hydrologique du Valle de México :

Túnel Emisor Poniente II (TEP II)

Il captera les eaux des ríos *San Javier* et *Xochimanga*, pour diminuer les volumes transitant par le *Túnel Emisor Poniente* (TEP) et augmenter sa capacité de **80 à 120 m³/s**. Sa première étape consiste en un tunnel de 6km de long pour 7 m de diamètre à une profondeur entre 12 et 110 m.

Figure 25. Connexion du TEP II au Río San Javier (TEP II).



Túnel Canal General.

Parallèle au *Canal General*. Avec ses 8 km de long pour 5 m de diamètre, il est voué à augmenter la capacité d'évacuation conjointe (de **20 m³/s**) lors de la saison des pluies et récupérer les flux habituels en période d'étiage pour permettre le nettoyage et l'entretien du canal.

Infrastructure hydraulique à l'Est de la Ville

Túnel Emisor Oriente (TEO) Les 62 km de long, pour 7 mètres de diamètre lui donnent une capacité de 150 m³/s et font de lui **un des plus grands ouvrages de drainage au monde**. Sa mise en œuvre complète (il opère déjà sur une partie) est prévue pour 2019 et permettra de compter sur une sortie supplémentaire, juste à l'arrivée à la STEP Atotonilco et constitue une alternative à l'*Emisor Central*.

Figure 26. Installation du revêtement, Túnel Emisor Oriente.



Túnel Chimalhuacán II

7,7 km de long, 5 m de diamètre pour une capacité de **50 m³/s** pour évacuer les eaux usées et pluviales de la Commune du même nom.

Túnel Churubusco – Xochiaca

13,09 km, 5 m de large, 7 regards et 9 captages, pour intercepter et injecter jusqu'à **58 m³/s** au *Túnel Emisor Oriente*.

Túnel Dren General del Valle (Río de la Compañía)

Suite à la perte de la pente du *Dren General del Valle - Río de la Compañía* et afin de réduire le risque d'inondation sur les communes de Ixtapaluca, Los Reyes La Paz, Chimalhuacán, Nezahualcóyotl e Ecatepec, il parcourra 29,20 km, pour 5 à 7 m de diamètre et une capacité maximale de **168 m³/s**.

Figure 27. Ouvrages en cours de construction, Système Hydrologique



An aerial photograph of an industrial plant, likely a refinery or chemical processing facility. The image shows several large, circular storage tanks or processing units arranged in a curved pattern. The tanks are surrounded by a network of pipes, walkways, and structural steel. The ground is a mix of concrete and asphalt. The overall scene is a complex industrial environment.

5. PROTOCOLE D'OPÉRATION

5.1. Description du protocole d'Opération Conjointe

Ce "Protocole d'Opération Conjointe pour face aux phénomènes Hydrométéorologiques dans la Zone Métropolitaine" engage:

- Le gouvernement de la Ville de México, à travers le SACMEX
- Le gouvernement de l'Etat de Mexico à travers la CAEM
- La Commission Nationale de l'Eau à travers l'OCAVM.

Avec ce protocole, les trois niveaux d'acteurs s'unissent pour trouver les meilleurs mécanismes d'opération du SHVM.

Son objectif principal est d'éviter la saturation du système et utiliser de manière efficace la capacité maximale de régulation et d'évacuation des eaux pluviales en saison des pluies. Pour ce faire, 26 structures ont été identifiées sur trois zones pour être opérées selon des règles établies.

Zone Ouest

La Zone Ouest comprend les structures suivantes (Fig. 1):

1. Vannes du Vaso de Cristo vers le río de los Remedios.
2. Station de pompage Río Hondo.
3. Vannes du tunnel semi-profond Río San Javier au niveau de l' Interceptor Centro Poniente.
4. Emisor Poniente.
5. Vannes sur le Río de los Remedios vers le Vaso Fresnos.
6. Vannes sur le Río de los Remedios vers le Vaso Carretas.
7. Vannes de captage des Ríos de los Remedios y Tlalnepantla vers l' Interceptor Central.
8. Vannes du système de barrages de l'Est

9. Vannes de la dérivative San Andrés vers le Río Tlalnepantla.

Figure 1. Structures qui composent la zone Est du Protocole d'opération.



Cette zone récupère les écoulements des ríos de l'Est de la zone métropolitaine qui sont des sous-bassin de réponse rapide avec des temps de concentration d'une quinzaine de minutes. La réponse efficace et la gestion et le contrôle rapide de ces écoulements consiste à les capter vers le système de retenues de régulation, l'Interceptor Poniente, les barrages El Cristo, Fresnos et Carretas, et le Túnel Emisor Poniente I.

Zone du Dren General

Cette zone est celle où convergent et se régulent les eaux usées et les écoulements des ríos de l'Est de la Zone métropolitaine et de la CDMX. Elle se caractérise par des temps de concentration beaucoup plus longs qu'à l'est en raison de la topographie plus plane, mais avec des volumes beaucoup plus importants à gérer.

Elle comprend les structures suivantes (Fig. 2) :

10. Station de pompage Churubusco Lago et vannes de captage du Río Churubusco vers l'Interceptor Oriente Sur (P.B. Zaragoza).
11. Vannes d'évacuation sud de la Laguna de Regulación Horaria.
12. Station de pompage Casa Colorada Superficial.
13. Station de pompage Casa Colorada Profunda.
14. Station de pompage du Dren General.
15. Vannes d'évacuation de la Laguna Casa Colorada vers le Dren General.
16. Vannes de transfert de la Laguna Casa Colorada au lac Texcoco.
17. Vannes de transfert de la Laguna Casa Colorada vers le Túnel Interceptor Río de los Remedios.
18. Station de pompage Canal de Sales (Cárcamos 1, 2 y 3)
19. Túnel Interceptor Río de los Remedios
20. Système Río de la Compañía (tunnel).
21. Système Río de la Compañía (réservoir d'étiage).

Figure 2. Structures qui composent la zone Dren General du Protocole d'opération.



Zone Gran Canal

Elle se situe au nord et mène les eaux résiduelles et pluviales vers la sortie du bassin dans l'Etat de Hidalgo.

Elle comprend les structures suivantes:

22. Vannes de la prise du Gran Canal (El Coyol).
23. Station de pompage Gran Canal km. 11+600.
24. Station de pompage Gran Canal km. 18+500.
25. Station de pompage El Caracol.
26. Túnel Emisor Oriente.

Figure 3. Structures qui composent la zone Gran Canal du Protocole d'opération.



Elle comprend donc le *Gran Canal del Desagüe*, le bassin de régulation *El Caracol*, et le *Túnel Emisor Oriente*; qui est chargé de transporter les eaux usées vers la STEP Atotonilco.

Un autre outil indispensable pour la vigilance et l'opération efficace du système de drainage est le réseau pluviométrique de SACMEX qui comprend 78 stations, dont 29 ont été identifiées comme référence pour le calcul de la "Moyenne protocole", qui est l'indicateur utilisé pour l'application du protocole (fig. 4).

Trois critères ont été définis pour sa mise en œuvre, et incluent des étapes, ou "Conditions du système" qui définissent les règles d'opération dans chaque cas de figure:

Condition 1

Sans pluie ou pluie légère

Ce sont les jours de temps sec.

