

Revue de l'état des connaissances et des outils disponibles au  
Mexique pour le partage de l'eau lorsque la ressource est  
limitée

par

Élodie ESCORIHUELA

RAPPORT DE PROJET PRÉSENTÉ À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE  
SUPÉRIEURE COMME EXIGENCE PARTIELLE À L'OBTENTION DE LA  
MAÎTRISE EN GÉNIE DE LA CONSTRUCTION, PROFIL PROJETS  
D'INFRASTRUCTURES ET RESSOURCES EN EAU

MONTRÉAL, LE 12 AOÛT 2022

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE  
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC



Élodie Escorihuela, 2022



Cette licence [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) signifie qu'il est permis de diffuser, d'imprimer ou de sauvegarder sur un autre support une partie ou la totalité de cette œuvre à condition de mentionner l'auteur, que ces utilisations soient faites à des fins non commerciales et que le contenu de l'œuvre n'ait pas été modifié.

**PRÉSENTATION DU JURY**

CE RAPPORT DE PROJET A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

Mme Annie Poulin, professeure, directrice de projet  
Génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Mathias Glaus, professeur, membre du jury  
Génie de la construction à l'École de technologie supérieure



## REMERCIEMENTS

Je remercie Annie Poulin, enseignante-chercheuse de l'ÉTS, pour son suivi et ses recommandations tout au long du projet. Je la remercie également pour son soutien dans la réalisation de mon séjour au Mexique. Je tiens à remercier Rabindranath Romero Lopez, enseignant-chercheur de l'Universidad Veracruzana, Mexique, pour m'avoir orientée dans mes recherches et pour son aide dans la préparation de mon arrivée au Mexique, notamment dans la mise en relation avec les différents interlocuteurs rencontrés lors des entretiens. Enfin, je remercie Ximena Anell Parra, étudiante en génie civil à l'Universidad Veracruzana, pour les informations apportées et son accompagnement dans les entretiens.

Je souhaite aussi remercier toutes les personnes au Mexique qui ont accepté de me recevoir dans le cadre de ce projet. Je les remercie pour leur accueil chaleureux et la qualité des échanges. Je remercie particulièrement Aldo Iván Ramírez Orozoc, enseignant-chercheur à l'Institut de Technologie et d'Études Supérieures de Monterrey, Benjamín Jiménez Almaraz, Responsable Adjoint à la Direction de la Coopération Internationale de la Commission Nationale de l'Eau, et Felipe Alan Hernández Salgado, Chef de Projet à cette même direction, pour la planification des entretiens à Monterrey et à la Ville de México.

Enfin, je remercie les membres du comité de suivi Ouranos, Anne Blondlot, Mikael Guillou, Sébastien Ouellet-Proulx et Richard Turcotte, pour leur suivi et leurs recommandations.



## **Revue de l'état des connaissances et des outils disponibles au Mexique pour le partage de l'eau lorsque la ressource est limitée**

Élodie ESCORIHUELA

### **RÉSUMÉ**

Le Mexique comprenant d'importantes disparités climatiques, démographiques et économiques, ce rapport s'appuie sur l'étude de trois entités fédératives : le Nuevo León, le District Fédéral et le Chiapas. Les principaux acteurs de la gestion de l'eau sont la Commission Nationale de l'Eau et ses 13 organismes de bassin, les commissions étatiques de l'eau, les organismes opérateurs municipaux, les conseils de bassin et leurs organes auxiliaires. Le Mexique connaît un contraste climatique très fort entre le Nord/Centre, considérés comme arides ou semi-arides, et le Sud, zone humide. Ceci impacte directement la disponibilité de la ressource. Le pays présente également des problématiques de qualité de l'eau et d'accès aux services d'eau. La Loi des Eaux Nationales et la Loi Fédérale des Droits régissent l'exploitation et la préservation de l'eau. Les outils de planification de la gestion des ressources hydriques sont le Programme National Hydrique, les Programmes Hydriques Régionaux à l'échelle des organismes de bassin, et d'autres plans et programmes à l'échelle étatique. Pour mettre en place des stratégies spécifiques aux problématiques de sécheresse, le gouvernement fédéral a créé le Programme National Contre la Sécheresse et les Programmes des Mesures Préventives et d'Atténuation de la Sécheresse, à l'échelle des conseils de bassin. Le Moniteur de Sécheresse permet de surveiller l'évolution du phénomène et le suivi des politiques d'opération des réservoirs se fait par la collaboration des différents niveaux de gouvernement. Pour faire face aux situations de manque d'eau, les usagers peuvent se transmettre leurs droits et la population s'approvisionne auprès de camions-citernes lors des coupures des services d'eau. La Culture de l'Eau s'implante progressivement dans la société mexicaine, à l'aide de matériel et d'évènements diffusés par les gouvernements. Bien que préjudiciables, les changements climatiques sont actuellement peu pris en compte dans les politiques de gestion de l'eau. Enfin, les entretiens réalisés avec des acteurs du domaine de l'eau ont permis de relever la coresponsabilité des politiques et de la société face aux situations de manque d'eau, ainsi que les solutions envisagées pour augmenter l'offre en eau.



## TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE 1 PRÉSENTATION DES TROIS ENTITÉS FÉDÉRATIVES D'ÉTUDE.....	3
1.1 Méthodologie .....	3
1.2 Description des études de cas .....	3
1.2.1 L'État du Nuevo León .....	3
1.2.2 Le District Fédéral .....	6
1.2.3 L'État du Chiapas .....	8
CHAPITRE 2 PORTRAIT DE L'APPLICATION DE LA GESTION DE L'EAU PAR BASSIN VERSANT AU MEXIQUE.....	11
2.1 Structure organisationnelle : rôles et responsabilités des acteurs .....	11
2.1.1 Les organismes fédéraux.....	11
2.1.1.1 La Commission Nationale de l'Eau .....	11
2.1.1.2 Les Organismes de Bassin .....	17
2.1.2 Les organismes étatiques et municipaux.....	19
2.1.2.1 Les Commissions Étatiques .....	19
2.1.2.2 Les prestataires des services d'eau municipaux.....	20
2.1.3 Les instances de concertation.....	22
2.1.3.1 Les Conseils de Bassin.....	22
2.1.3.2 Les Organes Auxiliaires.....	25
2.2 Disposition de l'eau et ses usages .....	26
2.2.1 La division spatiale de la ressource : bassins et aquifères .....	26
2.2.2 Les usages de l'eau .....	28
CHAPITRE 3 CONTEXTE ET AMPLEUR DES PROBLÉMATIQUES DE MANQUE D'EAU AU MEXIQUE.....	33
3.1 Contexte climatique .....	33
3.1.1 Un contraste entre le Nord/Centre et le Sud important.....	33
3.1.2 Les deux indicateurs clés pour la gestion de l'eau : les précipitations pluviales et les sécheresses .....	34
3.2 Ampleur de la problématique de manque d'eau en quantité et en qualité .....	37
3.2.1 La disponibilité de l'eau.....	37
3.2.1.1 La disponibilité des bassins et des aquifères.....	37
3.2.1.2 L'eau renouvelable.....	41
3.2.1.3 Le degré de pression sur la ressource hydrique .....	43
3.2.2 La qualité de l'eau.....	44
3.2.3 L'accès de la population aux services d'eau.....	45
3.3 Causes d'une disponibilité limitée en eau.....	47



6.3	Mécanismes de concertation dirigés par les conseils de bassins .....	916
CHAPITRE 7 PRISE EN COMPTE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LA		
	GESTION DE L'EAU .....	97
7.1	Projections des changements climatiques au Mexique.....	97
7.1.1	Les études du Groupe d'Experts Intergouvernemental du Climat.....	97
7.1.2	L'Atlas National de Vulnérabilité au Changement Climatique de l'Institut National de l'Écologie et du Changement Climatique du Mexique .....	101
7.2	Cadre institutionnel en matière de changements climatiques .....	103
CHAPITRE 8 CRITIQUE DE LA GESTION DE L'EAU AU MEXIQUE ET		
	TÉMOIGNAGES.....	105
8.1	Méthodologie .....	105
8.2	Coresponsabilité des politiques et de la société face aux situations de manque d'eau .....	105
8.2.1	Une gestion inefficace des sources d'approvisionnement en eau.....	105
8.2.2	Une ressource peu valorisée.....	107
8.3	Efforts mis en place pour augmenter l'offre en eau.....	108
CONCLUSION.....		
	111	
ANNEXE I CHAPITRE 2 : PORTRAIT DE L'APPLICATION DE LA GESTION DE		
	L'EAU PAR BASSIN VERSANT AU MEXIQUE.....	113
ANNEXE II CHAPITRE 3 : CONTEXTE ET AMPLEUR DES PROBLÉMATIQUES DE		
	MANQUE D'EAU AU MEXIQUE .....	117
ANNEXE III CHAPITRE 4 : OUTILS DE PLANIFICATION DE LA GESTION DE		
	L'EAU.....	127
ANNEXE IV CHAPITRE 5 : OUTILS DE PRÉPARATION, DE SUIVI ET D'AIDE À LA		
	DÉCISION POUR LES COLLECTIVITÉS ET LES AUTRES USAGERS DE LA RESSOURCE EN EAU .....	135
ANNEXE V CHAPITRE 6 : OUTILS DE PARTICIPATION ET D'ENGAGEMENT DE		
	LA SOCIÉTÉ CIVILE ET DES AUTRES USAGERS DE LA RESSOURCE EN EAU .....	137
ANNEXE VI CHAPITRE 7 : PRISE EN COMPTE DES CHANGEMENTS		
	CLIMATIQUES DANS LA GESTION DE L'EAU.....	139
ANNEXE VII CHAPITRE 8 : CRITIQUE DE LA GESTION DE L'EAU AU MEXIQUE		
	ET TÉMOIGNAGES.....	141
LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....		
		145
BIBLIOGRAPHIE.....		
		154



## LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 2.1 Données géographiques et socio-économiques de 2020 des trois RHA d'étude	19
Tableau 2.2 Part des eaux de surface et des eaux souterraines dans le volume concessionné de 2020 des trois RHA d'étude.....	27
Tableau 2.3 Part des usages consommateurs dans le volume concessionné de 2020 des trois entités fédératives d'étude.....	30
Tableau 3.1 Précipitations moyennes annuelles de 2020 des trois RHA d'étude.....	34
Tableau 3.2 Disponibilité des bassins et ruissellement moyen annuel en 2020 des trois RHA d'étude.....	39
Tableau 3.3 Disponibilité des aquifères et recharge moyenne en 2020 des trois RHA d'étude .....	40
Tableau 3.4 Eau renouvelable en 2020 des trois RHA d'étude .....	41
Tableau 3.5 Volumes d'eaux rejeté, collecté et traité en 2020 .....	45
Tableau 4.1 Scénarios futurs pris en compte dans le cadre du Plan Hydrique Nuevo León 2050.....	62



## LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1 Localisation du Nuevo León .....	3
Figure 1.2 Carte de la RHA VI Río Bravo.....	4
Figure 1.3 Localisation du District Fédéral .....	6
Figure 1.4 Carte de la RHA XIII Aguas del Valle de México.....	7
Figure 1.5 Localisation du Chiapas .....	8
Figure 1.6 Carte de la RHA XI Frontera Sur .....	9
Figure 2.1 Organigramme de la CONAGUA .....	13
Figure 2.2 Fonctions des sous-directions générales et coordinations générales de la CONAGUA.....	15
Figure 2.3 Carte des RHA.....	18
Figure 2.4 Carte des conseils de bassin .....	23
Figure 2.5 Organigramme d'un conseil de bassin .....	24
Figure 2.6 Schéma du conseil de bassin et ses organes auxiliaires .....	26
Figure 2.7 Type de source prédominant en 2020.....	27
Figure 2.8 Part des usages consommateurs dans le volume concessionné de 2020 .....	28
Figure 3.1 Distribution spatiale des précipitations moyennes annuelles de 2020 .....	34
Figure 3.2 Distribution temporelle de la précipitation moyenne annuelle de 2020 et de la précipitation normale de 1981-2010 .....	35
Figure 3.3 Anomalie de précipitation de 2017.....	35
Figure 3.4 Conditions de sécheresse au 15 mai 2022 .....	36
Figure 3.5 Conditions de sécheresse au 15 mai 2022 pour les trois RHA d'étude.....	37
Figure 3.6 Disponibilité des bassins en 2020.....	38
Figure 3.7 Disponibilité des aquifères en 2020 .....	39

Figure 3.8 Eau renouvelable par habitant en 2017 .....	42
Figure 3.9 Contraste régional entre l'eau renouvelable et le développement.....	43
Figure 3.10 Degré de pression sur la ressource hydrique en 2020 .....	44
Figure 3.11 Degré de pression sur la ressource hydrique en 2020 des trois RHA d'étude .....	44
Figure 3.12 Proportion de la population avec de l'eau quotidiennement et un assainissement basique amélioré par entité fédérative .....	46
Figure 3.13 Causes de la disponibilité limitée en eau.....	49
Figure 4.1 Outils réglementaires pour restreindre l'exploitation des bassins et aquifères .....	52
Figure 4.2 Carte des zones fermées, règlementées et réservées pour les eaux souterraines en 2017.....	53
Figure 4.3 Quotas pour les eaux de surface par usage et par zone .....	56
Figure 4.4 Quotas pour les eaux souterraines par usage et par zone .....	56
Figure 4.5 Stratégies de l'objectif prioritaire 3 du PNH 2020-2024.....	58
Figure 4.6 Écarts hydriques actuel et de 2030 de la RHA Río Bravo .....	59
Figure 4.7 Évolution du tarif unitaire appliqué par SADM en fonction de la consommation pour la catégorie d'usage n°2.....	65
Figure 4.8 Dépendances membres de la CIASI .....	68
Figure 4.9 Restrictions d'usage fixées par SADM dans son Plan d'Intervention face aux Conditions de Sécheresse.....	71
Figure 4.10 Schéma-bilan des outils de planification existants au Nuevo León .....	72
Figure 5.1 Types de documents produits par le Moniteur de Sécheresse .....	74
Figure 5.2 Rapport hydrologique des barrages émis par l'Organisme de Bassin Río Bravo le 9 juin 2022 .....	75
Figure 5.3 Écran de contrôle des éléments des réseaux d'eau potable et d'égout de SADM..	76
Figure 5.4 Valeurs indicatives du critère déterminant les étapes de sécheresse et des objectifs de réduction de la consommation données par les Directives .....	77
Figure 5.5 Photographie du barrage Cerro Prieto au Nuevo León prise en juin 2021 .....	78

Figure 5.6 Processus de transmission des droits réalisé par les banques de l'eau .....	80
Figure 5.7 Colonies approvisionnées par coupures d'eau selon le Gouvernement du District Fédéral.....	82
Figure 5.8 Carte du Plan « Eau pour Tous » de SADM .....	82
Figure 5.9 Remplissage de réservoirs par camions-citernes.....	84
Figure 5.10 Carte des CRAE et des brigades.....	88
Figure 5.11 Matériel utilisé en cas d'urgence de sécheresse du CRAE Vaso de Cristo.....	89
Figure 6.1 Affiche de sensibilisation à un usage raisonné de l'eau .....	92
Figure 6.2 Livre didactique <i>Le Bassin Valle de México</i> .....	93
Figure 6.3 Exposition <i>Valorisons l'eau</i> .....	94
Figure 7.1 Projections des changements de température, de précipitation et d'humidité du sol .....	97
Figure 7.2 Projections de l'indice d'avertissement de chaleur .....	98
Figure 7.3 Variation des changements de précipitation projetés selon la saison.....	100
Figure 7.4 Projections des changements de précipitation et de température pour le Nuevo León .....	101
Figure 7.5 : Vulnérabilité de l'élevage extensif du Nuevo León face au stress hydrique .....	102
Figure 8.1 Schéma du cycle « hydro-illogique » .....	106



## **LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES**

CIASI : Commission Inter-secrétariats pour la Gestion des Sécheresses et des Inondations  
CONAGUA : Commission Nationale de l'Eau  
CRAE : Centre Régional d'Intervention d'Urgence  
CTOOH : Comité Technique d'Opération des Ouvrages Hydrauliques  
FAMM : Fonds Environnemental Métropolitain de Monterrey  
GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental du Climat  
GWL : Niveau de Réchauffement Global  
INECC : Institut National de l'Écologie et du Changement Climatique  
INEGI : Institut National de la Statistique et de la Géographie  
LAN : Loi des Eaux Nationales  
LFD : Loi Fédérale des Droits  
NAME : Niveau d'Eaux Maximales Extraordinaires  
NAMO : Niveau d'Eaux Maximales Ordinaires  
PHR : Programme Hydrique Régional  
PMPMS : Programme des Mesures Préventives et d'Atténuation de la Sécheresse  
PNH : Programme National Hydrique  
PRONACOSE : Programme National Contre la Sécheresse  
REPDA : Registre Public des Droits de l'Eau  
RHA : Région Hydrologique-Administrative  
SACMEX : Système des Eaux de la Ville de México  
SADM : Services d'Eau et de Drainage de Monterrey  
SEMARNAT : Ministère de l'Environnement et des Ressources Naturelles  
SMN : Service Météorologique National



## INTRODUCTION

« Une sécheresse se définit comme une période durable de faible précipitation, de telle manière que l'eau disponible des réservoirs, des ruissellements, des aquifères et des sources externes ne garantissent pas les besoins des usagers du bassin » (Romano & Sinohé Padrón, 2022). La sécheresse est un phénomène climatique récurrent, dont il est difficile de prévoir le commencement, la durée, l'intensité et l'extension territoriale. Les impacts des sécheresses sont les plus coûteux, affectant toute la population et les différents secteurs économiques (Comisión Nacional del Agua, 2018.b). On peut penser à la ségrégation dans la population et à la diminution de la qualité de vie. En conséquence, des conflits naissent et peuvent prendre la forme de manifestations de la part des utilisateurs de la ressource, des protestations comme moyen de pression sociale sur le gouvernement, ainsi que diverses demandes et plaintes à l'égard des organismes responsables de la distribution et de la gestion des ressources hydriques. Ces événements entraînent la violence, la perte de ressources économiques et, par conséquent, augmentent l'instabilité au sein de la population. Ainsi, à la différence des autres désastres, les sécheresses tendent à séparer les gens au lieu de les unir. Ces phénomènes ne peuvent pas s'éviter, ils font partie de la variabilité climatique et seront plus fréquents et de plus grande intensité dans le futur. Cependant, il est possible, et nécessaire, de diminuer leurs impacts en mettant en place des stratégies et des actions de réduction des risques. Le Mexique, classé au dixième rang mondial des pays les plus peuplés et au quatorzième rang mondial des pays les plus étendus, connaît, depuis la dernière décennie, des épisodes de sécheresse extrêmes affectant une grande partie de son territoire.

Dans ce présent rapport, nous analyserons ainsi les connaissances et les outils développés au Mexique pour le partage de l'eau lorsque la ressource est limitée. Le CHAPITRE 1 présente la méthodologie adoptée pour cette étude, avec le choix de trois entités fédératives. Le CHAPITRE 2 décrit les acteurs de la gestion de l'eau ainsi que les types de source et les usages. Le CHAPITRE 3 développe le contexte climatique du Mexique et l'ampleur des problématiques de manque d'eau. Le CHAPITRE 4 liste les lois, plans et programmes en vigueur pour une politique durable de l'eau et pour les situations de sécheresse. Le CHAPITRE

5 comprend les outils de surveillance, de déclaration et de réponse mis en place pour faire face aux sécheresses. Le CHAPITRE 6 explique comment les différents gouvernements encouragent la participation et l'engagement de la société civile dans la préservation de la ressource. Le CHAPITRE 7 présente les projections des changements climatiques obtenues pour le Mexique. Enfin, le CHAPITRE 8 consiste en une critique générale de la gestion de l'eau, réalisée à partir de témoignages d'acteurs du domaine de l'eau.

## CHAPITRE 1

### PRÉSENTATION DES TROIS ENTITÉS FÉDÉRATIVES D'ÉTUDE

#### 1.1 Méthodologie

D'une superficie de 1 959 248 km<sup>2</sup>, le Mexique possède une grande variabilité de climats, qui implique, par conséquent, des conditions hydriques différentes selon les régions. De plus, la division du pays en 32 entités fédératives conduit à des politiques de gestion de l'eau propres à chaque État. Ainsi, pour identifier ces disparités et analyser en profondeur les stratégies de partage de l'eau mises en place lorsque la ressource est limitée, ce présent rapport s'attardera en particulier sur trois entités fédératives : l'État du Nuevo León, le District Fédéral, soit la Ville de México, et l'État du Chiapas. Ce choix s'est porté sur la volonté d'avoir une vision globale du contexte climatique du pays puisqu'elles sont situées respectivement au nord, au centre et au sud du Mexique. Elles présentent également des enjeux démographiques, sociaux et économiques distincts.

#### 1.2 Description des études de cas

##### 1.2.1 L'État du Nuevo León

Le Nuevo León a une superficie de 64 924 km<sup>2</sup> et comptait une population de 5 784 442 habitants en 2020. Sa capitale est la ville de Monterrey et plus de 87% de la population réside dans les 13 municipalités que forment l'Aire Métropolitaine de Monterrey. La carte de l'État est présentée à la Figure 1.1.



Figure 1.1 Localisation du Nuevo León

Source : adapté de Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020

Il appartient à la Région Hydrologique-Administrative (RHA) VI Río Bravo. La division territoriale du pays par RHA est expliquée au CHAPITRE 2. Cette région comprend la totalité du Nuevo León et une partie des États de Coahuila de Zaragoza, Chihuahua et Tamaulipas. Le climat est semi-sec, la température moyenne annuelle sur 50% de la superficie est de 26°C. Elle se caractérise par une forte variabilité des précipitations d'une année à l'autre et par des périodes prolongées de sécheresse survenant de manière récurrente. Elle est ainsi concernée par des conditions de stress hydrique et un manque de sources en eau additionnelles. Pour autant, l'État du Nuevo León connaît, sur des temps limités, de fortes pluies car il est sujet à l'activité des ouragans, étant situé dans la plaine côtière du Golfe du Nord. La localisation de la RHA Río Bravo est disponible à la Figure 1.2.



Figure 1.2 Carte de la RHA VI Río Bravo  
Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2012.a

De plus, la région Río Bravo possède quelques particularités dans sa gestion de l'eau, par sa localisation à la frontière des États-Unis. Elle est engagée dans le Traité International des Eaux, qui implique un compromis entre les deux pays en matière de gestion et de distribution des eaux de surface (Comisión Nacional del Agua, 2012.a).

Voici quelques détails concernant le Traité International des Eaux :

Le 3 février 1944, le "Traité relatif à l'utilisation des eaux des rivières Colorado et Tijuana et du fleuve Rio Grande (Bravo) de Fort Quitman, Texas, jusqu'au golfe du Mexique entre les États-Unis mexicains et les États-Unis d'Amérique" a été signé.

Le traité a été ratifié par le Sénat mexicain en août 1945 (Secrétariat des Relations Extérieures, S/F). Les droits d'attribution de l'eau pour les États-Unis ont été définis à l'article 4 dudit traité, qui est reproduit ci-dessous (González-Díaz, 2020) :

*Article 4 : Les eaux du fleuve Rio Grande (Bravo) entre Fort Quitman, Texas, et le golfe du Mexique sont réparties entre les deux pays de la manière suivante :*

*B.- Aux États-Unis :*

*c) - Un tiers de l'eau qui atteint le cours principal du Rio Grande (Bravo) en provenance des rivières Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado et Arroyo de Las Vacas ; un tiers qui ne sera pas inférieur, en moyenne sur cinq années consécutives, à 431 721 000 mètres cubes (350 000 acre-pieds) annuels (ci-après appelé apport minimum spécifié). Les États-Unis n'acquerront aucun droit pour l'utilisation des eaux des affluents mentionnés dans cet article, dépassant lesdits 431 721 000 mètres cubes (350 000 acre-pieds), sauf le droit d'utiliser un tiers des écoulements provenant de ces affluents qui atteignent le Rio Grande (Bravo), même si cela dépasse le volume mentionné.*

*Río Bravo est, pour de multiples raisons, une des RHA les plus importantes du pays. Elle représente 20% du territoire national et est la troisième région avec le PIB le plus grand (16% du PIB national). L'activité agricole est majeure puisque la RHA comprend 14% de la superficie nationale des districts et unités d'irrigation, qui sont des divisions des surfaces agricoles. Les districts comprennent des infrastructures d'irrigation majeures et sont de grandes superficies, à l'inverse des unités.*

Par ailleurs, le traité stipule que : *En cas de sécheresse exceptionnelle, où il est difficile pour notre pays de laisser s'écouler dans le cycle de cinq ans l'apport minimum spécifié, le déficit de ce cycle peut être compensé dans le cycle suivant, également sur cinq ans.*

Enfin, le Nuevo León a une place importante au sein de la région car il figure comme pôle d'immigration dans le pays, avec près de 230 000 personnes arrivées dans l'État entre 2000 et 2010, principalement de San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. La croissance démographique est ainsi très forte.

### 1.2.2 Le District Fédéral

Le District Fédéral, équivalent à la Ville de México, capitale du pays, a une superficie de 1 494.3 km<sup>2</sup> et comptait une population de 9 209 944 habitants en 2020, soit 7,3% de la population nationale. La ville apporte également, à elle seule, 15,8% du PIB. La carte du District Fédéral est présentée à la Figure 1.3.



Figure 1.3 Localisation du District Fédéral

Source : adapté de Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020

Il appartient à la RHA XIII Aguas del Valle de México. Cette région comprend la totalité du District Fédéral et une partie des États de México, Hidalgo et Tlaxcala. Le climat est tempéré et semi-sec sur respectivement 60% et 30% du territoire. La température moyenne annuelle est de 23°C. En concentrant près de 20% de la population nationale dans seulement 1% de la superficie du pays, Aguas del Valle de México est la région connaissant les plus grandes difficultés de gestion des ressources hydriques. La localisation de la RHA Aguas del Valle de México est disponible à la Figure 1.4.

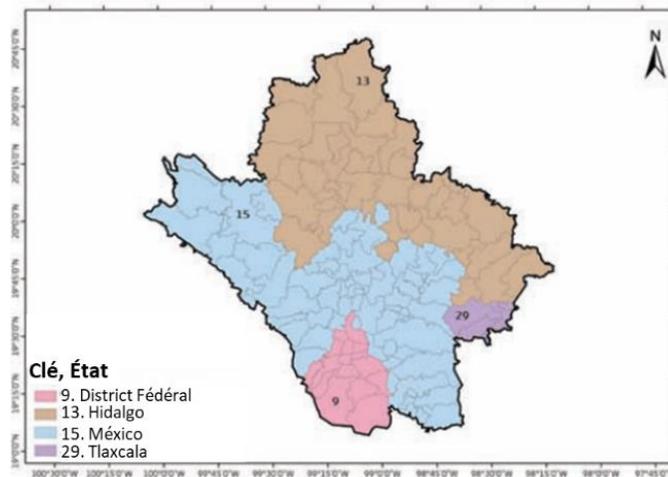


Figure 1.4 Carte de la RHA XIII Aguas del Valle de México  
Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2012.c

L'étalement urbain incontrôlé de la Ville de México a couvert de nombreux aquifères, limitant la disponibilité en eau. La surexploitation de ces derniers a entraîné la disparition de lacs et de multiples zones humides dans toute la région. L'activité agricole est également importante au sein de la RHA puisque 52,3% du sol est occupé par cet usage, qui représente 48% du volume d'eau concessionné pour cette région.

Pour garantir l'approvisionnement en eau potable de toute cette population, la Ville de México et l'État de México comptent notamment sur le Système Cutzamala, avec une capacité de 16 m<sup>3</sup>/s. Il comprend trois barrages de stockage, sept barrages dérivateurs, une station de potabilisation, six macro-stations de pompage, et plus de 320 km de conduites.

### 1.2.3 L'État du Chiapas

Le Chiapas a une superficie de 73 311 km<sup>2</sup> et comptait une population de 5 543 828 habitants en 2020. Sa capitale est la ville de Tuxtla Gutiérrez mais 51% de la population est rurale (au niveau national, ce pourcentage est de 21%). La carte de l'État est présentée à la Figure 1.5.



Figure 1.5 Localisation du Chiapas

Source : adapté de Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020

Il appartient à la RHA XI Frontera Sur. Cette région comprend la totalité du Chiapas et du Tabasco et une petite portion de l'État d'Oaxaca. Sa localisation dans la zone tropicale, délimitée au Nord par le Golfe du Mexique et au Sud par l'Océan Pacifique, lui confère un climat humide. Ainsi, les masses d'air humide, provenant notamment de l'Océan Pacifique, engendrent les précipitations les plus fortes du pays. Elle est fortement affectée par les inondations, occasionnant des dommages matériels et humains. Cependant, la température moyenne annuelle varie significativement au sein de la région, soit de 14°C au centre du Chiapas jusqu'à 27°C aux côtes du Tabasco. La localisation de la RHA Frontera Sur est disponible à la Figure 1.6 **Error! Reference source not found.**

Bien qu'ayant les ressources hydriques les plus abondantes du pays, les infrastructures hydrauliques sont insuffisantes pour couvrir la demande de la région. 16 000 km<sup>2</sup> de surface agricole dépendent des pluies pour être irriguées, pour seulement 1 383 km<sup>2</sup> irrigués par des infrastructures. L'autre problématique à laquelle fait face la région est le manque d'industries. Le volume d'eau concessionné pour l'industrie représente seulement 0,05% du volume national pour cet usage. Frontera Sur possède, cependant, les centrales hydroélectriques les plus grandes du pays.

Cette région étant peu concernée par les situations où la ressource en eau est limitée, les politiques de gestion appliquées ne seront pas étudiées dans ce présent rapport. Ce cas sert avant tout à bien illustrer les disparités climatiques, démographiques, sociales et économiques existantes au Mexique.



Figure 1.6 Carte de la RHA XI Frontera Sur

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2012.b



## **CHAPITRE 2**

### **PORTRAIT DE L'APPLICATION DE LA GESTION DE L'EAU PAR BASSIN VERSANT AU MEXIQUE**

#### **2.1 Structure organisationnelle : rôles et responsabilités des acteurs**

##### **2.1.1 Les organismes fédéraux**

###### **2.1.1.1 La Commission Nationale de l'Eau**

Au Mexique, l'eau des rivières, des lacs, des aquifères, ainsi que les cours d'eau sont la propriété de la Nation et leur administration relève du Pouvoir Exécutif (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020). Selon l'article 9 de la Loi des Eaux Nationales (LAN), loi réglementaire de la Constitution Politique des États-Unis Mexicains, la Commission Nationale de l'Eau (CONAGUA), créée en 1989, agit comme autorité et constitue l'Organe Supérieur à caractère technique, normatif et consultatif de la Fédération du Mexique, en matière de gestion intégrée des ressources en eau. C'est un organisme décentralisé du Ministère de l'Environnement et des Ressources Naturelles (SEMARNAT). Elle est ainsi responsable de l'administration, de la régulation, du contrôle et de la protection du domaine public hydrique. Sa mission est de « préserver les eaux nationales et ses biens publics inhérents pour leur administration durable et de garantir la sécurité hydrique avec la responsabilité des ordres de gouvernement et de la société en général » (Comisión Nacional del Agua, 2014.b).

Les principales fonctions de la CONAGUA, établies dans la LAN, sont de :

- Élaborer la politique nationale de l'eau et en assurer le suivi.
- Agir en tant qu'autorité en matière d'eau et veiller au respect et à l'application de la Loi sur les eaux nationales.
- Gérer et protéger les eaux nationales.

- Accréditer et soutenir l'organisation et la participation des utilisateurs pour améliorer la gestion de l'eau.
- Encourager le développement d'une culture de l'eau la considérant comme une ressource vitale, rare et ayant une grande valeur économique, sociale et environnementale.
- Délivrer des titres de concession, d'attribution ou d'autorisation de décharge et tenir le Registre public des droits d'eau.
- Exercer les attributions fiscales en matière de perception, de liquidation et de contrôle des contributions et redevances.
- Proposer les normes officielles mexicaines en matière d'eau.
- Construire, exploiter et entretenir les ouvrages hydrauliques fédéraux.
- Soutenir le développement des systèmes d'eau potable, d'assainissement, de traitement et de réutilisation des eaux.
- Soutenir le développement des systèmes d'irrigation ou de drainage.
- Diriger le Service météorologique national.
- Soutenir le développement des systèmes de contrôle des crues et de protection contre les inondations.
- Participer au Système national de protection civile.

Par ailleurs, l'article 9 de la LAN définit, de façon détaillée, 54 attributions de la CONAGUA. L'organigramme de la Commission (Figure 2.1) et l'analyse des sous-directions (Figure 2.2) aident à la compréhension des principales fonctions.

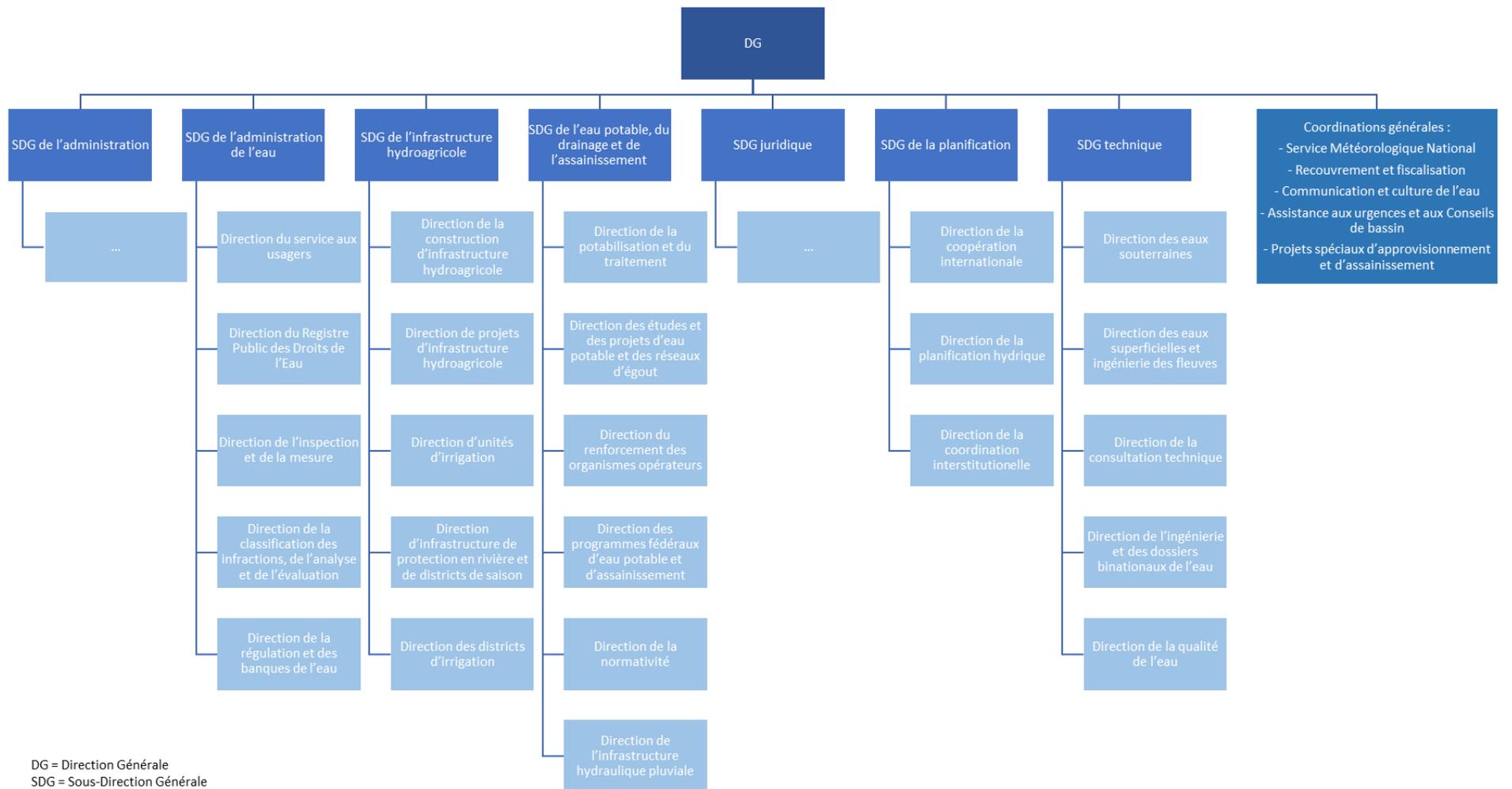


Figure 2.1 Organigramme de la CONAGUA

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2014.b

Sous-direction générale/ Coordination générale	Fonctions
Administration de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Délivrer les titres de concession (autorisation d'extraction à un particulier), d'allocation (autorisation d'extraction à un organisme opérateur de l'eau) et les permis de rejet</li> <li>- Gérer l'inscription des titres de concession, d'allocation, et des permis de rejet au Registre Public des Droits de l'Eau</li> <li>- Veiller au respect et à l'application de la LAN, de son règlement et des autres dispositions juridiques applicables</li> <li>- Appliquer les sanctions et exercer les actes d'autorité</li> <li>- Assurer les opérations régulées de transmission des droits, à travers les banques de l'eau et les quotas de garantie</li> </ul>
Infrastructure hydroagricole	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réguler les services d'irrigation en districts et unités d'irrigation</li> <li>- Programmer, budgétiser, donner un soutien technique et normatif, faire le suivi et contrôler les projets d'infrastructure hydroagricole</li> <li>- Promouvoir la réhabilitation, la modernisation et la technification de l'infrastructure des unités et districts d'irrigation</li> </ul>
Eau potable, drainage et assainissement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programmer, étudier, construire, exploiter, préserver et entretenir les ouvrages hydrauliques fédéraux</li> <li>- Promouvoir et soutenir les services publics urbains et ruraux</li> <li>- Promouvoir et soutenir le développement des systèmes d'eau potable et d'égout, de traitement et de réutilisation des eaux, de contrôle des crues et de protection contre les inondations</li> <li>- Proposer les Normes Officielles Mexicaines en matière hydrique</li> </ul>
Planification	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formuler la politique hydrique nationale, faire le suivi et évaluer périodiquement son exécution</li> <li>- Formuler le Programme National de l'Eau, le mettre à jour et veiller à son respect</li> <li>- Assurer la coordination avec la Fédération, le District Fédéral, les États, les municipalités et leurs administrations publiques respectives, ainsi que la concertation avec le secteur social et privé</li> <li>- Conclure des accords avec des entités ou des institutions étrangères et des organismes connexes pour l'assistance et la coopération technique, l'échange d'informations</li> </ul>
Technique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proposer des critères et des lignes directrices qui permettent l'unité et la cohérence des actions du Gouvernement Fédéral en matière d'eaux nationales et de ses biens publics inhérents</li> <li>- Définir les lignes directrices techniques en matière de gestion des eaux nationales, des bassins, des ouvrages et des services, pour l'élaboration de programmes, de règlements et de décrets de fermeture et de réserve</li> <li>- Promouvoir et favoriser la recherche scientifique et le développement technologique, ainsi que diffuser des connaissances en matière de gestion des ressources hydriques</li> </ul>

Service Météorologique National	- Diriger le Service Météorologique National
Recouvrement et fiscalisation	- Exercer les attributions fiscales en matière d'administration, de détermination, de liquidation, de perception, de collecte et de fiscalisation des contributions et des exploitations qui lui sont destinées - Étudier, avec la collaboration des conseils de bassin et des organismes de bassin, les montants recommandés pour la perception des droits de l'eau
Communication et culture de l'eau	- Promouvoir au niveau national l'usage efficace de l'eau et sa conservation dans toutes les phases du cycle hydrologique, et impulser le développement d'une culture de l'eau qui la considère comme une ressource vitale, rare et de haute valeur économique, sociale et environnementale
Assistance aux urgences et aux Conseils de bassin	- Participer au Système National de Protection Civile et soutenir la mise en œuvre de plans et programmes fédéraux de prévention et de gestion des situations d'urgence, causées par des phénomènes hydrométéorologiques extrêmes - Organiser, normaliser, coordonner et évaluer les politiques, les programmes et les projets de la CONAGUA dans les organismes de bassin et dans les directions locales
Projets spéciaux d'approvisionnement et d'assainissement	- Coordonner le développement des systèmes d'eau potable et d'égout, de traitement et de réutilisation des eaux, qui par leur nature ou leur caractère stratégique sont mis en œuvre à travers des projets spéciaux

Figure 2.2 Fonctions des sous-directions générales et coordinations générales de la CONAGUA

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2014.b

Tel que montré dans la Figure 2.2, l'une des fonctions de la Sous-direction générale de l'Administration de l'eau est d'appliquer des sanctions et d'exercer les actes d'autorité. En effet, si les obligations et responsabilités stipulées pour une gestion adéquate de l'eau ne sont pas respectées, la CONAGUA est chargée d'appliquer les sanctions correspondantes conformément au Chapitre I - Infractions et Sanctions Administratives de la LAN.

