Université Toulouse - Jean Jaurès

Institut Pluridisciplinaire pour les Études sur les Amériques à Toulouse (IPEAT)

Master mention Civilisations, Cultures et Sociétés

Parcours Ingénierie de Projet avec l'Amérique Latine (IPAL)

LA COMPLEXE GESTION DE L'EAU AU MEXIQUE :

LE CAS D'AGUASCALIENTES, UN ÉTAT DÉPENDANT D'UN AQUIFÈRE MENACÉ

Mémoire de fin d'études présenté par :
Judie PEREIRA

Sous la direction de :
Alexandra ANGELIAUME-DESCAMPS, laboratoire GEODE

Année Universitaire 2025-2026

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont soutenue et accompagnée tout au long de cette aventure.

Je remercie tout particulièrement ma directrice et encadrante de mémoire, Mme Angeliaume-Descamps pour ses conseils avisés, sa bienveillance et sa rigueur scientifique. Son soutien constant m'a permis de structurer mon travail et de mener à bien ce projet avec sérénité. Vous avez su me guider dans mes choix méthodologiques, m'encourager à approfondir ma réflexion, et me permettre d'aborder ce sujet complexe avec méthode et confiance.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude à Mme Blasquez Martinez, professeure au département des sciences sociales et humaines de l'Université Autonome Métropolitaine de Lerma au Mexique. Elle a toujours su m'offrir une écoute attentive et m'a guidée avec bienveillance dans les moments où j'en avais le plus besoin.

Je tiens aussi à témoigner toute ma reconnaissance à Monsieur Buclet, pour son enseignement précieux en gestion de projet ainsi que pour son aide réconfortante et ses encouragements à distance lors de mon stage. Votre écoute et vos conseils ont été d'un grand soutien.

Je tiens également à remercier chaleureusement mon maître de stage, Monsieur Monreal Davila, pour son regard professionnel avisé sur mon travail de recherche et son accompagnement quotidien qui m'a permis de lier théorie et pratique avec beaucoup de pertinence.

Je tiens à remercier du fond du cœur mes parents, pour leur soutien sans faille tout au long de mes études. Merci de m'avoir offert l'opportunité de pouvoir poursuivre une formation exigeante, d'avoir cru en moi même dans les périodes les plus difficiles, et de m'avoir transmis des valeurs de travail, de persévérance et de respect. Votre amour, votre patience, vos relectures et votre présence constituent un socle solide sur lequel je me suis appuyée à chaque étape de mon parcours. Sans vous cela n'aurait été possible, et je vous en serai toujours reconnaissante.

À toutes celles et ceux qui ont participé, soutenu, écouté, relu, conseillé, encouragé, ou simplement cru en moi : merci. Merci pour votre présence, vos paroles, vos sourires, vos silences parfois, mais toujours pleins de sens. Ce mémoire est aussi un peu le vôtre.

Sommaire

.....1

Remerciements.....2

Sommaire 3

Table des sigles.....4

Introduction.....6

PARTIE 1 - CONTEXTUALISATION DE L'ETUDE.....12

COMPRENDRE LA GESTION DE L'EAU AU MEXIQUE ET À AGUASCALIENTES.....12

I) La gestion des eaux au Mexique : entre inégalité de la ressource, complexité du système d'acteurs et mutations juridiques..... 12

II) Aguascalientes, de 1985 à aujourd'hui : les multiples facettes d'une crise hydrique en milieu semi-désertique..... 21

PARTIE 2 - ÉTUDE DE TERRAIN : INSTITUT DE L'EAU DE L'ÉTAT D'AGUASCALIENTES (INAGUA) 50

STRUCTURER ET AMÉLIORER LA GESTION ESTATALE DE L'EAU 50

I) Une institution au service de la sécurité hydrique estatale 50

II) Projet « Agua Segura » : l'illusion d'une sécurité hydrique ? 54

III) Leviers d'actions actuels : de l'ingénierie hydraulique à une culture collective de l'eau 56

IV) Analyse critique de l'observation..... 70

PARTIE 3 – EBAUCHE DU PROJET HIDRO-SINERGIA.....76

UN LABORATOIRE POUR LA RESILIENCE HYDRIQUE.....76

I) Justification du projet..... 76

II) Objectif du projet 78

III) Résultats attendus..... 78

IV) Description des activités 79

V) Cadre logique 84

VI) Chronogramme 86

VII) Budget 88

VIII) Populations impliquées..... 89

IX) Suivi Évaluation 89

X) Risques et hypothèses..... 90

XI) Structure de gouvernance 91

XII) Ressources Humaines..... 92

Conclusion 94

Bibliographie 95

Table des matières.....100

Table des tableaux.....103

Table des figures.....104

Table des cartes 104

Table des graphiques.....104

Table des schémas et outils 105

Table des photographies 105

Annexes.....106

Table des sigles

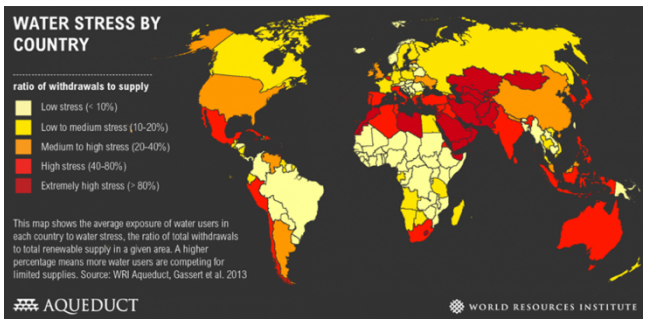
IPEAT	Institut Pluridisciplinaire pour les Études sur les Amériques à Toulouse
IPAL	Ingénierie de Projet avec l'Amérique Latine
GEODE	Géographie de l'Environnement
CONAGUA	Commission Nationale de l'Eau – *Comisión Nacional del Agua*
INAGUA	Institut de l'Eau de l'État Aguascalientes – *Instituto del Agua del Estado de Aguascalientes*
MIAA	Modèle Intégré de Gestion de l'Eau Aguascalientes – *Modelo Integral de Agua de Aguascalientes*
ALENA	Accord de Libre-Echange Nord-Américain
AFOM	Atouts, Faiblesses, Opportunités, Menaces
INEGI	Institut National de Statistique et de Géographie
CAASA	Société Concessionnaire des Eaux d'Aguascalientes – *Concesionaria de Aguas de Aguascalientes*
ICA	Ingénieurs Civils Associés - *Ingenieros Civiles Asociados*
BANAMEX	Banque Nationale du Mexique – *Banco Nacional de México*
CGE	Compagnie Générale des Eaux
SEDRAE	Ministère du Développement Rural et Agro-entrepreneurial de l'État – *Secretaría de Desarrollo Rural y Agroempresarial del Estado*
SEMARNAT	Ministère de l'Environnement et des Ressources Naturelles – *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*
DBO	Demande Biochimique en Oxygène
NIFT	Nissan Internal Fleet Terminal
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
PAN	Parti d'Action Nationale - *Partido de Acción Nacional*
MORENA	Mouvement de Régénération Nationale - *Movimiento de Regeneración Nacional*
PRI	Parti Révolutionnaire Institutionnel - *Partido Revolucionario Institucional*
REUT	Réutilisation des Eaux Usées Traitées
PTAR	Usines de Traitement des Eaux Usées- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
ECA	Espaces de Culture de l'Eau - *Espacios de Cultura del Agua*