Condition 2

Pluie Importante

Cette condition est appliquée quand:

- 1) La moyenne de précipitation relevée dans les 29 stations pluviométriques (moyenne protocole) est supérieure à égale à 8 mm accumulés lors des 6 dernières heures
- 2) Le drainage profond présente les caractéristiques suivantes:
 - a) Le Regard "0" de l'Emisor Central présente un niveau de 6.50m
 - b) Et en même temps les niveaux suivants :
 - Supérieur ou égal à 5.0 m au Regard 6 de l'Interceptor Central.
 - Supérieur ou égal à 5.0 m au Regard 8 de l'Interceptor Oriente.

- Supérieur ou égal à 5.0 m au Regard 6 de l'Interceptor Oriente Sur.
- Supérieur ou égal à 4.0 m au Regard 5 de l'Interceptor Centro – Poniente.

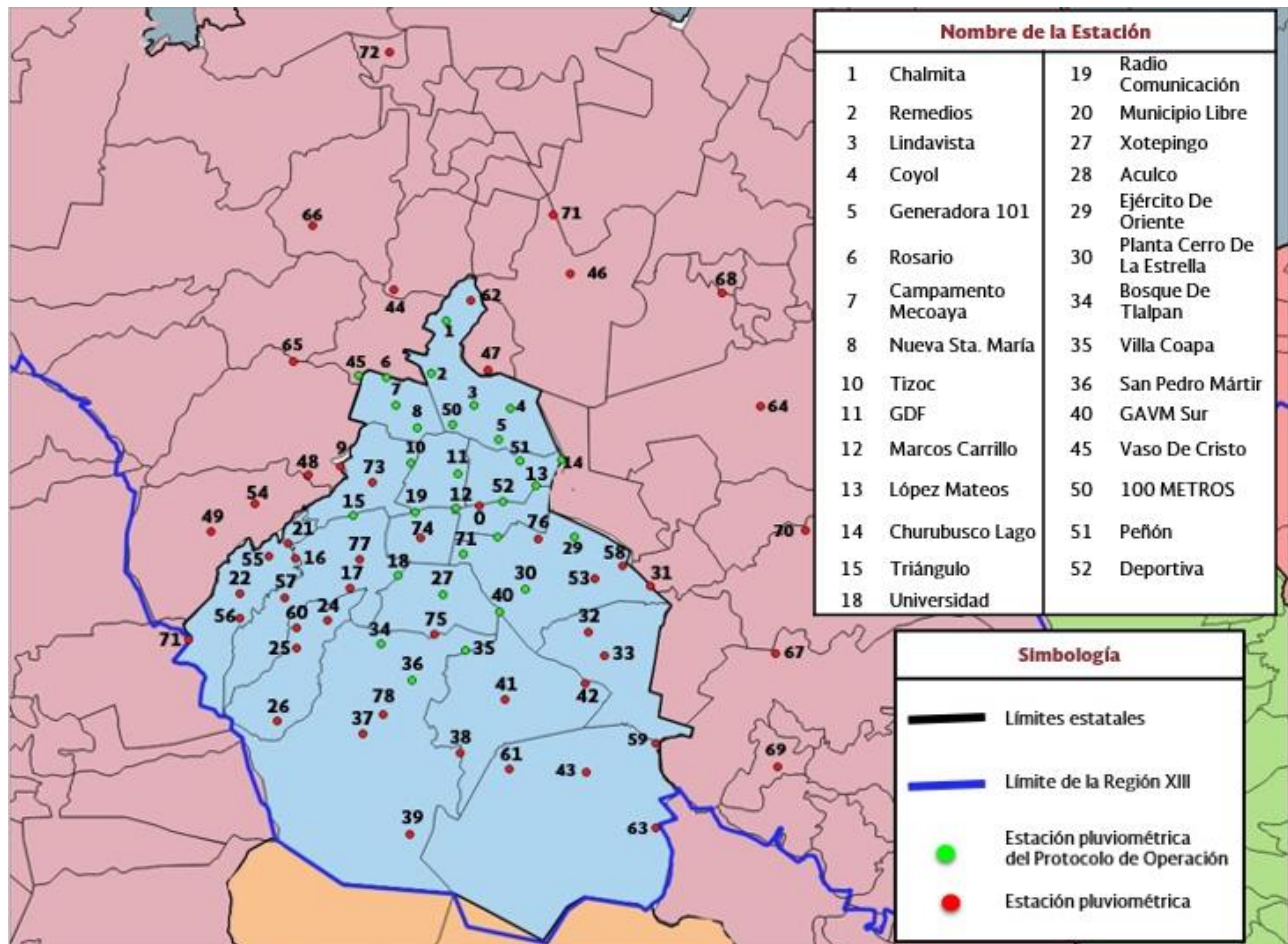
Condition 3

Vidange du système

A la fin de l'évènement pluvieux ou quand s'allège la précipitation, que les niveaux du drainage profond redescendent et que les niveaux dans les regards mentionnés à la Condition 2 soient inférieurs à 8 m.

Ces trois conditions dépendant du calcul de la moyenne de la pluviométrie et des niveaux du drainage profond, les 3 acteurs sont responsables du contrôle et du suivi des pluies, ainsi que de réaliser les analyses et calculs nécessaires pour la prise de décision et l'application du protocole.

Fig. 4. Réseau pluviométrique opéré par SACMEX; En vert, les stations utilisées pour le calcul de la "moyenne protocole"



En cas de pronostic météorologique prévoyant des pluies sévères, la Coordination Générale du Service Météorologique National émet un rapport et une alerte au moins 3 heures avant l'évènement. Des vérifications sont alors effectuées pour s'assurer que les ouvrages de régulation sont vides ou en cours de vidage pour qu'au moment de la pluie (au cas où s'active le protocole) l'infrastructure se trouve en capacité de réguler la lame.

5.2 Mise en oeuvre du protocole

La mise en oeuvre du protocole se fait lors de la saison des pluies, qui elle-même fait l'objet d'une inauguration officielle par le président de la République et le Directeur Général de CONAGUA.

Elle commence officiellement le 15 mai et termine le 30 novembre. En amont, en interne à CONAGUA, des vidéoconférences sont organisées au niveau national pour régler les détails en fonction des prévisions (notamment le nombre d'ouragans prévus sur les deux côtes et leur répartition)

Avec la saison des pluies et en marge du protocole est mis en place un Centre de Contrôle Unique dans les locaux de SACMEX où des opérateurs des trois institutions sont présents 24 heures sur 24. Ils sont chargés de suivre l'évolution du pronostic météorologique et des précipitations, et faciliter la coordination des actions de prévention, mitigation et réaction aux évènements extrêmes. Ils communiquent directement entre eux et avec leurs supérieurs.

Le Centre de Contrôle permet également d'assurer le suivi de la "Moyenne protocole" et y associer la prise de décision correspondante. Chaque acteur peut compter sur un ensemble d'opérateurs en son sein qui participent à la vigilance et au système d'alerte. Par exemple, la personne (parfois externe à l'institution) en charge de communiquer les niveaux à certains points permet également signaler toute anomalie comme la présence d'embâcles et disposer d'yeux et de bras sur le terrain.