Selon ce chapitre, les violations commises "seront sanctionnées administrativement par "l'Autorité de l'Eau" avec des amendes équivalentes à un certain nombre de jours du salaire minimum général en vigueur dans le District fédéral au moment de la violation, indépendamment des sanctions prévues dans la Loi générale sur l'équilibre écologique et la protection de l'environnement, la Loi sur les biens nationaux et la Loi fédérale sur la métrologie et la normalisation et leurs règlements, les Normes officielles mexicaines, le Code pénal fédéral et autres dispositions applicables en la matière."

Les infractions seront qualifiées selon :

- La gravité de la faute ;
- Les conditions économiques de l'auteur de l'infraction ;
- La préméditation, et
- La récidive.

Selon l'article 53 du Chapitre II - Sanctions administratives et procédures pour les appliquer de la Loi fédérale actuelle sur la responsabilité des fonctionnaires publics, les sanctions pour manquement administratif sont les suivantes :

I. Avertissement privé ou public ;

II. Réprimande privée ou publique ;

III. Suspension ;

IV. Révocation du poste ;

V. Sanction financière ; et

VI. Inhabilitation temporaire à occuper des emplois, postes ou fonctions dans la fonction publique.

On entend par manquement administratif le non-respect des obligations des fonctionnaires publics décrites à l'article 47 du Chapitre I - Sujets et obligations du fonctionnaire public de la Loi fédérale sur la responsabilité des fonctionnaires publics. Toutes les sanctions seront imposées en tenant compte des éléments décrits à l'article 54 de ladite loi.

Le siège de la CONAGUA est situé à la Ville de México. En 2019, elle comptait 11 457 employés, dont 1 907 dans les bureaux centraux et 9 550 dans les organismes de bassin et les directions locales.

En 2020, la perception de la CONAGUA s'élevait à 21 400 millions de \$MXN, dont 12 900 millions de \$MXN sont dus au paiement des droits pour l'usage ou l'exploitation et l'extraction des eaux nationales. La part de chaque catégorie d'usage dans ce dernier montant est présentée en ANNEXE I Figure-A I-1. Le budget exercé en 2020 était de 27 900 millions de \$MXN. Pour les programmes du sous-secteur eau potable, égout et assainissement, 77% des investissements provenaient du gouvernement fédéral, 11% des gouvernements des États et 11% des municipalités.

### **2.1.1.2 Les Organismes de Bassin**

La CONAGUA exerce ses fonctions à travers 13 organismes de bassin, dont la structure reprend les mêmes directions que celles vues précédemment. Ils sont notamment chargés de délivrer les titres de concession. Les permis ont une durée de 10 ans, qui peut être prolongée de manière illimitée, et leur octroi se fait de manière continue.

Leur domaine de compétences est les régions hydrologiques-administratives. Ces régions sont formées de plusieurs bassins, qui est l'unité de base pour la gestion des ressources hydriques. La circonscription territoriale des RHA a été publiée le 1<sup>er</sup> avril 2010 dans le Journal Officiel de la Fédération. Elle respecte la division politique municipale, afin de faciliter l'administration et l'intégration de données socio-économiques (Comisión Nacional del Agua, 2018.a). Une carte des 13 RHA est présentée à la Figure 2.3.



Figure 2.3 Carte des RHA

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2018.a

Les trois RHA qui comprennent les trois entités fédératives d'étude (Nuevo León, Chiapas et Ville de México) sont respectivement Río Bravo, Frontera Sur et Aguas del Valle de México. Quelques données géographiques et socio-économiques de ces trois régions datant de 2020 ont été recensées dans le Tableau 2.1. Les données pour l'ensemble des 13 RHA de 2018 sont présentées à l'ANNEXE I.

Tableau 2.1 Données géographiques et socio-économiques de 2020 des trois RHA d'étude

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2021

	Superficie		Population			Part du PIB national (%)	Nombre de municipalités
	km <sup>2</sup>	% de la superficie nationale	Millions d'habitants	% de la population nationale	Densité (hab/km <sup>2</sup> )		
VI. Río Bravo	390 440	20%	13.3	10%	33	16%	144
XI. Frontera Sur	99 094	5%	8.1	6%	80	4%	142
XIII. Aguas del Valle de México	18 229	1%	24.1	19%	1 301	22%	121
Tout le Mexique	1 959 248	-	127.1	-	64	-	2 465

Les organismes de bassin peuvent comprendre plusieurs États dans leur circonscription. La CONAGUA compte alors, si besoin, sur des directions locales dans chaque État pour assister, dans l'exercice de ses fonctions, l'organisme de bassin correspondant. Par exemple, la région Aguas del Valle de México s'étend sur quatre entités fédératives : le District Fédéral et les États d'Hidalgo, México et Tlaxcala. La CONAGUA compte ainsi une direction locale dans chacun des États (Hidalgo, México et Tlaxcala).

## 2.1.2 Les organismes étatiques et municipaux

### 2.1.2.1 Les Commissions Étatiques

Chaque État comprend un organisme public décentralisé du gouvernement étatique qui agit comme autorité responsable de l'administration de l'eau au sein de son entité. Leurs attributions peuvent varier d'un État à un autre en fonction de la législation locale mais leurs objectifs sont sensiblement les mêmes (Comisión Nacional del Agua, 2014.a) :

1. Fixer les objectifs, politiques, stratégies, programmes et normes qui mènent à une utilisation optimale de l'eau et garantissent sa durabilité ;
2. Formuler et proposer au pouvoir exécutif de l'État le Programme Hydrique de l'État ;
3. Orienter, dans le respect des lois et sur la base de la disponibilité de l'eau, les actions qui traitent :
  - de la demande des différents usages ;
  - des rejets, du traitement et de la réutilisation des eaux usées ;

- de la recharge des aquifères, du contrôle des crues et de la protection contre les inondations ;
- 4. Établir la coordination avec les autorités fédérales et municipales ;
- 5. Promouvoir, coordonner et, le cas échéant, réaliser la recherche et le développement technologique dans le domaine de l'eau ;
- 6. Promouvoir une culture de l'eau.

#### **2.1.2.2 Les prestataires des services d'eau municipaux**

D'après l'article 115 de la Constitution, les municipalités sont responsables de la prestation des services d'eau potable, d'égout et d'assainissement. Elles peuvent déléguer la prestation de ces services. Dans son *Manuel d'Eau Potable, d'Égout et d'Assainissement, Intégration d'un Organisme Opérateur*, la CONAGUA recommande de créer des organismes publics décentralisés de l'administration municipale, avec une personnalité juridique et un patrimoine propres, appelés organismes opérateurs (Comisión Nacional del Agua, 2014.a). Par exemple, l'État de México comprend 25 organismes opérateurs. Un même organisme opérateur peut fournir les services à plusieurs municipalités.

Parfois, il y a un unique organisme opérateur dans toute l'entité fédérative, comme c'est le cas pour le Nuevo León avec Services d'Eau et de Drainage de Monterrey (SADM), organisme public décentralisé du gouvernement de l'État. Cette institution fournit les services d'eau aux secteurs résidentiel, commercial, industriel et public. Cependant, les secteurs commercial et industriel peuvent s'approvisionner en eaux souterraines de manière complémentaire par des concessions auprès de la CONAGUA. Le secteur agricole est, quant à lui, directement pris en charge par la CONAGUA.

Il existe près de 2 200 prestataires de service, dont 1 500 sont centralisés, c'est-à-dire que les municipalités fournissent directement le service, et 700 sont des organismes opérateurs.

Le schéma tarifaire de l'eau est fixé de manière distincte dans chaque municipalité, et, conformément au Guide pour l'élaboration des règlements sur la fourniture de services d'eau potable, d'assainissement, d'égouts, de traitement et d'élimination des eaux usées, ils doivent être économiquement accessibles à tous. Les coûts directs et indirects ainsi que les frais pour assurer la ressource doivent être abordables et ne doivent pas compromettre l'exercice d'autres droits. Le guide stipule que les municipalités peuvent, dans le cadre de leurs compétences, déterminer les mécanismes visant à garantir le respect de l'accessibilité. Il importe de garantir un traitement équitable et uniforme pour tous les utilisateurs. La fourniture du service doit être indiscriminée, mais il est possible d'établir différents postes de service, qui doivent eux-mêmes être établis de manière uniforme.

D'autre part, cette redevance comprend le recouvrement du paiement des droits sur l'eau prévu par la Loi fédérale sur les droits. Selon cette loi, les personnes physiques et morales qui utilisent, exploitent ou bénéficient des eaux nationales, que ce soit de fait ou en vertu de titres d'attribution, de concession, d'autorisation ou de permis délivrés par le gouvernement fédéral, sont tenues de payer les droits sur l'eau. Cela dépend de la zone de disponibilité de l'eau dans laquelle leur extraction est effectuée. L'article 223 définit les frais d'extraction de l'eau en fonction de son utilisation ou de son exploitation.

*B. Pour les eaux provenant de sources de surface ou extraites du sous-sol, des droits sur l'eau sont dus pour chaque millier de mètres cubes, destinés à :*

*I. Utilisation d'eau potable :*

- a). Assignée aux entités fédératives, aux municipalités, aux organismes parapublics, aux organismes paramunicipaux.*
- b). Concessionnées à des entreprises fournissant des services d'eau potable ou d'assainissement et qui, par autorisation ou concession, fournissent ces services en remplacement des personnes morales visées au point a).*
- c). Concessionnée à des colonies constituées en personnes morales qui, par concession des personnes morales visées au point a), fournissent le service d'approvisionnement en eau potable à usage domestique.*

Aux fins d'utilisation de l'eau potable, les éléments suivants seront pris en compte (voir la section 4.1.2 au sujet des zones de disponibilités 1 à 4) :

Zona de disponibilidad	Aguas superficiales	Aguas Subterráneas
1	\$576.00	\$601.26
2	\$276.25	\$277.24
3	\$137.96	\$156.28
4	\$68.68	\$72.86

Les revenus générés par la perception des droits d'exploitation, d'utilisation ou de mise en valeur des eaux nationales mentionnés dans cette section, payés par les municipalités, seront affectés à la CONAGUA pour des travaux d'infrastructure hydraulique. Les tarifs mentionnés dans cette section s'appliqueront aux sujets indiqués lorsque la consommation d'eau pendant la période est inférieure ou égale à un volume équivalent à 300 litres par habitant et par jour, selon la population indiquée dans les résultats définitifs de l'exercice précédent, exclusivement liés à la population, provenant du dernier Recensement général de la population et de l'habitat publié par l'Institut national de statistique et de géographie.

Dans les cas où la consommation dépasse les volumes mentionnés dans le paragraphe précédent, les tarifs suivants s'appliqueront sur le volume de consommation excédentaire :

Zona de disponibilidad	Aguas superficiales	Aguas Subterráneas
1	\$1,151.99	\$1,202.52
2	\$552.53	\$554.48
3	\$275.91	\$312.60
4	\$137.35	\$145.71

### 2.1.3 Les instances de concertation

#### 2.1.3.1 Les Conseils de Bassin

Le mécanisme prévu par la LAN pour permettre la participation citoyenne dans la gestion de l'eau sont les conseils de bassin. Selon la fraction XV de l'article 3 de cette loi, les conseils de

bassin sont des organes collégiaux d'intégration mixte car gouvernements, usagers et société organisée y participent, avec une égalité de vote entre eux. Ce sont des instances de coordination et de concertation, de soutien, de consultation et de conseil entre la CONAGUA, les trois niveaux de gouvernement (fédéral, étatique et municipal), les représentants des usagers de l'eau et les organisations de la société.

Le pays compte 26 conseils de bassin, dont la délimitation est présentée par la Figure 2.4.



Figure 2.4 Carte des conseils de bassin

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2018.a

La LAN exige qu'au moins 50% des voix composant le conseil de bassin correspondent à des usagers et que la part des gouvernements étatiques et municipaux doit être au maximum de 35%. Les représentants du gouvernement fédéral sont désignés par les Secrétariats de l'Environnement et des Ressources Naturelles ; des Finances et du Crédit Public ; du

Développement Social ; de l'Énergie ; de l'Économie ; de la Santé ; et de l'Agriculture, de l'Élevage, du Développement Rural, de la Pêche et de l'Alimentation. La Figure 2.5 illustre les structures composant le conseil de bassin.

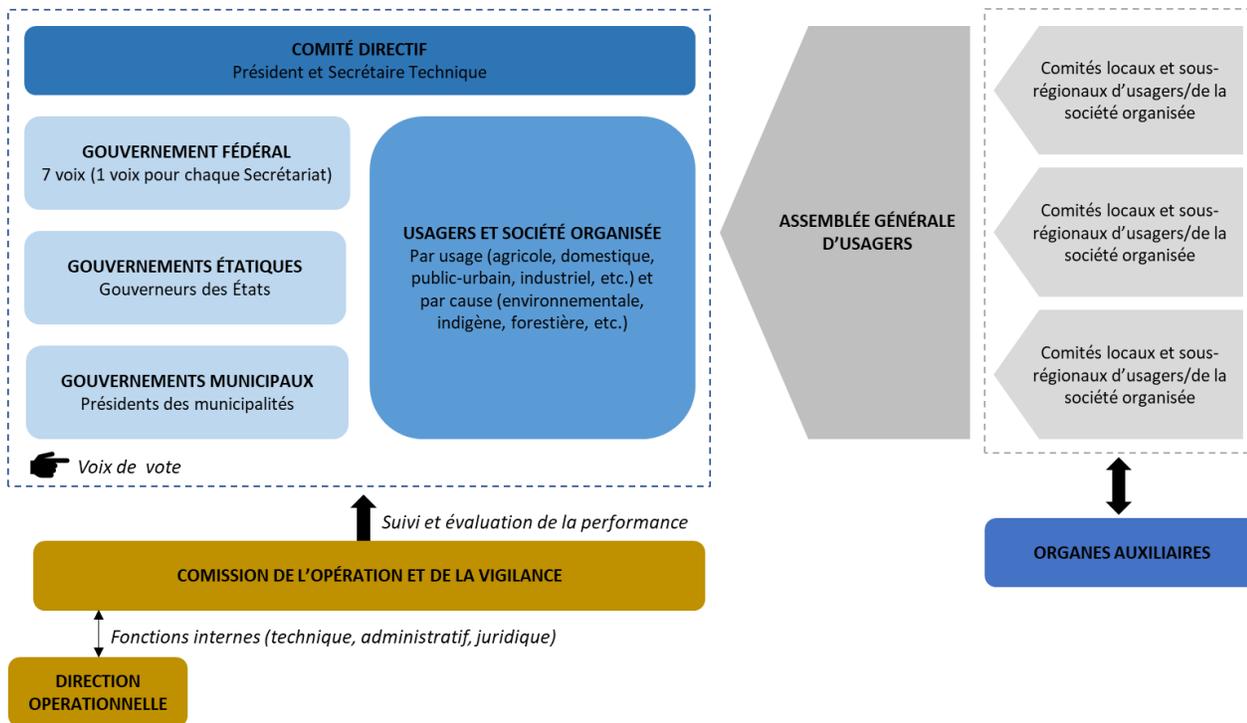


Figure 2.5 Organigramme d'un conseil de bassin

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2010a et 2016

Les conseils de bassin doivent notamment, selon l'article 13 de la LAN :

1. Fixer les priorités d'usage de l'eau ;
2. Connaître et diffuser les lignes directrices générales de la politique hydrique nationale, régionale et par bassin ;
3. Participer à la définition des objectifs généraux et des critères pour la formulation des programmes de gestion de l'eau du bassin ;
4. Promouvoir la participation, la coordination et la complémentarité des gouvernements étatiques et municipaux dans les programmes et les investissements hydriques ;

5. Participer à l'analyse des études techniques relatives à la disponibilité et aux usages de l'eau, à l'amélioration et la conservation de sa qualité, à la conservation des écosystèmes ;
6. Soutenir le financement de la gestion régionale de l'eau.

Ainsi, le conseil de bassin n'est pas responsable de la prise de décisions, il ne fait que discuter des questions d'intérêt public et gouvernemental liées aux ressources hydriques des bassins versants. Dans ce sens, son objectif est de favoriser la participation des acteurs impliqués, tels que les représentants des utilisateurs de l'eau, les organisations civiles, les institutions gouvernementales et d'autres secteurs intéressés, afin d'analyser la situation du bassin et de proposer des recommandations et des actions qui contribuent à sa gestion et à sa préservation. Les décisions finales et la mise en œuvre des politiques et des mesures relèvent des autorités et des entités responsables de la gestion de l'eau, telles que la CONAGUA.

### **2.1.3.2 Les Organes Auxiliaires**

Afin de consolider les conseils de bassin, des organes auxiliaires ont été créés pour gérer des problématiques plus spécifiques dans des zones géographiques localisées. En 2019, ils étaient au nombre de 218, dont 36 Commissions de Bassin, 51 Comités de Bassin, 89 Comités Techniques d'Eaux Souterraines et 42 Comités de Plages Propres. La Figure 2.6 représente ces organes auxiliaires.

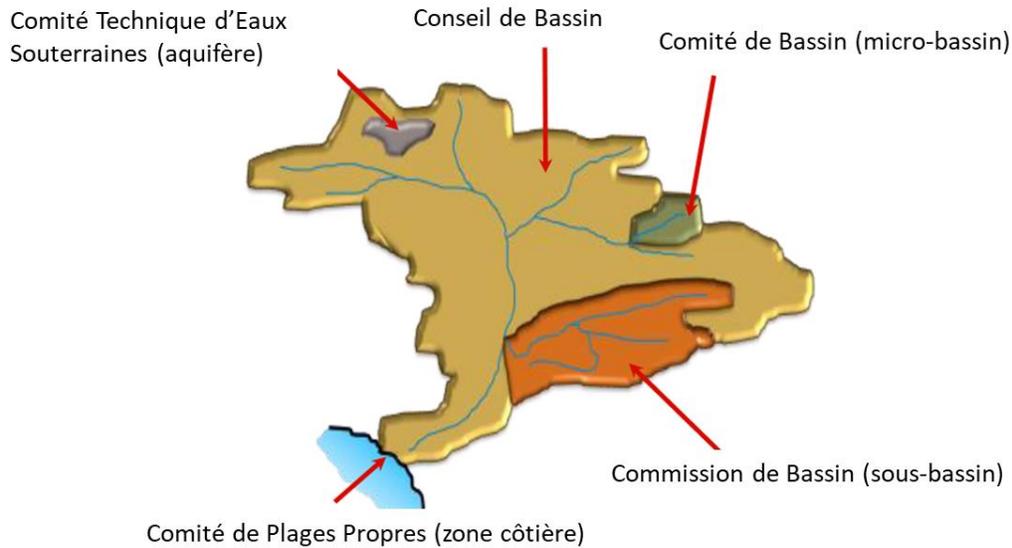


Figure 2.6 Schéma du conseil de bassin et ses organes auxiliaires

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2016

Les commissions de bassin et les comités de bassin sont donc semblables aux conseils de bassin, l'élément différentiel étant le domaine d'application. Les comités techniques d'eaux souterraines se concentrent sur les aquifères. Les comités de plages propres ont pour objectif de lutter contre la contamination des plages, respecter la biodiversité et rendre les plages compétitives pour le tourisme. Ils sont dirigés par le président municipal de la plage correspondant.

## 2.2 Disposition de l'eau et ses usages

### 2.2.1 La division spatiale de la ressource : bassins et aquifères

Le pays est divisé en 757 bassins hydrographiques pour les eaux de surface et 653 aquifères pour les eaux souterraines. Ils sont regroupés en 37 régions hydrologiques, qui représentent les limites des grands bassins du pays (Comisión Nacional del Agua, 2018.a). Une carte de ces régions est disponible à l'ANNEXE I.

En 2020, 89,5 mille hm<sup>3</sup> d'eau ont été inscrits sur le Registre Public des Droits de l'Eau (REPDA) de la CONAGUA en tant que volumes concessionnés, dont 54,2 mille hm<sup>3</sup> d'origine superficielle et 35,3 mille hm<sup>3</sup> d'origine souterraine. La carte de la Figure 2.7 montre que les eaux souterraines sont principalement exploitées dans le nord et le centre du pays, zones les plus sèches, ainsi que dans les zones à forte activité humaine, telles que la Ville de México.

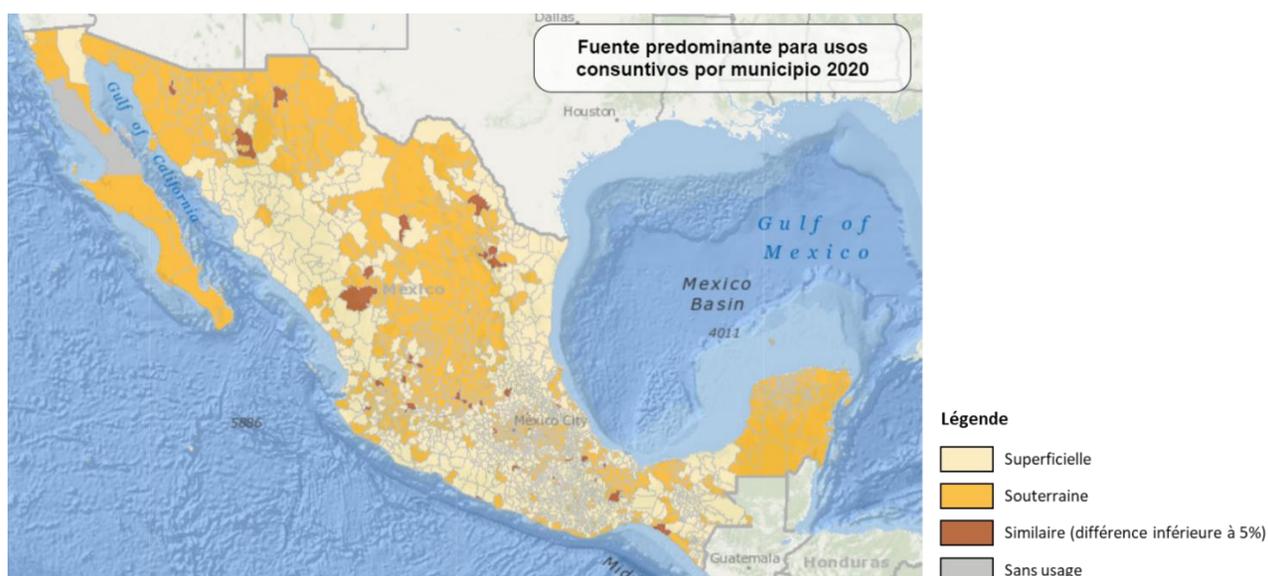


Figure 2.7 Type de source prédominant en 2020

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

Ces tendances se confirment à l'échelle des trois entités fédératives d'étude d'après le Tableau 2.2.

Tableau 2.2 Part des eaux de surface et des eaux souterraines dans le volume concessionné de 2020 des trois RHA d'étude

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2021

	Volume concessionné		Eaux souterraines		Eaux de surface	
	hm <sup>3</sup>		hm <sup>3</sup>	%	hm <sup>3</sup>	%
19. Nuevo León	2 027		891	44%	1 136	56%
7. Chiapas	2 004		492	25%	1 512	75%
9. Ville de México	604		578	96%	26	4%
Tout le Mexique	89 548		35 315	39%	54 233	61%

### 2.2.2 Les usages de l'eau

En 2020, la répartition du volume d'eau concessionné de 89,5 mille hm<sup>3</sup> par usage consommateur, c'est-à-dire les usages où il existe une différence entre le volume extrait et le volume rejeté, est la suivante :

- 67,8 mille hm<sup>3</sup> pour l'agriculture ;
- 13,2 mille hm<sup>3</sup> pour l'approvisionnement public. À titre indicatif, la consommation moyenne quotidienne par habitant dans la Valle de México est de 250 L/hab/jour;
- 4,5 mille hm<sup>3</sup> pour l'industrie autonome ;
- 4,1 mille hm<sup>3</sup> pour l'énergie électrique (hydroélectricité exclue).

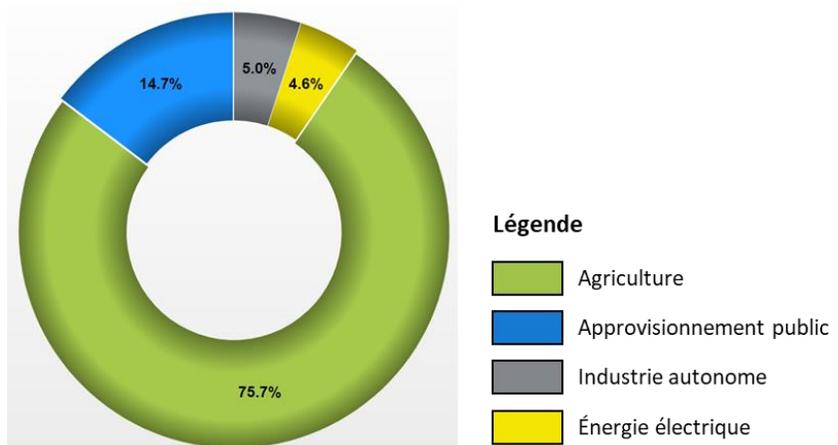


Figure 2.8 Part des usages consommateurs dans le volume concessionné de 2020

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

La classification des usages du REPDA est présentée dans l'ANNEXE I Figure-A I-4. La Figure 2.8 indique la répartition du volume d'eau concessionné en %. Il est notable que l'agriculture est un usage très consommateur en eau puisqu'il représente près de 76% du volume concessionné total. L'industrie autonome comprend les secteurs industriels, agro-industriels, de services et commerciaux tels que classifiés dans le Registre public des droits d'eau (REPDA). Les principaux secteurs concernés sont les industries chimique, sucrière, pétrolière, de la cellulose et du papier. À noter que les agriculteurs doivent déclarer le volume attribué (concession), qui est suivi à l'aide de compteurs de débit. Dans le cas où le volume concessionné est dépassé, le propriétaire sera passible d'une sanction tel que prévu à la LAN.

Au volume d'eau concessionné de 89,5 mille hm<sup>3</sup> pour des usages consommateurs, il faut ajouter ceux mobilisés pour des usages non-consommateurs, soit l'hydroélectricité et la conservation écologique. Pour avoir un ordre de grandeur des volumes que ces derniers représentent, en 2018, 182,5 mille hm<sup>3</sup> et 9,46 milles hm<sup>3</sup> ont respectivement été concessionnés pour l'hydroélectricité et la conservation écologique. Ainsi, la majeure partie du volume concessionné est mobilisé par les centrales hydroélectriques et ne peut pas être utilisé pour d'autres usages.

Il n'existe pas de réglementation spécifique concernant le débit écologique, par conséquent, les concessions, les allocations et les autorisations de rejet n'ont pas pleinement pris en compte la nécessité d'établir un régime de débit, qui est d'une grande importance pour la préservation des écosystèmes fluviaux, lacustres, lagunaires et estuariens. Cependant, la norme mexicaine NMX-AA-159-SCFI-2012 établit la procédure de détermination du débit écologique dans les bassins versants. Cela vise à maintenir l'équilibre des éléments naturels impliqués dans le cycle hydrologique et à permettre la protection des écosystèmes riverains, terrestres aquatiques et côtiers.

Pour déterminer le régime de débit écologique, de nombreuses méthodologies ont été développées à l'échelle internationale. Ces méthodologies sont classées en fonction de la manière dont elles abordent ou approximent le problème. Le défi aujourd'hui est de choisir la méthode la plus appropriée. Toute méthodologie sera valable si elle se concentre sur la compréhension de la signification écologique de chaque composant du régime naturel et propose des mesures de conservation ou de restauration, totales ou partielles, du point de vue fonctionnel. De même, toute méthodologie sera valable si elle reconnaît qu'un écosystème aquatique modifie ses services en réponse à une augmentation des niveaux de stress.

Le Tableau 2.3 indique la répartition du volume d'eau concessionné en 2020 par usage consommateur à l'échelle des trois entités fédératives d'étude.

Tableau 2.3 Part des usages consommateurs dans le volume concessionné de 2020 des trois entités fédératives d'étude

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2021

	Agriculture		Approvisionnement public		Industrie autonome		Énergie électrique		
	hm <sup>3</sup>	%	hm <sup>3</sup>	%	hm <sup>3</sup>	%	hm <sup>3</sup>	%	
19. Nuevo León	1 377	68%	562	28%	89	4%	0	0%	
7. Chiapas	1 545	77%	414	21%	45	2%	0	0%	
9. Ville de México	1	0%	566	94%	36	6%	0	0%	
Tout le Mexique	67 827	76%	13 165	15%	4 460	5%	4 095	5%	5%

Nous pouvons observer que la part de l'usage agricole pour le Chiapas est dans la moyenne nationale et que, pour la Ville de México, l'essentiel du volume d'eau concessionné est utilisé pour l'approvisionnement public. Les résultats obtenus pour le Nuevo León sont plus surprenants car, bien qu'étant la deuxième plus grande zone métropolitaine du pays, après la Ville de México, l'agriculture conserve dans l'usage de l'eau une part importante, ce qui suppose l'existence de conflits en situation de manque d'eau. Certains exemples de conflits liés à l'eau sont déclenchés par la distribution de l'eau du Mexique vers les États-Unis (section 1.2.1). La politique est profondément impliquée dans ce type de problèmes. Selon le Traité des eaux de 1944, le Mexique conserve les deux tiers du flux principal du fleuve Rio Grande et cède le reste à son voisin, ce qui ne peut être inférieur à environ 431.7 millions de mètres cubes (Mm<sup>3</sup>) par an. En septembre 2020, il ne restait qu'un mois avant la fin du quinquennat et, selon le gouvernement mexicain, il manquait encore 378 Mm<sup>3</sup> d'eau pour pouvoir respecter sa part de l'accord.

En conséquence, lors de ces conflits, les agriculteurs commettent des actes de violence allant de l'embuscade des soldats qui gardent les barrages à l'organisation de manifestations et de mouvements où des politiciens sont pris en otage et des routes de transport entre les États-Unis et le Mexique sont bloquées. Tout cela dans le but d'empêcher que l'eau nécessaire à une bonne récolte et à la subsistance des familles agricoles leur soit retirée.

L'agriculture, irriguée représente 25% de la superficie cultivée totale au Mexique et contribue à 40% de la production alimentaire mondiale. En moyenne, elle est au moins deux fois plus productive par unité de surface que l'agriculture pluviale, ce qui permet une intensification accrue de la production et une diversification des cultures. Actuellement, il existe différents systèmes d'irrigation recommandés pour chaque région et/ou culture. Certains d'entre eux sont l'irrigation goutte à goutte, l'irrigation par aspersion, l'irrigation par pompage et l'irrigation par gravité, entre autres (Banque mondiale, 2022).

Il est à noter que la région Río Bravo, dans laquelle se trouve le Nuevo León, est la quatrième région avec le plus grand volume d'eau concessionné. Un graphique comparant la répartition des volumes par usage entre les 13 RHA est disponible à l'ANNEXE I Figure-A I-5.



## CHAPITRE 3

### CONTEXTE ET AMPLEUR DES PROBLÉMATIQUES DE MANQUE D'EAU AU MEXIQUE

#### 3.1 Contexte climatique

##### 3.1.1 Un contraste entre le Nord/Centre et le Sud important

Selon la CONAGUA, les facteurs déterminant le climat du pays sont (Comisión Nacional del Agua, 2018.b) :

- sa situation géographique : la partie sud du Mexique se situe dans la zone intertropicale du globe, tandis que la partie nord se trouve dans la zone tempérée. Le pays est à la même latitude que les déserts du Sahara et Arabique ;
- le relief accidenté du pays, traversé de haut en bas par deux chaînes de montagne : la Sierra Madre Occidental à l'Ouest et la Sierra Madre Oriental à l'Est. Trois profils d'élévation sont présentés à l'ANNEXE II.

Ceci influence directement la disponibilité de la ressource. Deux tiers du pays, qui correspondent au Nord et au Centre, sont considérés arides ou semi-arides, avec des précipitations annuelles inférieures à 500 mm. Cette partie présente des masses d'air continental sec. Le tiers restant, au Sud-Est, est quant à lui humide, avec des précipitations annuelles qui dépassent les 2 000 mm. Les types de pluie prédominants dans cette zone sont les pluies convectives, créées par le réchauffement de l'air dans la zone d'interface avec le sol en présence d'humidité et de vapeur d'eau, et les pluies cycloniques, provoquées par le mouvement des masses d'air depuis des zones de haute pression à des zones de basse pression (Comisión Nacional del Agua, 2018.a). Le pays est également affecté par le phénomène des ouragans, que ce soit sur la côte Pacifique ou sur la côte du Golfe du Mexique, engendrant des problématiques d'inondations. Par exemple, la ville de Monterrey a été affectée en 2010 par la tempête Alex, suivie l'année d'après d'une période de sécheresse extrême. Cette succession d'évènements se répète de manière cyclique dans cette région.

### 3.1.2 Les deux indicateurs clés pour la gestion de l'eau : les précipitations pluviales et les sécheresses

La distribution spatiale des précipitations pluviales est inégale, tel que l'indiquent la carte des précipitations de 2020 (Figure 3.1) et les données de 2020 à l'échelle des trois régions hydrologiques-administratives d'étude (Tableau 3.1). Les données pour l'ensemble des 13 RHA se trouvent à l'ANNEXE II.

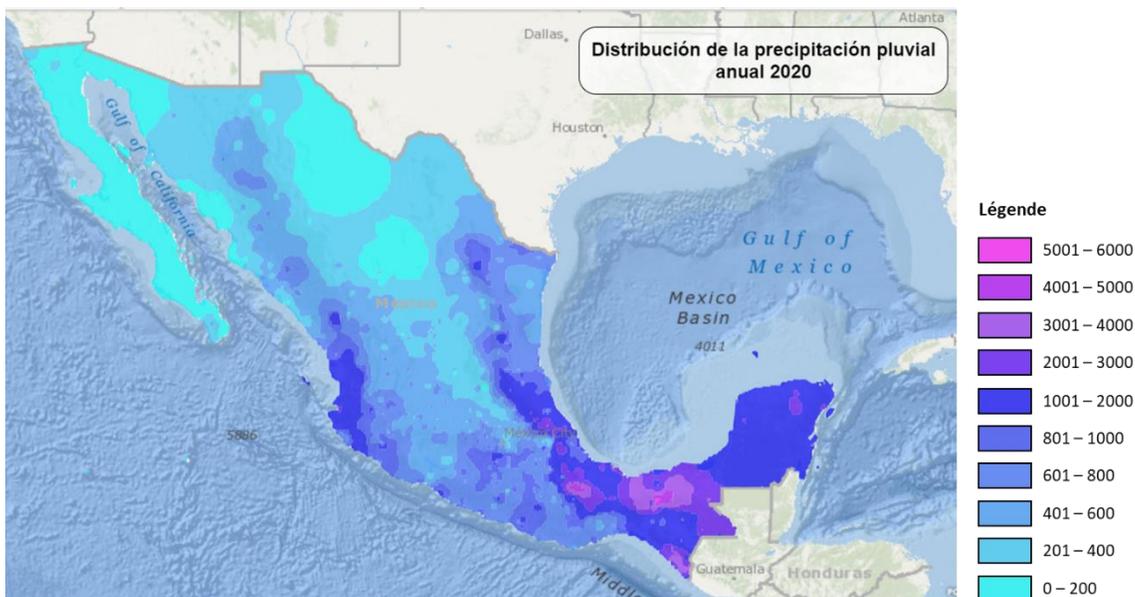


Figure 3.1 Distribution spatiale des précipitations moyennes annuelles de 2020

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

Tableau 3.1 Précipitations moyennes annuelles de 2020 des trois RHA d'étude

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2021

	Précipitation moyenne annuelle	
	mm	Écart avec la moyenne nationale (mm)
VI. Río Bravo	290	- 433
XI. Frontera Sur	2 372	+ 1 649
XIII. Aguas del Valle de México	355	- 368
Tout le Mexique	723	-

La distribution temporelle des précipitations pluviales est également irrégulière. Les pluies ont lieu majoritairement entre les mois de juin et de septembre, comme l'indique la Figure 3.2.