SST	Sécurité, Santé au Travail
EPI	Équipements de Protection Individuelle
PEHD	Polyéthylène Haute Densité
MVICE	Musée Virtuel et Interactif de la Culture de l'Eau
IEA	Ministère d'Éducation de l'État d'Aguascalientes - *Instituto de Educación de Aguascalientes*
SSMAA	Ministère de la Durabilité, de l'Environnement et de l'Eau - Secretaria De Sustentabilidad Medio Ambiente Y Agua

Introduction

L'eau, ressource naturelle, essentielle et indispensable à la vie, est au cœur des enjeux environnementaux et sociétaux mondiaux. Anna Kurtycz la définit comme une *« ressource limitée dont dépendent la vie, la sécurité alimentaire et la sauvegarde des écosystèmes*[1] *».* Considérée comme un véritable or bleu[2], elle est devenue un objet de rivalités géopolitiques majeures dans le monde contemporain. Bien que l'eau couvre environ 70 % de la surface terrestre, seuls 2,5 % de ce volume sont constitués d'eau douce, disponible à la consommation humaine. Toutefois, cette proportion est trompeuse, car la majeure partie de cette eau douce est emprisonnée dans les glaciers ou stockée dans les nappes souterraines profondes, difficilement accessibles. En réalité, moins de 1 % de l'eau mondiale (environ 0,7 %) est directement disponible pour les besoins humains, ce qui en fait une ressource rare, précieuse et disputée[3]. Cette rareté est accentuée par une répartition géographique extrêmement inégale : alors que l'Islande dispose de 500 000 m³ d'eau /habitant/an, le Mexique n'en compte que 3 600 m³, une fracture géographique qui devient encore plus saisissante à l'échelle locale puisque l'État d'Aguascalientes dispose seulement de 392 m³. À l'échelle planétaire, cette pression sur la ressource se traduit par un stress hydrique croissant, touchant particulièrement les zones arides et les pays émergents. Selon la définition de Falkenmark[4], une situation de **stress hydrique** survient lorsque la **disponibilité en eau douce est inférieure à 1 700 m³ par habitant et par an.**

Figure n°1 : Répartition géographique du stress hydrique à l'échelle mondiale[5]



Source : World Ressources Institut, publié le 12/12/2013 (consulté le 10/10/2025) https://www.wri.org/data/water-stress-country

[1] Kurtycz, A. (2001). Le comportement environnemental responsable par rapport à l'eau comme une innovation. *Communication*, *vol. 20, n°2*. https://doi.org/10.4000/communication.6554.
[2] Clarke, T. & Barlow, M. (2002) *L'Or Bleu.* Éditions Fayard.
[3] Selon le CIEAU, le Centre d'Informations sur l'Eau.
[4] Malin Fredrika Sofia Sundberg-Falkenmark (1925–2023) est une hydrologue suédoise de renom, reconnue pour ses contributions majeures à la gestion durable des ressources en eau.
[5] Notons que le Mexique apparait à haut niveau de stress hydrique.

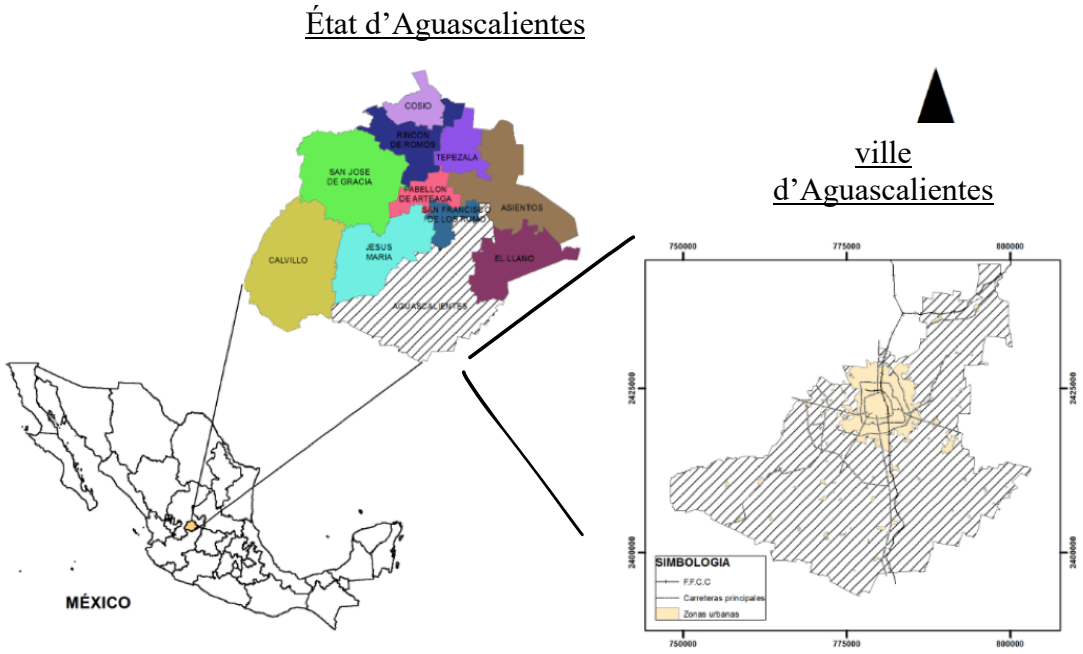
Par ailleurs, au-delà de sa simple disponibilité physique, l'accessibilité réelle à l'eau dépend de nombreux facteurs : elle doit être captée, traitée, acheminée, ce qui suppose des infrastructures, des moyens techniques et une gouvernance efficace. Ainsi, la question de l'eau ne relève pas uniquement de la nature, mais surtout de sa gestion, un enjeu particulièrement crucial dans certaines régions du monde.

Ce sont les pays du Sud[6], et plus particulièrement ceux d'Amérique latine, qui se confrontent à un défi de taille en matière de gestion de l'eau. Depuis la seconde moitié du XXe siècle, ce sous-continent connaît une urbanisation galopante (3,6 % par an[7]) concentrant près des trois quarts de sa population dans les zones urbaines. Les inégalités d'accès à l'eau, les infrastructures obsolètes ou inadaptées, la pollution des sources d'eau et les effets du changement climatique sont autant d'obstacles à l'accès à une eau potable de qualité et à un système d'assainissement efficace. Les situations vécues par des grandes villes comme Mexico, Bogotá ou São Paulo sont des exemples bien connus et documentés. Ces grandes villes souffrent de crise hydrique. Nous définissons alors la notion de **crise hydrique** comme une **situation dans laquelle les ressources en eau disponibles sont insuffisantes pour satisfaire la demande, tant sur le plan quantitatif que qualitatif**. Dans ce contexte, « l'offre » en eau est largement inférieure aux besoins en eau, créant une situation de tension permanente voire de conflits.