Figure 5. Extrait du protocole et de ses conditions d'application pluviométrique opéré par les acteurs

Estructura	Dependencia responsable	Condición 1 (sin lluvia o lluvia Ligera)	Condición 2 (con lluvia importante)	Condición 3 (vaciado del sistema)
ZONA PONIENTE				
1. Compuertas sobre el río de Los Remedios: Vaso Cristo, Vaso Fresnos, Vaso Carretas	Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México	Abiertas	1.1 Vaso de Cristo: la descarga al río de los Remedios se cierra parcialmente dejando una abertura de 0.25 m, para un gasto de 5.00 m ³ /s y un bordo libre en este tramo del río de los Remedios de 3.00 m, y se cierra totalmente cuando los Vasos Fresnos y Carretas alcancen un bordo libre de 0.50 m. 1.2 Vaso Fresnos. La compuerta sobre el río de Los Remedios se cierra totalmente. 1.3 Vaso Carretas. La compuerta sobre el río de	Apertura secuencial de las compuertas de los Vasos: 1.- Carretas 2.- Fresnos 3.- Cristo Cuando se abra la Captación del río de Los Remedios al Interceptor Central

Página 20 de 32

Une fois prises, les décisions sont communiquées depuis le centre de contrôle aux opérateurs sur le terrain et, dans le cas échéant, aux délégations et aux communes.

Afin de maintenir une communication constante et un niveau d'information égal pour tous, un groupe whatsapp regroupe les différents décideurs et opérateurs. Y sont envoyés les pronostics, les principaux relevés et les actions mises en oeuvre dans le cadre de l'opération du système.

Pour se faire une idée de la fréquence de l'activation du protocole et de ses effets, le tableau ci-après détaille ses activations pour l'année 2017. On y remarquera qu'il a été activé 19 fois, dont 11 en raison de pluies importantes, 4 en raison des niveaux élevés du drainage profond, et 4 cumulant les deux conditions.

On observera également qu'à quatre reprises il a été activé plusieurs jours de suite; du 27 au 29 juin (3 jours), du 8 au 11 juillet (4 jours), les 17 et 18 juillet (2 jours) et du 29 au 31 août. L'application du protocole durant plusieurs jours consécutifs est un défi pour la coordination en raison de la quantité de pluie accumulée et des volumes à évacuer sans répit

Un exemple frappant est celui des pluies du 29, 30 et 31 août 2017 où ont été enregistrés une moyenne de 50 mm de précipitations accumulées au nord et à l'Est de la ville, et entre 113 et 150 mm dans certaines zones de la ville. Selon les estimations, ces précipitations se sont traduites par une gestion de 118 millions de mètres cubes d'eau (Fig. 5).

Tableau 1. Activations du protocole en 2017.

Aplicación de Protocolo de Operación Conjunta 2017				
No.	Fecha	Motivo	Promedio Protocolo	Duración de Protocolo
1	25/05/2017	Lluvia Importante	8.48	1hr 25min
2	07/06/2017	Niveles altos en lumbreras del Drenaje Profundo	7.74	1hr 45 min
3	14/06/2017	Niveles altos en lumbreras del Drenaje Profundo	7.11	3 hrs
4	27/06/2017	Lluvia Importante	8.34	4 hrs
5	28/06/2017	Lluvia Importante	8.35	4hrs 10 min
6	29/06/2017	Lluvia Importante	8.75	2 hrs
7	02/07/2017	Lluvia importante y niveles altos en lumbreras del Drenaje Profundo	7.95	1hr 30min
8	08/07/2017	Lluvia importante	9.27	2hrs 30min
9	09/07/2017	Lluvia importante y niveles altos en lumbreras del Drenaje Profundo	6.15	1hr 30min
10	10/07/2017	Lluvia importante y niveles altos en lumbreras del Drenaje Profundo	5.67	1hr 35min
11	11/07/2017	Lluvia importante	8.64	5 hrs
12	17/08/2017	Niveles altos en lumbreras del Drenaje Profundo	7.80	2hrs 30min
13	18/08/2017	Lluvia importante	8.81	4 hrs
14	29/08/2017	Niveles altos en lumbreras del Drenaje Profundo	6.92	5hrs 30min
15	30/08/2017	Lluvia Importante	10.90	6hrs 20min
16	31/08/2017	Lluvia importante y niveles altos en lumbreras del Drenaje Profundo	9.56	5hrs 25min
17	05/09/2017	Lluvia Importante	8.19	5hrs 05min
18	17/09/2017	Lluvia importante	10.34	4hrs
19	01/10/2017	Lluvia importante	8.75	3hrs 45min

Ces pluies ont entraîné la fermeture temporaire de l'aéroport International de la Ville de México, le débordement des ouvrages de régulation, des dommages importants sur l'infrastructure hydraulique et de nombreuses inondations de voies, habitations et commerces (Fig. 6) Ces événements et leurs conséquences coûteuses et dangereuses démontrent toute l'importance du travail conjoint des institutions et mettent en lumière le travail accompli, mais aussi le chemin qu'il reste à parcourir.

Figure 6. Cartes des pluies accumulées et du volume correspondant lors de l'évènement pluvieux du 29-31 aout 2017.

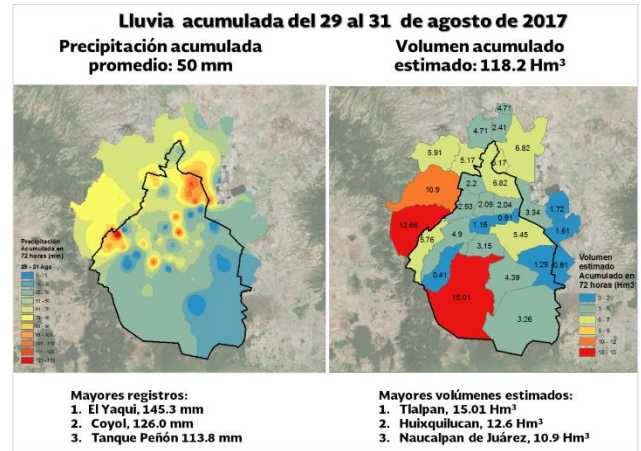


Figure 7 Impacts et dégâts provoqués par les pluies du 29-31 aout 2017.