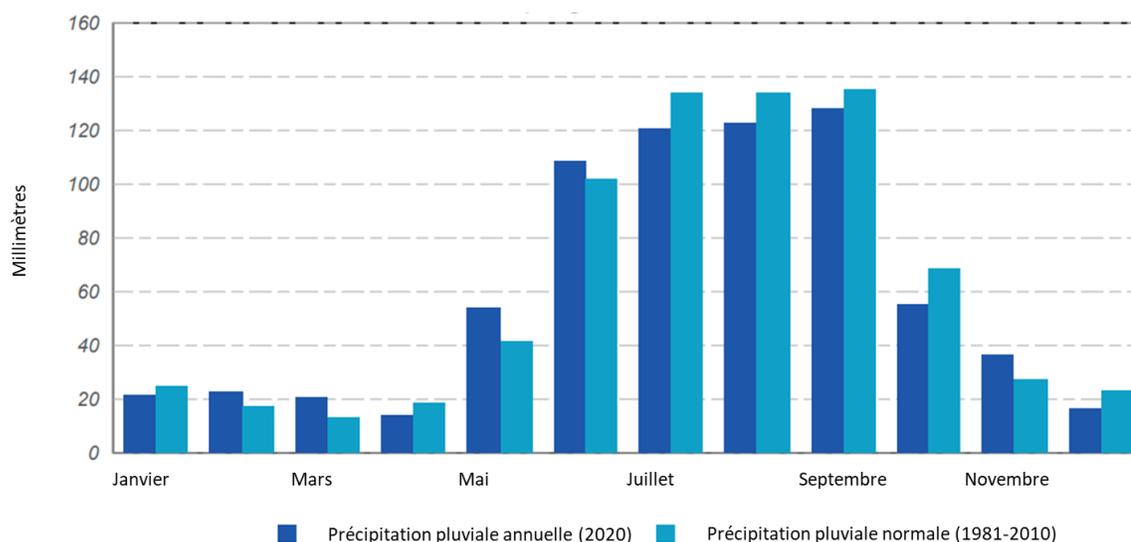


Figure 3.2 Distribution temporelle de la précipitation moyenne annuelle de 2020 et de la précipitation normale de 1981-2010

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

La précipitation pluviale annuelle de 2020 est de 723 mm, ce qui est proche de la précipitation pluviale normale de la période 1981-2010 de 740 mm. Cependant, ceci ne signifie pas qu'il y a eu autant de pluie que la précipitation normale sur tout le territoire. En effet, en 2017, bien que la précipitation annuelle fut de 782 mm, soit au-dessus de la précipitation normale de la période 1981-210, la Figure 3.3 nous montre que dans de nombreuses régions, il y a eu moins de pluie que la précipitation normale.

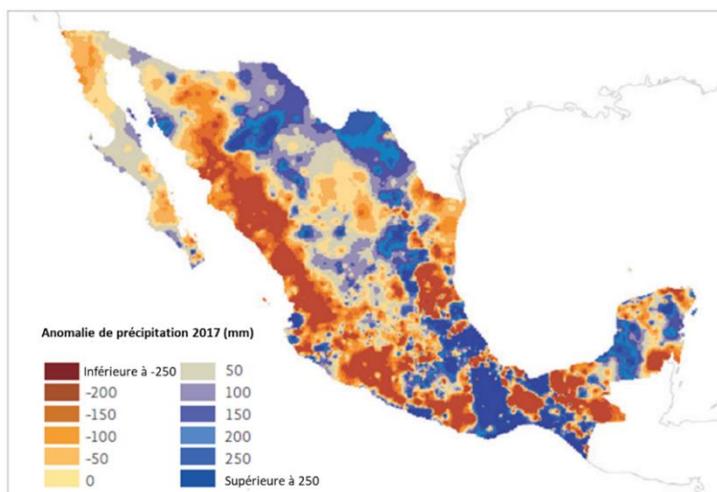


Figure 3.3 Anomalie de précipitation de 2017

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2018.b



système anticyclonique, ce qui a favorisé des températures élevées et un ciel dégagé dans plusieurs régions du pays (Comisión Nacional del Agua, 2022.b). La superficie connaissant une sécheresse de modérée à exceptionnelle est de 57%, soit 2% de plus que la période précédente (fin avril 2022).

D'après la Figure 3.5, qui représente les conditions de sécheresse pour les trois régions hydrologiques-administratives d'étude, plus d'un quart du territoire de la région Río Bravo est en situation de sécheresse extrême à exceptionnelle et presque l'entièreté du territoire est affectée par la sécheresse, toutes catégories confondues. Il est également surprenant de noter que la région Frontera Sur est elle aussi touchée par la sécheresse.

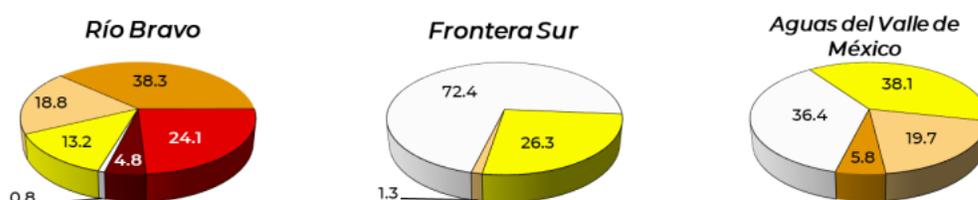


Figure 3.5 Conditions de sécheresse au 15 mai 2022 pour les trois RHA d'étude

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2022.b

### 3.2 Ampleur de la problématique de manque d'eau en quantité et en qualité

#### 3.2.1 La disponibilité de l'eau

Plusieurs indicateurs publiés par la CONAGUA permettent de mesurer la disponibilité de la ressource.

##### 3.2.1.1 La disponibilité des bassins et des aquifères

La LAN établit que les titres de concession ou d'allocation doivent être octroyés selon la disponibilité moyenne annuelle en eau du bassin hydrographique ou de l'aquifère. La CONAGUA a l'obligation de publier ces disponibilités, calculées selon la norme NOM-011-CONAGUA-2015 « Conservation de la ressource en eau, qui établit les spécifications et la

méthode pour déterminer la disponibilité moyenne annuelle des eaux nationales » disponible à l'ANNEXE II Figure-A II-4.

La disponibilité des eaux de surface est égale à la différence entre le volume moyen annuel de ruissellement d'un bassin vers l'aval et le volume annuel actuel compromis à l'aval (soit le volume déjà attribué à un ou des utilisateurs). Cette valeur indique ainsi s'il est possible d'extraire un volume additionnel du bassin (Comisión Nacional del Agua, 2018.a). La Figure 3.6 distingue les bassins en 2020 avec de la disponibilité (valeur positive), de ceux en déficit (valeur négative). Le Mexique avait 653 de ces bassins avec de la disponibilité et 104 en déficit.



Figure 3.6 Disponibilité des bassins en 2020

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

La plupart des bassins en déficit sont situés au nord-est, nord-ouest et centre du pays, ce qui est confirmé par les données des trois régions hydrologiques-administratives d'étude du Tableau 3.2.

Tableau 3.2 Disponibilité des bassins et ruissellement moyen annuel en 2020 des trois RHA d'étude

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2021

	Bassins hydrographiques			Ruissellement moyen annuel	
	Total	Avec de la disponibilité	En déficit	hm <sup>3</sup> /an	% de la moyenne nationale
VI. Río Bravo	59	21	38	6 675	2%
XI. Frontera Sur	115	114	1	135 303	37%
XIII. Aguas del Valle de México	13	13	13	2 289	1%
Tout le Mexique	757	653	104	369 236	-

La disponibilité des eaux souterraines est égale au volume moyen annuel d'eau souterraine qui peut être extrait, supplémentaire à l'extraction déjà concessionnée et au volume nécessaire à l'équilibre de l'aquifère (Comisión Nacional del Agua, 2018.a). La Figure 3.7 distingue les aquifères en 2020 avec de la disponibilité (valeur positive), de ceux en déficit (valeur négative). Le Mexique avait 446 de ces aquifères avec de la disponibilité et 207 en déficit.



Figure 3.7 Disponibilité des aquifères en 2020

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

Parmi les 207 aquifères en déficit, 157 étaient surexploités, 32 connaissaient un phénomène de salinisation des sols et de salubrité des eaux, principalement dans l'Altiplano mexicain, et 18, près des côtes, étaient envahis par des plantes marines.

À l'échelle des trois RHA d'étude, dont les données sont présentées dans le Tableau 3.3, il est intéressant de remarquer que plus de la moitié des aquifères de la région Río Bravo sont en déficit, situation similaire à celle de la région Aguas del Valle de México avec quatre aquifères sur dix en déficit.

Tableau 3.3 Disponibilité des aquifères et recharge moyenne en 2020 des trois RHA d'étude

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2021

	Aquifères					Recharge moyenne	
	Total	Avec disponibilité	Surexploités	Salinisation et salubrité	Intrusion marine	hm <sup>3</sup>	% de la moyenne nationale
VI. Río Bravo	102	48	46	8	8	6 370	7%
XI. Frontera Sur	23	23	0	0	0	22 718	25%
XIII. Aguas del Valle de México	14	10	4	0	0	2 298	2%
Tout le Mexique	653	446	157	32	18	92 404	-

Deux graphiques présentant la disponibilité des bassins et des aquifères pour l'ensemble des 13 RHA peuvent être consultés à l'ANNEXE II Figure-A II-9.

Les organismes de bassin ont pour responsabilité de surveiller le fonctionnement des bassins et des aquifères qui présentent un déficit et, si nécessaire, de cesser d'accorder de nouvelles concessions afin de ne pas affecter les droits des tiers. Ils sont également chargés de coordonner des actions pour préserver les volumes d'eau en cas de phénomène extraordinaire entraînant une pénurie.

### 3.2.1.2 L'eau renouvelable

L'eau renouvelable est définie comme la quantité d'eau maximale exploitable dans une région, c'est-à-dire la quantité d'eau qui est renouvelée par la pluie et par l'eau provenant d'autres régions ou pays (importations). Elle est égale à la somme entre le ruissellement superficiel moyen annuel et la recharge totale annuelle des aquifères, plus les flux d'entrée moins les flux de sortie à d'autres régions (Comisión Nacional del Agua, 2018.b). En 2020, elle était de 461 640 hm<sup>3</sup>/an, soit 3 663 m<sup>3</sup>/hab/an. Les données pour les trois régions hydrologiques-administratives d'étude sont présentées dans le Tableau 3.4. L'ANNEXE II indique ces données pour l'ensemble des 13 RHA.

Tableau 3.4 Eau renouvelable en 2020 des trois RHA d'étude

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2021

	Eau renouvelable		Eau renouvelable par habitant	
	hm <sup>3</sup> /an	% de la moyenne nationale	m <sup>3</sup> /hab/an	Écart avec la moyenne nationale (m <sup>3</sup> /hab/an)
VI. Río Bravo	13 045	3%	981	- 2 682
XI. Frontera Sur	158 021	34%	19 818	+ 16 155
XIII. Aguas del Valle de México	3 444	1%	145	- 3 518
Tout le Mexique	461 640	-	3 663	-

Il est à souligner que le tiers de l'eau renouvelable du pays est détenu par la région Frontera Sur. La part de la région Río Bravo n'est, quant à elle, que de 3%, alors que c'est la RHA ayant la plus grande superficie. La région Aguas del Valle de México possède le plus faible volume d'eau renouvelable en absolu. De plus, l'eau renouvelable par habitant de cette RHA est inférieure à 500 m<sup>3</sup>/hab/an, niveau qui qualifie une condition de sécheresse absolue, d'après l'indice de Falkenmark (Comisión Nacional del Agua, 2018.b). La Figure 3.8 illustre les différents niveaux de cet indice à l'échelle des RHA.



Figure 3.8 Eau renouvelable par habitant en 2017

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2018.a

Le déséquilibre est encore plus important pour les entités fédératives du Nuevo León et du District Fédéral car l'eau renouvelable par habitant est respectivement de  $786 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{an}$  et de  $70 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{an}$ .

Comme évoqué dans la partie 3.1.1, il existe un fort contraste entre le nord/centre et le sud-est du pays sur la disponibilité de la ressource, observable également sur le plan économique. En effet, selon les données de la CONAGUA de 2018 présentées à la Figure 3.9, quatre régions hydrologiques-administratives du Sud-Est, soient les RHA V, X, XI et XII, possèdent les deux tiers de l'eau renouvelable du pays, bien que ce territoire ne représente qu'un cinquième de la population et du PIB. À l'inverse, le reste des régions comprend quatre cinquièmes de la population et du PIB, mais ne peut profiter que d'un tiers de l'eau renouvelable.

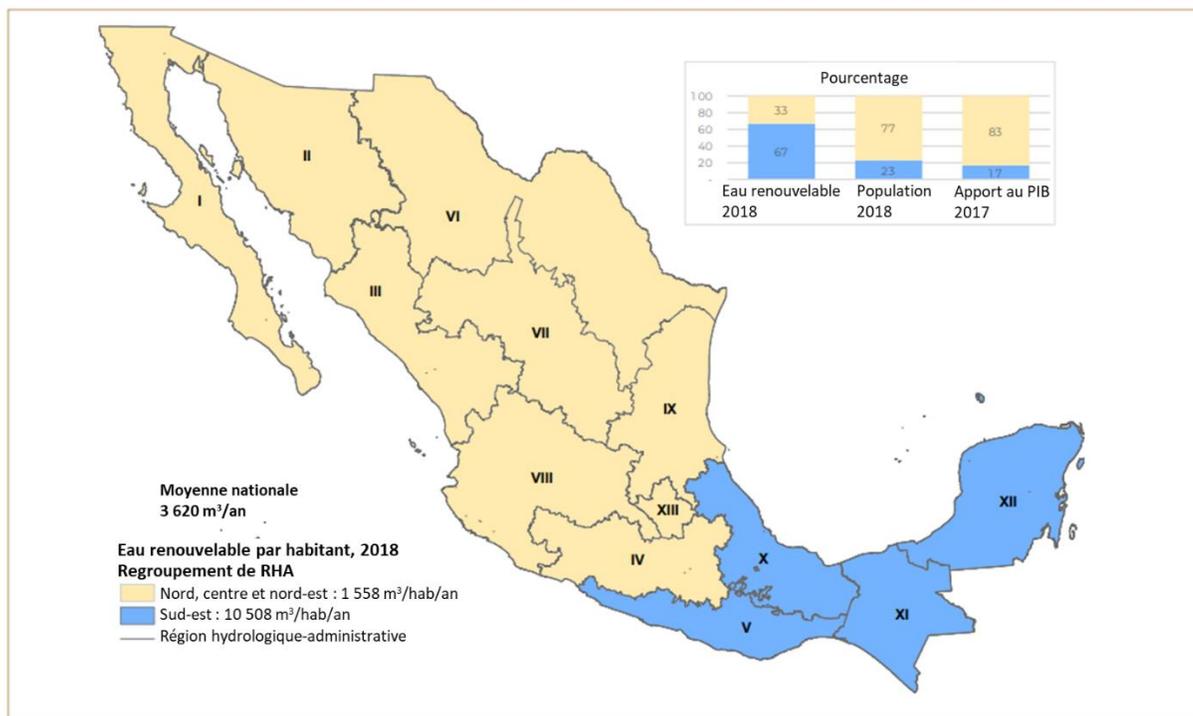


Figure 3.9 Contraste régional entre l'eau renouvelable et le développement

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2019

Concernant l'eau renouvelable par habitant, elle est sept fois plus grande dans les régions du Sud-Est que celle des autres régions. Ceci implique une gestion de l'eau différente entre ces régions. Le Nord et le Centre doivent veiller à un usage rationnel de l'eau et à la conservation de la ressource. Le Sud-Est doit faire face aux inondations et gérer l'opération des grands barrages hydroélectriques (Comisión Nacional del Agua, 2018.a).

### 3.2.1.3 Le degré de pression sur la ressource hydrique

Le degré de pression sur la ressource hydrique représente le pourcentage de l'eau concessionnée sur l'eau renouvelable. Au niveau national, en 2020, le Mexique connaissait un degré de pression de 19%, ce qui est caractérisé comme faible d'après l'échelle de la CONAGUA. Cependant, il existe, là encore, une grande diversité régionale. Le degré de pression le plus faible est celui de la région Frontera Sur, égal à 2%, et le plus fort est celui de

la région Aguas del Valle de México, égal à 128%. La Figure 3.10 et la Figure 3.11 illustrent ces disparités.



Figure 3.10 Degré de pression sur la ressource hydrique en 2020  
 Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

	Degré de pression	
	%	Classification
VI. Río Bravo	74%	Élevé
XI. Frontera Sur	2%	Sans stress
XIII. Aguas del Valle de México	128%	Très élevé
Tout le Mexique	19%	Faible

Figure 3.11 Degré de pression sur la ressource hydrique en 2020 des trois RHA d'étude  
 Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2021

### 3.2.2 La qualité de l'eau

En 2020, 77% du volume rejeté d'eaux résiduelles municipales est collecté par le système d'égout et seulement 52% est traité. Concernant les autres types d'eaux résiduelles (industrielles, agricoles, d'élevage, etc.), le pourcentage du volume rejeté qui est traité tombe

à 32%. Le Tableau 3.5 présente ces résultats. Un schéma disponible à l'ANNEXE II Figure-A II-12 présente les flux extraits et retournés à l'environnement en 2016.

Tableau 3.5 Volumes d'eaux rejeté, collecté et traité en 2020

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2021

	Eaux municipales		Eaux non municipales	
	mille hm <sup>3</sup> /an	% du volume rejeté	mille hm <sup>3</sup> /an	% du volume rejeté
Volume rejeté	8.82	-	7.01	-
Volume collecté	6.79	77%	Pas de données	Pas de données
Volume traité	4.56	52%	2.26	32%

Le traitement de l'eau est ainsi très insuffisant, provoquant la contamination des corps d'eaux de surface et souterraines. En général, les stations de traitement des eaux résiduelles sont inefficaces et manquent de maintenance (Comisión Nacional del Agua, 2020). En 2018, 819 stations de traitement sont abandonnées ou à l'arrêt, ce qui représente 24% des stations de traitement du pays. Dans certaines régions, les agriculteurs préfèrent irriguer leurs cultures avec les eaux résiduelles brutes plutôt qu'avec les eaux traitées, la capacité de la station étant ainsi sous-exploitée.

### 3.2.3 L'accès de la population aux services d'eau

Au niveau national, seulement 58% de la population a de l'eau quotidiennement à son domicile et un assainissement basique amélioré. L'assainissement basique amélioré correspond à un sanitaire réservé exclusivement au domicile et connecté au réseau de drainage ou à une fosse septique (Comisión Nacional del Agua, 2020). Il y a de fortes disparités entre le milieu urbain, où ce pourcentage atteint 64%, et le milieu rural, dont le pourcentage est de 39%. D'après la Figure 3.12, la couverture des services d'eau pour les trois entités fédératives d'étude, Nuevo León, Chiapas et la Ville de México, est respectivement de 95%, 31% et 66%. Le faible pourcentage du Chiapas s'explique par une population majoritairement rurale (51% de la population de l'État). Il existe des programmes fédéralisés qui financent des projets de collecte d'eau de pluie, principalement pour les localités qui n'ont pas accès à l'infrastructure hydraulique.

Faits intéressants à noter par ailleurs, il n'existe pas de structure de débordement dans les égouts. Cependant, il existe des organismes exploitants chargés du transport et du traitement des eaux usées produites par la population. Ces organismes disposent de ressources pour l'exploitation, la maintenance et, le cas échéant, l'amélioration de ces structures.



Figure 3.12 Proportion de la population avec de l'eau quotidiennement et un assainissement basique amélioré par entité fédérative

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2020

L'insuffisance et la détérioration des systèmes de collecte explique partiellement le traitement de l'eau déficient évoqué à la partie 3.2.2.

### 3.3 Causes d'une disponibilité limitée en eau

Certains faits généraux, décrits ci-après, sont des éléments clés pour comprendre cette situation de disponibilité limitée en eau au Mexique.

Premièrement, il est estimé que 72,1% de l'eau des précipitations s'évapore, 21,4% ruisselle par les rivières ou ruisseaux et 6,4% s'infiltré dans le sous-sol et recharge les aquifères. De plus, selon le Recensement de Captage, de Traitement et d'Alimentation en Eau de 2013 de l'Institut National de la Statistique et de la Géographie (INEGI), le pourcentage de pertes dans les réseaux d'eau potable est de 60%. Ceci affecte fortement la disponibilité de la ressource puisque des volumes d'eau supérieurs à ce qui est réellement nécessaire sont extraits.

Enfin, tel que mentionné dans le CHAPITRE 2, l'usage le plus consommateur d'eau est l'agriculture. En 2020, le Mexique occupe la 11<sup>ème</sup> place au niveau mondial pour sa production agricole et la 7<sup>ème</sup> place pour sa superficie irriguée. La superficie agricole est de 22 millions d'hectares, dont 6,1 millions comprend des infrastructures d'irrigation et le reste est non irrigué, dépendant des précipitations. Or, le rendement par hectares est 2 à 2,5 fois plus grand pour des unités agricoles irriguées (Comisión Nacional del Agua, 2019). De plus, la grande majorité des districts d'irrigation sont gérés par des associations d'usagers avec leurs propres ressources. Ceci pose une seconde problématique puisque les revenus sont insuffisants pour maintenir les infrastructures. Les pertes sont de l'ordre de 50% dans l'agriculture irriguée. En effet, conformément à la Section Quatre des Districts d'Irrigation, du Chapitre II du Titre Six *Utilisation de l'Eau* de la LAN, les utilisateurs des districts d'irrigation sont tenus de :

- Utiliser l'eau et le service d'irrigation conformément au règlement du district, et
- Payer les frais d'autosuffisance pour les services d'irrigation convenus par les utilisateurs eux-mêmes, qui doivent couvrir au moins les frais d'administration et d'exploitation du service, ainsi que les frais de conservation et d'entretien des ouvrages. Ces frais d'autosuffisance sont soumis à l'approbation de l'Organisme de Bassin correspondant, qui peut les contester s'ils ne respectent pas les conditions susmentionnées.

Le paiement des frais d'entretien ne garantit pas une bonne récolte, et c'est à ce moment-là qu'il y a un manque de revenus. Toutefois, la CONAGUA dispose du Programme d'Appui à l'Infrastructure Hydro-agricole S217 pour la modernisation et l'amélioration des districts et des unités d'irrigation dans le pays. Ce programme prévoit la construction de réservoirs, de réseaux de canalisations, de dérivations d'infrastructures existantes, de stations de pompage, de puits et de routes, entre autres (Organisation des nations unies pour l'agriculture et l'alimentation, 2002).

La Figure 3.13 regroupe les causes de la disponibilité limitée en eau avancées par chaque Programme Hydrique Régional (PHR) des régions hydrologiques-administratives d'étude. Certaines sont communes aux trois RHA, d'autres sont plus spécifiques.

Causes	VI. Río Bravo	XI. Frontera Sur	XIII. Aguas del Valle de México
Croissance démographique	✓		✓
Concentration de la population dans les principales villes	✓		✓
Forte activité économique			✓
Déforestation et changement de l'usage du sol	✓	✓	✓
Étalement urbain			✓
Manque de sources additionnelles en eau	✓		✓
Sécheresses récurrentes	✓		
Études géohydrologiques, mesures et contrôle sur la disponibilité et l'extraction insuffisants	✓	✓	✓
Entretien des infrastructures hydrauliques insuffisant (fuites)	✓	✓	✓
Âge, longueur et complexité du réseau d'eau potable			✓
Usage inefficace et non mesuré de l'eau	✓	✓	✓
Sous-utilisation des eaux traitées	✓	✓	✓
Manque de planification et de coordination dans les trois niveaux gouvernementaux	✓	✓	✓
Manque d'application du cadre légal	✓	✓	✓
Traité international des eaux avec les États-Unis	✓		
Manque d'éducation environnementale	✓	✓	✓
Manque de participation sociale dans la gestion de l'eau	✓	✓	✓

Figure 3.13 Causes de la disponibilité limitée en eau

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2012.a, 2012.b et 2012.c

La région Frontera Sur est un cas particulier car la problématique de disponibilité limitée en eau est principalement due à un manque de couverture des services d'eau. Le contexte sanitaire de la région illustre les conséquences de cette déficience : l'État du Chiapas enregistre le plus haut taux de mortalité infantile engendrée par des diarrhées aiguës. Avec l'État de Tabasco, ils accusent un grand retard social par rapport au reste du pays. Cette région apporte seulement 4,4% du PIB, situation s'expliquant par le manque d'industries et de parcelles agricoles modernisées.



## **CHAPITRE 4**

### **OUTILS DE PLANIFICATION DE LA GESTION DE L'EAU**

#### **4.1 Cadre légal, réglementaire et normatif**

Les principales lois qui régissent l'exploitation et la préservation de l'eau sont la Loi des Eaux Nationales et son règlement, ainsi que la Loi Fédérale des Droits (LFD). À la LAN et la LFD s'ajoutent les lois et règlements propres à chaque entité fédérative. Par exemple, pour l'État du Nuevo León, la gestion de l'eau est notamment régie par la Loi de l'Eau Potable et d'Assainissement pour l'État du Nuevo León, le Règlement pour la Prestation des Services de l'Eau et de Drainage et la Loi qui Crée l'Institution Publique Décentralisée « Services d'Eau et de Drainage de Monterrey ».

Le Règlement Intérieur de la CONAGUA, ainsi que les Normes Officielles Mexicaines, émises entre autres par la CONAGUA et le SEMARNAT, constituent également le cadre de la gestion des ressources hydriques.

##### **4.1.1 La Loi des Eaux Nationales (LAN)**

La LAN établit :

- les principaux acteurs et leurs attributions ;
- les fondements de la politique hydrique nationale et ses outils de programmation ;
- les règles générales pour l'octroi des titres de concession, d'allocation et de permis de rejet ;
- les principes pour l'établissement des zones fermées, réglementées et réservées ;
- la définition des différents usages ;
- la liste des biens nationaux à la charge de la CONAGUA ;
- les infractions et les sanctions ;
- etc.

Parmi ces éléments, les zones fermées, règlementées et réservées sont particulièrement intéressantes dans le cadre de cette étude. En effet, ces mesures réglementaires permettent, en situation de manque d'eau, de restreindre l'exploitation de zones spécifiques des bassins et aquifères. Elles sont déclarées une fois par an et ne peuvent pas, ainsi, évoluer au cours de l'année selon l'évolution de la sécheresse. Une mesure peut regrouper plusieurs zones de bassins et aquifères distincts.

La Figure 4.1 définit le contexte et l'objet de ces mesures.

Type de mesures	Contexte	Description	Nombre de mesures en vigueur en 2017	
			Eaux de surface	Eaux souterraines
Zones fermées	Plus d'eau disponible dans les bassins et aquifères	Exploitation en eau additionnelle à celle déjà permise dans les titres de concession et d'allocation interdite	272	147
Zones règlementées	Détérioration, déséquilibre, fragilité des écosystèmes, surexploitation des bassins et aquifères	Gestion hydrique spécifique pour garantir la durabilité hydrologique	32	7
Zones de réserve	Fournir un service, implanter un programme de restauration ou de conservation	Exploitation des eaux disponibles limitées pour les fins suivantes : usage domestique et public-urbain, génération d'énergie électrique pour le service public, protection écologique	94	3

Figure 4.1 Outils réglementaires pour restreindre l'exploitation des bassins et aquifères

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2014.d

Il convient également de préciser qu'en 2013, des accords généraux de suspension de la libre extraction pour 333 aquifères ont été publiés. En effet, contrairement aux bassins, la Constitution Politique des États-Unis Mexicains autorise la libre exploitation des aquifères. Par ces accords, il est dorénavant nécessaire d'obtenir les titres de concession et d'allocation de la CONAGUA pour l'extraction des eaux souterraines des aquifères concernés, voire interdit de les exploiter dans certains cas.

La carte à la Figure 4.2 montre les zones où s'appliquent ces outils réglementaires pour les eaux souterraines en 2017.

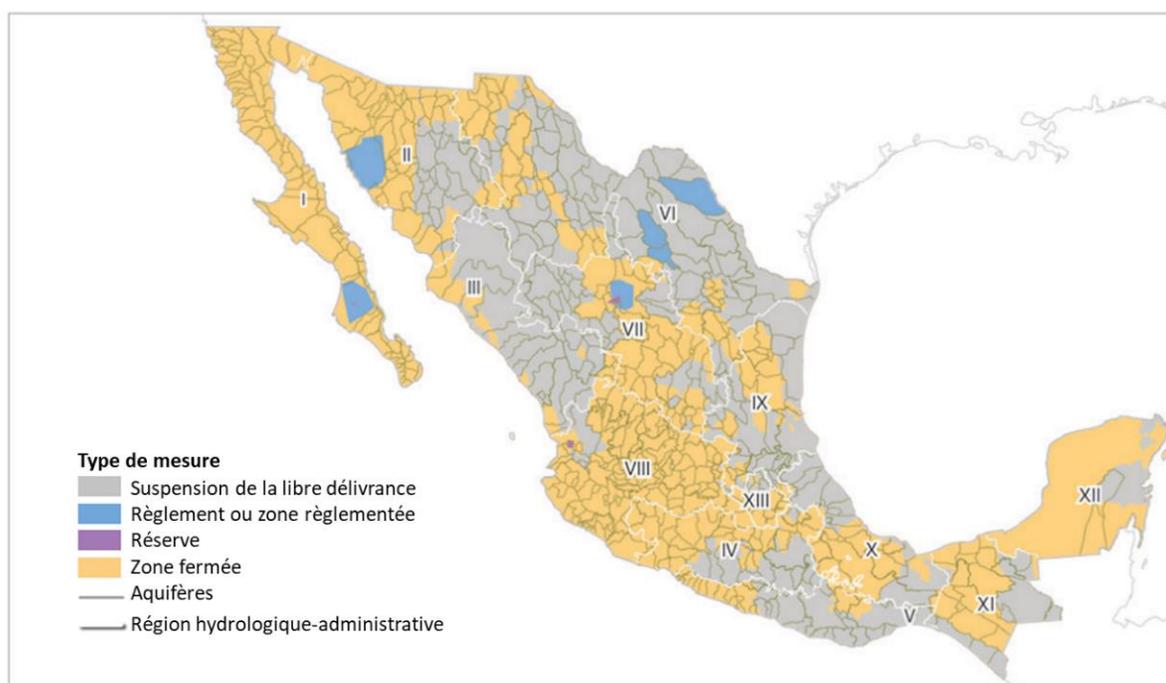


Figure 4.2 Carte des zones fermées, réglementées et réservées pour les eaux souterraines en 2017

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2018.b

#### 4.1.2 La Loi Fédérale des Droits

La Loi Fédérale des Droits détermine le coût des droits pour exploiter, utiliser et tirer profit des eaux nationales et de ses biens publics inhérents. Il est fixe toute l'année et la LFD est revue annuellement. Un titre de concession ayant une durée de 10 ans, le coût des droits varie ainsi au cours de la durée de la concession. Le paiement est réalisé trimestriellement.

Le coût des droits correspond au volume d'eau concessionné multiplié par le coût unitaire, qui dépend du type de source, de la zone de disponibilité et de l'usage (Chávez Tahuilan & De Jesús León, 2022).

Les zones de disponibilité des aquifères et des bassins sont déterminées selon l'article 231 fractions I et II de la LFD et publiées par la CONAGUA à chaque exercice fiscal. La Loi définit quatre catégories de zones de disponibilité (de la catégorie 1, qui correspond à une faible disponibilité, à la catégorie 4, qui correspond à une importante disponibilité). Dans le cas des eaux de surface, la disponibilité est calculée par bassin versant en appliquant la formule suivante :

$$Dr = \frac{Cp + Ar + R + Im}{Uc + Rxy + Ex + Ev + \Delta V}$$

Où :

Dr = Disponibilité relative.

Cp = Volume moyen annuel d'écoulement naturel.

Ar = Volume moyen annuel d'écoulement en amont du bassin versant.

R = Volume annuel des retours.

Im = Volume annuel des importations.

Uc = Volume annuel d'extraction d'eau de surface.

Rxy = Volume annuel actuellement engagé en aval.

Ex = Volume annuel des exportations.

Ev = Volume annuel d'évaporation dans les réservoirs.

$\Delta V$  = Volume annuel de variation du stockage dans les réservoirs.

Le résultat obtenu à partir de la formule se situera dans les plages suivantes pour déterminer la zone de disponibilité correspondante au bassin versant :

Zona de disponibilidad 1	Menor o igual a 1.4
Zona de disponibilidad 2	Mayor a 1.4 y menor o igual a 3.0
Zona de disponibilidad 3	Mayor a 3.0 y menor o igual a 9.0
Zona de disponibilidad 4	Mayor a 9.0

Dans le cas des eaux souterraines, la détermination se fera par aquifère en appliquant la formule suivante :

$$Idas = \frac{Dma}{R - Enc}$$

Où :

Idas = Indice de disponibilité.

Dma = Disponibilité moyenne annuelle des eaux souterraines dans une unité hydrogéologique.

R = Recharge totale moyenne annuelle.

Enc = Écoulement naturel compromis.

Le résultat obtenu à partir de la formule se situera dans les plages suivantes pour déterminer la zone de disponibilité correspondant à l'aquifère :

Zona de disponibilidad 1	Menor o igual a -0.1
Zona de disponibilidad 2	Mayor a -0.1 y menor o igual a 0.1
Zona de disponibilidad 3	Mayor a 0.1 y menor o igual a 0.8
Zona de disponibilidad 4	Mayor a 0.8

Des informations supplémentaires sur les termes des deux précédentes équations se trouvent à l'ANNEXE II.

Le coût des droits d'eau sera basé sur ceux établis dans la LFD, qui fait l'objet d'une mise à jour annuelle. Selon le taux d'inflation, les coûts seront modifiés en conséquence. Les coûts liés à l'exploitation des eaux de surface et souterraines provenant de sources nationales seront affectés par la disponibilité et la classification du bassin en ce sens (1 à 4). Les quotas pour les eaux de surface et les eaux souterraines appliqués en 2019 sont présentés respectivement dans les Figure 4.3 et Figure 4.4. Dans ces figures, l'appellation « Régime Général » désigne les entreprises publiques et privées qui ont une attribution ou une concession pour exploiter, utiliser ou profiter des eaux nationales.

Certains usages ont des tarifs préférentiels (article 223 de la LFD), voire sont exemptés du paiement des droits (article 224 de la LFD). Par exemple, pour l'agriculture et l'élevage, seuls les volumes d'eau consommés qui excèdent ceux concessionnés sont payants. Sont concernés

par ce tarif les agriculteurs dont l'activité consiste uniquement à produire des aliments ou à élever du bétail, et non à transformer par la suite les produits, tels que les agroindustriels. Inés De Jesús León, Responsable Adjointe des Audits Spéciaux, et Diego Chávez Tahuilan, Responsable Adjoint du Contrôle des Obligations Fiscales, de la Coordination Générale de la Perception et de la Fiscalisation de la CONAGUA, expliquent cette exemption par la volonté du gouvernement fédéral de soutenir un secteur d'activités de sécurité nationale (alimentation de la population) et aux faibles revenus économiques. Les agriculteurs ont tout de même des frais qu'ils versent aux associations d'agriculteurs pour l'opération et le maintien des infrastructures (section 3.3). Il existe des systèmes d'irrigation collectifs, où des problèmes surviennent toutefois souvent dans l'organisation entre les utilisateurs de l'eau en période de sécheresse. Dans de telles situations, les utilisateurs de l'eau peuvent être tentés de réagir de manière indépendante lorsque la ressource est rare (Pérez Baltazar, M.I., 2017).

Usages	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Régime Général (prix/L)	18.05	8.31	2.72	2.08
Eau potable, consommation supérieure à 300 L/hab/jour (prix/L)	1.08	0.51	0.26	0.13
Eau potable, consommation égale ou inf. à 300 L/hab/jour (prix/L)	0.54	0.26	0.13	0.06
Agricole, sans excéder la concession (prix/L)	0.00	0.00	0.00	0.00
Agricole, pour chaque m <sup>3</sup> qui excède la concession (prix/L)	0.20	0.20	0.20	0.20
Bains publics et centres récréatifs (prix/L)	0.013	0.0074	0.0035	0.0014
Production hydroélectrique (prix/L)	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062
Aquaculture (prix/L)	0.0045	0.0022	0.001	0.0005

Figure 4.3 Quotas pour les eaux de surface par usage et par zone

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

Usages	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Régime Général (prix/L)	24.32	9.42	3.28	2.38
Eau potable, consommation supérieure à 300 L/hab/jour (prix/L)	1.12	0.52	0.29	0.14
Eau potable, consommation égale ou inf. à 300 L/hab/jour (prix/L)	0.56	0.26	0.15	0.07
Agricole, sans excéder la concession (prix/L)	0.00	0.00	0.00	0.00
Agricole, pour chaque m <sup>3</sup> qui excède la concession (prix/L)	0.20	0.20	0.20	0.20
Bains publics et centres récréatifs (prix/L)	0.016	0.0078	0.0038	0.0017
Production hydroélectrique (prix/L)	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062
Aquaculture (prix/L)	0.0049	0.0023	0.0011	0.0005

Figure 4.4 Quotas pour les eaux souterraines par usage et par zone

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

## **4.2 Plans et programmes**

Les programmes définissant la stratégie de gestion des ressources hydriques découlent des outils directeurs de planification du gouvernement fédéral. Le Plan National de Développement présente ainsi les principes, objectifs et stratégies de chaque mandat de gouvernement (Comisión Nacional del Agua, 2010a). Il détermine les Programmes Sectoriels, dont le Programme Sectoriel de l'Environnement et des Ressources Naturelles du SEMARNAT, dans lequel s'inscrit le Programme National Hydrique (PNH) de la CONAGUA.