Dans ce contexte latino-américain, le Mexique et plus particulièrement l'État d'Aguascalientes se distingue comme un exemple frappant de vulnérabilité hydrique. L'État d'Aguascalientes, dont la capitale éponyme concentre l'essentiel de l'activité, est l'une des plus petites entités de la Fédération mexicaine avec une superficie de seulement 5 618 km². Situé sur le plateau central du Mexique, il occupe une position stratégique au carrefour des États de Zacatecas, au nord, et de Jalisco, au sud. L'État se subdivise en onze municipalités[8].

[6] Le Mexique est géographiquement situé en Amérique du Nord, puisqu'il partage une frontière avec les États-Unis et fait partie de cette région. Cependant, le Mexique est souvent associé aux pays du Sud en raison de ses inégalités sociales et économiques, et de sa position en tant que pays en développement par rapport à ses voisins du Nord (les États-Unis et le Canada).
[7] Anton, D. (1995) *Villes assoiffées : L'approvisionnement en eau dans les villes d'Amérique latine*. Centre de Recherches Pour le Développement International.
[8] Voici la liste des 11 municipalités de l'Etat d'Aguascalientes: Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San José de Gracia, San Francisco de los Romo, Tepezalá, et El Llano.

Figure n°2 : Localisation de la zone d'étude

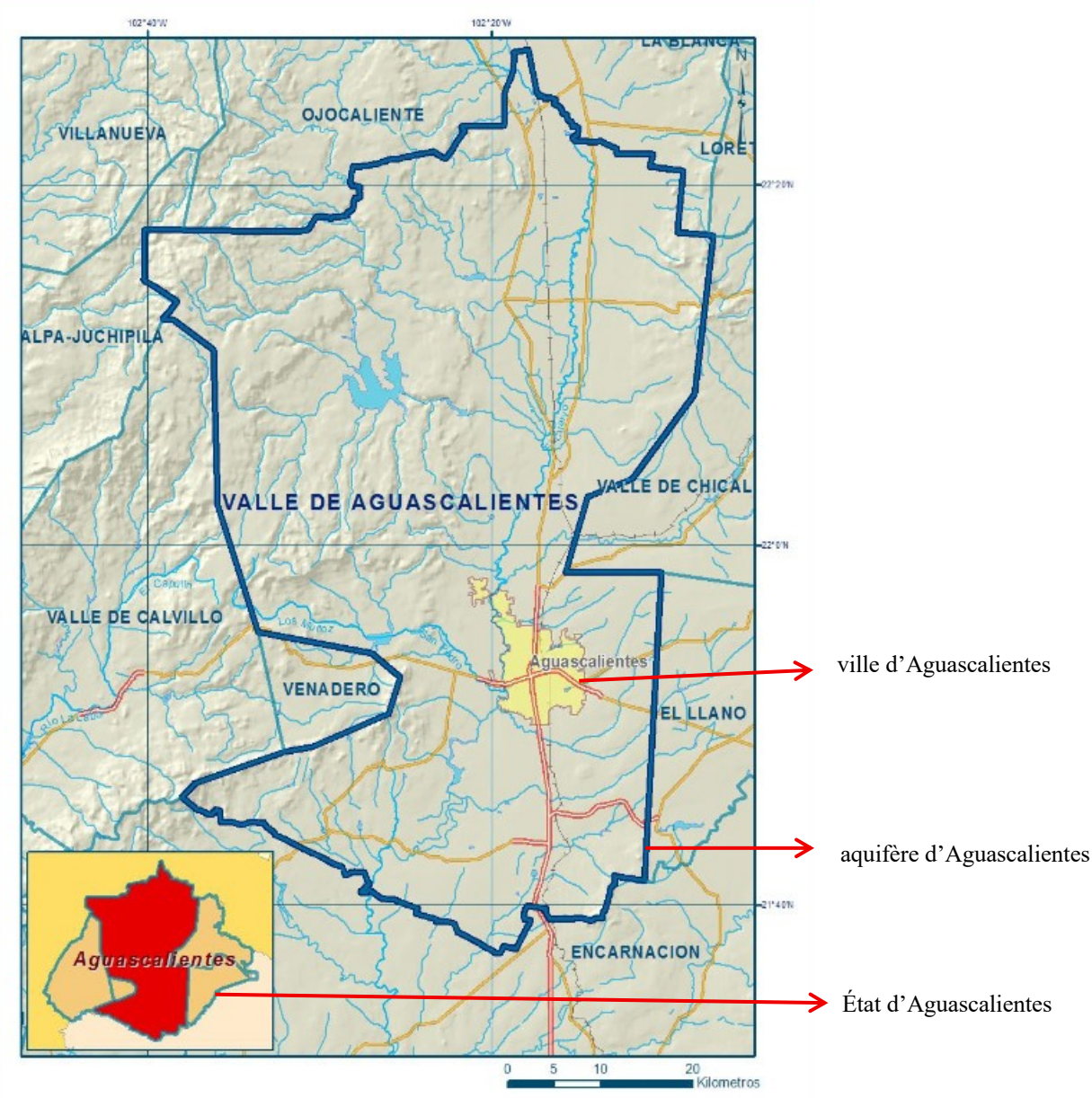


Source : Ville d'Aguascalientes, Mise à jour du Programme Local d'Aménagement Écologique : Étude de caractérisation. Secrétariat à l'Environnement et au Développement Durable, publié le 18/08/2023 (consulté le 10/10/2025)
https://www.ags.gob.mx/SEMADESU/POEL/2023/4%20publicaciones/Caracterización_Bitacora_Ambiental.pdf

Il est important de noter que ce territoire repose quasi exclusivement sur l'exploitation de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* (qui constitue la principale source de son approvisionnement). Or, ce dernier fait face à un défi majeur : il présente un déficit hydrique annuel d'environ 100 millions de m³ d'eau[9].

[9] Ce chiffre se rapporte pour l'aquifère *Valle de Aguascalientes*, selon les données de CONAGUA, Commission Nationale de L'eau. https://sigagis.conagua.gob.mx/dma230911.

Figure n°3 : Localisation de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* dans l'État d'Aguascalientes



Source: Gestión de los Recursos Hídricos del Acuífero Valle de Aguascalientes, aplicando el método ZOPP, publié en 2007 par María Mireya Figueroa de Jesús (consulté le 20/003/2026).
https://repositorio.unam.mx/contenidos/gestion-de-los-recursos-hidricos-del-acuifero-valle-de-aguascalientes-ags-aplicando-el-metodo-zopp-62738?c=bw7RJB&d=false&q=*:*&i=2&v=1&t=search_0&as=0

Afin d'appréhender la complexité de cette situation, il convient de préciser que ce travail de recherche s'articule sur une double échelle d'analyse. D'une part, l'aquifère *Valle de Aguascalientes* constitue l'unité de mesure hydrogéologique et l'objet d'étude technique. D'autre part, l'État d'Aguascalientes

sert de cadre d'analyse institutionnel, permettant d'étudier les politiques publiques, les cadres réglementaires et les différents usages de l'eau.