6. TECHNOLOGIES APPLIQUÉES POUR LA VIGILANCE ET LE SUIVI DU SYSTÈME

6.1. Infrastructure et réseaux de monitoring

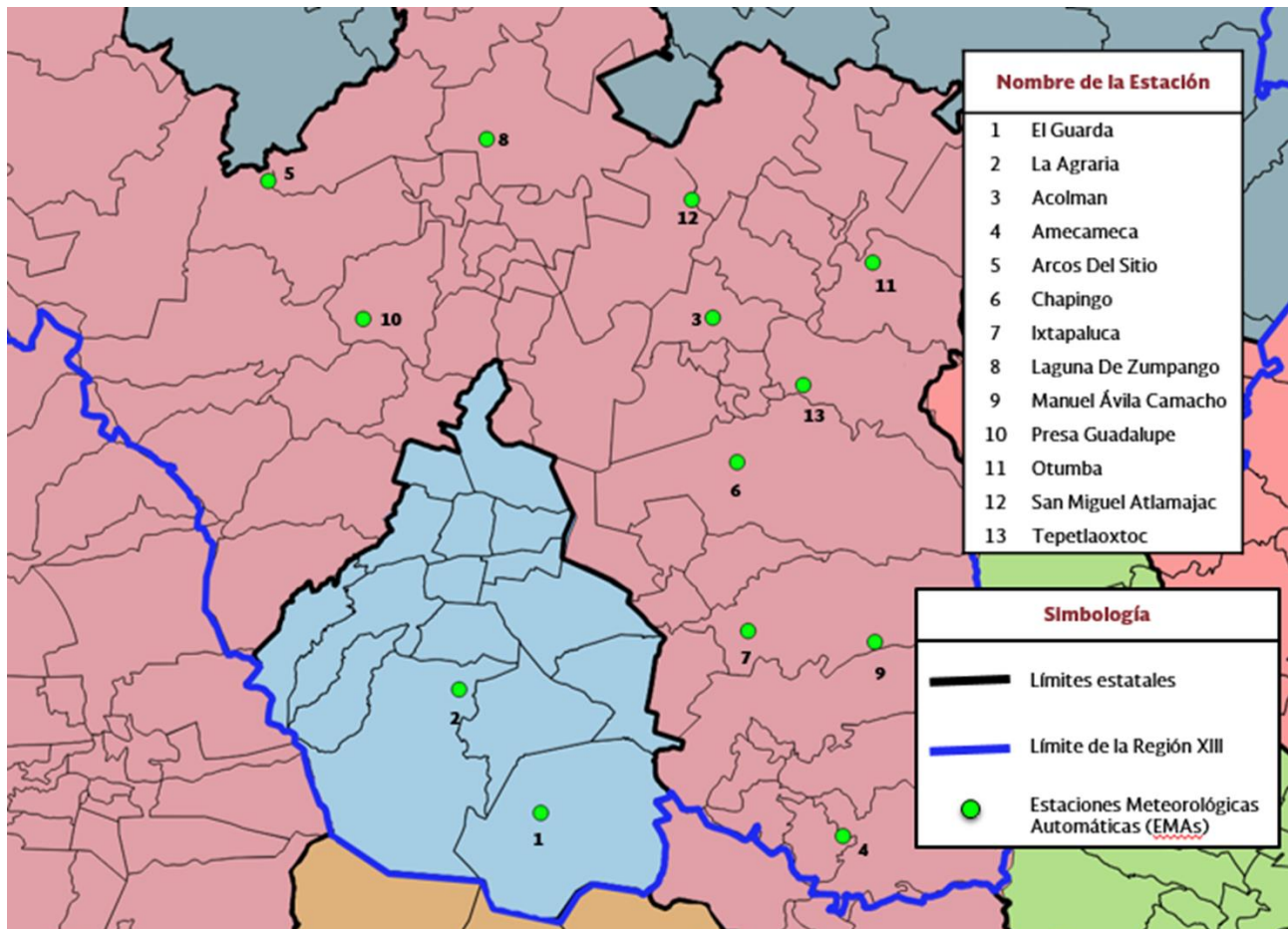
Le Service Météorologique National est un organisme dépendant de la CONAGUA et est chargé de fournir les informations météorologiques pertinentes pour prévoir et réduire les effets des perturbations atmosphériques à l'échelle nationale et locale. Il compte pour ceci sur un réseau de stations Météorologiques Automatiques, radars, stations climatologiques et stations hydrométriques.

Stations météorologiques Automatiques (EMAs)

34 EMAs sont installées dans les Etats de Hidalgo, México, Taxcala et Michoacán et dans la Ville de Mexico (Fig. 1). Elles permettent de récupérer des informations sur les variables météorologiques (vent, température, humidité, pression atmosphérique, précipitations et radiation). Les données sont prélevées toutes les 10 minutes, compilées dans un fichier chaque 1 à 3 heures envoyé par voie satellitaire à un centre d'information.

L'information produite par les EMAs est utilisée pour caractériser et surveiller les précipitations du Valle de Mexico et ainsi pouvoir mettre en place des actions préventives et à plus court terme en réponse aux phénomènes météorologiques et à leurs effets. Compilées et analysées, elles permettent de comprendre les tendances climatiques et leurs variations dans la zone.

Figure 1. Réseau de Stations Météorologiques opérées par l'OCAVM



Le Réseau National de Radars Météorologiques (RNRM).

Il est composé de 13 radars distribués sur le territoire national. (Fig. 2).

Figure 2. Radars Météorologiques



Les radars permettent de localiser les précipitations calculer leur trajectoire et les classifier. Il est également possible d'analyser la structure de l'évènement extrême (volume, densité et altitude des nuages, ainsi que leur déplacement) et leur trajectoire.

Tous les radars sont sécurisés par un système autonome d'électricité, de protection contre les incendies et un système de télécommunication avec un centre de données situé dans les locaux du SMN où les données sont analysées, valorisées et stockées.

Stations Climatologiques

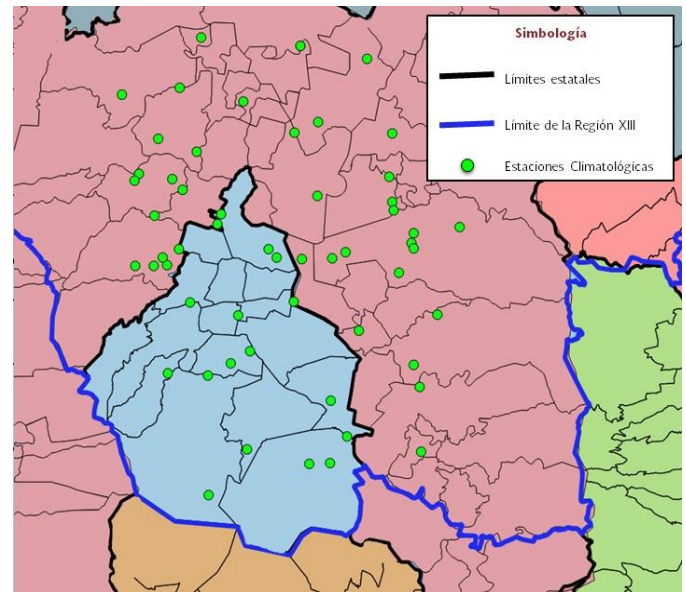
L'information Climatologique nationale est actualisée par les organismes de bassin et les directions locales de CONAGUA, ce qui représente quelques 55 millions d'enregistrements quotidiens des niveaux de pluie et des maximales et minimales de température ainsi que l'évaporation reportés par 5500 stations climatologiques réparties sur tout le territoire national.

Pour le Valle de México, ce sont 115 stations Climatologiques (Fig 3) qui permettent de récolter les données , dont 63 dans l'Etat de México, 13 dans la CDMX, 8 dans l'Etat de Morelos, 6 à

Tlaxacala, 3 dans l'Etat de Guerrero, 3 dans celui de Puebla et 1 dans l'Etat de Veracruz. Des opérateurs se chargent quotidiennement du relevé et de l'envoi de ces données.

Au bout de 10 ans d'information produite par la station, celle-ci est analysée pour calculer les normales climatiques, les valeurs extrêmes et les statistiques mensuelles.

Fig. 3. Réseau de stations climatologiques opérées par l'OCAVM dans le Valle de México.