Il existe des ressources, dans les différentes entités fédérales, réparties dans de nombreux programmes visant à augmenter la couverture en eau potable, à traiter les eaux usées, à capter les eaux pluviales et à protéger les localités vulnérables contre les inondations. Dans le but de répondre aux objectifs des programmes liés à l'eau, le pourcentage de financement pour la mise en œuvre des travaux nécessaires varie en fonction du degré de marginalisation de la population à en bénéficier. Ce pourcentage peut aller de 50 % à 100 %.

### **4.2.1 Les plans et programmes pour une politique de l'eau durable**

#### **4.2.1.1 Le Programme National Hydrique 2020-2024**

Le Programme National Hydrique est le résultat de consultations, réalisées à travers l'organisation de 44 forums, pour identifier les cinq objectifs prioritaires du programme, présentés à l'ANNEXE III. L'objectif prioritaire 3 traite des problématiques de sécheresse et est intitulé « Réduire la vulnérabilité de la population face aux inondations et aux sécheresses, avec une attention particulière aux peuples indigènes et afro-mexicains ». La Figure 4.5 présente les stratégies prévues pour répondre à cet objectif.

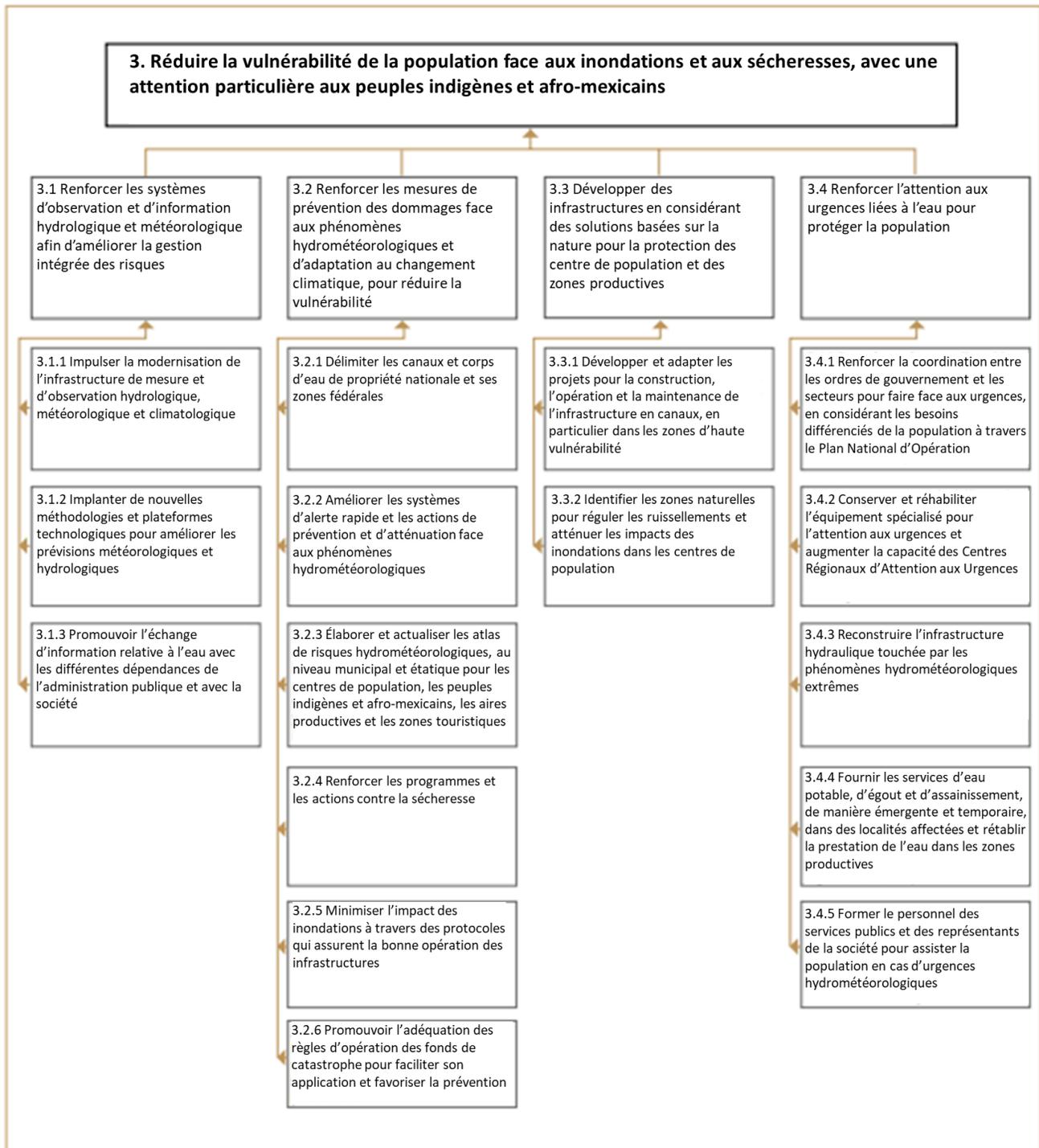


Figure 4.5 Stratégies de l'objectif prioritaire 3 du PNH 2020-2024

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2020

#### 4.2.1.2 Les Programmes Hydriques Régionaux Vision 2030

Afin de renforcer le processus de planification de la politique hydrique nationale, un Programme Hydrique Régional a été mis en place dans chaque organisme de bassin. Ceux publiés en 2012 s'appuient sur les quatre axes de l'Agenda de l'Eau 2030, consultables à l'ANNEXE III Figure-A III-2.

L'axe intéressant dans le cadre de cette étude est l'axe « Bassins et aquifères à l'équilibre ». Y sont présentés l'écart actuel entre l'offre et la demande en eau et celui projeté en 2030. Par exemple, pour l'Organisme de Bassin Río Bravo, le déficit actuel est de 1 700 hm<sup>3</sup>, compensé par une surexploitation des aquifères. En 2030, il est estimé à 4 063 hm<sup>3</sup>, dû à l'accroissement accéléré de la population et du secteur industriel (Comisión Nacional del Agua, 2012.a). La Figure 4.6 indique le détail de ces valeurs. L'évolution de la demande est projetée par la CONAGUA, suivant les projections démographiques réalisées par la Commission nationale de la population (CONAPO) et en se basant sur les recensements de l'INEGI.

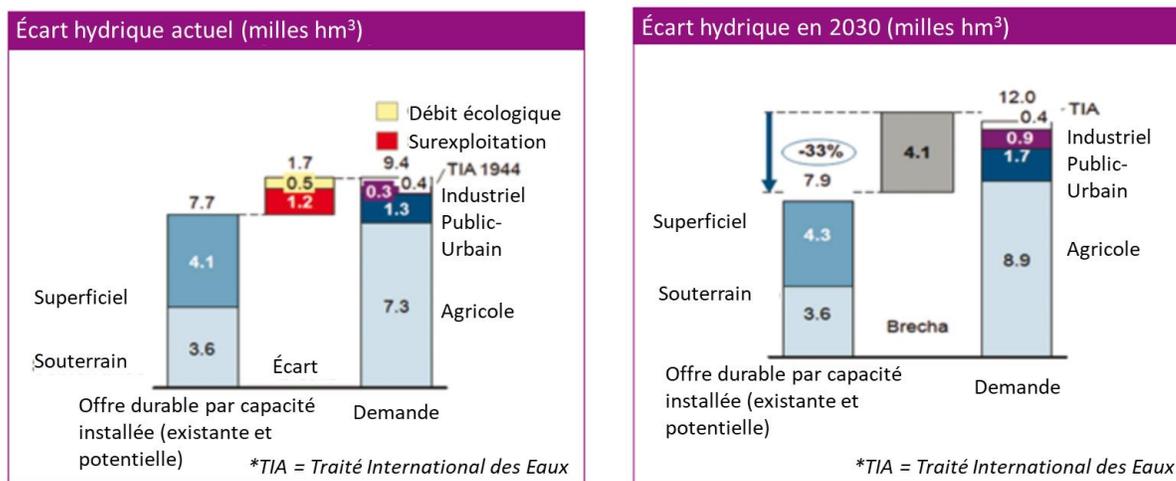


Figure 4.6 Écarts hydriques actuel et de 2030 de la RHA Río Bravo

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2012.a

Les mesures proposées pour réduire l'écart entre l'offre et la demande dans les PHR visent à la fois de réduire la demande (augmenter l'efficacité de l'agriculture par la modernisation des

parcelles, réparer les fuites du réseau d'eau potable, installer des appareils plus économes en eau, promouvoir le recyclage des eaux dans l'industrie, etc.) et d'augmenter l'offre (construction de barrages, d'aqueducs et de puits souterrains). Le tableau disponible à l'ANNEXE III Figure-A III-3 résume les actions mentionnées dans les PHR des trois régions hydrologiques-administratives d'étude. L'annexe indique également l'estimation du coût de ces mesures et du volume d'eau récupéré.

L'élaboration des PHR repose sur les trois principes suivants :

1. Il existe une différence de priorité entre les usages. L'ordre de priorité est ainsi défini : 1-les secteurs public-urbain et industriel, 2-l'équilibre du bassin, 3-l'accroissement agricole.
2. L'écart est comblé avec les ressources hydriques des bassins de chaque cellule de planification, maillage utilisé dans les PHR, afin d'éviter des transferts et des importations entre bassins qui pourraient générer des conflits sociaux (Comisión Nacional del Agua, 2012.a).
3. Les mesures visent d'abord à combler l'écart du secteur lui-même. Le seul échange valide est l'aide du secteur agricole vers les secteurs public-urbain et industriel.

Les PHR les plus récents, soit ceux de 2021-2024, ont été publiés fin mai 2022.

#### **4.2.1.3 Un exemple de plan étatique : le Plan Hydrique Nuevo León 2050**

Le Plan Hydrique Nuevo León 2050 a été élaboré, à la demande du gouverneur de l'État, par le Fonds Environnemental Métropolitain de Monterrey (FAMM). Cette organisation regroupe des acteurs des secteurs public, privé, universitaire et de la société civile, afin de réaliser des études et proposer des solutions pour un environnement sain et durable. Dans le cadre de ce plan, SADM a par la suite proposé son propre plan, le Plan Hydrique SADM 2030.

Le Plan Hydrique Nuevo León 2050 propose des stratégies adaptatives à court, moyen et long termes pour combler l'écart hydrique que connaît l'Aire Métropolitaine de Monterrey. Ces mesures sont adaptatives et doivent être révisées selon les conditions futures.

À court et moyen termes, les initiatives suivantes ont été présentées (Aguilar Barajas & Iván Ramírez Orozoc, 2021) :

- Récupérer 1 m<sup>3</sup>/s à travers l'amélioration de l'efficacité du réseau de distribution d'eau potable. Ceci implique la mise en place d'un plan pour diminuer toutes les composantes de l'Eau Non Comptabilisée, qui comprend les fuites, les prise d'eau clandestines et les erreurs de mesure ;
- Implanter un programme officiel de conservation de l'eau ;
- Optimiser l'opération des sources d'approvisionnement ;
- Incorporer d'autres sources d'approvisionnement, le barrage Libertad étant la plus importante avec une contribution de 1,5 m<sup>3</sup>/s.

À long terme, les solutions proposées dépendent de plusieurs facteurs. Par exemple, si le coût de la désalinisation est réduit d'au moins 7%, le portfolio comprendra alors l'injection d'eau résiduelle traitée dans les aquifères, ainsi que la construction d'une station désalinisatrice au Tamaulipas. Dans le cas contraire, la station désalinisatrice sera remplacée par la construction d'un barrage de 5 m<sup>3</sup>/s au Tamaulipas et d'un nouvel aqueduc ajouté au barrage El Cuchillo. Enfin, la solution des systèmes de recharge des aquifères apparaît comme dominante pour sa robustesse face aux sécheresses prolongées (Fondo Ambiental Metropolitano de Monterrey, 2019).

Le plan présente également des mesures pour affronter et atténuer spécifiquement les effets de la sécheresse, parmi lesquelles sont mentionnées :

- Diversifier et opérer de manière conjointe les sources d'eau ;
- Mener des recherches sur les eaux souterraines des aquifères pour avoir des études complètes et actuelles, l'eau souterraine étant une pièce clé pour satisfaire la demande en période de déficit des eaux de surface ;

- Réutiliser les eaux traitées au-delà de l'irrigation des parcs publics et des jardins ;
- Développer et implanter des cultures résistantes aux sécheresses et adaptables à l'environnement ;
- Développer les Programmes des Mesures Préventives et d'Atténuation de la Sécheresse (PMPMS) pour chaque bassin de l'État ;
- Établir des politiques d'opération des sources d'eau de Services d'Eau et de Drainage de Monterrey pour la gestion des sécheresses ;
- Implanter un système tarifaire d'urgence face aux sécheresses prolongées.

Les méthodologies de modélisation qui ont été utilisées reposent sur les travaux de Molina et al. (2018). Différents scénarios ont été pris en compte, dans le cadre du Plan Hydrique Nuevo León 2050. Le tableau 4.1 résume les incertitudes identifiées et prises en compte à travers les scénarios considérés. Comme on peut le constater, un nombre significatif de scénarios futurs a été étudié. Plus de détails se trouvent dans le Plan Hydrique Nuevo León et dans Molina et al. (2018).

Tableau 4.1 Scénarios futurs pris en compte dans le cadre du Plan Hydrique Nuevo León 2050

Sources d'incertitudes	Nombre de scénarios futurs générés	Méthodes utilisées
<b>Scénarios de demande</b>	25 000	Modèles économétriques et simulations Monte Carlo
<b>Scénarios tarifaires</b>	2	Modèles économétriques et simulations Monte Carlo
<b>Scénarios hydrologiques</b>	54	Modèles probabilistes et modélisation du système hydrique
<b>Scénarios sur les eaux souterraines</b>	648	Variations linéaires par rapport à l'estimation actuelle
<b>Scénarios de désalinisation</b>	648	Variations linéaires par rapport aux coûts actuels

Enfin, le Plan Hydrique Nuevo León 2050 analyse le système de tarification appliqué par SADM. Comme dans la plupart des schémas tarifaires en vigueur dans le pays, le prix croît avec la consommation, afin d'inciter les usagers à utiliser l'eau de manière raisonnée. Les tarifs

sont imposés en fonction de la consommation de chaque habitant sur une période d'un mois. La quantité de mètres cubes consommés est vérifiée à l'aide de compteurs de débit installés dans chaque foyer, de sorte que le tarif payé par chaque citoyen soit proportionnel à la quantité d'eau consommée.

Deux conditions doivent être réunies pour que ce type de système ait un réel effet (Fondo Ambiental Metropolitano de Monterrey, 2019) :

1. L'utilisateur doit comprendre la facture et le schéma tarifaire ;
2. Les incitations à économiser l'eau doivent être significatives.

Une enquête publiée par le FAMM en 2015 a mis en évidence que seulement 16% des citoyens de l'Aire Métropolitaine de Monterrey savaient comment se calculaient les coûts des services d'eau. SADM devrait ainsi simplifier et rendre transparent le schéma tarifaire. De plus, le système de tarification comprend 200 niveaux de consommation, alors que l'expérience internationale montre qu'un fonctionnement sur une dizaine de niveaux est efficace. En effet, maintenir peu de niveaux permet d'avoir des différences importantes entre ces derniers et donc des incitations plus significatives à un usage raisonné de l'eau.

Le système de SADM comprend deux types de tarification, l'un appliqué à l'Aire Métropolitaine et le second, aux Régions Non Métropolitaines. Chacun de ces sous-systèmes est défini pour 13 catégories d'usage. L'usage domestique correspond aux catégories 1 (Services d'Eau Potable sans Drainage) et 2 (Services d'Eau Potable avec Drainage), elles-mêmes divisées en deux tarifs, afin d'offrir un tarif préférentiel aux personnes âgées de plus de 70 ans, retraités, veufs, handicapés.

L'évolution du tarif unitaire pour le tarif non préférentiel de la catégorie 2 est présenté à la Figure 4.7. Bien que 90% des usagers résidentiels consomment par mois 30 m<sup>3</sup> ou moins (Fondo Ambiental Metropolitano de Monterrey, 2019), le graphique montre que les variations du coût unitaire dans cet intervalle de consommation sont peu significatives. Il est à noter que

tous les logements et édifices commerciaux, industriels et publics disposent de compteurs d'eau pour mesurer le volume consommé (Comisión Nacional del Agua, 2014.c).

Ainsi, le Plan Hydrique Nuevo León 2050 recommande principalement de réduire le nombre de catégories d'usage et le nombre de niveaux de consommation pour améliorer le système de tarification en vigueur.

Entre les habitants de la zone métropolitaine et ceux des régions non métropolitaines, on peut observer un contraste. En effet, la zone métropolitaine bénéficie d'une meilleure perception du service public dans les foyers, car elle n'est pas située dans des zones à fort indice de marginalité. Ainsi, les problèmes tels que les coupures d'eau ou le manque de ressources hydriques pour la distribution ne se produisent pas régulièrement. Cependant, la majorité des personnes s'accordent à dire que la sécheresse des deux dernières années a entraîné l'apparition de problèmes touchant désormais l'ensemble de la population, y compris la zone métropolitaine.

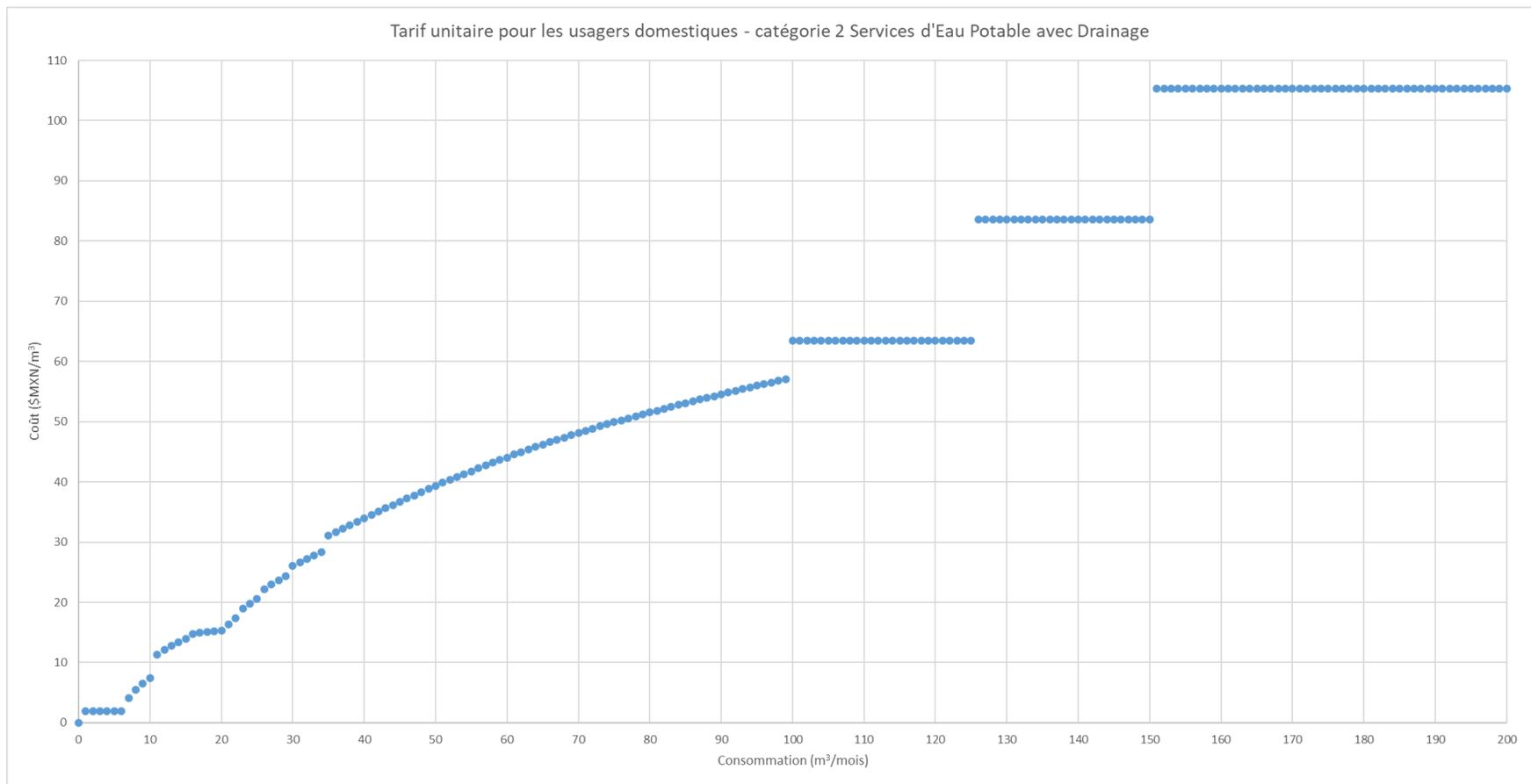


Figure 4.7 Évolution du tarif unitaire appliqué par SADM en fonction de la consommation pour la catégorie d'usage n°2

Source : élaboré à partir de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, 2022

Les tarifs présentés à la Figure 4.7 comprennent les modifications apportées par SADM en avril 2022, qui sont les mesures suivantes :

- L'ajustement du tarif pour la réduction de la consommation, correspondant à une augmentation du tarif de 10% ;
- La nouvelle taxe d'assainissement pour le traitement des eaux résiduelles, correspondant à une augmentation du tarif de 12,5% ;
- La taxe écologique volontaire de 10 \$MXN pour notamment financer la reforestation des bassins et atténuer les effets des changements climatiques.

Enfin, les tarifs sont constants toute l'année, peu importe si l'État du Nuevo León se trouve en situation de sécheresse ou non.

## **4.2.2 Les programmes pour les situations de sécheresse**

### **4.2.2.1 Le Programme National Contre la Sécheresse**

En 2011-2012, le Mexique a connu une sécheresse très intense, qui a affecté 90% du pays. Jusqu'à cet événement, il n'existait pas de plans ni de programmes traitant spécifiquement de ce phénomène hydrométéorologique. En 2013, le Programme National Contre la Sécheresse (PRONACOSE) a ainsi été créé pour passer d'une approche réactive à une approche proactive. Les six principes sur lesquels repose le programme sont présentés à l'ANNEXE III Figure-A III-4.

Sous la responsabilité de la CONAGUA, le PRONACOSE vise à coordonner les actions du gouvernement pour faire face aux situations de manque d'eau. Dans ce cadre, plusieurs outils ont été développés :

- La Commission Inter-sécrétariats pour la Gestion des Sécheresses et des Inondations (CIASI) ;
- Les Programmes des Mesures Préventives et d'Atténuation de la Sécheresse ;
- Le Moniteur de Sécheresse au niveau national par le Service Météorologique National, présenté au CHAPITRE 5 ;

- Les Accords de caractère général de début et de fin d'urgence pour l'apparition de sécheresse, présentés au CHAPITRE 5 ;
- Les Directives qui établissent les critères et les mécanismes pour émettre des Accords de caractère général en situations d'urgence pour l'apparition de sécheresse, ainsi que les mesures préventives et d'atténuation, que pourront mettre en place les usagers des eaux nationales pour un usage efficace de l'eau pendant la sécheresse, présentées au CHAPITRE 5 ;
- Les Directives pour réparer les dommages causés par les phénomènes naturels perturbateurs, sous la responsabilité du Ministère de la Sécurité et de la Protection Citoyenne, présentées au CHAPITRE 5.

Les actions sont coordonnées au niveau national, car le PRONACOSE est un programme qui rassemble divers instruments existants afin de privilégier la prévention et de réduire les réponses réactives face au phénomène de la sécheresse. Avec le PRONACOSE, et en particulier avec les instruments en vigueur, l'objectif est de disposer à l'avance de plans et d'actions qui seraient mis en œuvre avant, pendant et après d'éventuelles situations de pénurie d'eau temporaire causées par une sécheresse, voire même à partir de conditions antérieures à celle-ci, dans le but de minimiser les impacts environnementaux, économiques et sociaux. Ces actions visent à garantir la disponibilité de l'eau nécessaire pour assurer la santé et la vie de la population, en privilégiant l'approvisionnement en eau potable et domestique, tant en milieu urbain que rural.

Au cours de l'année 2022, d'autres outils devraient être intégrés au programme. Seront ainsi ajoutés 24 indicateurs (couverture des réseaux d'eau potable, d'égout, électrique, etc.) aux cartes de vulnérabilité des municipalités face à la sécheresse. Également, une carte d'alerte indiquant le pourcentage d'eau à économiser recommandé sera publiée sur la page internet du programme. La CONAGUA est responsable non seulement du développement mais aussi de la mise à jour de ces outils. Elle rédige des lettres où elle émet des rapports sur la sécheresse, et une fois ces rapports établis, ils sont partagés avec les municipalités afin qu'elles se chargent de la diffusion des informations à la population.

Au sein du PRONACOSE, la CIASI regroupe 14 dépendances de l'Administration Publique Fédérale pour mettre en place des actions, selon les attributions de chaque dépendance, visant à réduire la vulnérabilité des municipalités face à la sécheresse. Par exemple, le pavage de routes réalisé par le Ministère des Communications et des Transports permet l'acheminement des camions-citernes et donc de répondre aux problématiques de manque d'eau des populations. Une autre mesure, en collaboration avec le Ministère de l'Économie, est la diminution du paiement des droits pour les grands usagers, tels que les industriels, qui arrivent à optimiser leurs procédés pour baisser leur consommation en eau. La CIASI se réunit quatre fois par an et les dépendances membres sont présentées à la Figure 4.8.



Figure 4.8 Dépendances des membres de la CIASI

Source : adapté de Romano & Sinohé Padrón, 2022

#### 4.2.2.2 Les Programmes des Mesures Préventives et d'Atténuation de la Sécheresse

Les Programmes des Mesures Préventives et d'Atténuation de la Sécheresse ont été développés pour chaque conseil de bassin et pour quelques villes du pays. Ils visent à définir, par la collaboration entre les différents niveaux de gouvernement et les usagers, les mesures de réduction des risques, les moments appropriés pour mettre en place ces mesures et les acteurs impliqués. Cependant, les éléments apportés n'ont aucun caractère obligatoire.

Par exemple, dans le Programme de Mesures Préventives et d'Atténuation de la Sécheresse (PMPMS) de l'Organisme de Bassin des Eaux de la Vallée de Mexico, des actions sont proposées dans le cadre des objectifs de la politique régionale de l'eau, dans le but d'une gestion durable du bassin versant et des aquifères qui le composent, en réduisant la consommation et les pertes dans les différents usages de la ressource. De manière générale, les mesures visent des actions techniques pour une contribution de 1 894,2 hm<sup>3</sup>. Parmi les propositions présentées, on trouve les éléments suivants classés par secteur d'utilisation de l'eau (Consejo de cuenca, Valle de México, 2014) :

### Usage public - urbain

- Réparer les fuites dans le réseau avant de réaliser des investissements importants afin de récupérer les débits.
- Remplacer des composantes du réseau de distribution d'eau potable.
- Développer des infrastructures pour la collecte d'eau de pluie dans la ville en vue de sa réutilisation.
- Effectuer des ajustements tarifaires pour l'eau potable, en cherchant l'autosuffisance des Opérateurs d'Eau.

### Usage public-urbain et agricole-élevage

- Réaliser des actions et des travaux pour accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau et utiliser le volume récupéré pour l'infiltration, les usages déficitaires et autres usages.
- Réaliser un diagnostic du fonctionnement des infrastructures et des équipements (par exemple, des pompes) et les entretenir et/ou les remplacer par des équipements plus efficaces.

### Agriculture

- Construire des ouvrages de collecte d'eau de pluie dans les zones de culture en pente.
- Réaliser des ouvrages et des actions dans les parties hautes de la région visant à la conservation des sols et de l'eau.
- Établir un ranch ou un module écologique pilote pour montrer l'utilisation de technologies et d'actions économes en eau.
- Passer à des cultures spécifiques adaptées à leur développement naturel avec une évapotranspiration réduite et donc une demande en eau moindre.
- Réaliser des actions de conservation des sols et de l'eau (reforestation, culture de couverture, retenues, entre autres) dans la partie supérieure de l'aquifère de Texcoco, avec la participation des organisations présentes dans la zone.
- Réaliser des travaux et des actions pour une utilisation efficace de l'eau en agriculture et en élevage (par exemple, l'irrigation modernisée, le nivellement des terres).

### Autres

- Socialiser le Programme à travers des réunions avec d'autres utilisateurs.
- Parvenir à un accord pour la réduction des volumes en cas de sécheresse, sans perdre les droits.

Le PMPMS du Conseil de Bassin Río Bravo présente une analyse de vulnérabilité des municipalités face à la sécheresse. Il développe ainsi la méthodologie employée pour calculer cet indice, tiré du Groupe d'Experts Intergouvernemental du Climat (GIEC), et les résultats obtenus pour les bassins constituant le conseil de bassin. Par la suite, le programme recommande les actions à mettre en œuvre et les objectifs de consommation à atteindre selon les phases de sécheresse, détaillés à l'ANNEXE III Figure-A III-5. La LAN définit que l'usage prioritaire est le secteur domestique et public-urbain.

Cependant, comme mentionné précédemment, la CONAGUA et les conseils de bassin n'ont aucun pouvoir sur la gestion de la distribution de l'eau et n'émettent que des recommandations. Ce sont donc les organismes opérateurs qui fixent les restrictions d'usage en cas de sécheresse. Le PMPMS de la ville de Monterrey présente les restrictions d'usage imposées par SADM dans son Plan d'Intervention face aux Conditions de Sécheresse de 2002, disponibles à la Figure 4.9. Les différentes phases de la figure correspondent aux catégories D0 à D4 du moniteur de sécheresse présenté au CHAPITRE 3.

Phase	Restrictions	Objectif
Anormalement sec	Pas de restriction.	-
Sécheresse Modérée	Il est recommandé aux usagers de vérifier les fuites dans leurs domiciles. Il est encouragé l'usage d'accessoires économiseurs dans les robinets, les douches et les sanitaires, ainsi que l'usage d'eau résiduelle traitée dans l'industrie et l'irrigation des espaces verts. Il est demandé que l'irrigation des jardins soit limitée à deux jours par semaine.	10% de réduction volontaire dans la demande quotidienne en eau.
Sécheresse Sévère	Il est interdit de laver les infrastructures avec de l'eau potable, de remplir les piscines et d'utiliser des fontaines d'agrément. Sont restreints le lavage des voitures et l'irrigation des espaces verts et des jardins à deux jours par semaine.	15% de réduction obligatoire dans la demande quotidienne en eau.
Sécheresse Extrême	Il est interdit de laver les infrastructures, de remplir les piscines, d'utiliser des fontaines d'agrément et de laver les voitures avec de l'eau potable. Sont restreints le lavage des voitures et l'irrigation des espaces verts et des jardins à un jour par semaine.	20% de réduction obligatoire dans la demande quotidienne en eau.
Sécheresse Exceptionnelle	Il est interdit de laver les infrastructures, de remplir les piscines, d'utiliser des fontaines d'agrément et de laver les voitures avec de l'eau potable. L'approvisionnement est restreint à 16 heures par jour, l'installation de nouveaux services est suspendue et l'irrigation des espaces verts et des jardins est interdite.	30% de réduction obligatoire dans la demande quotidienne en eau.

Figure 4.9 Restrictions d'usage fixées par SADM dans son Plan d'Intervention face aux Conditions de Sécheresse

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2014.c

Il revient également de la responsabilité de l'opérateur de contrôler le respect de ces restrictions et de sanctionner, le cas échéant, par l'application d'amendes.

### 4.3 Schéma-bilan des outils de planification existants dans l'État du Nuevo León

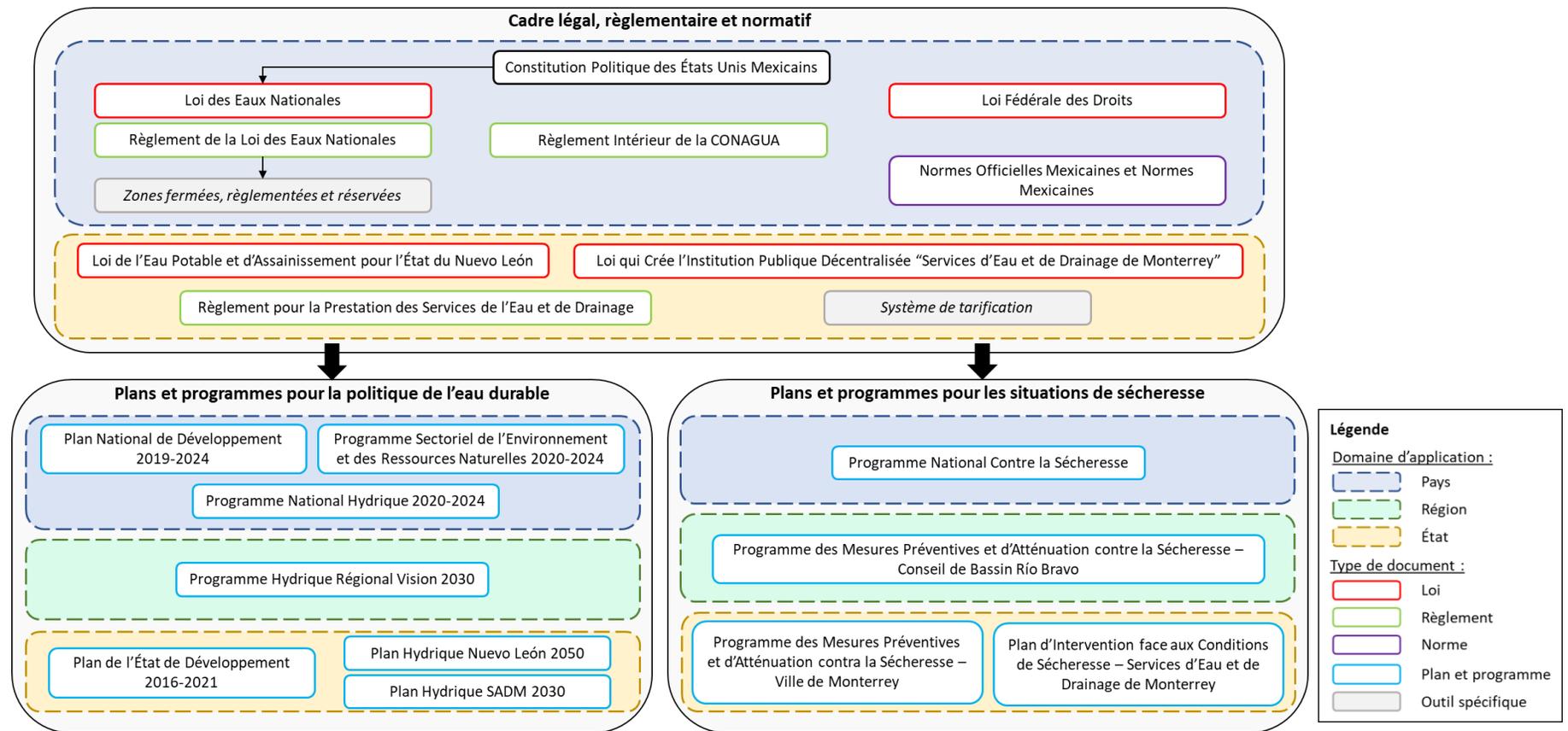


Figure 4.10 Schéma-bilan des outils de planification existants au Nuevo León

Source : Auteur

## **CHAPITRE 5**

### **OUTILS DE PRÉPARATION, DE SUIVI ET D'AIDE À LA DÉCISION POUR LES COLLECTIVITÉS ET LES AUTRES USAGERS DE LA RESSOURCE EN EAU**

#### **5.1 Outils de surveillance des conditions hydriques**

##### **5.1.1 Le Moniteur de Sécheresse par le Service Météorologique National**

Le Service Météorologique National (SMN) est l'entité du gouvernement fédéral chargée de fournir des informations météorologiques et climatiques, à l'aide des stations climatologiques et hydrométriques que la CONAGUA opère sur tout le territoire. Le SMN appartient ainsi à la CONAGUA. Dans le cadre de la gestion des ressources hydriques en période de sécheresse, le SMN identifie en continu l'état actuel et l'évolution de ce phénomène à travers le Moniteur de Sécheresse. Cet outil fait partie plus largement du Moniteur de Sécheresse d'Amérique du Nord, en collaboration avec les États-Unis et le Canada.

Accessible à tous, le Moniteur de Sécheresse est mis à jour toutes les deux semaines. L'évolution de la sécheresse dépend des changements de précipitation, de température, de l'état des réserves d'eaux de surface et d'eaux souterraines, de l'état de la végétation (López Quiroz, 2022). La liste des indices utilisés est présentée à l'ANNEXE IV. Le SMN est ainsi chargé de rassembler et de traiter les informations obtenues à partir des différents indices, en leur assignant les catégories de sécheresse D0 à D4, mentionnées au CHAPITRE 3. Les documents produits sont présentés à la Figure 5.1. Ils comprennent des cartes et des graphiques à l'échelle nationale et des régions hydrologiques-administratives, ainsi qu'un texte descriptif des conditions météorologiques et des variations en comparaison avec la publication antérieure. Les données vectorielles peuvent aussi être téléchargées.