C'est précisément à la croisée de ces deux échelles (la ressource souterraine et le territoire politique) que s'exerce une pression croissante sur la ressource hydrique. Cette dernière résulte de l'imbrication de plusieurs facteurs critiques que cette étude se propose d'analyser. Si le climat aride réduit naturellement la disponibilité de la ressource, ce phénomène est aujourd'hui accentué par les effets du changement climatique, qui aggrave l'irrégularité des précipitations et l'intensité des périodes de sécheresse. Parallèlement, l'urbanisation, l'agriculture intensive, l'activité touristique et l'industrie augmentent mécaniquement la demande. Cette tension est considérablement aggravée par des défaillances structurelles de gestion. Le territoire a notamment été le théâtre de stratégies de privatisation qui, loin de résoudre la crise, ont révélé des limites majeures : infrastructures obsolètes, inefficacité du service et partage inéquitable de l'eau entre les secteurs économiques. Ces politiques ont souvent pénalisé les populations locales, dont l'accès à une eau de qualité a été sacrifié au profit d'intérêts privés et d'une logique de rentabilité commerciale. Il en résulte une situation de vulnérabilité, où la ressource est désormais menacée tant sur le plan quantitatif que qualitatif. La crise hydrique dans l'État Aguascalientes apparaît ainsi comme un phénomène multidimensionnel où se croisent contraintes environnementales, pressions anthropiques et enjeux de gouvernance.

Dès lors, ce travail de recherche s'articulera autour de deux questionnements centraux, déclinés en trois parties complémentaires.

Le premier axe, consacré au diagnostic, répondra à la problématique de recherche suivante : **Comment l'interaction entre un contexte hydrogéologique contraignant et des facteurs démographiques, économiques et politiques engendre-t-elle une crise hydrique profonde dans l'État d'Aguascalientes au Mexique ?**

La première partie proposera ainsi une contextualisation multidimensionnelle de l'étude. Sous une approche à la fois hydrogéologique, climatique, historique, économique et socio-politique, nous analyserons les racines de la crise hydrique au Mexique, avant de resserrer l'étude sur l'État d'Aguascalientes. Cette étape permettra d'identifier les vulnérabilités spécifiques de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* qui, actuellement fait face à une situation de stress hydrique extrême.

Le second axe, consacré aux perspectives d'avenir répondra à la problématique de développement suivante : **Quelles stratégies de gestion durable et équitables peuvent être mises en place pour préserver la ressource, et quelles sont les limites de ces nouvelles formes de gouvernance ?**

La deuxième partie analysera le cadre, les objectifs et les dynamiques observées lors d'un stage réalisé au sein de l'Institut de l'Eau de l'État d'Aguascalientes (INAGUA). Nous y détaillerons les missions de l'institut, les politiques publiques de gestion de la ressource et les actions concrètes mises en œuvre sur le terrain. Cette immersion permettra d'évaluer les défis techniques et institutionnels auxquels font face les acteurs publics pour réguler l'usage de l'eau.

Enfin, la troisième partie proposera une ébauche de projet de développement visant à renforcer la résilience hydrique du territoire. Cette réflexion, nourrie par les enseignements tirés de l'expérience de terrain, explorera des solutions durables pour assurer la pérennité de la ressource.

Pour analyser la complexité de cette crise et évaluer les perspectives d'évolution, cette étude s'appuie sur une méthodologie articulée autour de deux outils d'analyse et d'interprétation[10] :

La matrice AFOM (Atouts, Faiblesses, Opportunités, Menaces) constitue notre premier levier d'analyse. Initialement conçue dans le domaine du management par Albert Humphrey[11] dans les années 1960, cette méthode a été transposée avec succès au diagnostic territorial. L'objectif est de poser un diagnostic rigoureux et stratégique d'un territoire afin de définir des solutions adaptées. Pour ce faire, elle distingue les facteurs internes[12] (Atouts et Faiblesses) des facteurs externe[13] (Opportunités et Menaces).

La toile d'araignée constitue ici notre deuxième levier d'analyse. Initialement conçue dans le domaine des relations internationales par John Burton[14] dans les années 1970, cette méthode permet de décrire le monde comme un réseau complexe et interconnecté de multiples acteurs qui tissent des liens directs, rendant l'interdépendance inévitable au sein d'un système global. L'objectif est de comprendre et illustrer leurs interactions et leurs conséquences à travers une lecture systémique. Elle

[10] Les résultats de ces outils seront présentés en synthèse du diagnostic page 48.
[11] Consultant américain en management.
[12] Ces derniers permettent de mettre en lumière les dynamiques internes au système de gestion actuel.
[13] Ces derniers permettent de cadrer les facteurs qui influencent et contraignent l'action locale.
[14] Diplomate australien et théoricien des relations internationales.

postule qu'un problème local n'est jamais isolé, mais provoqué par une réaction en chaîne de dynamiques globales.

La force de cette méthodologie réside dans la synergie de ces deux approches : la première permet une « mise à plat » du diagnostic dans une perspective de solutions concrètes, tandis que la seconde révèle la profondeur des causalités et leurs conséquences en cascade. L'objectif final est de dresser un portrait détaillé de la situation actuelle afin d'identifier les causes et les conséquences de la vulnérabilité hydrique au sein de l'État d'Aguascalientes. Cette analyse servira de base pour orienter les réflexions vers une gestion plus durable, plus résiliente et, surtout, plus équitable de la ressource en eau.

PARTIE 1 - CONTEXTUALISATION DE L'ETUDE

COMPRENDRE LA GESTION DE L'EAU AU MEXIQUE ET À AGUASCALIENTES

Cette première partie dresse un diagnostic global de la gestion de l'eau pour mieux comprendre les enjeux locaux d'Aguascalientes. Nous analyserons d'abord le cadre national mexicain (I), marqué par une répartition inégale de la ressource, un système d'acteurs complexe et de fortes mutations juridiques. Ensuite, nous resserrerons l'analyse sur l'État d'Aguascalientes (II). Ce territoire semi-désertique fait face à un défi majeur : une dépendance totale à l'aquifère *Valle de Aguascalientes*, dont les réserves s'épuisent sous la pression d'une demande urbaine, agricole et industrielle croissante.

I) La gestion des eaux au Mexique : entre inégalité de la ressource, complexité du système d'acteurs et mutations juridiques

Bien que notre problématique se concentre spécifiquement sur l'État d'Aguascalientes, l'analyse de ses enjeux locaux ne peut se faire sans une compréhension du contexte national. C'est pourquoi, pour y répondre de manière exhaustive, notre démarche analytique nécessite un changement d'échelle préalable. Avant d'explorer les vulnérabilités propres à l'État d'Aguascalientes, il convient d'abord d'analyser le cadre naturel (A), territorial (B) et institutionnel (C) mexicain dans lequel s'insère cette étude de cas.