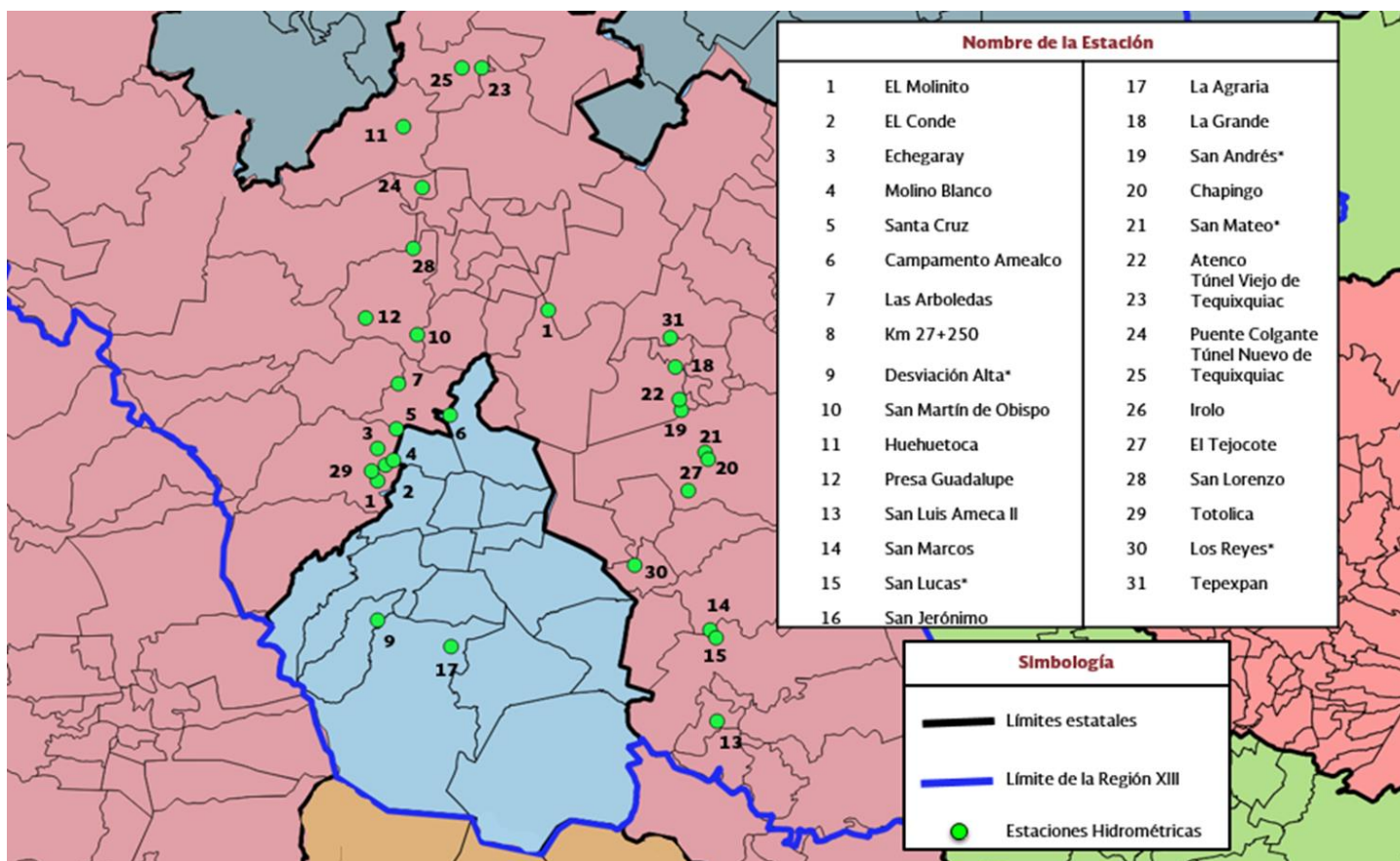


Stations Hydrométriques

Ce réseau est très important pour la connaissance et la bonne gestion de l'Eau. Cette information est compilée par la CONAGUA à travers l'Institut Mexicain de la Technologie de l'Eau (IMTA) et actualise la Banque Nationale de Données sur les Eaux Superficielles (BANDAS). Le réseau de station enregistre le niveau dans les cours d'eau (échelle) et la quantité d'eau (débit), à une heure donnée.

Ce sont quelques 2070 stations qui enregistrent les données des grands cours d'eau sur le territoire, ainsi que de 180 barrages. L'OCAVM a sous sa responsabilité 31 d'entre elles (Fig. 4)

Figure 4. Réseau des stations Hydrométriques gérées par l'OCAVM.



6.2. Surveillance globale

Comme évoqué précédemment au Chapitre 4 le système de Drainage de la ZMVM est un système complexe visant à évacuer les eaux usées et pluviales d'une immense cuvette imperméable, avec peu de pentes, et ce à travers 4, bientôt 5, sorties artificielles. Il se divise donc en trois niveaux, de plus en plus profonds: Réseau primaire, Réseau secondaire, et sorties artificielles.

Le premier objectif de la vigilance globale du système est de garantir les conditions optimales du fonctionnement du système Hydrologique de la Ville de Mexico. SACMEX met en œuvre pour ce faire le "Programme Préventif Annuel de Nettoyage et désensablement de l'Infrastructure Hydraulique" en coordination avec les 16 délégations de la Ville de Mexico. De même, CAEM et l'OCAVM comptent chacun sur un programme d'entretien de leur infrastructure. Malheureusement, les budgets limités ne

permettent pas toujours de les mettre en œuvre et l'opération du système devient une opération de Haute Voltige, avec de nombreux paramètres d'incertitude.

D'autre part, Le Protocole d'Opération Conjointe décrit au Chapitre précédent rend indispensable in certain norme de mesures en temps réel dans le système. Si SACMEX détient le centre d'information le plus avancé avec une partie du réseau de mesure à distance et automatisé, les autres acteurs s'appuient sur des opérateurs sur le terrain qui relèvent les niveaux et envoient l'information par téléphone ou par radio. Même dans le cas de la mesure automatisée par SACMEX, les quantités considérables de sédiments et de déchets solides charriés par les eaux ne permettent pas de compter sur une exactitude acceptable de la donnée.

Le Centre d'Information de l'OCAVM

Un des outils fondamentaux pour la prise de décision dans la gestion du système de drainage est le Centre d'Information de l'OCAVM.

Figure 5. Schéma de fonctionnement du Centre d'Information de l'OCAVM



L'OCAVM, comme évoqué ci-dessus, collecte des données climatologiques et hydrologiques dans le bassin du Valle de México et surveille constamment les flux et les niveaux transitant pas le système de drainage à sa charge. Cette information est envoyée, stockée et traitée au Centre d'Information dont le fonctionnement est illustré par la figure 5.

Toutes les données envoyées par les différents acteurs est envoyée par différents moyens (tableau Excel, feuille volante, téléphone, radio...) et est validée et traitée par des agents dans le Centre d'Information. Des rapports et notes Informatives sont alors générés et envoyés aux acteurs en charge du système de drainage. Cette mesure permet de mieux coordonner la prise de décision commune et constitue une base pour mettre en place des actions coordonnées et opportunes pour améliorer la gestion des flux et prévenir les inondations, ainsi que pour l'intervention en cas d'urgence.

Le Système de vigilance des pluies (Sistema de Lluvias)

Afin de renforcer le Centre d'Information, un système de collecte et de partage de l'information météorologique et des mesures de niveaux et de flux dans l'infrastructure de drainage formant partie du protocole d'information.

Son fonctionnement (fig. 6) commence au début de l'épisode pluvieux sur la ZMVM Ciudad de México. Les volumes et niveaux dans les canaux, tunnels et regards sont ensuite surveillés via :

- Le réseau pluviométrique de SACMEX
- Le Réseau de Disdromètres de l'Observatoire Hydrologique de l'Institut d'Ingénierie de l'UNAM
- Le réseau EMAS de l'OCAVM
- les autres instruments de mesure dans l'infrastructure même.

Figure 6. Schéma du "Sistema de Lluvias"



Cette information est envoyée selon les cas par radio, téléphone, SMS ou mail et est traitée et analysée dans la plateforme pluviale de l'OCAVM où elle est consultable.