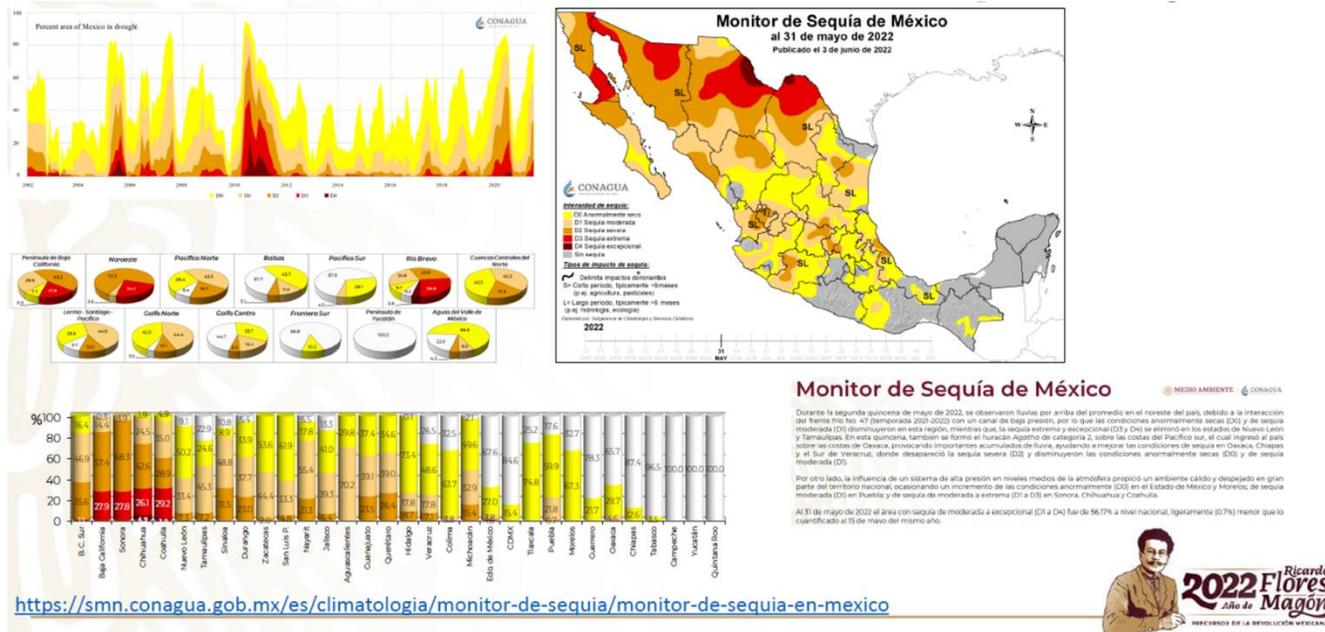


Figure 5.1 Types of documents produits par le Moniteur de Sécheresse

Source : adapté de López Quiroz, 2022

Également, sur le compte Twitter du SMN, sont publiées de manière bimensuelle des cartes et statistiques à l'échelle de huit grandes régions (Nord-Ouest, Nord, Nord-Est, Centre-Occident, Centre-Sud, Golfe de Mexique, Pacifique Sud et Péninsule du Yucatán), ainsi que des vidéos d'information pour la population.

Enfin, le SMN réalise des prévisions des précipitations et des températures minimale et maximale sur une période de six mois. Ces études sont transmises aux bureaux centraux de la CONAGUA.

### 5.1.2 Le suivi des politiques d'opération des réservoirs par le Comité Technique d'Opération des Ouvrages Hydrauliques

À partir des données météorologiques et hydrométriques, le Comité Technique d'Opération des Ouvrages Hydrauliques (CTOOH) de la CONAGUA analyse, discute et recommande les politiques d'opération des principaux systèmes hydrologiques du pays. Par exemple, en cas d'ouragan, il peut conseiller de vider le volume d'eau contenu dans les barrages afin que ceux-

ci se remplissent avec les pluies. Le comité se réunit avec le SMN pour intégrer le suivi de la sécheresse dans ses décisions. Une session informative est diffusée publiquement de manière hebdomadaire sur la page Facebook de la CONAGUA.

Les organismes de bassin appliquent les instructions d'opération données par le CTOOH et sont responsables de la concession des volumes autorisés. Ils transmettent également des rapports quotidiens évaluant le niveau d'eau des barrages aux gouvernements des États et aux organismes opérateurs. Voici un extrait du rapport de l'Organisme de Bassin Río Bravo datant du 9 juin 2022 à la Figure 5.2.

Aviso 160									
Hidrológico									
Monterrey, N. L. 09-junio-2022									
<b>Principales presas de Almacenamiento</b>									
	PRESAS	NAME (hm3)	NAMO (hm3)	ALMACENAMIENTO ( hm3)		% DE LLENADO	EXTRACC. OBRA TOMA (m3/s)	EXTRACC. DE CONTROL (m3/s)	GASTO DE ENTRADA (m3/s)
				2021	2022				
NUEVO LEON	CERRO PRIETO	393.000	300.000	45.000	6.972	2.3	1.398	0.000	0.000
	LA BOCA *	42.628	35.003	25.798	3.063	8.8	0.658	0.000	0.621
	EL CUCHILLO	1784.292	1123.143	597.295	519.362	46.2	6.599	0.000	0.000
TAM	MARTE R. GÓMEZ	2208.663	781.700	677.315	378.885	48.5	37.800	0.000	0.000
	LAS BLANCAS	133.973	83.784	31.673	21.961	26.2	0.300	0.000	0.357
INTER	AMISTAD	6683.250	4040.325	1327.986	1058.836	26.2	23.000	0.000	34.004
	FALCÓN	4862.932	3264.813	596.005	-		95.360	-	17.930
COAHUILA	V. CARRANZA *	1322.372	613.697	163.534	95.232	15.5	0.000	0.000	0.000
	LA FRAGUA	85.380	47.295	13.485	11.480	24.3	0.000	0.000	0.000
	CENTENARIO	25.711	24.589	15.338	10.801	43.9	0.600	0.000	0.097
	SAN MIGUEL	22.193	21.168	13.977	9.545	45.1	0.000	0.000	0.000
CHIHUAHUA	LA BOQUILLA	3208.267	2846.782	594.973	694.415	24.4	31.000	0.000	0.000
	FCO. I. MADERO	456.499	333.582	56.731	133.234	39.9	13.000	0.000	1.755
	LUIS L. LEÓN	824.761	284.382	94.490	58.246	20.5	15.550	0.000	16.950
	CHIHUAHUA	35.631	23.383	11.283	11.450	49.0	0.090	0.000	0.079
	EL REJÓN	7.755	6.601	3.235	3.235	49.0	0.000	0.000	0.055
	P. DEL ÁGUILA	88.804	48.250	25.917	24.477	50.7	4.800	0.000	0.000
DeO	SAN GABRIEL	377.338	245.431	26.541	67.316	27.4	0.400	0.000	0.000
*) NAMO de Lluvias									

Figure 5.2 Rapport hydrologique des barrages émis par l'Organisme de Bassin Río Bravo le 9 juin 2022

Source : adapté de Ramírez Almaráz, 2022

Le Niveau d'Eaux Maximales Extraordinaires (NAME) est le volume le plus grand que peut atteindre l'eau dans le barrage. Le Niveau d'Eaux Maximales Ordinaires (NAMO) est le volume d'eau que contient le barrage lorsqu'il est plein. Il est ainsi possible de constater qu'au 9 juin 2022, le niveau d'eau dans deux des trois barrages qui approvisionnent l'État du Nuevo León sont très faibles (2,3% et 8,8% du volume total pour respectivement les barrages Cerro Prieto et La Boca).

Les conditions des systèmes hydrologiques sont donc révisées conjointement par la CONAGUA et les gouvernements étatiques et municipaux. Dans le cadre du bassin Valle de México, ces études se font également avec le soutien de l'Université Nationale Autonome du Mexique.

À partir de ces informations, ce sont aux organismes opérateurs et aux chefs de districts d'irrigation de faire les ajustements nécessaires pour satisfaire les usages prioritaires. La Figure 5.3 présente l'écran de contrôle de SADM qui évalue en continu l'état des éléments des réseaux d'eau potable et d'égout.



Figure 5.3 Écran de contrôle des éléments des réseaux d'eau potable et d'égout de SADM

Source : adapté de Ramírez Santos, 2022

## 5.2 Outils de déclaration de l'état de sécheresse

### 5.2.1 Les Accords de caractère général de début et de fin d'urgence pour l'apparition de sécheresse par la Commission Nationale de l'Eau

Les Accords de caractère général de début et de fin d'urgence pour l'apparition de sécheresse sont émis chaque année pour identifier les bassins affectés. Est considéré comme un état d'urgence lorsque la sécheresse est de type sévère, extrême ou exceptionnelle selon le SMN. Publié par le gouvernement fédéral, cet outil administratif permet de déclencher des actions spécifiques pour la gestion des sécheresses, telles que l'autorisation d'investissements pour la perforation de puits d'approvisionnement en eau potable par exemple.

La publication de ces accords est définie dans les « Directives qui établissent les critères et les mécanismes pour émettre des Accords de caractère général en situations d'urgence pour l'apparition de sécheresse, ainsi que les mesures préventives et d'atténuation, que pourront mettre en place les usagers des eaux nationales pour un usage efficace de l'eau pendant la sécheresse ». Les Directives donnent, par exemple, des valeurs indicatives pour le critère déterminant les étapes de sécheresse, ainsi que des objectifs de réduction de la consommation. Ces recommandations sont présentées à la Figure 5.4.

Niveau de stockage inférieur à	Étape	Objectif de réduction de la demande
80%	1	10 à 15%
65%	2	15 à 25%
40%	3	25 à 40%
25%	4	Supérieur à 40%

Figure 5.4 Valeurs indicatives du critère déterminant les étapes de sécheresse et des objectifs de réduction de la consommation données par les Directives

Source : adapté de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012

### 5.2.2 La Déclaration d'urgence pour la sécheresse par les gouvernements étatiques

La Déclaration d'urgence pour la sécheresse est émise par les gouvernements des États dans leur Journal Officiel dès lors que l'entité fédérative rentre dans une des quatre étapes de sécheresse (de Modérée à Exceptionnelle). Pour l'État du Nuevo León, conformément à ce qui est défini dans le PMPMS de Monterrey, l'indicateur utilisé pour publier ces déclarations est le pourcentage du volume d'eau stocké total des trois barrages approvisionnant l'État, soit La Boca, Cerro Prieto et El Cuchillo. Le Nuevo León est ainsi considéré en état de :

- Sécheresse modérée pour un pourcentage inférieur à 64% ;
- Sécheresse sévère pour un pourcentage inférieur à 53% ;
- Sécheresse extrême pour un pourcentage inférieur à 46% ;
- Sécheresse exceptionnelle pour un pourcentage inférieur à 40%.



Une photographie du barrage Cerro Prieto à sec est présentée à la Figure 5.5.

Figure 5.5 Photographie du barrage Cerro Prieto au Nuevo León prise en juin 2021

Source : adapté de Aguilar Barajas & Iván Ramírez Orozco, 2021

### 5.2.3 La Déclaration de Catastrophe Naturelle

La Déclaration de Catastrophe Naturelle, émise par le Ministère de la Sécurité et de la Protection Citoyenne, permet le soutien financier versé aux municipalités pour les dommages causés sur les infrastructures par divers phénomènes hydrométéorologiques. Dans le cas des sécheresses, la catastrophe naturelle est reconnue pour un événement de sécheresse sévère, soit une période prolongée de déficit de pluie qui remplit deux conditions :

- Le déficit correspond à une probabilité d'occurrence inférieure ou égale à 10% ;
- Le déficit n'est pas récurrent. Il est apparu au maximum cinq fois au cours de ces 10 dernières années.

La demande est faite par le Conseil de Protection Civile du gouvernement étatique auprès du Ministère de la Sécurité et de la Protection Citoyenne dans les huit jours ouvrables de l'apparition de l'évènement. Il doit justifier sa demande par des registres météorologiques. La CONAGUA agit comme instance technique pour vérifier l'occurrence de l'évènement. En 2020, 9% des 207 Avis Techniques de Catastrophe émis par la CONAGUA concernaient des situations de sécheresse sévère.

### **5.3 Outils de réponse au manque d'eau**

#### **5.3.1 Les outils de partage de la ressource**

##### **5.3.1.1 La transmission des droits et le Programme d'Adéquation des Droits d'Usage de l'Eau**

Lorsqu'un titre de concession est en vigueur, il est possible de transférer la totalité ou une partie du volume alloué à un nouveau bénéficiaire, à condition que l'utilisation se fasse dans le même bassin hydrographique (eau de surface) ou aquifère (eau souterraine). Cette démarche doit être effectuée via le système de boîte aux lettres de l'eau, qui est une plateforme pour les démarches électroniques. Les principaux documents requis sont le document formalisant le cédant du volume et celui recevant l'allocation du volume, ainsi que le paiement des droits correspondants conformément à la loi fédérale en vigueur sur les droits. Ce type de démarche est généralement effectué dans les bassins hydrographiques et les aquifères soumis à des restrictions ou à une disponibilité limitée, car il n'est pas possible d'accorder de nouvelles concessions pour leur exploitation.

La CONAGUA a eu la charge d'établir des banques de l'eau partout à travers le pays, dont le rôle est spécifiquement de gérer les opérations de transmission de droits. Ces institutions permettent ainsi de réguler le marché de l'eau, afin de mettre fin au manque de transparence, à la corruption et à la génération de richesses par les usagers ayant des volumes d'eau disponibles importants sur ceux se trouvant dans les zones où la ressource est rare (Chen

Cervantes & Oscar Cristóbal López Capir, 2022). Ce système favorise également une meilleure gestion de la ressource, en concédant des volumes là où le besoin est réel.

Le principal objectif des banques de l'eau est donc de réunir les usagers qui n'utilisent pas l'eau qui leur a été concédée et les usagers qui nécessitent des volumes d'eau pour leurs besoins. Le processus de transmission des droits est illustré à la Figure 5.6. Ces démarches sont gratuites.

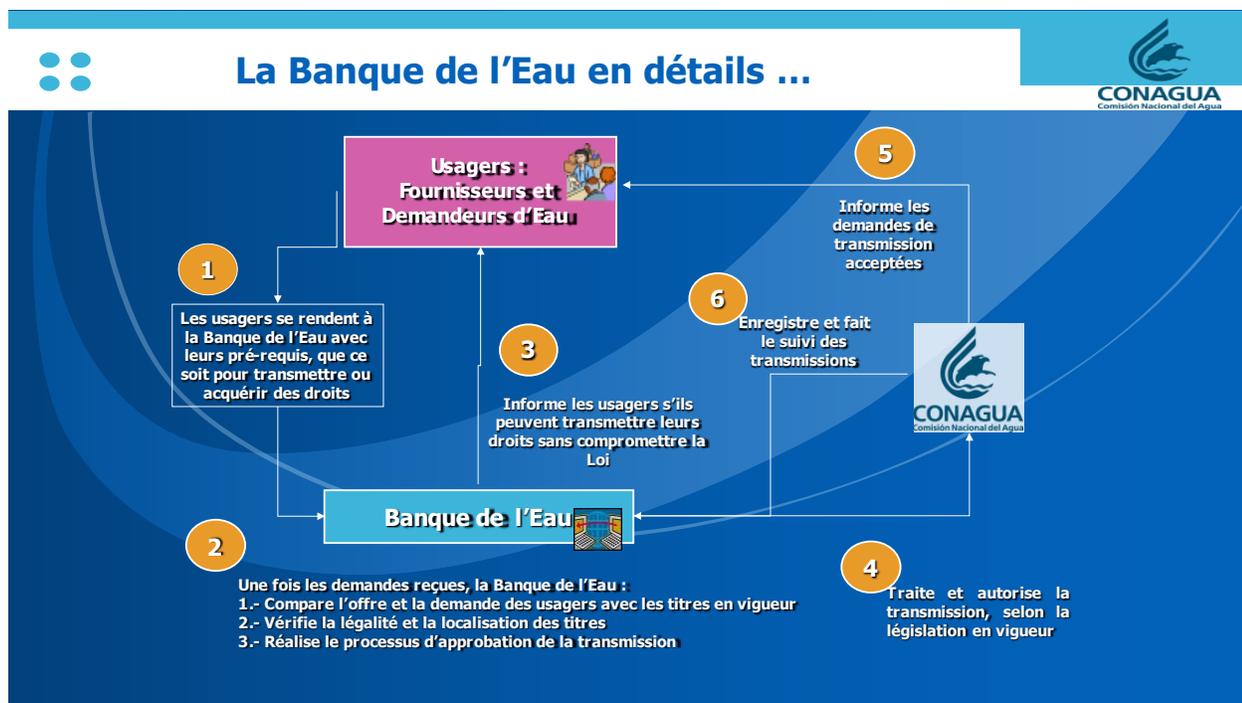


Figure 5.6 Processus de transmission des droits réalisé par les banques de l'eau

Source : adapté de Chen Cervantes & Oscar Cristóbal López Capir, 2022

Les usagers peuvent faire les démarches en ligne et se renseigner, à l'aide de systèmes d'information géographique, sur :

- Les volumes d'eau correspondant à l'offre et à la demande ;
- La qualité de l'eau dans le bassin ou l'aquifère où se réalisera la transmission ;
- L'historique des utilisateurs souhaitant transmettre et acquérir des droits.

Enfin, les banques de l'eau ne peuvent pas acquérir ou stocker des droits et ne se substituent pas à l'Autorité de l'Eau pour la transmission des droits.

Le Programme d'Adéquation des Droits d'Usage de l'Eau est un autre outil permettant une meilleure gestion de la ressource car il a pour objectif de récupérer des volumes d'eau concédés aux associations civiles de districts d'irrigation dans les zones en situation de manque d'eau. Il vise ainsi à redimensionner la superficie irriguée. Sont concernées les associations d'usagers dont les volumes d'eau concessionnés sont supérieurs à 20% de la disponibilité des sources d'approvisionnement (Comisión Nacional del Agua, 2013.b). En échange, la CONAGUA attribue un soutien économique aux usagers ayant renoncé à leurs droits.

### **5.3.2 Les mécanismes d'approvisionnement en eau potable à la population**

#### **5.3.2.1 Les coupures du service d'adduction en eau potable**

Les interruptions du service d'adduction en eau potable, par le jeu d'ouverture/fermeture des vannes du réseau, est une pratique politico-administrative informelle. Elles peuvent survenir à des zones et des horaires distincts et sont mises en place pour pallier des situations de manque d'eau, ou bien pour que la pression atteigne des zones plus éloignées et plus élevées en altitude (De Alba, 2016). Ces coupures sont décidées par l'organisme opérateur.

En 2012, plus d'1 443 000 personnes du District Fédéral étaient approvisionnées par ce moyen. Ceci engendre de réelles inégalités géographiques car ces pratiques ont lieu exclusivement aux zones est et sud de la Ville de México, alors que le centre et une partie au Nord reçoivent l'eau potable de manière continue, tel qu'illustré à la Figure 5.7.

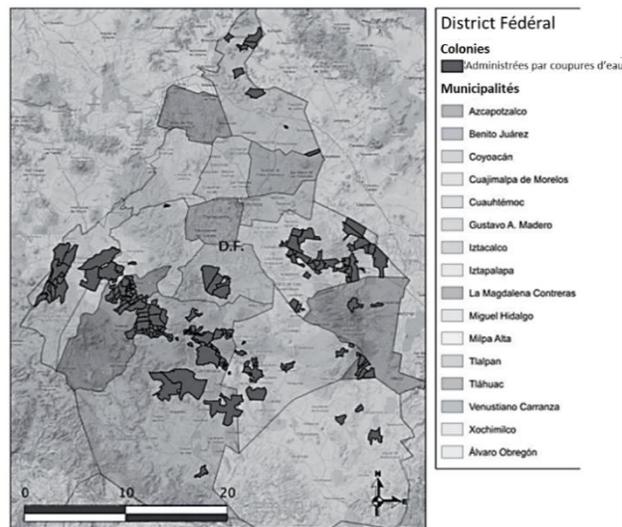


Figure 5.7 Colonies approvisionnées par coupures d'eau selon le Gouvernement du District Fédéral

Source : adapté de De Alba, 2016

À Monterrey, SADM a tenté de réguler ces pratiques en lançant le Plan « Eau pour Tous » en mars 2022. Il avait pour ambition de diviser la ville en sept zones, selon la localisation des réservoirs de distribution, et de définir un jour par semaine d'arrêt du service d'eau potable pour chaque zone. Les zones et les jours d'arrêt correspondants sont présentés à la Figure 5.8.



Figure 5.8 Carte du Plan « Eau pour Tous » de SADM

Source : adapté de Gobierno del Estado de Nuevo

León, 2022.a

Cependant, le plan n'a pas fonctionné car, selon Aldo Iván Ramírez Orozoc, chercheur à l'Institut de Technologie et d'Études Supérieures de Monterrey, École d'Ingénierie et des

Sciences, le réseau n'est pas conçu pour être opéré de cette manière. Les jours d'arrêt n'étaient pas respectés, certains foyers recevaient de l'eau potable alors que c'était leur jour de coupure, et inversement. La ville devrait plutôt être divisée en secteurs hydrauliques, selon le système de vannes existant, pour que le plan soit efficace.

SADM a ainsi mis fin au plan le 4 juin 2022, en offrant le service d'eau potable tous les jours dans toute la ville mais à des horaires restreints, soit de 4h00 à 10h00 du matin. Cette situation implique l'adaptation de la population, comme la modification des horaires de cours pour que les élèves ne souffrent pas de l'absence du service.

### **5.3.2.2 Les camions-citernes**

Afin de bénéficier de l'eau en continu, malgré les coupures évoquées précédemment, les maisons mexicaines comprennent dans leur structure, en général, un réservoir d'eau potable. Ces réservoirs sont toujours remplis, en prévention d'une éventuelle sécheresse. Le cas de la ville de Monterrey est un peu une exception car la majorité des foyers ne possède pas de réservoirs. En effet, les habitants de Monterrey avaient auparavant de l'eau potable 24h/24, grâce à une bonne qualité de service de la part de SADM. Mais l'augmentation de l'intensité et de la fréquence des événements de sécheresse durant cette dernière décennie ne permet plus d'offrir un approvisionnement en eau potable constant, tel que mentionné à la partie 5.3.2.1. Certains foyers commencent alors à intégrer des réservoirs. Cependant, selon Aldo Iván Ramírez Orozoc, cette pratique prendra du temps à se généraliser car implanter un réservoir pose des problèmes techniques (manque d'espace dans les maisons) et économiques.

La population remplit ces réservoirs à l'aide de camions-citernes, comme l'illustre la Figure 5.9. Ces camions sont opérés par des acteurs publics (CONAGUA, gouvernements des États et des municipalités) et des entreprises privées.



Figure 5.9 Remplissage de réservoirs par camions-citernes

Source : adapté de Anell Parra, 2022.b

Chaque opérateur est affecté à une zone qui est déterminée avec chaque représentant de la région; on trouve généralement à la fois le numéro de téléphone pour les contacter et la raison sociale indiquée sur le côté du camion-citerne. Cependant, l'entreprise de distribution doit remplir les conditions suivantes pour être considérée comme conforme (ACD Desarrollos, 2021) :

1. Détenir un permis de distribution d'eau potable de la Commission de l'eau de l'État de Mexico (CAEM).
2. Détenir un permis de conduire de type B.
3. Ne pas dépasser le coût par mètre cube (voir ci-après).
4. Maintenir le camion-citerne propre et le laver au moins une fois par an.
5. Être supervisé et soumis à des inspections de la Commission nationale de l'eau (CONAGUA).
6. Avoir un titre de concession à jour.

#### Exploitation illégale des puits et des nappes phréatiques

Il existe des cas de camions-citernes privés qui ne remplissent pas ces conditions, et selon l'enquête intitulée *Piperos privados 'roban' el agua de tomas municipales de Ecatepec para*

*venderla* réalisée par l'association Mexicanos Contra la Corrupción y la Impunidad (MCCI), les personnes chargées de distribuer l'eau dans les localités par le biais de camions-citernes se procurent cette ressource de manière clandestine à partir du réseau public de canalisations pour ensuite la vendre (Infobae, 2021).

#### Sanctions pour l'extraction illégale de l'eau

Selon le Code financier de l'État de Mexico et des municipalités, la vente d'eau potable aux camions-citernes pour leur distribution dépend de la disponibilité des ressources et le tarif de vente de l'eau traitée ne peut en aucun cas dépasser 90% du salaire minimum général en vigueur par mètre cube, ce qui, dans le cas du salaire minimum actuel, serait de 110,89 pesos (Infobae, 2021).

Ce même code stipule que l'exploitation d'eau sans autorisation, ainsi que les dérivations d'eau potable sans autorisation, sont passibles d'une amende de cinq cents à trois mille fois le salaire minimum (Infobae, 2021). Le Code pénal de l'État de Mexico indique également que quiconque distribue de l'eau potable par le biais d'un camion-citerne sans autorisation sera condamné à une peine de deux à six ans de prison et à une amende de cinquante à deux cents jours. L'utilisation de sources d'approvisionnement en eau sans autorisation est également passible d'une peine d'un à trois ans de prison et d'une amende de vingt-cinq à cent jours (Infobae, 2021).

#### Contrôle et surveillance

Il existe peu de contrôle sur le temps et le coût que requièrent ces opérations. Les camions-citernes n'ont pas de parcours prédéfini car les conducteurs vont prioriser les zones de la ville les plus aisées, où ils pourront recevoir de meilleurs pourboires. De plus, le tarif dépend de la localisation. Il fluctue également selon la saison, ce qui engendre des augmentations incontrôlées en période de sécheresse.

Les résultats des surveillances effectuées par la CONAGUA, la *Procuraduría Federal del Consumidor* (POFECO; Agence fédérale de protection des consommateurs) et le ministère de

l'Économie du gouvernement mexicain pour connaître les prix des camions-citernes, démontrent la variabilité des coûts de ces services entre 2020 et 2022. Dans le cas de la ville de Mexico, en avril 2020, le prix moyen d'un camion-citerne de 10 000 litres était de 2 229,00 MXN, et en janvier 2022, le prix moyen était de 1 880,00 MXN, ce qui représente une diminution de 18 % sur cette période.

En revanche, à Monterrey, en avril 2020, le prix moyen d'un camion-citerne de 10 000 litres d'eau était de 1 613,00 MXN, et en janvier 2022, le prix a augmenté à 1 917,00 MXN, soit une augmentation de 19 % sur cette période.

Il convient de souligner que ces échantillonnages sont réalisés dans 12 villes situées dans différentes régions du Mexique, avec un échantillon de 144 fournisseurs privés de ces services (Figures 5.10 et 5.11). Il est important de préciser que les prix dans chaque ville varient en fonction des caractéristiques propres au marché local, ainsi que de la répartition des coûts pour fournir le service.

D'autre part, les quartiers touchés par l'absence de service d'eau dans leurs foyers, que ce soit en raison des coupures d'eau, du manque de pluie ou de la diminution de l'eau dans les systèmes d'approvisionnement, peuvent demander une assistance pour la fourniture d'eau par camions-citernes gratuitement. À Mexico, ils peuvent s'adresser au *Sistema de Aguas de la Ciudad de México* (SACMEX), et à Monterrey, ils peuvent s'adresser SADM.

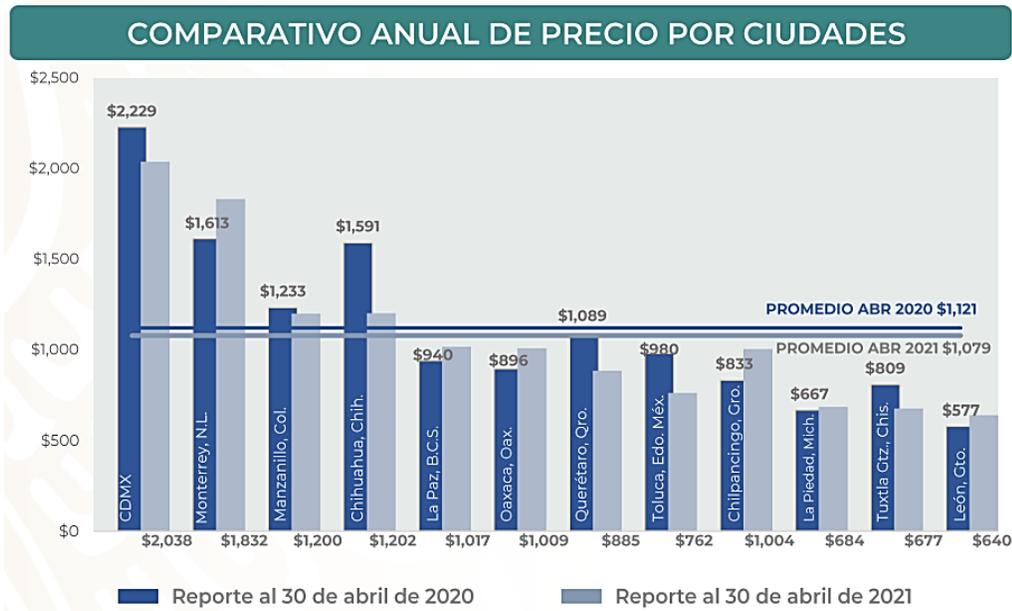


Figure 5.10 Comparatif annuel des prix des camions-citernes au Mexique par ville, d'avril 2020 à avril 2021. Source : Agence fédérale de protection des consommateurs, 30 avril 2021.



Figure 5.11 Comparatif annuel des prix des camions-citernes au Mexique par ville, d'octobre 2020 à février 2022. Source : Agence fédérale de protection des consommateurs, 30 février 2022.

### 5.3.2.3 Centres régionaux d'intervention d'urgence

Pour répondre aux urgences hydrométéorologiques, la CONAGUA compte sur des Centres Régionaux d'Intervention d'Urgence (CRAE). Au nombre de 21, ces centres ont également 18 brigades à l'échelle des directions locales ou des organismes de bassin. La répartition de ces centres est présentée à la Figure 5.12. Ce déploiement dans tout le pays permet une force de réaction très rapide. Ainsi, chaque État a son équipement mais des équipes d'autres États peuvent venir en aide si besoin. Les brigades communiquent entre elles quotidiennement.

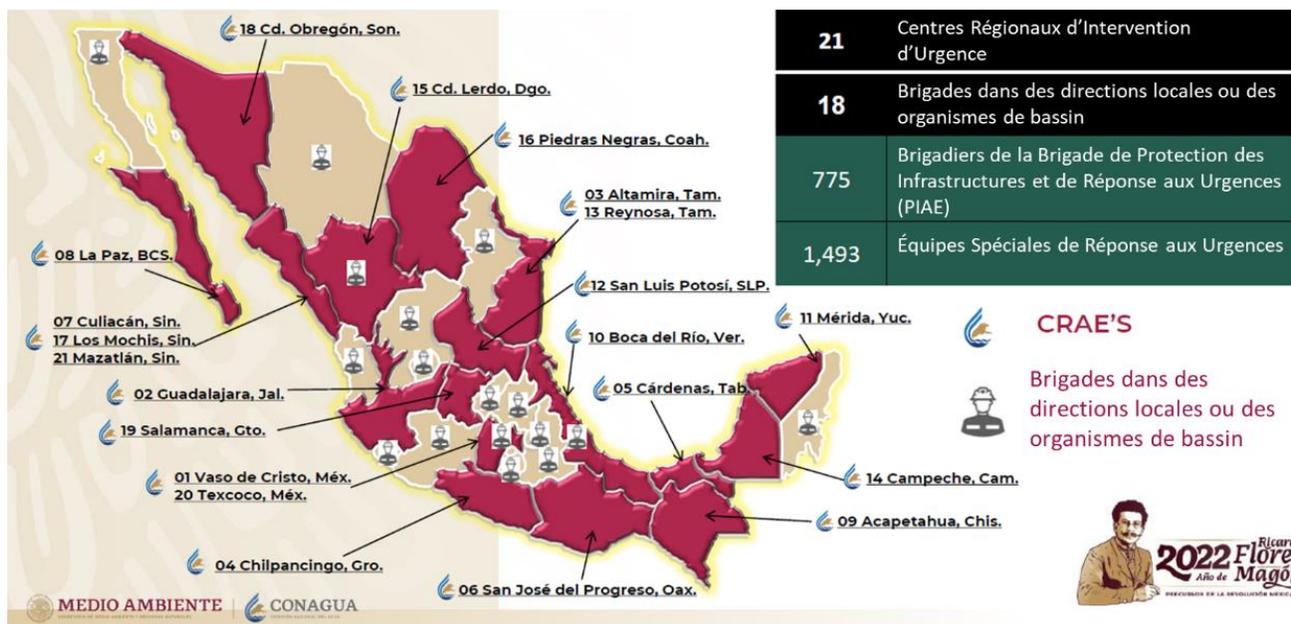


Figure 5.12 Carte des CRAE et des brigades

Source : adapté de González Neri, 2022

Ces centres sont équipés de matériel conçu spécifiquement pour faire face aux situations de sécheresse et d'inondation. Pour les sécheresses, les actions des brigadiers consistent à approvisionner la population en eau potable par camions-citernes, pomper et amener l'eau à l'endroit du besoin, notamment pour l'usage agricole, et potabiliser l'eau grâce à des stations de potabilisation mobiles. La Figure 5.13 comprend, de gauche à droite, des photos d'un

camion-citerne, de pompes et d'une station de potabilisation, qui ont été prises lors de la visite du CRAE Vaso de Cristo dans l'État de México. Ce CRAE a un effectif de 22 brigadiers.



Figure 5.13 Matériel utilisé en cas d'urgence de sécheresse du CRAE Vaso de Cristo

Source : Auteur, photographie prise le 17/06/2022

Les brigadiers sont présents dans le centre 24h/24 et le matériel est entretenu pour que les équipes soient prêtes à partir en cas d'urgence. Le temps de préparation est d'environ moins d'une heure. Alertés par le Système de Protection Civile, une évaluation des dommages permet de déterminer quels équipements emmener. Le centre doit également identifier les puits de la CONAGUA auxquels les camions-citernes peuvent s'approvisionner.

De manière permanente, mais surtout de janvier à mai, c'est-à-dire avant la saison des pluies, les Brigades de Protection de l'Infrastructure et de Gestion des Urgences (PIAE) de la Coordination Générale de Gestion des Urgences et des Conseils de Bassin de la CONAGUA mettent en œuvre diverses mesures préparatoires pour être mieux préparées à faire face aux éventuelles urgences en matière d'eau (Comisión nacional del agua, 2014c).

Leurs tâches principales consistent à mettre en place des systèmes et des procédures pour garantir la sécurité physique de l'infrastructure hydraulique gérée par la CONAGUA, planifier et coordonner la logistique et la mise en œuvre des opérations en cas d'urgence météorologique, hydrologique, sanitaire et chimique liée à l'eau, et préparer la réponse de l'Administration Publique Fédérale en cas de séisme et de tsunami d'une grande ampleur. De plus, pendant les mois de faible incidence des urgences hydriques, les membres des brigades de la CONAGUA vérifient l'état et le fonctionnement des équipements existants dans les 21 CRAE (Centres de Gestion des Urgences Hydriques), afin d'être prêts à répondre à toute demande, en particulier

des autorités municipales et étatiques, avec lesquelles la CONAGUA coordonne la mise en œuvre des stratégies de protection et d'assistance à la population.

Avant le début de la saison des pluies, la CONAGUA met en place différentes actions de formation à l'intention des membres des brigades, afin d'améliorer leur capacité de réponse face aux situations de vulnérabilité ou d'urgence générées principalement par l'abondance de pluie. Certains des sujets sur lesquels les membres des brigades PIAE sont formés et mis à jour sont la manipulation et l'exploitation de véhicules de transport tels que les camions-bennes, les grues ou les camions-citernes; l'exploitation de stations de potabilisation portables; la manipulation d'équipements de pompage de différentes dimensions; la manipulation et l'exploitation de véhicules de désenvasement, ainsi que l'exploitation de groupes électrogènes portables d'urgence, notamment (Comisión nacional del agua, 2022d).

En plus de la formation en matière hydrique, les membres des brigades PIAE sont également formés aux premiers secours, ce qui permet à la CONAGUA de disposer d'un personnel plus efficace et qualifié pour soutenir la population lors de situations d'urgence, principalement d'origine hydrique.

En 2021, 92 opérations d'urgence ont été menées dans 20 des 32 entités fédératives du pays par l'ensemble des CRAE. Plus de 104 000 litres d'eau potable ont été distribués. Des plans d'urgence définissent les processus de ces opérations, rédigés avec la collaboration des municipalités. Il est important de souligner que les actions menées sont temporaires. Elles ne visent qu'à pallier l'urgence et non à rétablir le service.

## **CHAPITRE 6**

### **OUTILS DE PARTICIPATION ET D'ENGAGEMENT DE LA SOCIÉTÉ CIVILE ET DES AUTRES USAGERS DE LA RESSOURCE EN EAU**

#### **6.1 Planification de la culture de l'eau : le Programme Culture de l'Eau**

Créé en 2007, le Programme Culture de l'Eau de la CONAGUA vise à renforcer la participation de la société dans la gestion de l'eau et à promouvoir la culture de son bon usage, en collaboration avec les entités fédératives. Les actions éducatives portées par ce programme comprennent :

- Les Espaces de Culture de l'Eau, espaces physiques où est apportée aux citoyens de l'information liée à l'eau, en fonction de la situation spécifique de chaque État. Par exemple, la Ville de México compte 13 Espaces de Culture de l'Eau ;
- Des évènements ;
- Du matériel ludique ;
- Des ateliers ou des cours, etc.

Ces actions sont menées par les dépendances des gouvernements étatiques et municipaux. Le rôle de la CONAGUA est de soutenir les différents acteurs dans la mise en place de ces mesures. Par exemple, elle développe des espaces de formation pour les responsables des Espaces de Culture de l'Eau. La CONAGUA finance ces actions à hauteur maximale de 50%.

Selon Andrea Givaudan Jiménez, Cheffe de projet de Communication Sociale, et Fernanda González Vázquez, Cheffe de projet Culture de l'Eau de la CONAGUA, le Programme ne se focalise pas sur des thématiques spécifiques, telles que les sécheresses, afin de pouvoir être appliqué à l'échelle nationale.

## 6.2 Exemples d'outils de sensibilisation de la société civile à l'usage durable de l'eau

### 6.2.1 Les affiches

Le gouvernement de l'État du Nuevo León publie sur son site internet quelques recommandations de base pour un bon usage de l'eau, telles que :

- Prendre des bains courts de pas plus de 5 minutes et fermer le robinet pendant qu'on se savonne ;
- Remplir complètement la machine à laver ;
- Récupérer l'eau froide de la douche pour la réutiliser pour laver les sols ;
- Laver son véhicule avec un sceau et une éponge, non avec le tuyau, etc.