A) Cadre naturel

1) Contexte géographique et hydro climatique

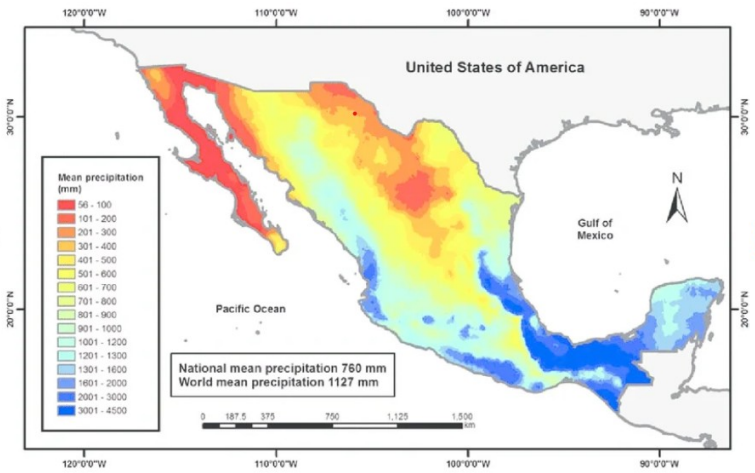
1.1) Déterminants géographiques et zonage climatique

Le Mexique est un pays situé dans la partie méridionale de l'Amérique du Nord. Il est délimité par le Guatemala, le Belize et les États-Unis d'Amérique. D'un point de vue climatologique, le Mexique présente trois régions thermiques[15] : les *« tierras calientes »*[16], les *« tierras templadas »*[17], et les *« tierras frías »*[18]. Le Tropique du Cancer divise le pays en deux zones : une zone tempérée[19] et une zone tropicale[20]. Cette position géographique lui confère, sur le plan hydro climatique, des conditions semi-désertiques, tempérées et tropicales.

1.2) Une répartition inégale et saisonnière des ressources en eau

Comme l'illustre la carte ci-après, cette configuration induit une répartition inégale des précipitations, oscillant entre 150 mm dans le nord aride et 4 500 mm dans le sud tropical.

Figure n°4 : Répartition spatiale des précipitations moyennes annuelles au Mexique



Source : Mean annual precipitation in millimetres (mm), Mexico, d'après les données de la Commission Nationale de l'Eau publié le 30/10/2015 (consulté le 10/07/2026) https://www.researchgate.net/figure/Mean-annual-precipitation-in-millimetres-mm-Mexico-Source-CONAGUA-National-Water_fig1_309463085.

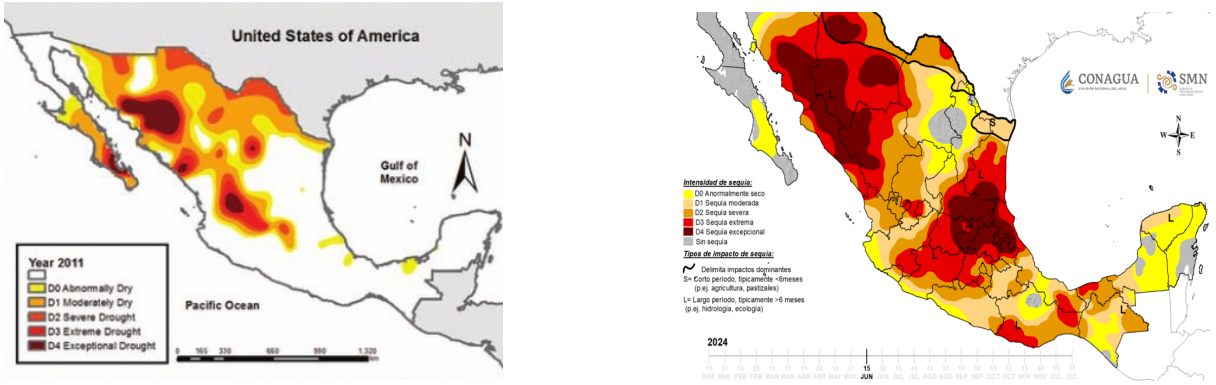
[15] Héraud-Piña, M.-A. (1996). Chapitre I. Présentation physique générale. In *Le karst du Yucatan*. Presses Universitaires de Bordeaux. https://doi.org/10.4000/books.pub.1545
[16] La traduction en français est la suivante : « terres chaude ».
[17] La traduction en français est la suivante : « terres tempérées ».
[18] La traduction en français est la suivante : « terres froides ».
[19] Avec un climat subtropical humide et un climat méditerranéen dans le sud.
[20] Avec un climat désertique ou semi-aride dans le centre nord.

À cela s'ajoutent les fluctuations saisonnières. L'année hydrologique se divise traditionnellement en deux périodes distinctes : une saison des pluies concentrée entre juin et octobre[21], et une longue saison sèche s'étendant de novembre à mai. Dans ce contexte, il convient de distinguer l'aridité de la sècheresse. L'aridité est une condition climatique structurelle et permanente. La sécheresse est un événement conjoncturel et temporaire, lié aux fluctuations saisonnières.

1.3) Une vulnérabilité accentuée par le changement climatique

L'année 2024 offre un exemple particulièrement frappant de l'impact de ces épisodes de sècheresse. La comparaison avec l'année 2011 met en évidence une nette aggravation de la situation à l'échelle nationale. Alors qu'en 2011 le phénomène touchait principalement le nord du pays, les données de 2024 montrent que la sécheresse s'est considérablement intensifiée et étendue à presque tout le territoire, atteignant désormais des régions historiquement plus préservées.

Figure n °5 : Comparaison de la sécheresse au Mexique entre 2011 et 2024



Source : Commission Nationale de l'Eau et Service Métrologique National
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/953225/Monitor_de_Sequ_a-15-Junio-2024.pdf
https://www.researchgate.net/figure/SPI-Mexico-2011-and-2012-Source-Authors_fig2_309463085.

[21] Il convient de noter que 67 % des précipitations annuelles sont concentrées sur ces cinq mois de l'année.

À plus long terme, d'ici 2040, les projections globales pour le Mexique estiment une hausse des températures[22] pouvant atteindre +2°C à +3°C. À noter que ce phénomène conjoncturel s'inscrit en réalité dans une fragilité territoriale permanente. L'accentuation de l'aridité naturelle par des épisodes de sécheresse de plus en plus sévères place ainsi la gouvernance de l'eau au cœur des enjeux de stabilité du pays.

2) L'hydrologie naturelle (les unités hydrologiques naturelles)

En matière d'hydrologie naturelle, le territoire mexicain se structure autour de deux grands types de réservoirs sollicitables qui, bien que connectés par des flux hydrauliques, présentent des emprises géographiques souvent divergentes. Ces derniers sont définis par l'hydro-climatologie.

En ce qui concerne les eaux de surface, nous retrouvons les bassins hydrographiques (ou bassins versants). Ces zones collectent les précipitations et le ruissellement pour alimenter le réseau fluvial. Ils sont au nombre de 1 471. Cependant, leur répartition reflète directement la dualité climatique du pays[23] (évoquée précédemment).

Pour ce qui est des eaux souterraines, le sous-sol abrite les aquifères (ou nappes phréatiques). Il s'agit de formations géologiques stockant l'eau en profondeur. Ils jouent un rôle tampon crucial face à l'irrégularité des eaux de surface. Ils sont au nombre de 653.

Il est important de noter que les limites de ces réservoirs souterrains ne correspondent que rarement aux frontières des bassins versants, créant une complexité de gestion majeure. On observe ici la discordance spatiale entre les bassins versants (figure n°5), délimités par le relief (topographie), et les aquifères (figure n° 6), délimités par la nature du sous-sol (géologie). Cette non-superposition complique la gouvernance de l'eau, car une ville peut appartenir à un bassin versant dit « riche » en surface mais puiser dans un aquifère « déficitaire » en profondeur.