Ces données et leur analyse sont mis à disposition des autorités en charge des organismes et dépendances impliquées dans le Système de Drainage. Parmi ces analyses figurent le suivi des événements pluvieux et le rapport sur les moyennes entrant dans le protocole d'Opération

Conjointe. Le premier vise à mettre en place des alertes spécifiques au moment où un niveau déterminé est atteint par un des instruments de mesure. Le second permet de calculer si le protocole est activé ou non.

Ces différents systèmes d'information, décrits ici en théorie et dans une partie de leur pratique, rencontrent de nombreux obstacles parmi lesquels

la rétention d'information de la part de certains acteurs, voire la réticence les contrats non renouvelés avec les prestataires, le manque de rigueur dans les relevés et dans l'intégration des données dans le système.

An aerial photograph of a rural landscape at sunset. The scene is dominated by a winding river that reflects the warm, golden light of the setting sun. The river flows through a lush green valley, bordered by dense rows of tall, thin trees, possibly eucalyptus, which are planted in neat, rectangular plots. In the foreground, a grassy hillside slopes down towards the river, with a few small, simple structures scattered across it. The middle ground shows a cluster of buildings, including a prominent yellow structure, surrounded by more trees and fields. In the background, a range of low mountains or hills stretches across the horizon under a sky filled with soft, wispy clouds. The overall atmosphere is peaceful and scenic, capturing the beauty of a rural environment during the 'golden hour' of sunset.

7. PERSPECTIVES

7.1. Actions et programmes d'appui au secteur

L'une des responsabilités fondamentales de l'administration publique est de mettre en œuvre et de réglementer les ressources publiques afin de répondre aux besoins de la population, pour améliorer leur qualité de vie et participer au développement socioéconomique du pays. Par conséquent, le gouvernement fédéral, par l'intermédiaire de la CONAGUA, encourage et appuie l'extension de la couverture des services d'eau potable, et d'assainissement au niveau national, en coordination avec les gouvernements des États et des municipalités.

L'extension de ces services est encouragée par le biais de la Sous-direction Générale de l'Eau Potable, du Drainage et de l'Assainissement, qui réglemente au niveau national l'exécution des programmes relevant de sa compétence. Ces programmes sont transformés en propositions pour soutenir des projets exécutés avec des horizons temporels différents.

CONAGUA met en œuvre des programmes fédéraux visant à réduire le manque de services d'eau potable, d'assainissement et d'assainissement, facteurs liés à la pauvreté, en renforçant et en élargissant la couverture de ces services.

Programme Eau Potable, Drainage et Traitement (PROAGUA)

Ce programme a pour but d'aider les organismes opérateurs des municipalités et des entités fédérales à renforcer et à élargir la couverture des services d'eau potable et d'assainissement, au profit de la population n'ayant peu ou pas accès aux services de base via: d'appui financier et technique aux États, aux municipalités et à leurs Organismes Opérateurs s'ils existent.

Il comporte trois sections:

Section urbaine: destinée aux municipalités de plus de 2 500 habitants et destinée à construire, développer et réhabiliter les infrastructures, ainsi qu'à soutenir la durabilité

opérationnelle et financière de ses opérateurs de distribution d'eau.

Section rurale: destinée aux municipalités de moins de 2 500 habitants et destinée à construire, améliorer et développer les infrastructures afin de combler les lacunes des services d'eau potable.

Section "Eau Propre": Encourage et soutient le développement d'actions permettant d'élargir la couverture en eau de qualité à des fins d'utilisation et de consommation humaines.

Programme pour le Développement Intégré des Organismes Opérateurs d'Eau et d'Assainissement (PRODI)

L'objectif de ce programme est d'améliorer la qualité des services d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement dans des villes comprises entre 50 000 et 900 000 habitants, grâce à la réalisation de projets intégrés à court et moyen termes par les organismes opérateurs afin de renforcer leur viabilité opérationnelle et financière.

Programme de Restitution des Contributions (PRODDER)

Le PRODDER a pour but de soutenir la mise en œuvre d'actions visant à améliorer l'efficacité et l'infrastructure des systèmes d'eau potable et d'assainissement, en allouant des ressources aux fournisseurs des recettes fédérales provenant de la perception des droits d'eau, sur présentation d'un programme d'actions pour l'amélioration de l'efficacité et de l'infrastructure de l'eau potable, des égouts et du traitement des eaux usées.

Les limites de ce programme sont cependant la lenteur du déblocage des fonds et la plupart des organismes participants ne reçoivent jamais les fonds à la hauteur de leur participation.

Programme Fédéral d'Assainissement des Eaux Résiduelles (PROSANEAR)

L'objectif du programme est l'allocation de ressources fédérales provenant du paiement des droits de rejets. Ces ressources seront allouées, sur demande, aux contribuables municipaux, qui peuvent demander à CONAGUA l'autorisation

d'exécuter un programme d'actions en matière d'assainissement et de traitement des eaux usées, afin d'améliorer la qualité desdites eaux, soit par des changements dans les processus productifs ou par la dotation en infrastructures pour le traitement des eaux usées.

Programme pour la Modernisation des Organismes Opérateurs (PROMAGUA)

Son objectif est d'aider les Organismes opérateurs desservant des localités de plus de 50 000 habitants ou desservies par des organismes intercommunaux, en améliorant leur efficacité et en augmentant la couverture et la qualité des services, avec la participation de capitaux privés en complément des ressources non récupérables accordées par le programme.

Ce programme vise à être une source supplémentaire de ressources, conditionnée par un plan de changement structurel, pour encourager la consolidation des OO, améliorer leur efficacité technique et commerciale, faciliter l'accès aux technologies de pointe, à promouvoir l'autosuffisance et favoriser la protection de l'environnement avec des projets d'assainissement, de préférence liés à la réutilisation des eaux usées.

Figure 1. Campagne de promotion des programmes fédéraux



Fideicomiso 1928

Le Fideicomiso 1928 a été créé le 27 février 1997. Il est dédié au financement de projets et ouvrages hydraulique indispensables pour répondre aux besoins en eau potable et assainissement des eaux usées et pluviales de la ZMVM. Il permet également de financer des mesures de protection des aquifères et des mesures de promotion de la Culture de l'Eau.

Les fonds sont administrés par un Comité Technique présidé par CONAGUA et constitué par deux représentants de la Ville de México, deux de l'Etat de México, deux du ministère des finances, et deux de CONAGUA. En plus de ces membres qui ont voix et vote, il compte également un représentant du Fonds National des travaux et Services Publics, avec voix mais sans vote.

7.2. Actions et politiques de réduction des impacts du changement climatique.

En 2013, dans son cinquième rapport d'évaluation, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a conclu que le réchauffement de la planète était sans équivoque. Ce rapport indique que des phénomènes tels que le réchauffement de l'atmosphère et des océans, la réduction des zones recouvertes de glace et de neige et l'élévation du niveau de la mer, observés depuis les années 1950 sont sans précédent. Selon le rapport, leur cause principale est liée aux activités humaines.