Enfin, si on est témoin de gaspillage de l'eau, il est demandé de dénoncer cet acte par le numéro de téléphone communiqué.

Ces recommandations sont illustrées par des affiches pour faciliter la transmission du message à la population. La Figure 6.1 présente les recommandations pour un usage raisonné de l'eau dans le jardin.

Oscar Luna Prado, Sous-Directeur de la Communication de Système des Eaux de la Ville de México (SACMEX), souligne l'importance de la communication pour provoquer un changement de mentalité auprès de la population. Afin que chacun agisse en faveur de la préservation de la ressource, les citoyens doivent comprendre le fonctionnement de la gestion de l'eau et les politiques ont la responsabilité de les informer. Un exemple



Figure 6.1 Affiche de sensibilisation à un usage raisonné de l'eau

Source : adapté de Gobierno del Estado de Nuevo León, 2022.d

d’affiche expliquant le cycle urbain de l’eau publié par SACMEX est disponible à l’ANNEXE V.

### 6.2.2 Le matériel ludique et didactique

La CONAGUA a développé une plateforme virtuelle nommée Vórtice : Écosystème de Culture de l’Eau. Cette plateforme est composée de sept modules, comprenant une bibliothèque, une vitrine de produits économes en eau, une base de données, des ateliers, etc. Les outils numériques tels que celui-ci permettent de toucher un large public et de créer un environnement collaboratif.

Un autre exemple d’outil didactique est le livre *Le Bassin Valle de México* de SACMEX. À destination des enfants, il explique le fonctionnement du Valle de México, du cycle de l’eau ainsi que des systèmes d’eau potable, de drainage et de traitement des eaux usées. Des QR codes permettent aux enfants d’explorer le contenu des pages avec un smartphone, rendant ainsi le matériel plus ludique. Le livre est distribué par SACMEX lors de ses événements ou par ses partenaires. Il est également disponible en format numérique. La couverture du livre est présentée à la Figure 6.2.



Figure 6.2 Livre didactique *Le Bassin Valle de México*

Source : adapté de Luna Prado,  
2022

### 6.2.3 Les événements

SACMEX a organisé plusieurs événements publics pour promouvoir la culture de l’eau.

En collaboration avec le Système de Transport Collectif de la Ville de México, une exposition photographique a eu lieu du 02 mai 2022 au 30 juin 2022 dans la station de métro Cuatro Caminos. Intitulée *L’eau... d’où vient-elle... et où va-t-elle*, cette exposition présente les opérations réalisées par SACMEX pour garantir l’accès à l’eau potable et au drainage.

Un autre exemple d'évènement créé par SACMEX est l'exposition itinérante *Valorisons l'eau*. Elle vise à informer la population sur la valeur économique, sociale, environnementale et culturelle de l'eau. Du 22 mai 2021 au 29 avril 2022, elle s'est tenue à différents endroits (locaux de SACMEX, Musée d'Histoire Naturelle, etc.) et a rassemblé près de 2 800 visiteurs. La Figure 6.3 montre la présentation de deux animateurs de l'exposition.



Figure 6.3 Exposition *Valorisons l'eau*

Source : adapté de Luna Prado, 2022

Enfin, SACMEX organise chaque année le concours d'art urbain *Hydroart*. Des jeunes artistes réalisent des muraux en lien avec la culture de l'eau, sur divers locaux appartenant à la Ville de México. Cet évènement a deux finalités : engager les jeunes dans la préservation de la ressource et rendre la ville plus attractive.

### 6.3 Mécanismes de concertation dirigés par les conseils de bassins

Au sein des processus et instances impliqués dans la création et le développement d'un Conseil de bassin, il existe une série de mécanismes de participation, avec différents membres, différentes attributions et différents niveaux de décision, qui répondent à des besoins spécifiques. Ainsi, un Conseil de bassin intègre les groupes de travail suivants (Comisión Nacional del Agua, 2010b; Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1999) :

*Le Conseil plénier*, composé des représentants gouvernementaux et des représentants des utilisateurs. C'est dans cette instance que les décisions stratégiques sont prises.

*L'Assemblée des utilisateurs*, qui est constituée de représentants de tous les usages et de tous les États ou régions présents dans le bassin. Parmi ses fonctions, on trouve les suivantes :  
i) Discuter des stratégies, priorités, politiques, lignes d'action et critères à prendre en compte dans la planification à court, moyen et long termes du bassin versant ; ii) Examiner les questions relatives à l'utilisation et l'exploitation de l'eau ; les concessions, les affectations et les autorisations de décharge ; la pollution et le traitement de l'eau ; la construction d'ouvrages hydrauliques, et autres aspects liés à la gestion intégrée des ressources en eau, proposés par les représentants des utilisateurs de l'eau des différents usages ; et iii) Définir la position des utilisateurs de l'eau des différents usages et des organisations de la société concernant les questions soumises à l'Assemblée générale du Conseil de bassin.

*Les Comités d'utilisateurs*. L'Assemblée des utilisateurs s'appuie sur différentes associations d'utilisateurs, appelées comités régionaux et comités locaux, en fonction de leur domaine de compétence. Ces groupes constituent les premiers échelons et sont les véritables éléments opérationnels pour impliquer les utilisateurs de l'eau dans le processus de prise de décision.

*Le Groupe d'évaluation et de suivi (GES)*, composé de représentants directs des membres du Conseil, est chargé de la mise en œuvre, de la formulation et du consensus des accords signés ou à venir, tandis que le Conseil plénier se réserve l'approbation des décisions et accords importants.

*Les groupes spécialisés*, faisant partie du GES, effectuent des analyses plus spécialisées ou essentiellement techniques ; ce sont des groupes d'experts, dépendant des membres du GES eux-mêmes.



## CHAPITRE 7

### PRISE EN COMPTE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LA GESTION DE L'EAU

#### 7.1 Projections des changements climatiques au Mexique

##### 7.1.1 Les études du Groupe d'Experts Intergouvernemental du Climat

Le Résumé Technique du Sixième Rapport, Changements Climatiques 2021 : Les Fondements des Sciences Physiques, fournit les modèles de réponse aux changements climatiques obtenus par le GIEC pour plusieurs Niveaux de Réchauffement Global (GWL). Ces niveaux sont définis, dans le Rapport, comme étant indépendants du moment où le niveau de réchauffement est atteint et du scénario d'émissions qui a mené au réchauffement. Ils sont relatifs à la période de référence 1850-1900. La Figure 7.1 présente les projections sur les changements de température, de précipitation et d'humidité du sol pour des GWL de +1,5°C, +2°C et +4°C.

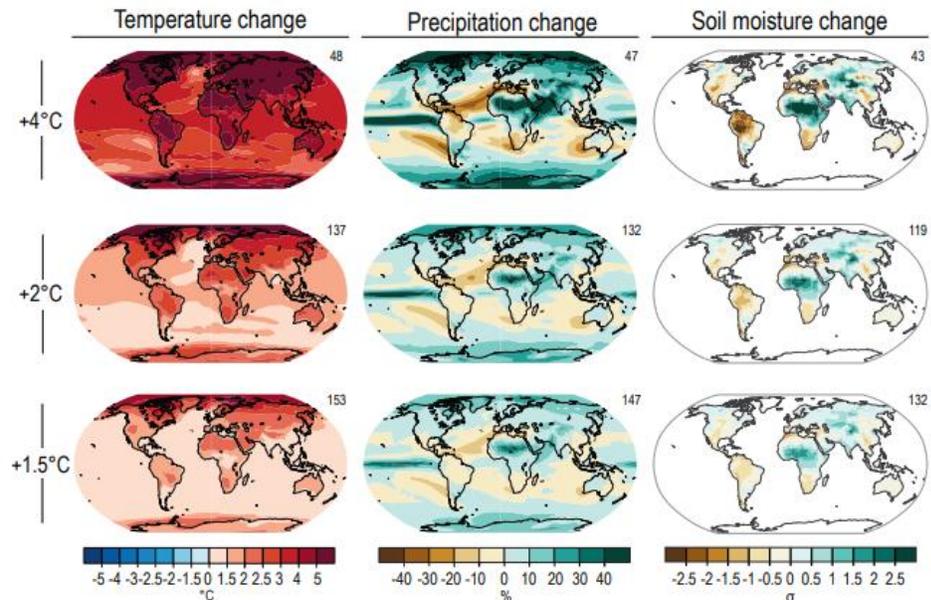


Figure 7.1 Projections des changements de température, de précipitation et d'humidité du sol

Source : adapté de Arias et al., 2021

Bien que l'augmentation des températures soit un phénomène qui affectera toutes les zones de la planète, le déficit des précipitations sera plus localisé, d'après la Figure 7.1. Le Mexique sera l'un des pays les plus touchés par la diminution de précipitations. L'humidité du sol sera également en légère baisse dans ce pays.

Le Résumé Technique présente également des projections sur des « Facteurs d'Impact Climatique », c'est-à-dire des conditions physiques du système climatique qui touchent un élément de la société ou des écosystèmes. L'indice d'avertissement de chaleur est particulièrement intéressant pour cette étude. Il représente le nombre moyen de jours par année dans chaque région où un avertissement de chaleur pour la santé humaine au niveau « danger » serait émis selon le U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration. Ainsi, le Mexique serait, selon la Figure 7.2, plus d'un mois par an à un niveau de danger à cause de fortes chaleurs.

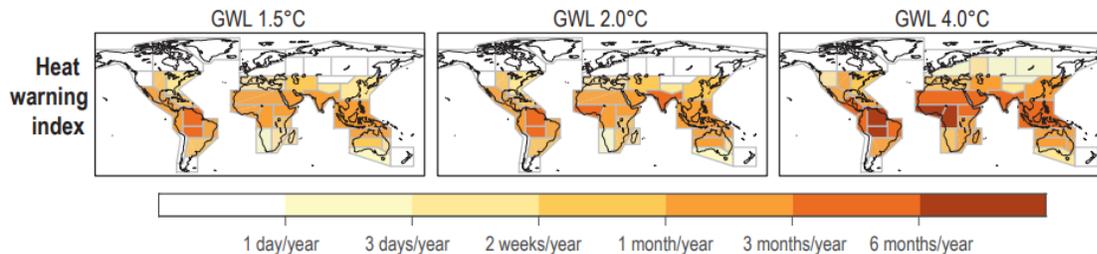


Figure 7.2 Projections de l'indice d'avertissement de chaleur

Source : adapté de Arias et al., 2021

Ces conditions impacteront sans nul doute la disponibilité des ressources hydriques. Les projections données par le GIEC pour les autres facteurs d'impact climatique sont présentées à l'ANNEXE VI pour chaque région du globe. Le Mexique correspond à la région « Southern Central America ».

Le GIEC dispose également d'un atlas interactif en ligne avec lequel il est possible d'étudier les changements projetés pour différents indicateurs (température moyenne, Indice Standardisé de Précipitation, jours secs consécutifs, jours avec une température supérieure à 35°C, etc.). Et

ce, pour différents GWL et moments de l'année. La variation selon la saison des changements de précipitation à la Figure 7.3 met en évidence le fait que le déficit aura lieu surtout pendant la saison des pluies au Mexique (de juin à septembre). Ceci posera des problématiques au réapprovisionnement des sources en eau car la gestion actuelle repose fortement sur les évènements de pluie, tel que détaillé au CHAPITRE 8.

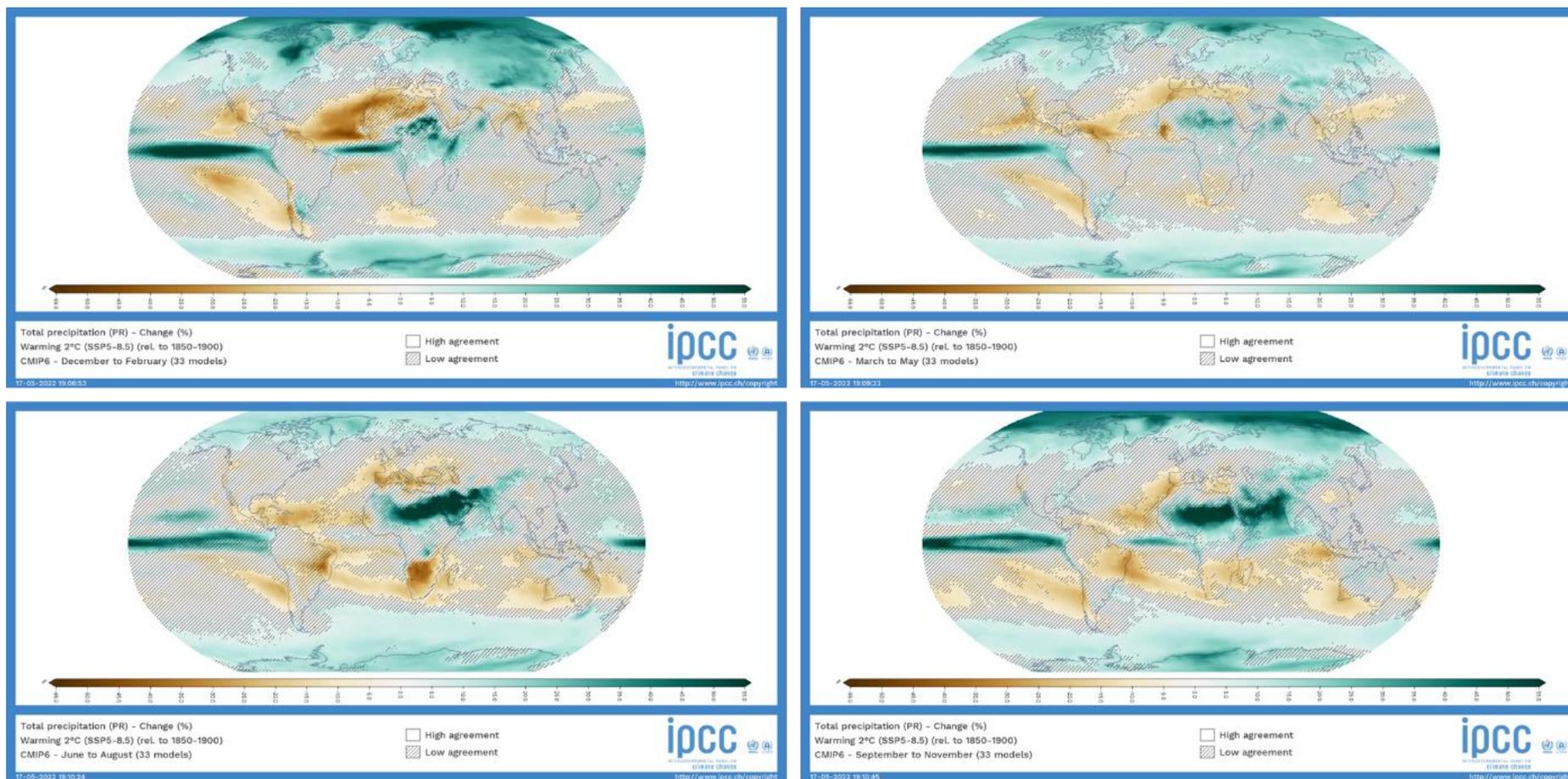


Figure 7.3 Variation des changements de précipitation projetés selon la saison

Source : adapté de Gutiérrez et al., 2021

## 7.1.2 L'Atlas National de Vulnérabilité au Changement Climatique de l'Institut National de l'Écologie et du Changement Climatique du Mexique

L'Institut National de l'Écologie et du Changement Climatique (INECC) publie des projections des changements climatiques à l'échelle des États, réalisées à partir des études du GIEC. La Figure 7.4 présente les projections des changements de précipitation et de température pour le Nuevo León. Les cartes représentent le scénario d'émission de gaz à effet de serre le plus pessimiste (SSP5 RCP 8.5) et à long terme (2081-2100).

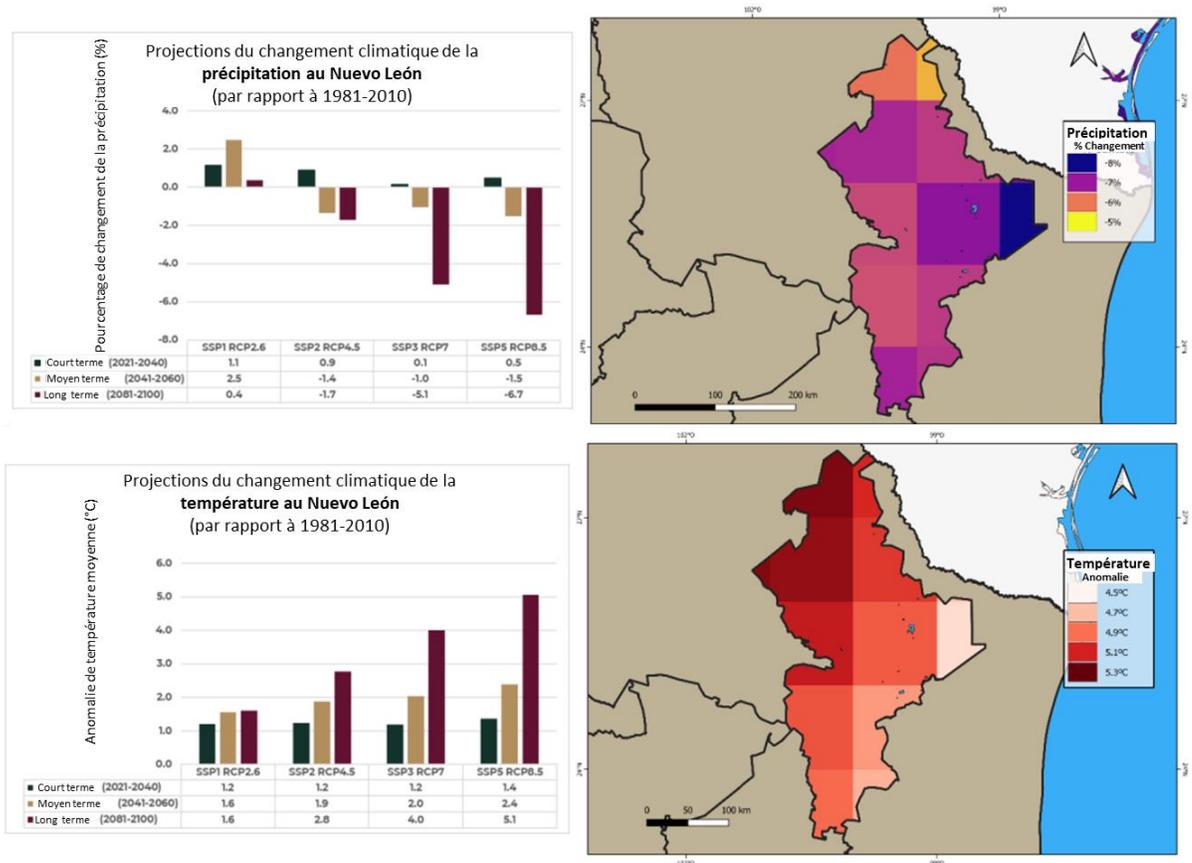


Figure 7.4 Projections des changements de précipitation et de température pour le Nuevo León

Source : adapté de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2020

Il est notable que les changements sont beaucoup plus intenses à long terme, que ce soit pour les précipitations que pour la température.

L'INECC produit également des cartes représentant la vulnérabilité des municipalités face aux changements climatiques. Ce paramètre est fonction de :

- L'exposition : la nature, l'amplitude et la rapidité du changement et de la variation du climat qui affecte un système ;
- La sensibilité : le niveau auquel le système est affecté par le changement et la variabilité climatique ;
- La capacité adaptative : les capacités institutionnelles existantes pour diminuer les impacts potentiels des menaces liées au climat.

Ainsi, la vulnérabilité ne dépend pas seulement des conditions climatiques adverses mais également de la capacité de la société à anticiper, faire face et se remettre des impacts. La carte de la Figure 7.5 donne un exemple de vulnérabilité étudiée par l'INECC.

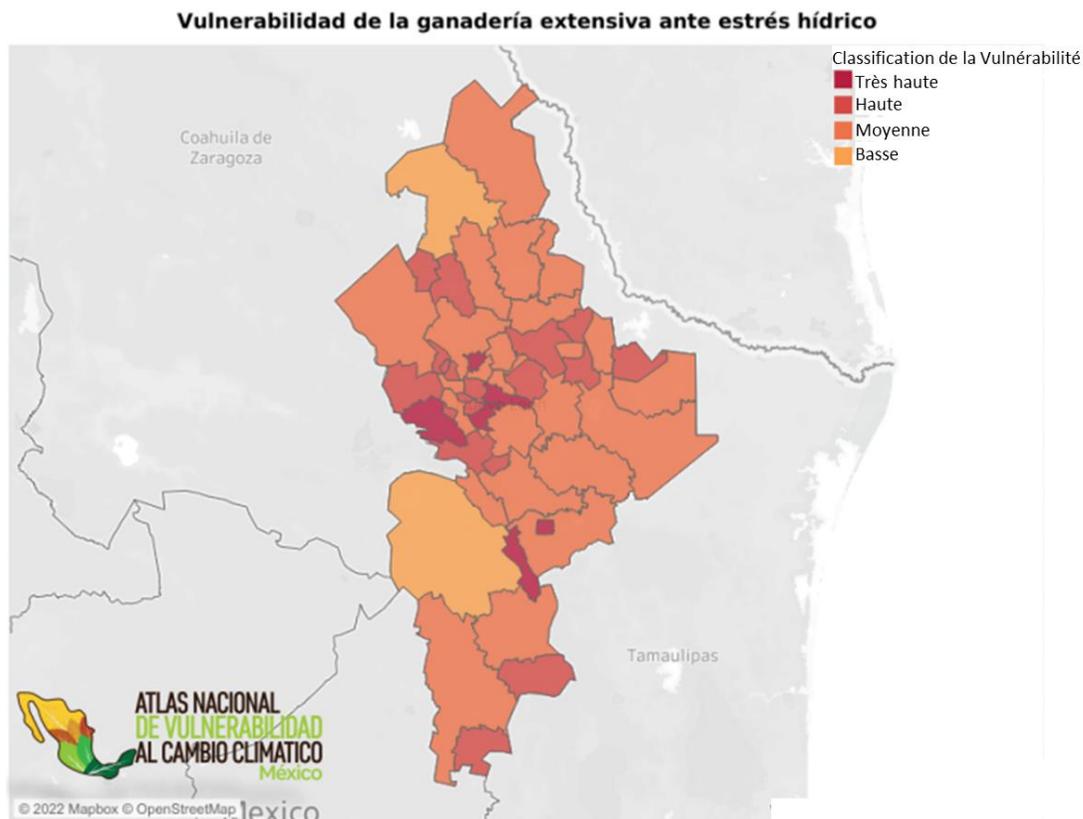


Figure 7.5 : Vulnérabilité de l'élevage extensif du Nuevo León face au stress hydrique

Source : adapté de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2020

À la suite des cartes de vulnérabilité, l'INECC donne quelques recommandations. Pour l'exemple de la Figure 7.5, l'INECC conseille entre autres de :

- Créer un programme de soutien pour les infrastructures (récipients d'eau et abreuvoirs);
- Promouvoir les organisations d'élevage ;
- Promouvoir des Plans d'Intervention pour les sécheresses ;
- Augmenter la couverture végétale.

## **7.2 Cadre institutionnel en matière de changements climatiques**

Il existe des outils de planification qui créent un cadre général pour les stratégies de lutte contre les changements climatiques. La Loi Générale du Changement Climatique, publiée en 2012, détermine les principaux objectifs et politiques dédiés à ces problématiques. Elle définit ainsi les axes de la Stratégie Nationale du Changement Climatique, du Programme du Changement Climatique et des programmes des entités fédératives.

Cependant, il semblerait qu'il n'existe pas de plans ou de programmes traitant de l'adaptation aux changements climatiques relatifs spécifiquement à la gestion de l'eau. Le Programme National Hydrique 2020-2024 donne quelques chiffres clés sur les conditions climatiques projetées en 2030 : un déficit de précipitation de 30%, une augmentation de 5°C dans certaines zones du pays et une diminution du ruissellement de 7%. Mais Iván Ramírez Orozoc, chercheur à l'Institut de Technologie et d'Études Supérieures de Monterrey, École d'Ingénierie et des Sciences, et Rodrigo Crespo Elizondo, ancien Directeur du FAMM, s'accordent sur le fait que les changements climatiques ne sont pas assez pris en compte dans la gestion de l'eau.



## **CHAPITRE 8**

### **CRITIQUE DE LA GESTION DE L'EAU AU MEXIQUE ET TÉMOIGNAGES**

#### **8.1 Méthodologie**

La critique des stratégies mises en place au Mexique pour faire face aux situations de sécheresse se base principalement sur les informations obtenues lors d'entretiens réalisés avec différents acteurs de la gestion de l'eau. Les personnes interrogées sont des gestionnaires, travaillant pour le gouvernement fédéral et des gouvernements étatiques, ainsi que des chercheurs et spécialistes dans le domaine de l'eau. Dans le cadre de la méthodologie expliquée au CHAPITRE 1, le Nuevo León et le District Fédéral ont été choisis pour la réalisation de ces entretiens. Le tableau à l'ANNEXE VII présente les noms et fonctions des personnes rencontrées.

#### **8.2 Coresponsabilité des politiques et de la société face aux situations de manque d'eau**

##### **8.2.1 Une gestion inefficace des sources d'approvisionnement en eau**

Dans de nombreux témoignages, il est revenu l'idée de parier sur l'apparition d'un prochain ouragan pour que les situations de sécheresse s'atténuent. Ainsi, bien que le PRONACOSE ait été créé pour impulser un changement d'approche de la gestion de l'eau vers une approche proactive, tel que mentionné dans le CHAPITRE 4, il apparaît, grâce aux entretiens réalisés, que cette transition serait difficile à mettre en place. Aldo Iván Ramírez Orozoc et Ismael Aguilar Barajas, chercheurs à l'Institut de Technologie et d'Études Supérieures de Monterrey, respectivement à l'École d'Ingénierie et des Sciences et à l'École d'Économie, ont indiqué que la planification des actions face aux événements de sécheresse doit être améliorée, notamment en travaillant davantage sur des projets à long terme que sur des projets à court terme. De plus, bien que le barrage El Cuchillo ait une très grande capacité, l'Aire Métropolitaine de Monterrey

connaît des situations de stress hydrique, ceci soulignant la mauvaise opération des sources d’approvisionnement.

Le défi que représente l’approche proactive pour répondre aux situations de sécheresse est schématisé à la Figure 8.1 sous forme de cycle « hydro-illogique ». Il souligne le changement de mentalité de la population et des politiques à la suite d’un épisode de pluie, qui tendent à oublier l’évènement de sécheresse éprouvé auparavant.

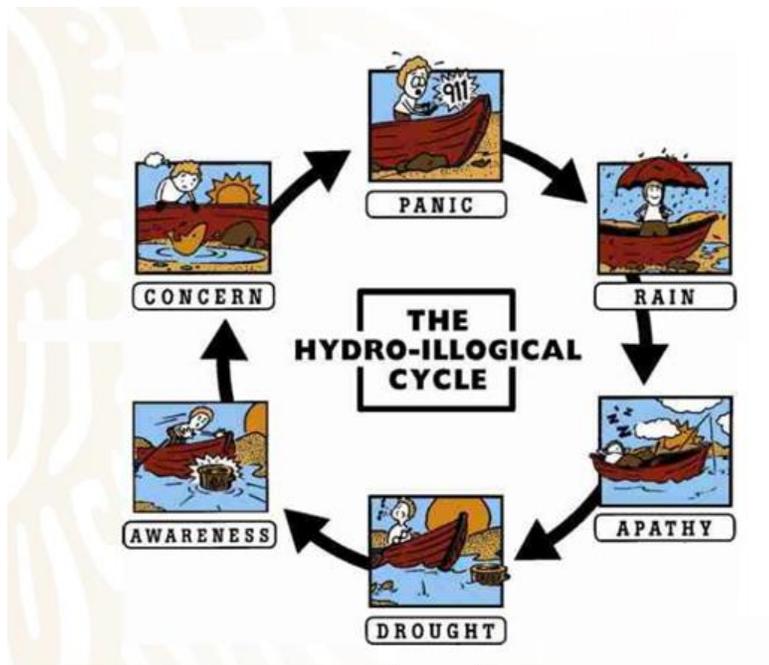


Figure 8.1 Schéma du cycle « hydro-illogique »

Source : adapté de López Quiroz, 2022

Un autre point important limitant la planification est le manque de mesures des volumes d’eau extraits. En effet, les volumes utilisés par l’usage agricole sont rarement mesurés et la gestion se fait, dans ce cadre, sur la base des volumes définis dans les concessions, créant un profond déséquilibre avec ce qui est réellement consommé. Certains volumes sont ainsi octroyés alors que, dans les faits, il n’y a plus d’eau disponible. Par exemple, dans le Plan Hydrique Nuevo León 2050, une estimation du volume consommé par l’élevage a été réalisée à partir du bétail répertorié. Le volume obtenu était cinq fois plus grand que celui concessionné. Ceci démontre

l'urgence de mesurer les consommations de l'usage agricole et de mener des études plus approfondies sur l'état des bassins et des aquifères.

Enfin, deux éléments ont été évoqués plusieurs fois dans les entretiens comme des contraintes à une gestion efficace de l'eau.

Le premier élément est la dispersion de la population. Le Mexique compte près de 300 000 communautés, avec une moyenne de 85 habitants par communauté. Ceci complique la prestation des services d'eau dans les localités éloignées. Dans les grandes villes, telles que Monterrey, le manque de régulation de l'étalement urbain pose des difficultés supplémentaires pour approvisionner l'eau à des quartiers distants et à haute altitude.

Le manque de technification des unités agricoles, ainsi que la faible valeur économique des aliments produits, est le second élément contraignant la gestion de l'eau. En effet, selon Sergio Ramírez Almaráz, spécialiste du FAMM, le maïs, qui est l'un des principaux aliments cultivés au Mexique, nécessite beaucoup d'eau mais rapporte peu de revenus aux agriculteurs. Il faudrait, dans ce sens, revoir les politiques agricoles du pays.

### **8.2.2 Une ressource peu valorisée**

Des études montrent que la valeur économique, sociale et environnementale de l'eau est limitée au sein de la population mexicaine (Luna Prado, 2022).

Une première cause de cette faible valorisation serait la désinformation de la part des citoyens du fonctionnement des réseaux d'eau potable, de drainage et de traitement et des institutions responsables de la gestion de la ressource. Par exemple, selon Oscar Luna Prado, Sous-Directeur de la Communication de SACMEX, les tarifs de l'eau appliqués à la Ville de México étant très faibles et ne représentant pas le réel coût des services d'eau, les Mexicains ne connaissent pas la valeur économique de la ressource. Un autre exemple, donné par Marisol Chen Cervantes et Coronado Oscar Cristóbal López Capir de la Direction des Services aux

Usagers de la CONAGUA, serait que de nombreuses personnes pensent que la CONAGUA est responsable de la gestion de la distribution de l'eau potable et des systèmes tarifaires, alors que ces fonctions relèvent des organismes opérateurs.

Le second facteur d'une valeur insuffisante accordée à la ressource serait le manque de confiance de la population envers les politiques en général. Le Mexique est, en effet, marqué par de nombreux scandales de corruption, ce qui engendre une certaine perméabilité du peuple face aux messages et actions des gouvernements.

Ce manque de conscientisation se traduit par plusieurs comportements : certains ne paient pas leur facture d'eau, d'autres préfèrent payer des amendes au lieu de respecter les restrictions d'usage imposées, ou encore commettent des actes de vandalisme (équipements volés, prises clandestines dans les aquifères, etc.).

Les politiques de culture de l'eau, développées au CHAPITRE 6, sont ainsi indispensables pour que la population mexicaine intègre l'importance de préserver les ressources hydriques. En contrepartie, la pression sociale sur les gouvernements est nécessaire pour impulser un changement vers des politiques plus durables.

### **8.3 Efforts mis en place pour augmenter l'offre en eau**

Un point positif de la gestion de l'eau mis en avant lors des entretiens est l'ensemble des solutions, déjà mises en place ou en cours de réflexion, qui visent à augmenter l'offre en eau.

Les organismes opérateurs se tournent principalement vers l'exploitation de nouveaux puits souterrains. Ces puits sont ainsi utilisés, parfois exclusivement, pendant les mois de sécheresse. En exemple, les actions de ce type considérées par SADM sont présentées à l'ANNEXE VII Figure-A VII-2. Ils peuvent s'approvisionner également auprès d'autres bassins, suivant les partenariats conclus. Ces transferts entre les bassins sont règlementés par la CONAGUA.

Le second axe de solutions évoqué par les différentes personnes rencontrées est le recyclage des eaux traitées, qui a l'avantage d'être stable dans le temps. L'Organisme de Bassin Valle de México réutilise 24,7 m<sup>3</sup>/s des 28,94 m<sup>3</sup>/s traités par la station d'épuration Atotonilco pour l'irrigation des champs de la vallée de Tula, dans l'État d'Hildago. Heriberto Ramírez Santos, Directeur Adjoint de SADM, donne pour exemple deux solutions qui sont envisagées par l'organisme opérateur. La première est l'implantation d'équipements de traitement dans les parcs, afin de traiter l'eau infiltrée dans les sols suite à leur irrigation et d'injecter celle-ci dans les puits de la ville. La seconde est la mise en place de partenariats avec les industries produisant des boissons, qui consistent à vendre l'eau traitée à ces entreprises en échange de l'exploitation d'une partie des nombreux puits qu'elles possèdent.



## CONCLUSION

La structure organisationnelle de la gestion de l'eau est complexe au Mexique car elle implique de nombreuses institutions, dont les principales sont : la CONAGUA et ses 13 organismes de bassin, qui relèvent du gouvernement fédéral, les commissions étatiques de l'eau, les organismes opérateurs municipaux, et les instances de concertation, que sont les conseils de bassin et leurs organes auxiliaires. Par sa géographie et son régime politique, ce pays présente d'importantes disparités climatiques, démographiques, économiques et organisationnelles, entraînant des différences dans les stratégies de gestion de la ressource. Dans certaines régions, principalement au Nord et au Centre, le manque de disponibilité est très marqué.

Le cadre légal formé par la LAN et la LFD permet notamment à la CONAGUA de réguler l'exploitation des eaux de surface et des eaux souterraines. Divers plans et programmes définissent les objectifs et lignes d'action de chaque mandat de gouvernement pour une gestion durable de la ressource. À la suite de l'évènement de sécheresse très intense de 2011-2012, le Mexique a créé d'autres programmes pour répondre spécifiquement aux problématiques engendrées par ce phénomène hydrométéorologique. Cependant, bien que des solutions existent pour le partage de l'eau et pour l'exploitation d'autres sources d'approvisionnement, la population est en général contrainte à des coupures du service d'adduction d'eau potable, ce qui nécessite d'importantes capacités d'anticipation et d'adaptation de sa part. L'alimentation en eau potable se fait alors par camions-citernes, qui remplissent de grands réservoirs prévus dans la plupart des habitations mexicaines.

Ainsi, la population éprouve directement les effets des sécheresses. Mais il semblerait qu'elle ait peu conscience de la valeur de l'eau. Le changement de mentalité vers une préservation de la ressource, tout comme la transition des politiques vers une approche proactive, se mettent difficilement en place. Pourtant, le PNH 2020-2024 prévoit une augmentation de la population à horizon 2050 de 31 millions, soit 25% de plus que la population actuelle, ce qui impliquerait une augmentation des extractions d'eau de 55%. Avec les changements climatiques, il apparaît alors comme urgent que ces mutations se réalisent.



## ANNEXE I

### CHAPITRE 2 : PORTRAIT DE L'APPLICATION DE LA GESTION DE L'EAU PAR BASSIN VERSANT AU MEXIQUE

Uso	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Acuacultura	.9	.8	.6	.9	.9	.9	.9	.9	.7	.6
Agropecuario	-	-	-	-	-	-	2.0	1.9	2.4	2.2
Bañeros y centros recreativos	28.8	22.7	2.6	1.4	1.1	.9	1.7	.7	2.0	.7
Hidroeléctricas	897.2	888.3	636.4	1,003.0	832.6	753.5	781.3	665.0	834.9	676.2
Público Urbano	3,064.6	2,976.4	2,534.7	2,517.3	2,533.6	3,153.3	3,091.2	2,912.9	3,327.2	3,313.8
Régimen General	8,178.9	8,988.6	8,951.9	9,946.9	9,565.1	10,154.9	9,705.4	9,770.5	9,741.0	8,892.9
<b>Total</b>	<b>12,170.4</b>	<b>12,876.8</b>	<b>12,126.2</b>	<b>13,469.5</b>	<b>12,933.3</b>	<b>14,063.5</b>	<b>13,582.5</b>	<b>13,351.9</b>	<b>13,908.2</b>	<b>12,886.4</b>

FUENTE: CONAGUA. 2020. Subdirección General de Administración del Agua. Elaborado a partir de los datos obtenidos de la Coordinación General de Recaudación y Fiscalización.