[22] Selon les données rapportées par la presse locale (journal *Publi Metro*) : https://www.publimetro.com.mx/nacional/2026/02/19/mexico-se-calienta-al-doble-que-el-mundo-alertan-que-el-pais-podria-llegar-a-3-grados-antes-de-2030/

[23] En effet, nous observons une dichotomie entre le Sud tropical, aux bassins excédentaires et fleuves permanents, et le Nord/Centre aride, caractérisé par des bassins déficitaires et des cours d'eau intermittents.

Figure n°6 : Répartitions spatiale des bassins versants



Figure n°7 : Répartition spatiale des aquifères



Source bassins versants : Commission Nationale pour la Connaissance et l'Usage de la Biodiversité publié en 2017 (consulté le 11/10/2025). http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/cuencasmx.html

Source aquifères : Commission Nationale de l'Eau et Système d'Information Géographique, Géoviseur des Disponibilités Moyennes Annuelles des Eaux Souterraines, actualisé le 11/09/2023, (consulté le 11/10/2025). https://sigagis.conagua.gob.mx/dma230911/

B) Cadre territorial

1) Contexte démographique et administratif

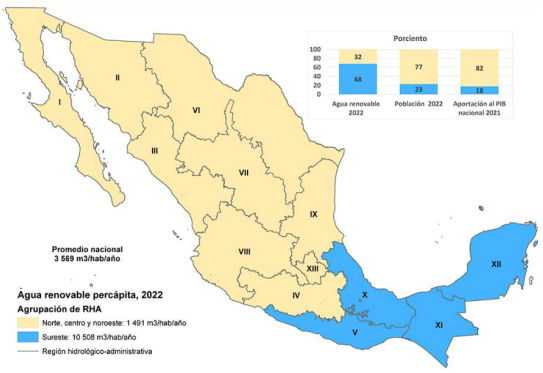
Sur le plan administratif, Le Mexique est une République fédérale composée de 32 entités fédératives considérées comme « libres et souveraines » dans leur régime interne. Chaque État, dirigé par un gouverneur, est divisé en municipalités administrées par des maires[24]. Ce découpage administratif crée une imbrication de pouvoirs complexe. En effet, il peut y avoir des conflits de gestion et de souveraineté lorsque la ressource (comme un aquifère ou un bassin hydrographique) traverse plusieurs États. Le découpage administratif est fixe (politique), alors que la ressource hydrique est mobile (naturelle). Alors que l'eau circule librement selon des échelles naturelles fonctionnelles (logique amont-aval), les décisions sont prises au sein de périmètres politiques fixes.

Sur le plan démographique, le pays compte 130 millions d'habitants. L'analyse de cette donnée révèle un paradoxe territorial majeur : il existe une corrélation inverse frappante entre les zones de concentration démographique et les zones de disponibilité hydrique. En effet, le Nord et le Centre[25], qui concentrent 77 % de la population, ne disposent que de 32 % disponibilité hydrique nationale.

[24]Informations retrouvées sur le Journal Officiel de la Fédération des États-Unis du Mexique.https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5349263&fecha=18/06/2014#gsc.tab=0).
[25] Représenté ici par la couleur jaune.

À l'inverse, le Sud[26] qui concentre seulement 23 % de la population, bénéficie d'une abondance relative avec 68 % de la disponibilité hydrique nationale[27].

Figure n°8 : Corrélation entre densité de population et disponibilité des ressources en eau au Mexique



Source: CONAGUA, Estadísticas del Agua en Mexico, 2023 (consulté le 10/06/2026). https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/Descargas/pdf/EAM2023_f.pdf.

2) L'hydrologie administrative (les unités de gestion et d'administration)

Le découpage hydro-administratif du territoire mexicain se structure autour de plusieurs niveaux de gouvernance. Ces derniers sont définis par l'intervention humaine.

Dans un premier temps nous retrouvons les régions hydrologiques-administratives[28] (annexe n°1). Utilisées par la CONAGUA (*Comisión Nacional del Agua*), ces régions constituent le principal échelon de gestion administrative de l'eau, en tenant compte des spécificités géographiques et hydrologiques du pays. Il y en a 13.

Dans un second temps nous retrouvons les régions hydrologiques[29] (annexe n°2). Ces régions sont formées en fonction des caractéristiques morphologiques et hydrologiques des bassins qu'elles

[26] Représenté ici par la couleur bleue.
[27] Chiffres issus de la conférence de José Luis Luege Tamargo (ancien directeur de la CONAGUA) lors de la Journée Internationale de l'Eau, Université Autonome d'Aguascalientes (UAA), 2026.
[28] Les 13 régions hydrologiques-administratives sont composées de : Baja California, Noroeste, Pacífico Norte, Balsas, Pacífico Sur, Río Bravo, Cuencas Centrales del Norte, Lerma Santiago Pacífico, Golfo Norte, Golfo Centro, Frontera Sur, Península de Yucatán, Valle de México. Pour notre étude de cas, il est important de noter qu'**Aguascalientes** se situe dans la région hydrologique-administrative n°**VIII Lerma-Santiago-Pacífico** (annexe n°1).
[29] Les 37 régions hydrologiques sont composées de : B.C. Noroeste, B.C. Centro-Oeste, B.C. Suroeste, B.C. Noreste, B.C. Centro-Este, B.C. Sureste, Río Colorado, Sonora Norte, Sonora Sur, Sinaloa, Presidio-San Pedro, Lerma-Santiago, Río Huicicila, El Ameca, Costa de Jalisco, Armería-Coahuayana, Costa de Michoacán, Balsas, Río Grande de Guerrero, Costa Chica de Guerrero, Costa de Oaxaca, Tehuantepec, Costa de Chiapas, Bravo-Conchos, San Fernando Soto la Marina, Pánuco, Norte de Veracruz, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva-Usumacinta,

regroupent. Elles ont pour objet la systématisation des informations, analyses, diagnostics, programmes et actions relatifs à la présence de l'eau. Il y en a 37.

3) Le système d'acteurs : entre échelles fédérales, estadales[30] et municipales

Cette architecture administrative ne peut cependant fonctionner sans l'action coordonnée d'un système d'acteurs complexe. En effet, la gestion des eaux urbaines au Mexique ne repose pas sur une autorité unique, mais sur une imbrication de réseaux où les échelles fédérales, estadales et urbaines doivent cohabiter pour répondre à la demande croissante.

Cette gestion multi-niveaux s'articule autour de trois piliers :

Tout d'abord, au niveau fédéral, la CONAGUA[31] (*Comisión Nacional del Agua*) supervise l'ensemble des ressources en eau au niveau national. Elle agit comme l'autorité régulatrice qui définit les politiques publiques, octroie les concessions et gère les infrastructures hydrauliques stratégiques.

Ensuite, au niveau estadal, la coordination régionale est assurée par des instituts dédiés. Pour l'État d'Aguascalientes, ce rôle est tenu par l'INAGUA[32] (*Instituto del Agua del Estado de Aguascalientes),* responsable de la planification et du soutien technique aux municipalités.

Enfin, au niveau municipal, les organismes opérateurs locaux sont chargés de la distribution directe et de l'assainissement. Dans la ville d'Aguascalientes, cette mission est confiée au MIAA[33] (*Modelo Integral de Agua de Aguascalientes*), qui opère la gestion opérationnelle du service.