Une étude récente de l'Université Métropolitaine de México¹ s'est penchée sur les impacts du changement climatique pour le Valle de México. Les scénarios prévus pour le bassin du Valle de México, basés sur les résultats de 8 modèles climatiques régionaux prenant en considération deux trajectoires de concentration de GES de 4,5 et 8,5, mettent en évidence la grande vulnérabilité de la zone. A court terme (2015-2039), la

¹ Sosa-Rodríguez, F.S. (2019). Capítulo 7. Los efectos del cambio climático en la disponibilidad del agua en la Cuenca del Valle de México. En: Sosa-Rodríguez, F.S.; Vázquez-Arenas, J. (Coord.). "Debates sobre el cambio climático, y los retos de mitigación y adaptación para México". UAM, México.

température moyenne annuelle devrait augmenter jusqu'à 2,4 degrés, et les précipitations devraient diminuer de 16,4%. A moyen terme (2045-2069), ces chiffres pourraient atteindre jusqu'à 4,4 degrés et une baisse de 21,%. Enfin, à long terme (2055-2099) l'augmentation de la température pourrait atteindre jusqu'à 6,6 degrés et la baisse des précipitations jusqu'à 25,7%, dans un contexte rappelons-nous de stress hydrique déjà à l'heure actuelle. Ces variations viendraient donc empirer la situation de la faible disponibilité de l'eau dans le bassin, puisqu'elles affecteraient sérieusement le cycle de l'Eau dans la région.

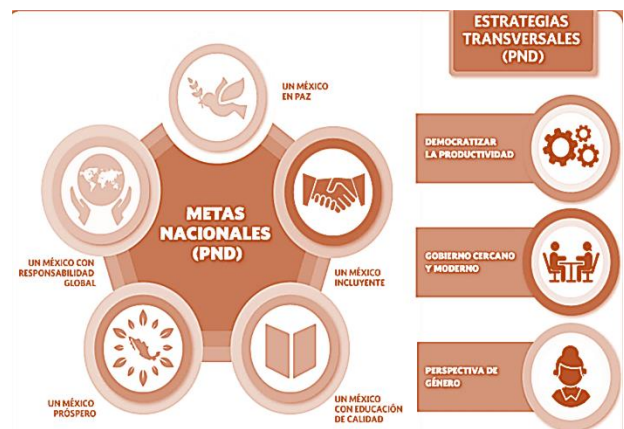
On estime que le volume disponible d'eau dans le bassin pourrait diminuer de 42% d'ici 2100 par rapport à aujourd'hui, ce qui aurait un impact dramatique sur les diverses activités économiques et sur l'approvisionnement en eau de la Zone Métropolitaine. Ceci met en relief l'urgence de la nécessité de penser à de nouveaux critères de répartition de la ressource pour éviter de potentiels conflits générés par une baisse des volumes disponibles et, dans une certaine mesure, de leur qualité. A ce jour, il existe déjà des preuves scientifiques d'une augmentation de la température moyenne dans la région. Aussi, si la pluviométrie moyenne ne semble pas encore affectée, la saison des pluies commence de plus en plus tard, ce qui a déjà eu des conséquences néfastes pour certains secteurs économiques, et en particuliers ceux du secteur primaire. Alors qu'elle durait habituellement quatre mois, la saison des pluies se réduit maintenant à trois mois, entraînant ainsi une augmentation du risque d'inondation dans la région, confrontée à des tempêtes de plus en plus sévères.

Les effets combinés du changement climatique, de la croissance démographique, de la migration, du développement des infrastructures et d'une utilisation frénétique des terres représentent des défis jamais vus auparavant par la société; les populations sont exposées à des conditions dangereuses et à des endroits où la vulnérabilité augmente. Malgré tout, il est nécessaire de pouvoir anticiper le climat futur avec un degré de confiance raisonnable pour s'adapter.

Pour relever ce défi et agir avec une responsabilité globale devant ses engagements vis-à-vis de la

Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et mettre en œuvre le nouveau cadre réglementaire au niveau national, le gouvernement fédéral mexicain, avec la CONAGUA, a élaboré son dernier Programme National Hydrologique 2014-2018 (PNH) sur la base de stratégies et de lignes d'action visant à assurer la sécurité et la durabilité hydrique au Mexique. Le PNH est à son tour aligné sur le Plan de développement national (PND) 2013-2018² et sur divers programmes sectoriels de l'administration publique fédérale qui eux-mêmes donnent des directions pour l'adaptation au changement Climatique.

Figure 2. Objectifs Nationaux et défis transversaux du PND



Dans le PND 2013-2018, cinq lignes directrices pour le secteur de l'eau au Mexique sont établies:

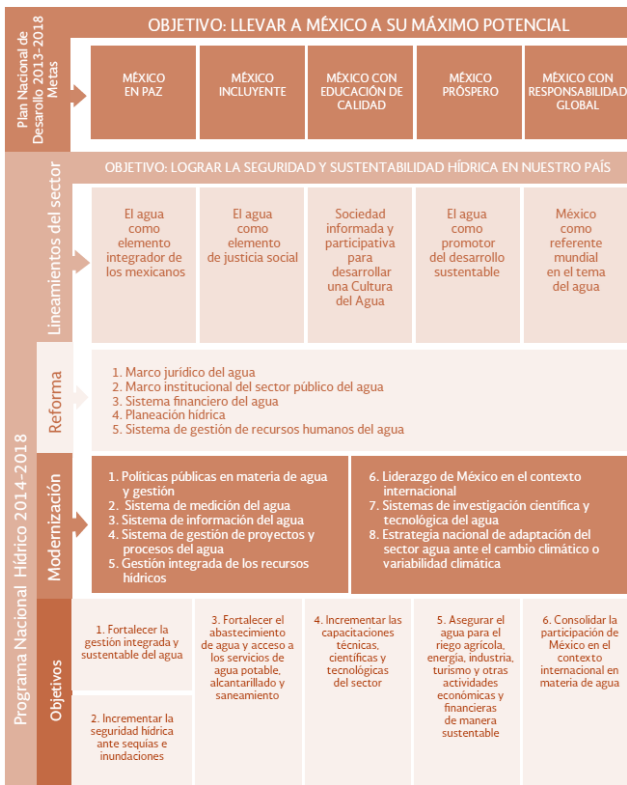
- L'eau en tant qu'élément d'intégration des Mexicains.
- L'eau en tant qu'élément de justice sociale.
- Une société informée et participative pour développer une culture de l'eau.
- L'eau en tant que promoteur du développement durable
- Le Mexique comme leader mondial dans le domaine de l'eau.

Outre les objectifs, stratégies et lignes d'action fixées dans le programme 2013-2018.

² Les Plans Nationaux de Développement sont élaborés et exécutés en parallèle du mandat politique du gouvernement Mexicain. A l'heure où sont rédigées ces lignes, le nouveau PND du nouveau gouvernement n'est pas encore connu.

- Renforcer la gestion intégrée et durable de l'eau.
- Augmenter la sécurité en eau face aux sécheresses et aux inondations.
- Renforcer l'approvisionnement en eau et l'accès aux services d'eau potable et d'assainissement
- Augmenter les capacités techniques, scientifiques et technologiques du secteur.
- Assurer de manière durable l'eau pour l'irrigation agricole, l'énergie, l'industrie, le tourisme et autres activités économiques et financières.
- Consolider la participation du Mexique dans le contexte international de l'eau.
- Augmenter la sécurité hydrique face aux sécheresses et aux inondations.

Figure 3. Alignement du PNH sur le PND



En plus de ces programmes, le pays a voté une loi générale sur le changement climatique (LGCC)

Elle a pour objectif de réglementer, d'encourager et de permettre la mise en œuvre de la politique nationale en matière de changement climatique et intègre des actions d'adaptation et d'atténuation

dans une approche à long terme, systématique, décentralisée, participative et globale.

Le LGCC détermine clairement la portée et le contenu de la politique nationale de lutte contre le changement climatique, définit les obligations des autorités de l'État et des pouvoirs des trois niveaux de gouvernement, et met en place les mécanismes institutionnels nécessaires pour relever ce défi. Selon la loi, la fédération est responsable de la formulation et de la conduite de la politique nationale de lutte contre le changement climatique conformément à des principes clairement définis, parmi lesquels la coresponsabilité sociale.