Figure-A I-1 : Perception pour l'extraction, l'usage et l'exploitation des eaux nationales par la CONAGUA en millions de \$MXN

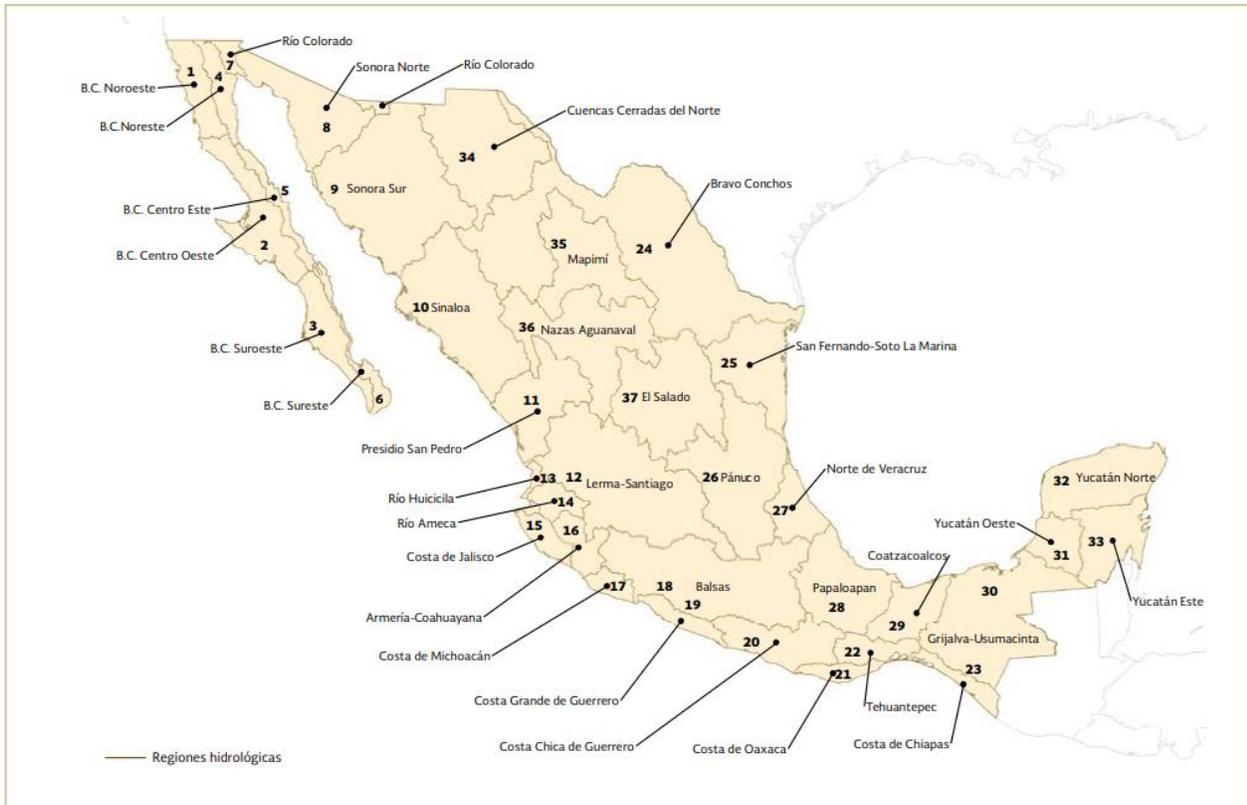
Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

No.	Región hidrológico-administrativa	Superficie continental (km <sup>2</sup> )	Agua renovable 2018 (hm <sup>3</sup> /año)	Población a mediados de año 2018 (millones de hab.)	Agua renovable per cápita 2018 (m <sup>3</sup> /habitante/año)	Aportación al PIB nacional 2017 (%)	Municipios o alcaldías de la CDMX (número)
I	Península de Baja California	154 279	4 858	4.67	1 040	4.36	11
II	Noroeste	196 326	8 274	2.95	2 802	3.39	78
III	Pacífico Norte	152 007	26 747	4.63	5 772	2.97	51
IV	Balsas	116 439	21 668	12.15	1 783	6.51	420
V	Pacífico Sur	82 775	30 836	5.15	5 983	2.12	378
VI	Río Bravo	390 440	12 844	12.76	1 007	15.27	144
VII	Cuencas Centrales del Norte	187 621	8 024	4.70	1 709	4.41	78
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	192 722	35 071	24.98	1 404	20.00	332
IX	Golfo Norte	127 064	28 655	5.42	5 282	2.28	148
X	Golfo Centro	102 354	94 363	10.81	8 732	5.09	432
XI	Frontera Sur	99 094	147 195	7.93	18 571	3.98	142
XII	Península de Yucatán	139 897	29 647	4.86	6 103	5.42	128
XIII	Aguas del Valle de México	18 229	3 401	23.72	143	24.20	121
<b>Total</b>		<b>1 959 248</b>	<b>451 585</b>	<b>124.74</b>	<b>3 620</b>	<b>100.00</b>	<b>2 463</b>

Fuente: Elaborado con base en CONAPO (2012), INEGI (2017), CONAGUA (2018c)

Figure-A I-2 : Données géographiques et socio-économiques des RHA

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2019



Fuente: CONAGUA (2018c).

Figure-A I-3 : Carte des régions hydrologiques  
 Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2019

Usos de la clasificación del REPGA desagrupados		Usos de la clasificación del REPGA agrupados	
Clave	Rubro de clasificación del REPGA	Definición	Usos agrupados
Uso consuntivo			
A	Agrícola (inscrito+pendiente)	A+D+G+I+L	Agrícola
B	Agroindustrial	C+H	Abastecimiento público
C	Doméstico	B+E+F1+K	Industria autoabastecida
D	Acuacultura	F2	Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad
E	Servicios	Uso no consuntivo	
F	Industria	J	Hidroeléctricas
F1	Industria excluyendo termoeléctricas	N	Conservación Ecológica
F2	Termoeléctricas		
G	Pecuario		
H	Público urbano		
I	Múltiples		
K	Comercio		
L	Otros		
Uso no consuntivo			
J	Hidroeléctricas		
N	Conservación Ecológica		

FUENTE: CONAGUA. 2020. Subdirección General de Administración del Agua  
 Fecha de última actualización: Octubre 2021

Figure-A I-4 : Classification des usages du REPGA  
 Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

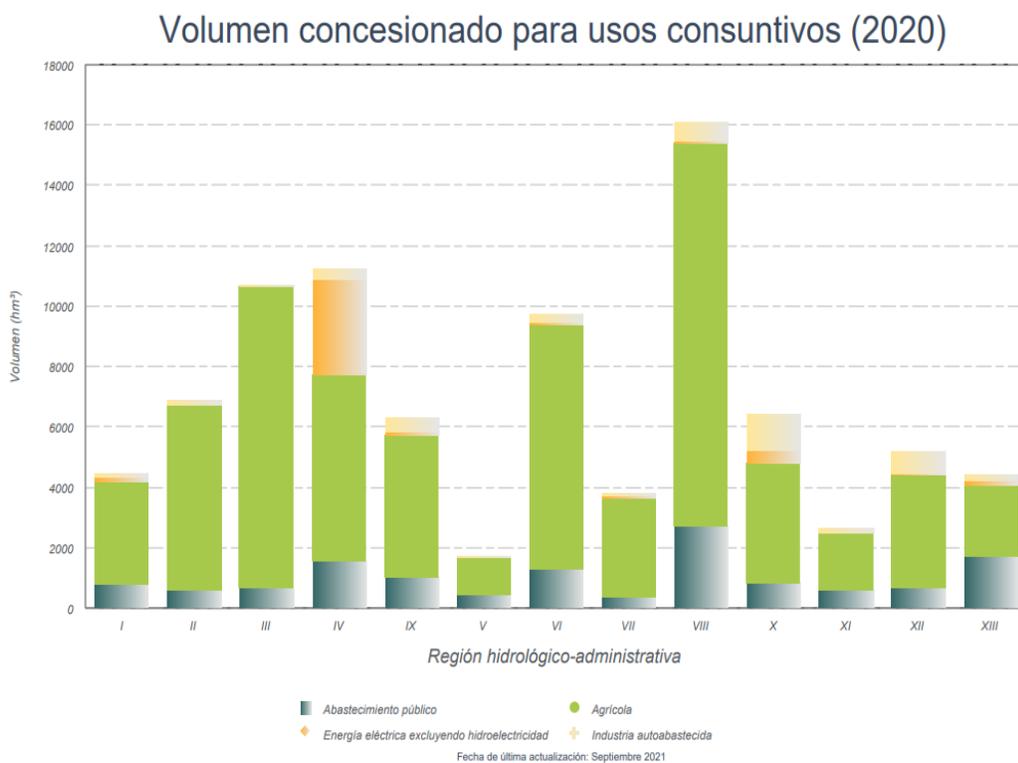


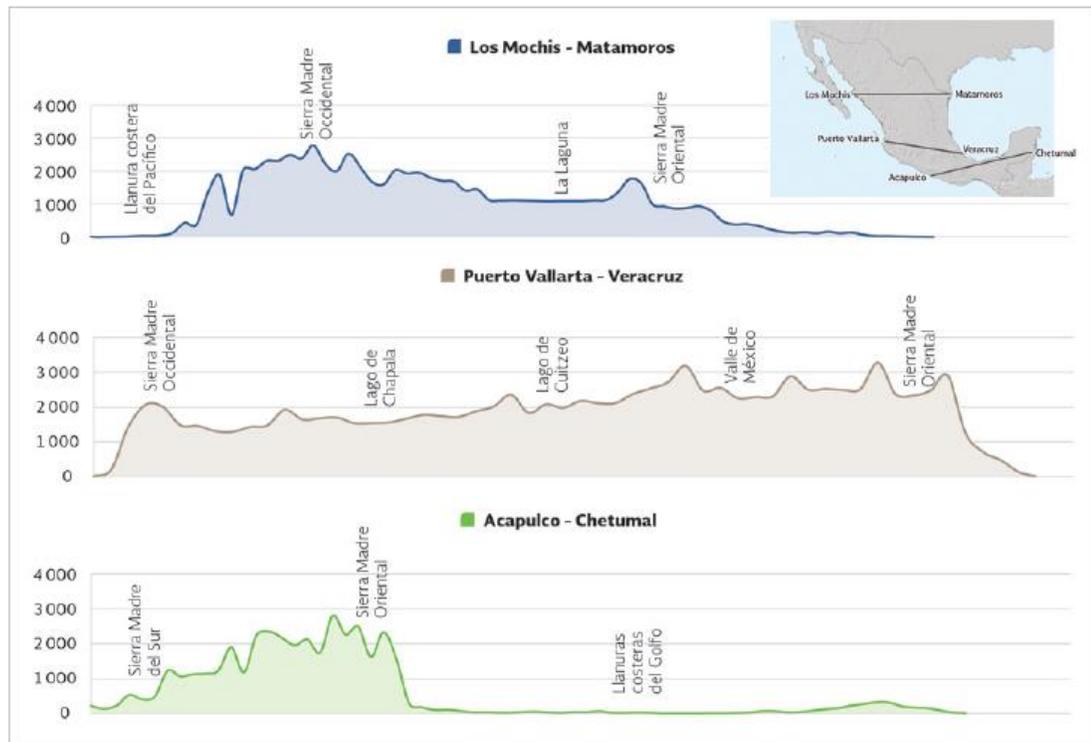
Figure-A I-5 : Volume concessionné de 2020 par usage consommateur à l'échelle des RHA

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021



## ANNEXE II

### CHAPITRE 3 : CONTEXTE ET AMPLEUR DES PROBLÉMATIQUES DE MANQUE D'EAU AU MEXIQUE



Fuente: Elaborado con base en USGS (2016a).

Figure-A II-1 : Profils d'élévation en mètres au-dessus du niveau de la mer

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2018.b

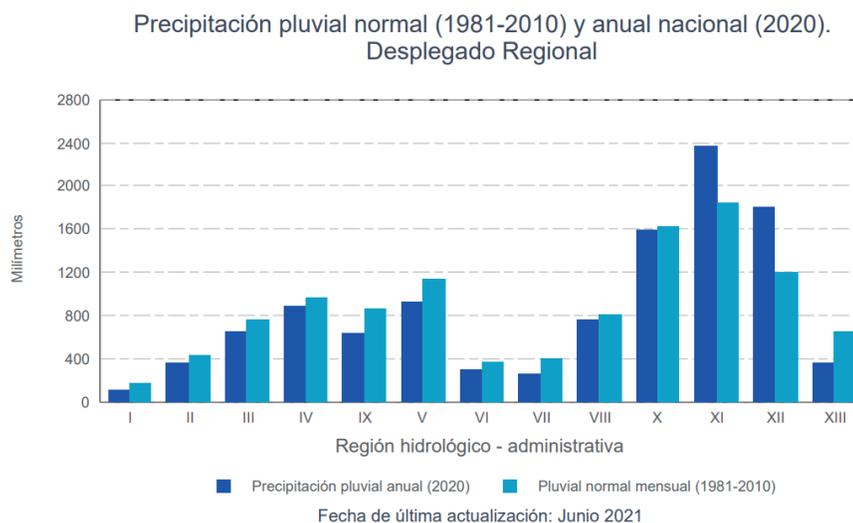


Figure-A II-2 : Précipitations pluviales normales (1981-2010) et moyennes annuelles de 2020 à l'échelle des RHA

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

	Nom de la catégorie	Définition
<b>Intensité</b>	D0 : Anormalmente Sec	Il s'agit d'une condition de sécheresse, ce n'est pas une catégorie de sécheresse. Elle survient au début ou à la fin d'une période de sécheresse. Au début : retard de la plantation des cultures, croissance limitée des cultures ou des pâturages, risque d'incendie. À la fin : déficit en eau persistant, pas de récupération complète des cultures ou des pâturages.
	D1 : Sécheresse Modérée	Quelques dommages dans les cultures ou les pâturages, risque d'incendie élevé, niveaux faibles dans les rivières, réservoirs, abreuvoirs et puits, restrictions volontaires de l'usage de l'eau.
	D2 : Sécheresse Sévère	Pertes probables dans les cultures ou les pâturages, risque d'incendie élevé, pénurie d'eau fréquente, restrictions imposées de l'usage de l'eau.
	D3 : Sécheresse Extrême	Pertes majeures dans les cultures ou les pâturages, risque d'incendie extrême, restrictions généralisées de l'usage de l'eau.
	D4 : Sécheresse Exceptionnelle	Pertes exceptionnelles et généralisées dans les cultures ou les pâturages, risque d'incendie exceptionnel, pénurie d'eau totale, situation d'urgence probable.
<b>Durée</b>	S : Court terme	Inférieure à 6 mois, avec des impacts sur l'agriculture et les pâturages.
	L : Long terme	Supérieure à 6 mois, avec des impacts sur l'hydrologie et l'écologie.

Figure-A II-3 : Catégories d'intensité et de durée des sécheresses du Moniteur de Sécheresse

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2019

Pour quantifier le déficit de précipitations sur différentes échelles temporelles, qui reflètent l'impact de la sécheresse sur la disponibilité des différentes ressources en eau, l'Indice Standardisé de Précipitation (SPI) a été conçu. Le calcul du SPI pour n'importe quelle localité est basé sur l'enregistrement à long terme des précipitations pour une période donnée. Cet enregistrement à long terme est ajusté à une distribution de probabilités, puis transformé en une distribution normale de telle sorte que la moyenne du SPI pour la localité et la période souhaitée soit zéro (Edwards et McKee, 1997).

McKee et al. (1993) ont utilisé le système de classification indiqué dans le tableau des valeurs de SPI ci-dessous (tableau 1) pour définir les différentes intensités de la sécheresse en fonction des différentes valeurs de SPI. Ils ont également défini les critères pour les épisodes de sécheresse à toutes les échelles temporelles. Les épisodes de sécheresse se produisent chaque fois que le SPI est continuellement négatif et atteint une intensité de -1,0 ou moins. L'épisode se termine lorsque le SPI atteint des valeurs positives. Par conséquent, tous les épisodes de sécheresse ont une durée définie par leur début et leur fin, ainsi qu'une intensité pour chaque mois pendant lequel l'épisode se poursuit. La somme positive du SPI pour tous les mois d'un épisode de sécheresse peut être appelée "magnitude" de la sécheresse.

**Cuadro 1. Valores del Índice normalizado de precipitación**

2,0 y más	extremadamente húmedo
1,5 a 1,99	muy húmedo
1,0 a 1,49	moderadamente húmedo
-0,99 a 0,99	normal o aproximadamente normal
-1,0 a -1,49	moderadamente seco
-1,5 a -1,99	severamente seco
-2 y menos	extremadamente seco

Figure-A II-4 : Valeurs de l'indice normalisé de précipitation

Source : Organización Meteorológica Mundial, 2012.

**Cuadro 2. Probabilidad de recurrencia**

SPI	Categoría	Número de veces en 100 años	Severidad del episodio
0 a -0,99	Sequía leve	33	1 en 3 años
-1,00 a -1,49	Sequía moderada	10	1 en 10 años
-1,5 a -1,99	Sequía severa	5	1 en 20 años
< -2,0	Sequía extrema	2,5	1 en 50 años

Figure-A II-5 : Association entre probabilité de récurrence, valeurs de l'indice SPI et niveaux de sévérité des épisodes de sécheresse

Source : Organización Meteorológica Mundial, 2012.

Au Mexique, les valeurs du SPI ont été conditionnées de la manière suivante, et en fonction de ces valeurs, les différentes classes de sécheresse ont pu être établies.

	
Valor de SPI	Condición
$\geq 2.0$	Excepcionalmente Húmedo
1.60 a 1.99	Extremadamente Húmedo
1.30 a 1.59	Muy Húmedo
0.80 a 1.29	Moderadamente Húmedo
0.51 a 0.79	Ligeramente Húmedo
-0.50 a 0.50	Cercano a lo Normal
-0.79 a -0.51	Ligeramente Seco
-1.29 a -0.80	Moderadamente Seco
-1.59 a -1.30	Muy Seco
-1.99 a -1.60	Extremadamente Seco
$\leq -2.0$	Excepcionalmente Seco

Figure-A II-6 : Classes des différentes valeurs de l'indice SPI

Source : Servicio Meteorológico Nacional, s.f. Índice Estandarizado de Precipitación.

<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/spi>

**Intensidad de sequía:**

	D0 Anormalmente seco
	D1 Sequía moderada
	D2 Sequía severa
	D3 Sequía extrema
	D4 Sequía excepcional
	Sin sequía

Figure-A II-7 : Classes des différentes intensités de sécheresse

Source : Servicio Meteorológico Nacional, s.f. Índice Estandarizado de Precipitación.

<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/spi>

**Bassins**

- **Formule 1 :**

$$\text{Disponibilité moyenne annuelle d'eau de surface dans le bassin hydrographique} = \text{Volume moyen annuel de ruissellement du bassin vers l'aval} - \text{Volume annuel compromis à l'aval}$$
- **Formule 2 :**

$$\begin{aligned} \text{Volume moyen annuel de ruissellement du bassin vers l'aval} = & \text{Volume moyen annuel de ruissellement depuis le bassin amont} + \text{Volume moyen annuel de ruissellement naturel} + \text{Volume annuel de retours} \\ & + \text{Volume annuel d'importations} - \text{Volume annuel d'exportations} - \text{Volume annuel d'extraction d'eau de surface} \\ & - \text{Volume moyen annuel d'évaporation dans les réservoirs} - \text{Volume moyen annuel de variation de stockage dans les réservoirs} \end{aligned}$$

Figure-A II-8 : Calcul de la disponibilité moyenne annuelle des bassins et des aquifères selon la norme NOM-011-CONAGUA-2015

Source : adapté de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015

Formule 1 :

- **Volume annuel actuel compromis à l'aval :** la partie des ruissellements du bassin vers l'aval, nécessaire pour respecter les volumes concédés et alloués par la Commission, les limitations fixées lors des fermetures et, le cas échéant, les volumes correspondant aux réserves, à l'usage de l'environnement, aux règlements et à la Programmation Hydrique ;

Formule 2 :

- **Volume moyen annuel de ruissellement depuis le bassin amont** : formule 1 appliquée au bassin amont ;
- **Volume moyen annuel de ruissellement naturel** : il existe deux méthodes pour le déterminer. Une méthode directe avec registres hydrométriques s'il existe un registre sur minimum 20 ans et une méthode indirecte avec un modèle précipitation-ruissellement ;
- **Volume annuel de retours** : mesure ou estimation des volumes sortis qui sont réintégrés dans le réseau de drainage du bassin (rejets agricoles, industriels, etc.) ;
- **Volume annuel d'extraction d'eau de surface** : volumes annuels concessionnés et alloués par la Commission (REPDA) + volumes annuels correspondant aux demandes de concession ou d'allocation approuvées et qui sont en processus d'émission du titre + volumes annuels correspondant aux réserves, au débit écologique et aux zones règlementées ;
- **Volume moyen annuel d'évaporation dans les réservoirs** : lame d'évaporation moyenne, appliquée à la superficie de l'eau libre exposée, dans les réservoirs naturels ou artificiels ;
- **Volume moyen annuel de variation de stockage dans les réservoirs** : différence entre le volume final et le volume initial.

## Aquifères

Disponibilité moyenne annuelle d'eau du sous-sol dans un aquifère = Recharge totale moyenne annuelle - Écoulement naturel compromis - Extraction d'eaux souterraines

- **Recharge totale moyenne annuelle** : sommes des flux d'entrée ;
- **Écoulement naturel compromis** : volumes d'eau nécessaires aux sources et au débit de base des rivières superficielles alimentées par l'aquifère + écoulements qui doivent être conservés pour ne pas affecter l'alimentation des aquifères adjacents et empêcher l'immigration d'eau de mauvaise qualité ;
- **Extraction d'eaux souterraines** : volumes annuels concessionnés et alloués par la Commission (REPDA) + volumes annuels correspondant aux demandes de concession ou d'allocation approuvées et qui sont en processus d'émission du titre + volumes annuels correspondant aux réserves, au débit écologique et aux zones règlementées.

### Volumen de disponibilidad y número de cuencas por región hidrológico-administrativa (2020)

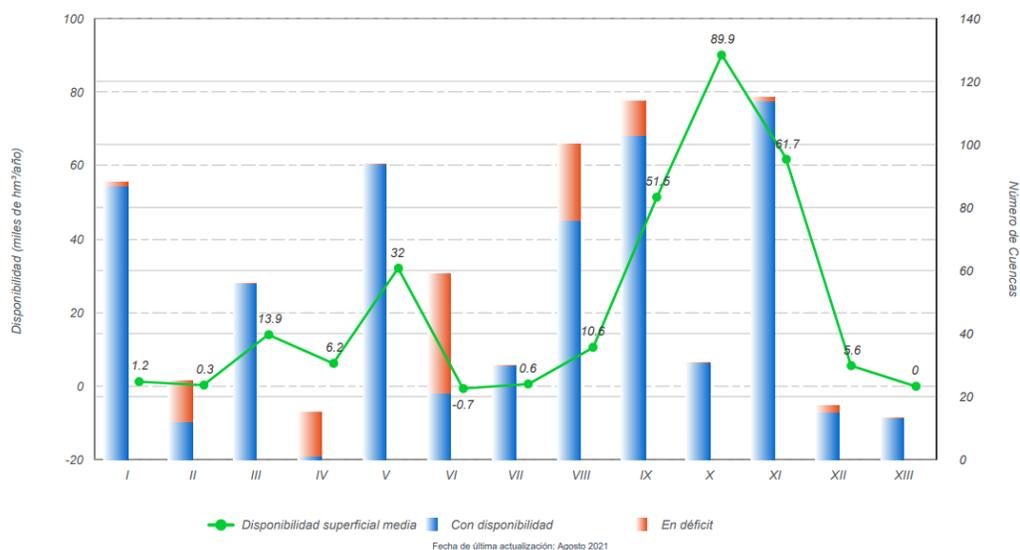


Figure-A II-9 : Disponibilité des bassins de 2020 à l'échelle des RHA

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

### Acuíferos por Región hidrológico-administrativa (2020)

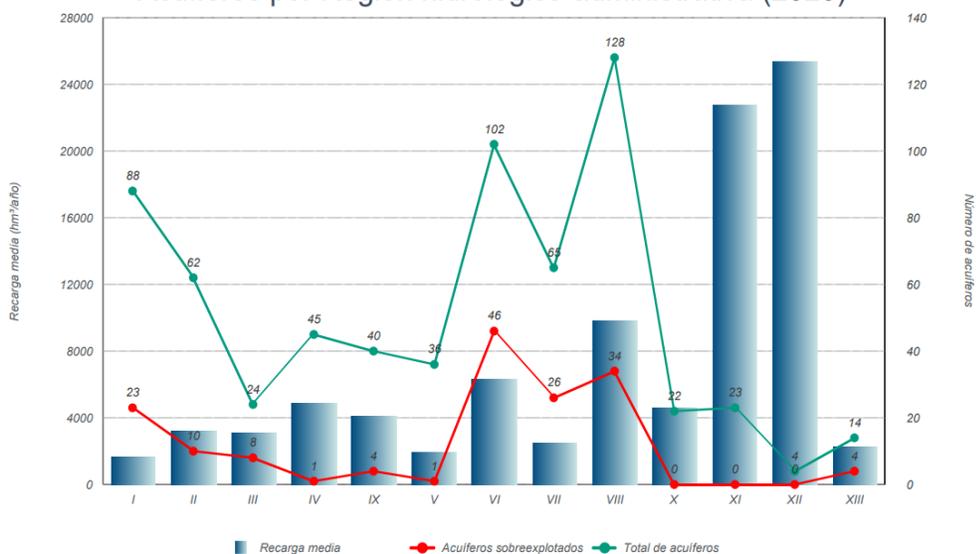


Figure-A II-10 : Disponibilité des aquifères de 2020 à l'échelle des RHA

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021

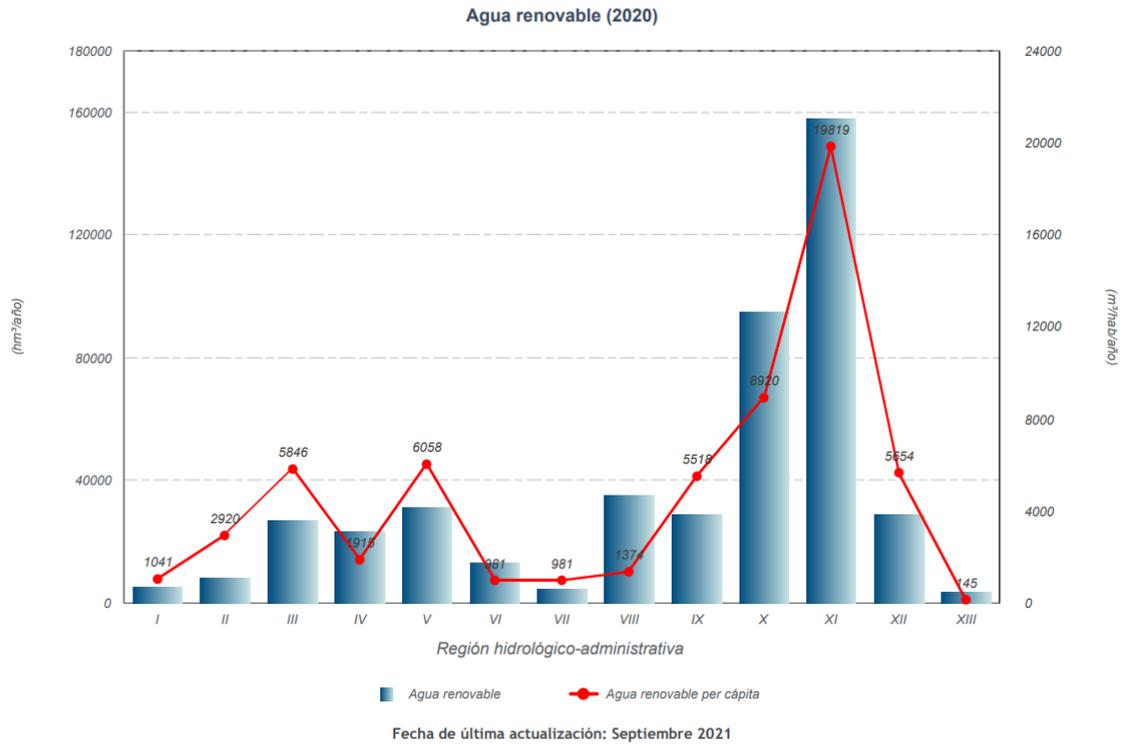
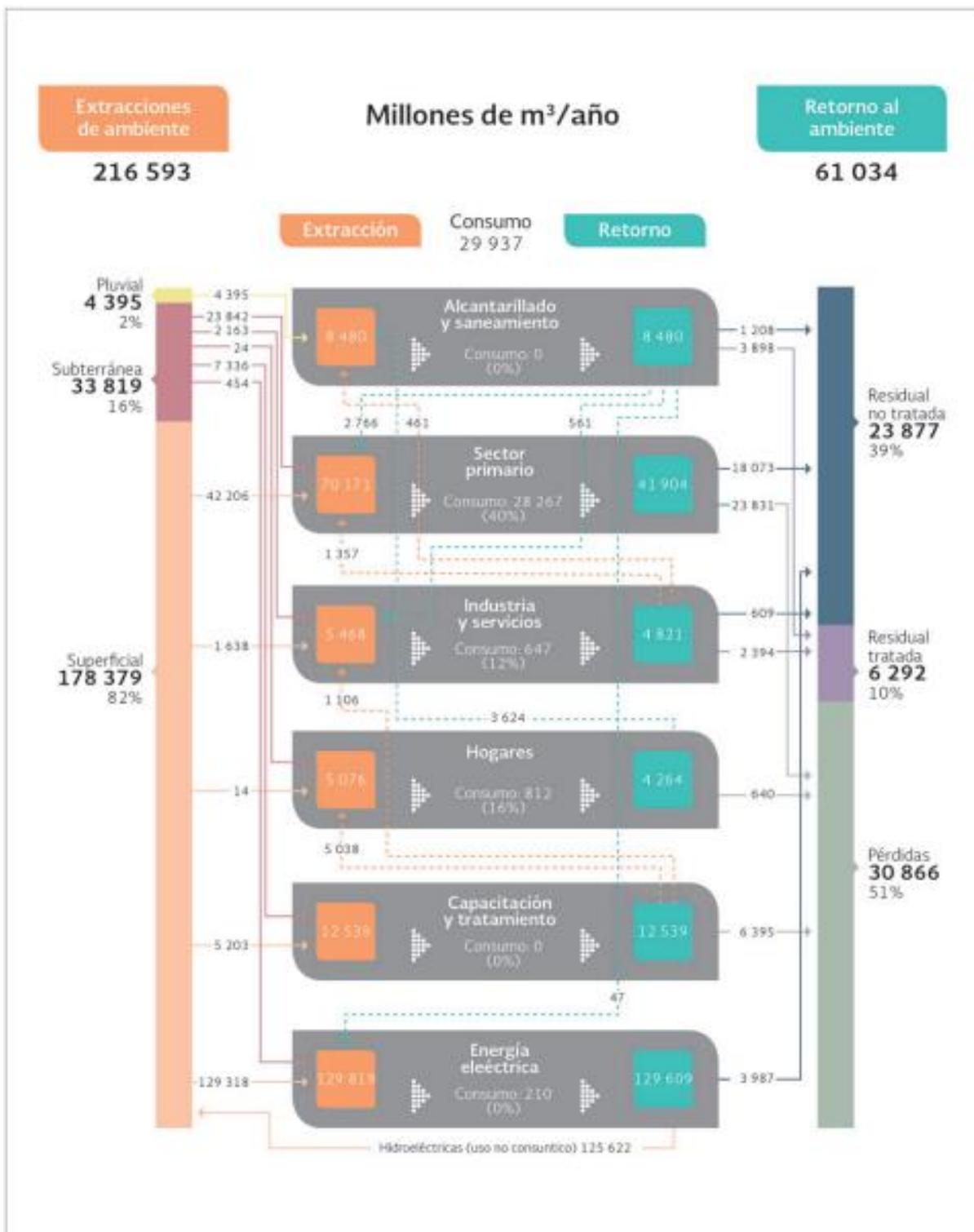


Figure-A II-11 : Eau renouvelable de 2020 à l'échelle des RHA  
 Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2021



Fuente: Elaborado con base en INEGI (2016k).

Figure-A II-12 : Flux extraits et retournés à l’environnement en 2016

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2018.b



## ANNEXE III

### CHAPITRE 4 : OUTILS DE PLANIFICATION DE LA GESTION DE L'EAU



Figure-A III-1 : Objectifs prioritaires du PNH 2020-2024

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2020

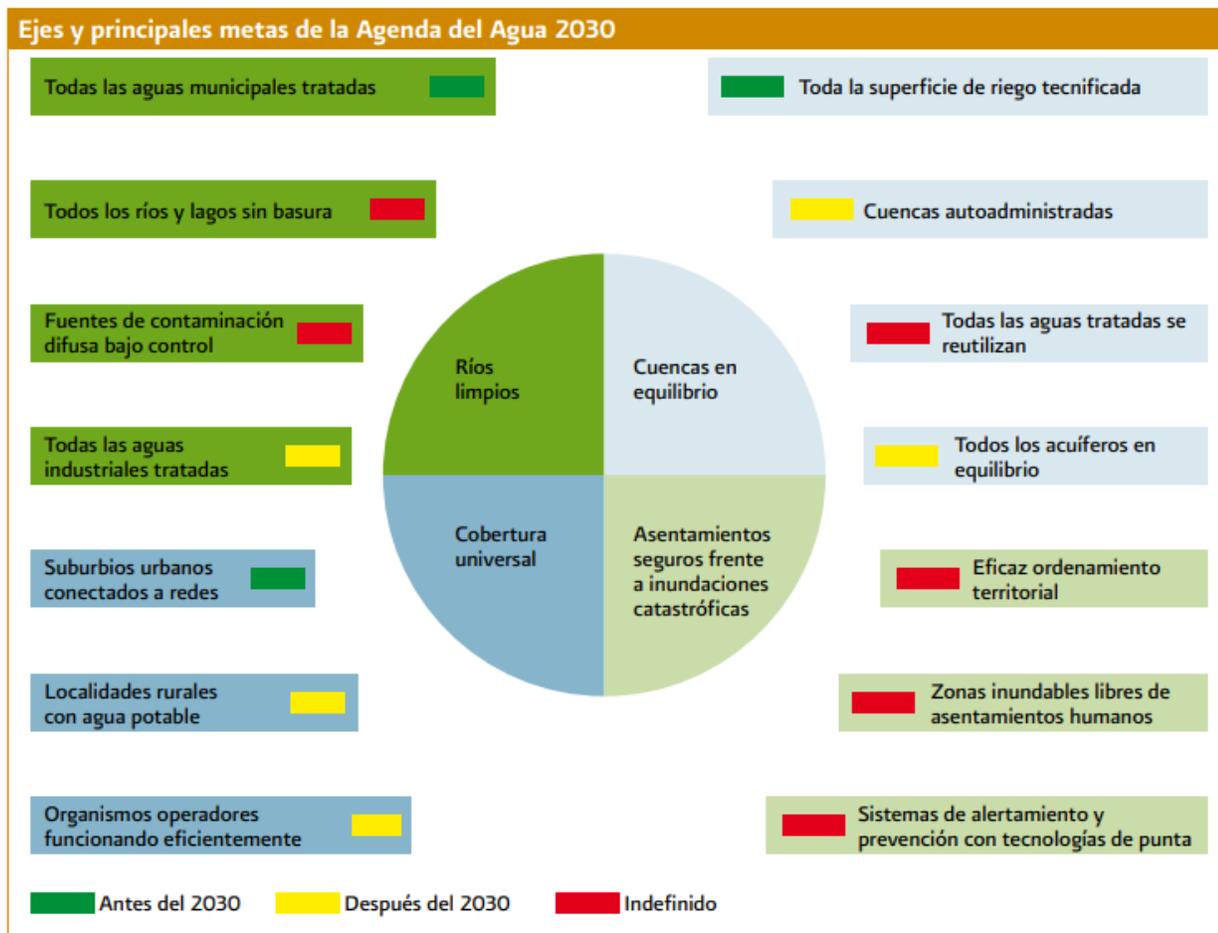


Figure-A III-2 : Axes de l'Agenda de l'Eau 2030

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2012.a

Stratégie	Actions structurales	Actions non structurales
1.1 Améliorer l'approvisionnement des sources d'eaux nationales et promouvoir l'usage de sources alternatives	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recueil des eaux de pluie</li> <li>- Construction de puits profonds pour l'extraction des eaux souterraines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incitations économiques, fiscales et financières pour l'usage de sources alternatives</li> <li>- Mettre en place des mécanismes juridiques pour encourager le captage et l'exploitation des eaux pluviales</li> <li>- Modèles numériques d'élévation de haute résolution</li> <li>- Caractérisation physiographique</li> <li>- Caractérisation des bassins hydrographiques, etc.</li> </ul>
1.2 Réhabiliter et développer l'infrastructure de stockage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction de barrages</li> <li>- Surélévation de barrages</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconnaître par la loi ces travaux comme affaire de sécurité de l'État, afin d'obtenir de meilleurs soutiens des États et des municipalités</li> <li>- Élaborer et mettre en œuvre des lois sur les contributions des États aux améliorations pour récupérer les investissements</li> <li>- Appliquer la loi fédérale sur la contribution aux améliorations</li> </ul>
1.3 Transférer l'eau entre les bassins dans des conditions durables	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction d'aqueducs</li> </ul>	
1.4 Recharger artificiellement les aquifères dans des conditions durables	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction d'ouvrages hydrauliques dans des sites particuliers, dont des zones urbaines</li> </ul>	
1.5 Réutiliser les eaux de tous les usages	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction de stations de traitement et de réseaux de collecte pour une réutilisation dans l'agriculture</li> <li>- Installation de dispositifs pour une réutilisation des eaux grises domestiques dans les toilettes</li> <li>- Utilisation des eaux traitées pour l'irrigation des parcs publics</li> <li>- Installation de système de traitement et de recyclage de l'eau dans l'industrie, principalement pétrochimique</li> <li>- Système de capture et de condensation de la vapeur dans l'industrie du papier et de la cellulose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Créer un marché secondaire pour l'utilisation de l'eau traitée</li> <li>- Inciter le rejet zéro dans les entreprises</li> </ul>