Yucatán Oeste, Yucatán Este, Zonas Cerradas del Norte, Mapimí, Nazas-Aguanaval, Salado, San Juan. Pour notre étude de cas, il est important de noter qu'**Aguascalientes** se situe dans la région hydrologique n°**12 Lerma-Santiago** (annexe n°2).

[30] Cet hispanisme distingue le niveau de l'État fédéré (régional : celui d'Aguascalientes) du niveau fédéral (national : celui du Mexique). En français, le terme « étatique » est ambigu car il peut désigner les deux échelles.

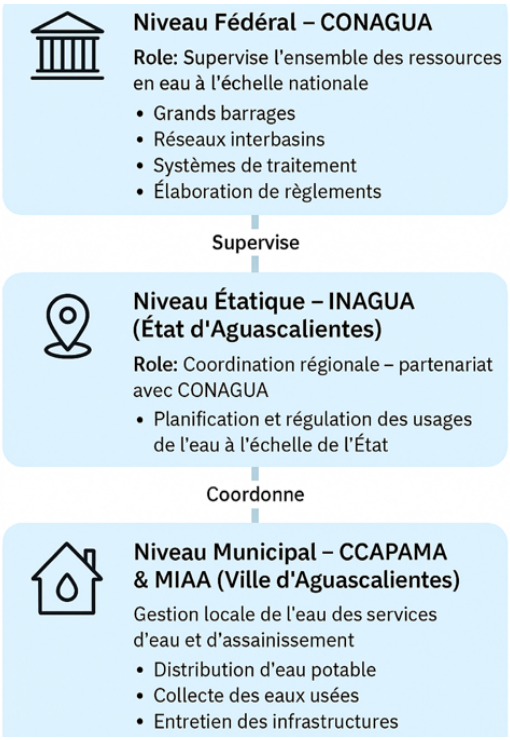
[31] Voici le lien de la page officielle de la CONAGUA : https://www.gob.mx/conagua.

[32] Voici le lien de la page officielle de INAGUA : https://www.aguascalientes.gob.mx/INAGUA/cultura/informacion.

[33] Voici le lien de la page officielle du MIAA : https://www.miaa.mx.

Comme l'illustre la figure suivante, cette structure tripartite reflète la difficulté de coordonner une ressource naturelle unique à travers des frontières administratives segmentées.

Figure n°9 : Organisation tripartite de la gestion de l'eau au Mexique



Source : Pereira, 2025, à partir des données de la Commission Nationale de l'Eau, de l'Institut de l'Eau de l'État d'Aguascalientes et du Modèle Intégral des Eaux d'Aguascalientes.

C) Perspective historique de la gestion de l'eau au Mexique : du droit constitutionnel (1917) à la marchandisation (1992), vers une réappropriation étatique (2025)

Comprendre la crise hydrique actuelle et la vulnérabilité des territoires mexicains nécessite d'analyser l'évolution politico-juridique du pays. L'objectif est de saisir comment l'eau, initialement consacrée comme un droit social fondamental, a été progressivement transformée en un bien économique susceptible d'être privatisé, avant de faire l'objet d'une récente tentative de réappropriation par l'État.

L'histoire de la gestion de l'eau au Mexique remonte à l'adoption de la Constitution des États-Unis Mexicains[34] de 1917. Ce texte garantit le droit humain à l'eau.

[34] La Constitution du Mexique de 1917 est le fondement juridique de la République fédérale des États-Unis mexicains : https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf.

Les articles clés incluent :

- Article 4 : le droit à l'accès à une eau suffisante, salubre, acceptable et abordable pour ses usages personnels et domestiques.

Ainsi, en théorie, cet article érige l'eau en un droit inaliénable et universel. Il implique que le pays a l'obligation absolue de protéger ses citoyens contre le stress hydrique et les risques sanitaires, plaçant l'équité sociale et la santé publique au-dessus de toute logique marchande.

- Article 27 : la propriété des eaux dans les limites du territoire national est originellement dévolue à la Nation.

Cet article est particulièrement important pour cette étude car il confère à la Nation la propriété exclusive de l'eau.

- Article 115 : la responsabilité des municipalités est obligatoire pour fournir l'eau potable.

Cela sous-entend que la gestion opérationnelle et l'assainissement sont décentralisés vers les autorités locales (ici les organismes opérateurs locaux).

Quelques décennies plus tard, sous la présidence de Carlos Salinas de Gortari (1988-1994), le Mexique a entrepris des réformes économiques néolibérales, incluant la privatisation de l'eau. Nous entendons par privatisation de l'eau l'ensemble des politiques publiques mises en œuvre au Mexique qui ont conduit à confier la gestion de l'approvisionnement en eau potable ou à des entreprises ou entités privées nationales ou internationales. L'objectif était de moderniser la gestion et d'attirer des investissements privés pour résoudre les problèmes d'ordre infrastructurel et financier auxquels la Nation ne parvenait plus à faire face. C'est donc en 1992, qu'est adoptée la Loi des Eaux Nationales[35], visant à rationaliser la gestion des ressources en eau et à promouvoir des partenariats public-privé. C'est un tournant décisif pour la gestion de l'eau au Mexique. En effet, cette loi marque le passage d'un modèle où l'eau est considérée comme un droit social à un modèle de gestion de l'eau comme bien économique et marchand, facilitant l'octroi de concessions au secteur privé.

Cependant, face à l'épuisement critique des ressources et aux dérives de ce modèle, un nouveau changement de paradigme s'amorce. En 2025, est adoptée la Loi Générale des Eaux[36]. Cette réforme

[35] Loi des Eaux Nationales de 1992 : https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf.
[36] Loi Générale des Eaux de 2025 : https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgag/LGAg_orig_11dic25.pdf.

a pour objectif de dé-marchandiser l'eau en en régulant les concessions. L'objectif : freiner l'accaparement privé pour réaffirmer la primauté du droit humain sur les logiques commerciales.

Cette évolution du cadre national et de ses dérives nous amène directement à notre étude de cas. En effet, parmi les nombreux territoires mexicains aujourd'hui confrontés à de graves crises hydriques, à l'instar de Mexico[37], ou encore de Cancún[38], notre choix s'est porté sur l'État d'Aguascalientes. Ce cas d'étude nous est apparu particulièrement pertinent car il permet d'ancrer à l'échelle locale les dynamiques environnementales et politiques abordées dans cette première partie. Faisant face à une forte aridité, cet État doit soutenir une croissance démographique et agro-industrielle effrénée, en puisant massivement au sein d'un aquifère aujourd'hui largement surexploité.

II) Aguascalientes, de 1985 à aujourd'hui : les multiples facettes d'une crise hydrique en milieu semi-désertique

Après avoir exposé les enjeux du contexte national et la complexité de son cadre réglementaire, cette partie étudie les spécificités d'Aguascalientes en analysant son diagnostic territorial (A), les moteurs de sa pression hydrique (B) et les mutations de sa gouvernance (C). Cette approche permet de dresser un état des lieux précis des déficits de l'aquifère (D) pour aboutir à une synthèse méthodologique appliquée à cette étude de cas (E).