Afin d'atteindre une coordination efficace des différents niveaux de gouvernement et à un accord entre les secteurs public, privé et social, le LGCC prévoit l'intégration du Système National de Changement Climatique (SINACC). Ce système doit promouvoir les synergies pour faire face ensemble à la vulnérabilité du pays et aux risques liés à ce phénomène et établir des actions prioritaires d'atténuation et d'adaptation.

Le SINACC est composé de la Commission interministérielle sur le changement climatique (CICC); l'Institut national d'écologie et de changement climatique (INECC); le Conseil sur le changement climatique (C3); les entités fédératives; les associations d'autorités municipales; et le Congrès de l'Union.

Figure 4. Cadre Institutionnel du SINACC



CONAGUA a également participé à divers projets (pour n'en citer que deux à suivre) afin de disposer d'outils, de technologies et de connaissances permettant un diagnostic au niveau national, ainsi que de méthodes de prévision à court et moyen termes. Ce type d'information aidera à mettre en œuvre des politiques et des programmes plus adéquats pour la gestion intégrale de l'eau.

Par exemple depuis 2010, la CONAGUA et l'Alliance entre le Fonds Mondial pour la Nature (WWF) et la Fondation Gonzalo Río Arronte, I.A.P. (FGRA) ont déployé des efforts concertés pour établir des réserves d'eau assurant la conservation des principaux écosystèmes du Mexique, ainsi que la disponibilité de la ressource pour les générations présentes et futures. Une étude visant à identifier les bassins hydrologiques du pays disposant d'eau disponible et qui, par leur richesse biologique, leur importance écologique et leur faible pression sur la ressource, disposent de conditions favorables pour la constitution de réserves d'eau garantissant les flux nécessaires à la protection écologique, à travers des actions visant à :

- établir un système national de réserves d'eau;
- démontrer les avantages des réserves d'eau en tant qu'instrument garant de la fonctionnalité du cycle hydrologique et de ses services environnementaux;
- Renforcer les capacités d'application de la norme de débit écologique dans tout le pays.

Un autre exemple est que l'approvisionnement en eau potable et le traitement des eaux usées contribuent également aux émissions de GES. Les entreprises de services d'eau et d'assainissement consomment généralement beaucoup d'énergie, les pertes d'eau augmentant la consommation d'énergie nécessaire à la fourniture du service; alors que les eaux usées non traitées sont une source importante d'émissions directes de méthane et d'oxyde nitreux, accroissant encore l'empreinte carbone du secteur de l'eau.

Rendre les processus et la gestion du secteur plus efficaces, améliorer la technologie et réutiliser l'eau traitée, récupérer l'énergie, les nutriments et d'autres produits à partir des eaux usées sont d'excellentes opportunités pour améliorer le bilan de carbone des entreprises de services d'eau et

d'assainissement, et contribuer ainsi à l'atténuation du changement climatique. Ces mesures offrent la possibilité au secteur de l'eau et de l'assainissement de jouer un rôle de premier plan dans la lutte contre le changement climatique, d'autant plus que ses impacts menacent le secteur de l'eau plus que tout autre secteur.

À cette fin, CONAGUA met en œuvre des technologies dans des entreprises pilotes permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre, telles que des systèmes de réduction des pertes en eau, des pompes à efficacité énergétique, la production de biogaz et la production d'engrais à partir d'eaux usées, par le biais du projet WaCClIM, Opérateurs d'Eau et d'Assainissement Unis pour l'Atténuation du Changement Climatique.

7.3. Mesures incitatives et normes pour la récupération des eaux de pluie

Les zones rurales du Mexique présentent une diversité sociale, culturelle et démographique, aspects à prendre en compte lors de l'installation de systèmes d'approvisionnement en eau potable. De plus, dans ces localités, on observe généralement une forte dispersion de l'habitat, ce qui entraîne une augmentation des coûts d'installation d'un système par apport domiciliaire par rapport à un système de captage communautaire ou de collecte d'eau de pluie. Dans les zones montagneuses, les coûts d'opération peuvent être très élevés car le pompage est indispensable et donc consomme beaucoup d'énergie pour une population aux faibles revenus.

CONAGUA a identifié des alternatives viables, durables à long terme et respectueuses de l'environnement. L'approvisionnement en eau de pluie collectée représente une option dans laquelle l'utilisateur effectue la maintenance du système et ne doit donc plus payer pour le service.

Au Mexique, on estime à 35 779 les localités où il pleut plus de 1 500 mm par an, où des systèmes de collecte des eaux de pluie peuvent être proposés pour fournir les 50 litres requis par

habitant, en tant que fourniture primaire ou complémentaire si inférieur à cette valeur. Pour cette raison, CONAGUA a lancé le Programme National de Collecte des Eaux de Pluie et Eco techniques dans les Zones Rurales (PROCAPTAR), qui allouera des ressources fédérales aux localités répondant aux critères établis.

Comme expliqué précédemment, PROCAPTAR découle de la nécessité de fournir de l'eau à la population rurale du Mexique, confrontées à des difficultés techniques et économiques pour un approvisionnement classique (systèmes de pompage, réseaux de distribution, etc.) comme utilisées dans les zones urbaines. Le programme fournira de l'eau aux personnes qui ne disposent pas du service et qui doivent parcourir de longues distances pour accéder au liquide vital.

Les critères établis pour qu'une localité soit sélectionnée par PROCAPTAR sont les suivants:

- L'emplacement dans les zones rurales du Mexique,
- Des conditions de marginalisation élevée et très élevée
- Des précipitations annuelles égales ou supérieures à 1 500 mm.

Pour ces sites, le soutien du programme peut aller jusqu'à 100% pour l'installation d'un système de collecte d'eau de pluie permettant de fournir de l'eau potable pour le ménage, ce qui permet de fournir au moins 50 litres par personne et par jour, 365 jours de l'année, avec comme prémisses supplémentaires l'installation en parallèle d'un système de traitement des eaux usées au niveau du logement.

Pour mettre en œuvre ce programme, CONAGUA a publié les directives techniques sur la collecte des eaux de pluie, dans le "Manuel d'eau potable, d'assainissement et d'assainissement", livre 7, "Travaux de captages de surface" et dans le livre 31, "Conception des stations de Traitement des eaux usées municipales: zones de développement rural, périurbain et touristique" qui peuvent servir de base à la mise en place de systèmes de captage pluviaux pour les volontaires.

L'eau de pluie doit être une ressource et non une menace. C'est pourquoi CONAGUA met en place

un deuxième programme visant à renforcer l'infrastructure de collecte et de stockage de l'eau de pluie.

Ainsi, le Programme de Prévention contre les Risques Hydrauliques (PRONACCH). a pour objectif de proposer des solutions visant à réduire le risque actuel d'inondations et réduire les dégâts qu'elles provoquent dans les zones urbaines et productives, en mettant autant que possible en œuvre des solutions non structurelles avant les propositions structurelles.

Le programme comprend trois éléments principaux:

- Le suivi, la veille, le pronostic hydrologique et le système d'alerte.
- Des Programmes d'aménagement du territoire, parmi lesquels la délimitation des zones fédérales et l'élaboration de l'Atlas National des risques d'inondation.
- La formulation de politiques d'exploitation des barrages.

Figure 5. Extrait de l'Atlas National des risques d'inondation