<p>1.6 Promouvoir et appliquer les technologies de basse consommation dans tous les usages (gestion de la demande)</p>	<p><b>Secteur agricole et d'élevage :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Irrigation en temps réel</li> <li>- Irrigation de haute précision/localisé</li> <li>- Irrigation par aspersion</li> <li>- Labour optimal</li> </ul> <p><b>Secteur public-urbain :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Remplacement des toilettes conventionnelles (ou installation) par des toilettes à double-chasse dans les édifices commerciaux et les logements</li> <li>- Remplacement des robinets et douches conventionnels (ou installation) par des robinets et douches à faible flux dans les logements</li> <li>- Installation d'urinoirs sans eau dans les édifices commerciaux</li> <li>- Rétention de l'humidité dans les jardins publics</li> </ul> <p><b>Secteur industriel :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eau activée et rinçage à sec dans l'industrie des boissons</li> <li>- Solidification des déchets dans l'industrie minière</li> <li>- Refroidissement à sec dans la production d'énergie électrique</li> </ul>	<p><b>Secteur agricole et d'élevage :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agriculture contrôlée de basse consommation de l'eau (serres)</li> <li>- Construire des équipements de mesure et de contrôle de l'eau</li> <li>- Nivellement des terres</li> <li>- Drainage parcellaire</li> <li>- Contrôle des mauvaises herbes aquatiques</li> <li>- Cadastre technique des infrastructures d'irrigation et de drainage, etc.</li> </ul>
<p>1.11 Agrandir les infrastructures hydrauliques et réhabiliter les existantes (réduction des fuites)</p>	<p><b>Secteur agricole et d'élevage :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réhabiliter ou moderniser les canaux principaux et secondaires</li> </ul> <p><b>Secteur public-urbain :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réparation des fuites dans le réseau de distribution</li> <li>- Sectorisation et contrôle de la pression dans le réseau de distribution</li> <li>- Réparation des fuites dans les édifices commerciaux et publics et les logements</li> </ul> <p><b>Secteur industriel :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction des fuites</li> <li>- Réduction de la pression de l'eau</li> </ul>	

Stratégie	Actions non structurales
1.7 Adapter dynamiquement les concessions et les allocations d'eau à l'offre réelle et aux priorités, en améliorant l'information et les processus de l'Administration de l'Eau et le REPDA pour avoir une valeur réelle des volumes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revoir les zones de disponibilité et le montant des droits</li> <li>- Adapter les volumes concédés selon l'expiration des volumes non exploités, l'acquisition de droits pour stabiliser les aquifères et les bassins et les actes d'autorité fondés sur l'intérêt public</li> <li>- Revoir les concessions et les allocations octroyées en fonction des études actualisées de la disponibilité de l'eau</li> <li>- Généraliser l'achat de droits pour la récupération environnementale des bassins</li> <li>- Établir une surtaxe pour l'extraction d'eau des aquifères surexploités avec des problèmes de dégradation et d'épuisement</li> <li>- Encourager le quota de garantie pour aligner les volumes utilisés sur les volumes concédés ou alloués</li> <li>- Punir la sous-déclaration de la consommation et la sur-concession</li> <li>- Améliorer la conception et la vérification du REPDA, en particulier pour les volumes utilisés</li> <li>- Assurer le contrôle des extractions souterraines et superficielles, etc.</li> </ul>
1.8 Optimiser les politiques d'exploitation des réservoirs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réaliser des études techniques et bathymétriques permettant de connaître l'état des barrages et de prioriser les travaux à effectuer, principalement les barrages pour l'irrigation</li> <li>- Concevoir des modèles de fonctionnement optimal des réservoirs</li> </ul>
1.9 Encourager la relocalisation des activités économiques selon la disponibilité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renforcer et maintenir le PADUA dans d'autres districts d'irrigation, en plus de ceux déjà mis en application</li> <li>- Établir des incitatifs de l'État pour la relocalisation des industries consommatrices</li> <li>- Établir des mécanismes de transversalité avec les instances des trois niveaux de gouvernement chargées des développements urbains, économiques et écologiques pour unifier les critères de relocalisation, etc.</li> </ul>
1.10 Améliorer la mesure de l'approvisionnement et de la consommation en eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre à jour le registre des utilisateurs agricoles</li> <li>- Fixer délibérément des quotas élevés pour les consommations non mesurées, notamment dans les activités d'un certain pouvoir économique, etc.</li> </ul>
1.12 Renforcer le niveau de représentativité du Conseil de Bassin et de ses Organes Auxiliaires pour imprégner dans son domaine d'action les directives convenues, afin d'impacter favorablement la gouvernance des ressources en eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renforcer le cadre juridique des conseils de bassin et des organes auxiliaires</li> <li>- Revoir le cadre réglementaire de l'installation et du fonctionnement des conseils</li> <li>- Renforcer l'autonomie budgétaire et administrative des conseils</li> <li>- Créer des associations civiles autonomes</li> <li>- Mettre en place des fiduciaires</li> <li>- Encourager la participation des usagers et de la société aux conseils et commissions de bassin, etc.</li> </ul>

2.1 Promouvoir l'échange d'eau de premier usage vers des activités économiques plus rentables ou prioritaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prioriser les usages de l'eau existants dans la Région</li> <li>- Exploiter les ressources hydriques disponibles dans les limites de chaque cellule</li> <li>- Mettre en œuvre les mesures qui comblent d'abord l'écart du secteur lui-même</li> <li>- Promouvoir que le seul échange d'eau valable soit du secteur agricole vers les secteurs public-urbain ou industriel</li> <li>- Assurer les investissements pour l'équilibre des bassins et aquifères</li> </ul>
2.2 Soutenir la politique agricole générée par le chef de secteur (Sagarpa) dans l'application de mesures qui augmentent la production et réduisent les pertes de produits agricoles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inciter le développement des activités primaires dans des bassins avec une disponibilité suffisante</li> <li>- Études de l'usage potentiel du sol et de l'eau</li> <li>- Promouvoir avec la Sagarpa le changement de cultures actuelles de haute demande pour des cultures de basse demande selon leur rentabilité</li> <li>- Utilisation de semences améliorées et de pesticides</li> <li>- Utilisation équilibrée des engrais</li> <li>- Transport réfrigéré des récoltes, etc.</li> </ul>
2.3 Soutenir la politique agricole générée par le chef du secteur (Sagarpa) pour étendre et améliorer les canaux de commercialisation des produits agricoles	Mettre en place des mesures d'incitation, développer les infrastructures de base et fournir des conseils sur les marchés
2.4 Exploiter le potentiel hydroélectrique des courants naturels et artificiels qui pourraient se présenter avec la nouvelle infrastructure et l'amélioration de l'infrastructure existante	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encourager le développement d'activités d'autogénération dans les courants naturels et artificiels</li> <li>- Promouvoir des programmes de soutien à la microgénération, etc.</li> </ul>
2.5 Proposer la révision des subventions liées à la Commission fédérale de l'électricité et à la Sagarpa et au recouvrement effectué par la Conagua pour les différentes utilisations de l'eau	Examiner l'impact des systèmes de subventions et d'incitations mis en œuvre, tels que ceux établis par la Commission fédérale de l'électricité, ou ceux appliqués à d'autres intrants tels que le diesel, les semences et autres

Figure-A III-3 : Actions structurales et non structurales mentionnées dans les PHR des trois RHA d'étude

Source : élaboré à partir de Comisión Nacional del Agua, 2012.a, 2012.b et 2012.c



Figure-A III-4 : Schéma des six principes de la politique publique nationale pour la sécheresse

Source : adapté de Comisión Nacional del Agua, 2018.c

Fase	Acciones de las Autoridades	Acciones de los usuarios sectoriales e individuales	Recomendaciones
D0 Anormalmente seca Comienza la sequía; la reducción en la oferta de agua es de 5 a 10% respecto a la demanda.	Campaña inicial de información: alerta para disminuir los usos no esenciales, y difusión de pronósticos y de acciones necesarias si la situación empeora. Levantamiento de censos y elaboración de estadísticas para conocer el uso y asignación del agua. Formulación de una propuesta para disminuir la asignación a los usos secundarios.	Los usuarios deben moderar su consumo de agua y restringir los usos no prioritarios voluntariamente. Los grandes usuarios deben revisar sus planes de contingencia.	Campaña educativa para evitar el desperdicio del agua. Revisión de las instalaciones y dispositivos de medición y control hidráulico.
D1 Moderada. La disponibilidad de agua es del 10 al 20% inferior respecto a la demanda. Algunas medidas son voluntarias, pero otras ya son obligatorias.	La campaña de información se intensifica e incluye aspectos técnicos del problema. Se formula la etapa inicial de racionamiento y se da a conocer. La aplicación del riego sólo es permitida en las horas de menor insolación. Prohibición total de usos no prioritarios. Instrumentación de las primeras medidas de multas por exceso o uso indebido del agua, con base en leyes y reglamentos. Prohibido lavar con manguera vehículos, banquetas y calles.	Los usuarios comerciales e industriales instrumentan sus programas de acción, destacando entre ellos el reúso y/o recirculación del agua para sus procesos. Todos los usuarios se sujetan a las restricciones y prohibiciones.	Se intensifica la campaña informativa y educativa. Se instalan dispositivos ahorradores de agua y se mejoran los de control. Inicia la aplicación de sanciones por uso excesivo o indebido; en reincidencias, se suspende temporalmente el servicio.
D2 Severa. El déficit de agua es de 20 a 35% en relación con la demanda. Las medidas de reducción y restricción en el uso del agua son obligatorias.	Se aplican las medidas y programas de racionamiento, y las sanciones por su no observancia. Los usos domésticos deben disponer de equipos de bajo consumo. El suministro se realiza sólo para los usos esenciales, con estricto tandeo y restricciones en volumen. La campaña de información es intensa y en detalle, apoyada en todos los medios. La evolución del estado de emergencia se registra permanentemente, y los pronósticos y evaluaciones se realizan todos los días para detectar cualquier variación.	Los usuarios son conminados a apegarse totalmente a las restricciones y racionamientos del programa de emergencia. La vigilancia entre sectores y usuarios es continua para evitar desperdicios y conflictos, tomas clandestinas y usos no autorizados. Los grandes usuarios operan de acuerdo con sus Programas de contingencia y se sujetan sólo a los volúmenes autorizados.	Se incrementan las sanciones y se restringe más el consumo. Sólo se autorizan usos prioritarios con volúmenes mínimos. Si se detectan y persisten usos indebidos, se suspende el suministro, se aplican las sanciones y se disminuye la dotación. Es obligatorio mejorar las instalaciones y dispositivos.
D3 Extraordinaria El déficit de agua está entre el 35 y 50% respecto a la demanda. Las reducciones, restricciones y observancia de los Programas de contingencia son rigurosamente observadas y sancionadas.	Todas las restricciones y racionamientos alcanzan su máxima intensidad; las dotaciones son mínimas y acordes con los esquemas de prioridad, exclusivamente para los usos más elementales, sin excepción. Los tandeos son rigurosamente observados. La vigilancia es extrema y continua sobre el funcionamiento de los sistemas de conducción, distribución y medición; cualquier anomalía se atiende de inmediato. Todos los usuarios se ajustan a su dotación y se resuelven los conflictos entre ellos. Las contingencias ambientales se atienden de acuerdo con los ordenamientos de ley y entran en función los programas de emergencia apoyados por todos los niveles de gobierno. La campaña de información, seguimiento y educación alcanza su mayor intensidad y es permanente.	Los usuarios deben cumplir estrictamente con el programa de racionamiento. Todo ahorro de agua es crucial, por lo que no debe haber desviaciones ni desperdicios. Los dispositivos de medición, control y uso deben funcionar en estado óptimo. Los usos no residenciales se reducen al mínimo o se suspenden. La recirculación, tratamiento y reúso de agua son importantes como opciones para elevar la disponibilidad.	Se aplican las sanciones y penas más severas; por faltas, la suspensión del servicio puede ser indefinida. La participación de los usuarios en el manejo, cuidado y vigilancia en el uso del agua son determinantes para evitar el aumento del problema y el eventual colapso total.
D4 Excepcional El déficit de agua es superior al 50% de la demanda. Son las condiciones más drásticas, de sobrevivencia.	El agua disponible se asigna únicamente para los usos más prioritarios y en cantidades muy limitadas. La asistencia social y los programas de emergencia son constantes con el apoyo de las autoridades de todos los niveles. El agua se distribuye con el máximo de precaución para evitar pérdidas y conflictos. Es una etapa de espera hasta que las condiciones mejoren.	Usan el agua sólo para lo estrictamente autorizado y con el mínimo de volumen. No se permite ningún exceso. Los usos más prioritarios con la menor dotación. Los excedentes se distribuyen a los demás usuarios.	Cero desperdicios y cero tolerancias. Los mecanismos de medida y control funcionan correctamente y se supervisan con frecuencia.

Figure-A III-5 : Recommendations du PMPMS du Conseil de Bassin Río Bravo

Source : adapté de Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2014

## ANNEXE IV

### CHAPITRE 5 : OUTILS DE PRÉPARATION, DE SUIVI ET D'AIDE À LA DÉCISION POUR LES COLLECTIVITÉS ET LES AUTRES USAGERS DE LA RESSOURCE EN EAU

#### Indices météorologiques

Anomalies de précipitation en millimètres et en pourcentage de la normale

Centiles de précipitation

Indice standardisé de précipitation (SPI)

Indice standardisé de précipitation et d'évapotranspiration (SPEI)

#### Indices hydrologiques

Modèle d'humidité du sol Leaky Bucket

Indice de sécheresse sur l'écoulement fluvial (SDI)

Pourcentage d'eau dans les barrages

#### Indices sur la végétation

Indice de la santé de la végétation (VHI)

Indice de végétation par différence normalisée (NDVI)

Figure-A IV-1 : Indices utilisées par le SMN pour le Moniteur de Sécheresse

Source : élaboré à partir de López Quiroz, 2022



## ANNEXE V

### CHAPITRE 6 : OUTILS DE PARTICIPATION ET D'ENGAGEMENT DE LA SOCIÉTÉ CIVILE ET DES AUTRES USAGERS DE LA RESSOURCE EN EAU



Figure-A V-1 : Affiche de SACMEX expliquant le cycle urbain de l'eau

Source : adapté de Luna Prado, 2022







## ANNEXE VII

### CHAPITRE 8 : CRITIQUE DE LA GESTION DE L'EAU AU MEXIQUE ET TÉMOIGNAGES

Nom	Organisation	Fonction
<b>Monterrey</b>		
Aldo Iván Ramírez Orozoc	Institut de Technologie et d'Études Supérieures de Monterrey	Professeur-Chercheur
Ismael Aguilar Barajas	Institut de Technologie et d'Études Supérieures de Monterrey	Professeur-Chercheur
Rodrigo Crespo Elizondo	Fonds Environnemental Métropolitain de Monterrey	Ancien Directeur
Amalio Cardona Rodríguez	Organisme de Bassin Río Bravo	Directeur Technique
Sergio Ramírez Almaráz	Fonds Environnemental Métropolitain de Monterrey	Spécialiste
Heriberto Ramírez Santos	Services d'Eau et de Drainage de Monterrey	Directeur Adjoint
<b>Ville de México</b>		
Guillermo Gutiérrez Gómez	Comission Nationale de l'Eau - Coopération Internationale	Chef de Projet
Marisol Chen Cervantes	Comission Nationale de l'Eau - Service aux Usagers	-
Coronado Oscar Cristóbal López Capir	Comission Nationale de l'Eau - Service aux Usagers	-
Karen Andrea Givaudan Jiménez	Comission Nationale de l'Eau - Communication Sociale	Cheffe de Projet
Fernanda González Vázquez	Comission Nationale de l'Eau - Culture de l'Eau	Cheffe de Projet
Inés De Jesús León	Comission Nationale de l'Eau - Audits Spéciaux	Responsable Adjointe
Diego Chávez Tahuilan	Comission Nationale de l'Eau - Contrôle des Obligations Fiscales	Responsable Adjoint
Dante Sinohé Padrón	Comission Nationale de l'Eau - Régulation Technique de l'Eau	Responsable Adjoint
Alejandro Romano	Comission Nationale de l'Eau - Ingénierie et Affaires Binationales	-
Isaac López Pozos	Comission Nationale de l'Eau - Renforcement des Conseils de Bassin	Responsable Adjoint
Karla Tovar	Comission Nationale de l'Eau - Conseils de Bassin	-
Iván Cortez Salazar	Organisme de Bassin Valle de México	Secrétaire Technique du Directeur Général
Reynaldo Pascual Ramírez	Service Météorologique National - Climatologie	Chef de Projet
Minerva López Quiroz	Service Météorologique National - Climatologie	-
Ana Elena Martínez	Service Météorologique National - Climatologie	-

Martin Ibarra Ochoa	Service Météorologique National - Climatologie	-
Mauricio Becerril	Système des Eaux de la Ville de México - Planification et Suivi	Directeur
Oscar Luna Prado	Système des Eaux de la Ville de México - Communication	Sous-Directeur
Oscar Jiménez Ávila	Comission Nationale de l'Eau - Système Cutzamala	Chef de Laboratoire
Leonardo González Neri	Centre Régional d'Intervention d'Urgence Vaso de Cristo	Responsable
Raúl Gutierrez Haaz	Centre Régional d'Intervention d'Urgence Vaso de Cristo	Chef d'Intervention d'Urgence
Severo Garrido Rodríguez	Centre Régional d'Intervention d'Urgence Vaso de Cristo	Chef d'Opération

Figure-A VII-1 : Noms et fonctions des personnes interrogées lors des entretiens

Source : Auteur

## ACCIONES EN LA INCORPORACIÓN DE OTRAS FUENTES



Acción	Cantidad	Estudios Geofísicos	Sondeo Exploratorio	Perforación	Equipamiento	Operación	Avance %	Agua Actual (Lps)	Agua a Incorporar
Pozos Macropiazza	22	22	22	22	22	19	94%	363	350
Rehabilitación de pozos existentes	30	30	30	30	20	7	58%	132	574
Perforación nuevos pozos	50	50	50	45	41	24	83%	542	750
Perforación nuevos pozos (2da. Etapa)	56	11	9	4	0	0	5%	0	750
Rehabilitación de pozos existentes (2da. Etapa)	33	18	0	0	0	0	7%	0	315
Pozos privados	24	24	24	24	13	9	61%	152	550
	<b>215</b>							<b>1,189</b>	<b>3,289</b>
Pozos profundos	29	29	2	1	0	0	3%	0	2,900
	<b>29</b>								<b>2,900</b>

\*Estamos trabajando de la mano con Conagua para integrar los documentos de soporte para los 56 pozos

\*Rotación de pozos para proteger y no sobreexplotar el acuífero

[www.nl.gob.mx](http://www.nl.gob.mx)



Figure-A VII-2 : Actions d'incorporation de nouveaux puits souterrains par SADM pour faire face aux situations de sécheresse

Source : adapté de Ramírez Santos, 2022



## LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACD Desarrollos (2021). Hablemos de las Pipas de Agua. Repéré à <https://www.desarrollosacd.com/hablemos-de-las-pipas-de-agua-potable/>
- Aguilar Barajas, I., & Iván Ramírez Orozoc, A. (2021). *Agua para Monterrey. Logros, retos y oportunidades para Nuevo León y México. Segunda edición.* Repéré à [file:///C:/Users/33687/Downloads/aguamty21-0book-25oct%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/33687/Downloads/aguamty21-0book-25oct%20(2).pdf)
- Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua. Mapa de los Fondos de Agua. México. Repéré à <https://www.fondosdeagua.org/es/los-fondos-de-agua/mapa-de-los-fondos-de-agua/mexico/>
- Andrea Givaudan Jiménez, K., & González Vázquez, F. (2022). *Cultura del Agua.* Comisión Nacional del Agua.
- Anell Parra, X. (2022.a). *Herramientas para la participación ciudadana en relación al cuidado del recurso hídrico en la Ciudad de México.* Universidad Veracruzana.
- Anell Parra, X. (2022.b). *Percepción y aceptabilidad ciudadana del enfoque general de la gestión del agua en la Ciudad de México.* Universidad Veracruzana.
- Anell Parra, X. (2022.c). *Principales problemas en relación al recurso hídrico en México y acciones políticas y sociales que buscan combatirlos.* Universidad Veracruzana.
- Arias, P.A., N. Bellouin, E. Coppola, R.G. Jones, G. Krinner, J. Marotzke, V. Naik, M.D. Palmer, G.-K. Plattner, J. Rogelj, M. Rojas, J. Sillmann, T. Storelvmo, P.W. Thorne, B. Trewin, K. Achuta Rao, B. Adhikary, R.P. Allan, K. Armour, G. Bala, R. Barimalala, S. Berger, J.G. Canadell, C. Cassou, A. Cherchi, W. Collins, W.D. Collins, S.L. Connors, S. Corti, F. Cruz, F.J. Dentener, C. Dereczynski, A. Di Luca, A. Diongue Niang, F.J. Doblas-Reyes, A. Dosio, H. Douville, F. Engelbrecht, V. Eyring, E. Fischer, P. Forster, B. Fox-Kemper, J.S. Fuglestedt, J.C. Fyfe, N.P. Gillett, L. Goldfarb, I. Gorodetskaya, J.M. Gutierrez, R. Hamdi, E. Hawkins, H.T. Hewitt, P. Hope, A.S. Islam, C. Jones, D.S. Kaufman, R.E. Kopp, Y. Kosaka, J. Kossin, S. Krakovska, J.-Y. Lee, J. Li, T. Mauritsen, T.K. Maycock, M. Meinshausen, S.-K. Min, P.M.S. Monteiro, T. Ngo-Duc, F. Otto, I. Pinto, A. Pirani, K. Raghavan, R. Ranasinghe, A.C. Ruane, L. Ruiz, J.-B. Sallée, B.H. Samset, S. Sathyendranath, S.I. Seneviratne, A.A. Sörensson, S. Szopa, I. Takayabu, A.-M. Tréguier, B. van den Hurk, R. Vautard, K. von Schuckmann, S. Zaehle, X. Zhang, and K. Zickfeld, 2021: Technical

Summary. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 33–144. doi:10.1017/9781009157896.002

Banque mondiale (2022). El agua en la agricultura. Repéré à <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>

Chávez Tahuilan, D., & De Jesús León, I. (2022). Evolución de la Recaudación. Comisión Nacional del Agua.

Chávez Tahuilan, D., & De Jesús León, I. (2022). Régimen fiscal de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes. Comisión Nacional del Agua.

Chen Cervantes, M., & Oscar Cristóbal López Capir, C. (2022). Bancos del Agua en México. Comisión Nacional del Agua.

Comisión Nacional del Agua (2000). Reglas de Organización y Funcionamiento de los Consejos de Cuenca.

Comisión Nacional del Agua (2010.a.). Compendio del Agua, Región Hidrológico-Administrativa XIII. Lo que se debe saber del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Edición 2010. Repéré à [http://centro.paot.org.mx/documentos/conagua/compendio\\_del\\_agua .pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/conagua/compendio_del_agua .pdf)

Comisión Nacional del Agua (2010.b.). Documentos básicos de los consejos de cuenca.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (1999). Una Experiencia en Curso. La participación Social en Semarnap.

Comisión Nacional del Agua (2012.a). Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región Hidrológico-Administrativa VI Río Bravo. Edición 2012. Repéré à <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/6-SGP-17-12RB.pdf>

Comisión Nacional del Agua (2012.b). Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región Hidrológico-Administrativa XI Frontera Sur. Edición 2012. Repéré à

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/11-SGP-17-12PS.pdf>

Comisión Nacional del Agua (2012.c). Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región Hidrológico-Administrativa XIII Aguas del Valle de México. Edición 2012. Repéré à [https://2050cuenta.org/wp-content/uploads/2020/07/Programa\\_region\\_XIII\\_vision\\_-2030.pdf](https://2050cuenta.org/wp-content/uploads/2020/07/Programa_region_XIII_vision_-2030.pdf)

Comisión Nacional del Agua (2013.a). Estadísticas del Agua en la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Edición 2013. Repéré à [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/624777/Estadisticas\\_Agua\\_RHA\\_XIII\\_Aguas\\_del\\_Valle\\_de\\_Mexico\\_Edicion\\_2013.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/624777/Estadisticas_Agua_RHA_XIII_Aguas_del_Valle_de_Mexico_Edicion_2013.pdf)

Comisión Nacional del Agua (2013.b). Programas, Trámites y Servicios de la Conagua. Repéré à <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAA-19-13.pdf>

Comisión Nacional del Agua (2014.a). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Integración de un Organismo Operador. Repéré à <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro1.pdf>

Comisión Nacional del Agua (2014.b). Manual de integración, estructura orgánica y funcionamiento. Repéré à <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Manual%20de%20Integracion,EOyF.pdf>

Comisión Nacional del Agua (2014.c). Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía. Ciudad de Monterrey, N. L. Repéré à [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99851/PMPMS\\_Monterrey\\_NL.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99851/PMPMS_Monterrey_NL.pdf)

Comisión Nacional del Agua (2014.d). Vedas, Reservas y Reglamentos de Aguas Nacionales Superficiales. Repéré à <https://www.gob.mx/conagua/documentos/vedas-reservas-y-reglamentos-de-aguas-nacionales-superficiales>

Comisión nacional del agua (2014.d.). Brigadas de la Conagua, preparadas para proteger infraestructura y atender emergencias hidráulicas. Repéré à <https://www.gob.mx/conagua/prensa/brigadas-de-la-conagua-preparadas-para-proteger-infraestructura-y-atender-emergencias-hidraulicas>

Comisión Nacional del Agua (2016). Los Consejos de Cuenca. Repéré à [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110940/Generalidades\\_Consejos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110940/Generalidades_Consejos.pdf)

Comisión Nacional del Agua (2018.a). Atlas del Agua en México. Edición 2018. Repéré à [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/AAM\\_2018.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/AAM_2018.pdf)

Comisión Nacional del Agua (2018.b). Estadísticas del Agua en México. Edición 2018. Repéré à [https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2018.pdf](https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf)

Comisión Nacional del Agua (2018.c). Política Pública Nacional para la Sequía. Repéré à [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/391100/Pol\\_tica\\_P\\_blica\\_Nacional\\_para\\_la\\_Sequ\\_a\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/391100/Pol_tica_P_blica_Nacional_para_la_Sequ_a_2018.pdf)

Comisión Nacional del Agua (2019). Estadísticas del Agua en México. Edición 2019. Repéré à [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2019.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf)

Comisión Nacional del Agua (2020). Programa Nacional Hídrico 2020-2024 Resumen. Repéré à [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/553479/PNH\\_Resumen\\_Imprenta\\_v2003\\_11.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/553479/PNH_Resumen_Imprenta_v2003_11.pdf)

Comisión Nacional del Agua (2021). Sistema Nacional de Información del Agua. Repéré à <http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php>

Comisión Nacional del Agua (2022.a). Ley Federal de Derechos. Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales 2022. Repéré à [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/723707/Ley\\_Federal\\_de\\_Derechos\\_2022.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/723707/Ley_Federal_de_Derechos_2022.pdf)

Comisión Nacional del Agua (2022.b). Monitor de Sequía de México. Repéré à <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>

Comisión Nacional del Agua. ¿Qué es la CONAGUA? Repéré à <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Folleter%C3%ADa/SGJ-3%202.pdf>

Comisión nacional del agua (2022.c.). Conagua fortalece capacitación a brigadistas de Protección a la Infraestructura y Atención de Emergencias. Repéré à <https://www.gob.mx/conagua/prensa/conagua-fortalece-capacitacion-a-brigadistas-de-proteccion-a-la-infraestructura-y-atencion-de-emergencias?idiom=es>

Consejo de cuenca, Valle de México (2014). Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía. 1ª Versión Repéré à

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99972/PMPMS CC Valle de M xico R. pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99972/PMPMS_CC_Valle_de_Mexico_R.pdf)

Cortez Salazar, I. (2022). Gestión de la Sequía en el Valle de México y Sistema Cutzamala. Organismo de Cuenca del Valle de México.

De Alba, F. (2016). *El agua en tiempos de incertidumbre. Una propuesta de análisis sobre conflictos hídricos en la metrópoli de México. Primera edición.* Repéré à [http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/cesop/lxiii/agu\\_tiem\\_ince.pdf](http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/cesop/lxiii/agu_tiem_ince.pdf)

Edwards, D.C. et McKee, T.B. (1997). Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Times Scales. Atmospheric Science Paper, 634, 1-30.

Elena Martínez, A. (2022). Pronóstico Semestral para Precipitación. Servicio Meteorológico Nacional.

Fondo Ambiental Metropolitano de Monterrey (2019). Plan Hídrico Nueve León 2050. Repéré à <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Plan-Hi%CC%81drico-NL-2050.pdf>

Fondo Ambiental Metropolitano de Monterrey. Quiénes somos. Repéré à [https://famm.mx/quienes\\_somos.php#quienes\\_somos](https://famm.mx/quienes_somos.php#quienes_somos)

Gobierno del Estado de Nuevo León (2022.a). ¡Ahorra te toca a ti! Repéré à <https://ahorratetoca.mx/>

Gobierno del Estado de Nuevo León (2022.b). Cuida el agua hoy, para que no falte mañana. Repéré à <https://www.nl.gob.mx/campanas/cuida-el-agua-hoy-para-que-no-falte-manana>

Gobierno del Estado de Nuevo León (2022.c). Exhorta Estado a reducir consumo de agua. Repéré à <https://www.nl.gob.mx/boletines-comunicados-y-avisos/exhorta-estado-reducir-consumo-de-agua>

Gobierno del Estado de Nuevo León (2022.d). Medidas para cuidar el agua en el jardín. Repéré à [https://www.nl.gob.mx/sites/default/files/medidas\\_para\\_cuidar\\_el\\_agua\\_en\\_el\\_jardin.pdf](https://www.nl.gob.mx/sites/default/files/medidas_para_cuidar_el_agua_en_el_jardin.pdf)

Gobierno del Estado de Nuevo León (2022.e). Presenta Gobierno del Estado Plan “Agua para Todos”. Repéré à <https://www.nl.gob.mx/boletines-comunicados-y-avisos/presenta-gobierno-del-estado-plan-agua-para-todos>

González Neri, L. (2022). Protección a la Infraestructura y Atención a Emergencias. Centro Regional de Atención de Emergencias Vaso de Cristo.

González-Díaz M., (2020). El tratado por el que México le debe agua a Estados Unidos (y por qué ahora genera enfrentamientos en la frontera). Repéré à [https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-54127089#:~:text=firmaron%20en%20Washington%20el%20tratado,metros%20c%C3%BAbicos%20\(Mm3\)%20anuales](https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-54127089#:~:text=firmaron%20en%20Washington%20el%20tratado,metros%20c%C3%BAbicos%20(Mm3)%20anuales)

Gutiérrez Gómez, G. (2022). La Gobernanza del Agua en México. Comisión Nacional del Agua.

Gutiérrez, J.M., R.G. Jones, G.T. Narisma, L.M. Alves, M. Amjad, I.V. Gorodetskaya, M. Grose, N.A.B. Klutse, S. Krakovska, J. Li, D. Martínez-Castro, L.O. Mearns, S.H. Mernild, T. Ngo-Duc, B. van den Hurk, and J.-H. Yoon, 2021: Atlas. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. Interactive Atlas available from Available from <http://interactive-atlas.ipcc.ch/>

Ibarra Ochoa, M. (2022). Capacitación sobre los Lineamientos de Operación de los Programas para la Gestión Integral de Riesgos. Servicio Meteorológico Nacional.

Infobae (2021). El negocio del agua: “piperos” privados la roban y luego la venden a habitantes de Ecatepec. Repéré à <https://www.infobae.com/america/mexico/2021/06/21/el-negocio-del-agua-piperos-privados-la-roban-y-luego-la-venden-a-habitantes-de-ecatepec/>

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2014). Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía. Consejo de Cuenca Río Bravo. Repéré à <https://onedrive.live.com/?authkey=%21AA3BDsHoqMqkFfQ&cid=DE6C05B2A156BA0C&id=DE6C05B2A156BA0C%2175677&parId=DE6C05B2A156BA0C%211878&o=OneUp>  
[https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/img/19\\_Ficha.pdf](https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/img/19_Ficha.pdf)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2020). Ficha climática Nuevo León. Repéré à [https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/img/19\\_Ficha.pdf](https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/img/19_Ficha.pdf)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. ¿Qué es el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático o ANVCC? Repéré à <https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Información por entidad. Repéré à <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/default.aspx?tema=me>

López Pozos, I., & Tovar, K. (2022). Estrategias contra la escasez de agua potable. Valle de México. Comisión Nacional del Agua.

López Quiroz, M. (2022). Monitor de Sequía de México. Servicio Meteorológico Nacional.

Luna Prado, O. (2022). Cultura del Agua. Acciones institucionales. Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

McKee, T. B., Doesken, N. J. et Kleist, J. (1993). The relation of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology; pp. 179–84. American Meteorological Society, Boston.

Organisation des nations unies pour l’agriculture et l’alimentation (2002). Agua y cultivos, logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Repéré à <https://www.fao.org/3/Y3918S/y3918s00.htm#TopOfPage>

Organización Meteorológica Mundial (2012). Guía del usuario sobre el Índice normalizado de precipitación (OMM-Nº 1090) (M. Svoboda, M. Hayes y D. Wood), Ginebra.

Pérez Baltazar, M. I. (2017) Organización social de los sistemas de riego para el cultivo hortícola en la comunidad de las Moras, Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí. Tesis, El Golegio de San Luis, San Luis Potosi, 269 pp.

Ramírez Almaráz, S. (2022). Definición de Sequía. Fondo Ambiental Metropolitano de Monterrey.

Ramírez Santos, H. (2022). Situación actual del tema Agua en Nuevo León. Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey.

Romano, A., & Sinohé Padrón, D. (2022). Programa Nacional Contra la Sequía. Comisión Nacional del Agua.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2006). Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua. Repéré à <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla/n28.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012). LINEAMIENTOS que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de sequía, así como las medidas preventivas y de mitigación, que podrán implementar los usuarios de las aguas nacionales para lograr un uso eficiente del agua durante sequía. Repéré à [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5278695](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5278695)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2015). *Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales*. Norme SEMARNAT NOM-011-CONAGUA-2015. Repéré à [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015#gsc.tab=0)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2020). Programa Nacional Hídrico 2020-2024. Repéré à [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/642632/PNH\\_2020-2024\\_ptimo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/642632/PNH_2020-2024_ptimo.pdf)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2021). ACUERDO de Carácter General de inicio de emergencia por ocurrencia de sequía severa, extrema o excepcional en cuencas para el año 2021. Repéré à [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5626309&fecha=11/08/2021#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5626309&fecha=11/08/2021#gsc.tab=0)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2021). ACUERDO de carácter general de conclusión parcial de emergencia por ocurrencia de sequía severa, extrema o excepcional en cuencas para el año 2021. Repéré à [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5648650&fecha=12/04/2022#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5648650&fecha=12/04/2022#gsc.tab=0)

Secretaría General (2016). Ley de Aguas Nacionales. Repéré à [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/131792/37\\_LEY\\_DE\\_AGUAS\\_NACIONALES.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/131792/37_LEY_DE_AGUAS_NACIONALES.pdf)

Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (2022). Tarifas. Repéré à <https://pfiles.sadm.gob.mx/PFiles/tarifas>



## BIBLIOGRAPHIE

Comisión Nacional del Agua (2005). *Sistema Cutzamala. Agua para millones de mexicanos* (4e éd.). México, D. F. : Comisión Nacional del Agua.

Comisión Nacional del Agua (2017). Bancos del Agua. Repéré à <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/bancos-del-agua-55182>

Comisión Nacional del Agua (2020). *Plan operativo de abastecimiento de agua potable por sequía en Huejutla, Hidalgo*. Dirección Local Hidalgo.

Comisión Nacional del Agua (2021). Operación de las Acciones de Cultura del Agua. Repéré à <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/operacion-de-las-acciones-de-cultura-del-agua>

Comisión Nacional del Agua. [Conagua Comisión Nacional del Agua-SMNmx]. (2022, 3 mai). *Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas Sesión Informativa 1541* [Vidéo en ligne]. Repéré à <https://www.facebook.com/conaguamx/videos/751914699522805/>

Comisión Nacional del Agua (2022). Programas Hídricos Regionales 2021 – 2024. Repéré à <https://www.gob.mx/conagua/documentos/programas-hidricos-regionales-2021-2024>

Comisión Nacional del Agua (2022). Comisión Intersecretarial para la Atención de Sequías e Inundaciones CIASI. Repéré à <https://www.gob.mx/conagua/documentos/comision-intersecretarial-para-la-atencion-de-sequias-e-inundaciones-ciasi-94935>

Comisión Nacional del Agua. Vórtice. Ecosistema de Cultura del Agua. Repéré à <https://vortice.conagua.gob.mx/>

Comisión Nacional del Agua. *Plan operativo de abastecimiento de agua potable por sequía en el estado de Coahuila*. Dirección Local Coahuila.

Comisión Nacional del Agua. *Plan operativo de abastecimiento de agua potable por sequía en el estado de Guanajuato*. Dirección Local Guanajuato.

Comisión Nacional del Agua. *Plan operativo de abastecimiento de agua potable por sequía en el estado de San Luis Potosí*. Dirección Local San Luis Potosí.

Presidencia de la República (2016). Ley de Aguas Nacionales, Diario Oficial de la Federación. Repéré à <http://www.dof.gob.mx>.

Presidencia de la República (2014). Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, Diario Oficial de la Federación. Repéré à <http://www.dof.gob.mx>.

Secretaría de Gobernación (2013). ACUERDO por el que se crea la Comisión Intersecretarial para la Atención de Sequías e Inundaciones. Repéré à [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5294627&fecha=05/04/2013#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5294627&fecha=05/04/2013#gsc.tab=0)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2014). LINEAMIENTOS para la ejecución del Programa de Adecuación de Derechos de Uso de Agua, 2014. Repéré à [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5353478&fecha=23/07/2014#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5353478&fecha=23/07/2014#gsc.tab=0)

Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana (2021). ACUERDO por el que se emiten los Lineamientos de Operación Específicos para atender los daños desencadenados por fenómenos naturales perturbadores. Repéré à [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5626531&fecha=13/08/2021#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5626531&fecha=13/08/2021#gsc.tab=0)

Secretaría General (2014). Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. Repéré à [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LAN\\_250814.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LAN_250814.pdf)

Torres Bernardino, L. (2017). *La gestión del agua potable en la Ciudad de México. Los retos hídricos de la CDMX: Gobernanza y sustentabilidad. Primera edición*. Repéré à <http://aldf.gob.mx/archivo-027a57875ea54db65fb86646226b9611.pdf>

Vásquez Villanueva, S. (2022). “Oportunidades en el Sector Hídrico” Potabilización y Tratamiento. Comisión Nacional del Agua.