A) Diagnostic territorial : un déséquilibre entre ressource et demande

Si la crise hydrique d'Aguascalientes s'explique par des facteurs humains et politiques, elle s'enracine d'abord dans une réalité physique contraignante. En effet, la vulnérabilité du territoire repose sur un déséquilibre structurel entre une ressource limitée par la géographie et une demande en constante expansion. Cette dynamique installe un déficit hydrique chronique qui force l'État à puiser dans ses réserves stratégiques souterraines.

Cette section explore les fondements physiques et territoriaux qui structurent la rareté de l'eau dans la région. Nous analyserons d'abord l'impact d'un environnement hydrologique et climatique peu favorable (1). Nous détaillerons ensuite la nature hydrogéologique et administratives de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* (2). Enfin, nous exposerons la justification du choix de cet aquifère comme objet central d'étude (3).

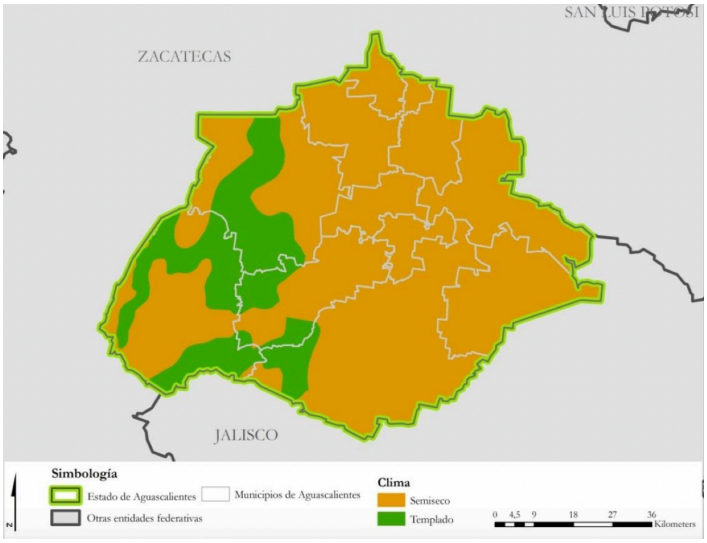
[37] Située dans le centre du pays, la capitale mexicaine est une mégapole dont l'hyper-concentration démographique historique impose le recours à de complexes transferts inter-bassins pour garantir son approvisionnement hydrique.
[38] Située sur la côte caraïbe, Cancún est une destination touristique mondiale dont le modèle de développement massif exerce une forte pression sur les ressources hydriques locales.

1) Un environnement hydrogéologique peu favorable

1.1) Un climat semi-aride contraignant : forte évaporation et faibles précipitations

L'État d'Aguascalientes est situé dans une région semi-aride. Le climat y est marqué par des extrêmes thermiques, avec une température maximale enregistrée de 45°C[39], tandis que la température minimale oscille autour de 4°C. Ces températures très élevées entraînent une très forte évaporation des rares précipitations en période estivale. De ce fait, les réserves en eau (rivières, nappes) sont peu alimentées. Le bilan hydrique en ressort lourdement déficitaire. En effet, les précipitations sont faibles (526 mm[40] en moyenne annuelle) et ne parviennent pas à compenser une évaporation très élevée (2 219 mm en moyenne annuelle). Par conséquent, la dynamique de réalimentation naturelle des eaux souterraines est extrêmement limitée. Si l'infiltration des eaux de pluie dans les zones perméables existe, elle ne se produit que de manière épisodique, lors de périodes de fortes pluies concentrées sur quelques mois de l'année. En dehors de ces événements ponctuels, la recharge globale des nappes reste très faible, forçant le territoire à surexploiter des réserves souterraines qui n'ont pas le temps de se régénérer. Cette situation contraint le territoire à exploiter les nappes fossiles.

Figure n°10 : Typologie des climats dans l'État d'Aguascalientes



Source : Aguascalientes contra su nombre. Aproximación a los principios de resiliencia urbana, para solventar la crisis hídrica en la ciudad mexicana publié en 2016 par Sotomayor Mora, Ana Paulina (consulté le 25/12/2025). https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2016/04/TESIS-APSM.pdf

[39] Selon le rapport hebdomadaire pour la surveillance épidémiologique des températures naturelles extrêmes 2024, semaine épidémiologique 20 (Information du 12- 21 mai 2024), publié sur le site officiel du ministère de la santé du gouvernement mexicain https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/917623/TNE_2024_SE20.pdf.

[40] Selon le Programme de Développement Urbain de la Ville d'Aguascalientes 2040 : une ville qui évolue. https://www.implanags.gob.mx/files/programas/PDUCA/PDUCA2040.pdf.

1.2) Une hydrologie de surface insuffisante pour répondre aux besoins

L'hydrologie de surface est extrêmement limitée, le principal cours d'eau étant la rivière *San Pedro*. Le régime hydrologique de cette rivière présente une forte dichotomie entre la théorie et la réalité.

En théorie, son régime est naturel dicté par le climat semi-aride : son débit devrait être intermittent et saisonnier[41]. Il devrait être faible ou nul pendant la longue saison sèche (hiver/printemps) et ne connaître des crues que lors des pluies estivales.

En pratique, le régime est devenu artificiel : son débit est permanent[42]. Il est maintenu toute l'année par les rejets continus d'eaux usées (traitées et non traitées). Ces dernières proviennent de l'agglomération d'Aguascalientes. Ces effluents urbains assurent un débit minimum en aval de la ville, mais ce flux intermittent et pollué ne permet aucun captage pour l'alimentation en eau potable. Par conséquent, l'eau urbaine provient quasi exclusivement des aquifères.

Figure n°11 : Tracé de la rivière *San Pedro* dans l'État d'Aguascalientes



Source : Narrativas y metáforas sobre el río *San Pedro* en la ciudad de Aguascalientes, México publié en 2022 par Betiana Billiardi (consulté le 07/05/2025). https://revistas.ecosur.mx/sociedadyambiente/index.php/sya/article/view/2585

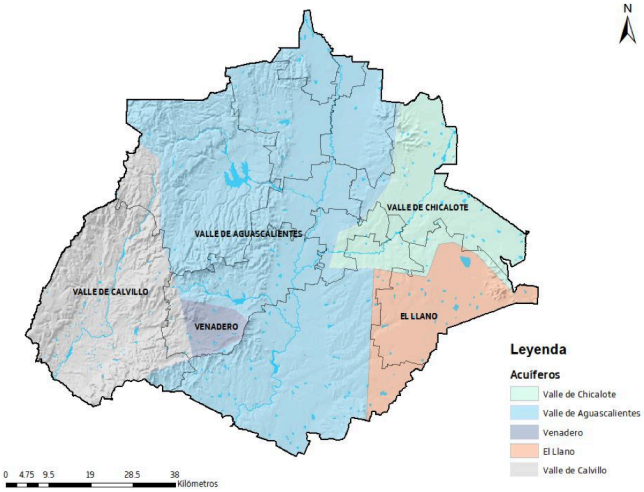
[41] Reyes-Cedeño, I. G., Hernández-Marín, M., Pacheco-Guerrero, A. I., & Gannon, J. P. (2023). *Comprehensive methodology and analysis to determine the environmental flow regime in the temporary stream "La Yerbabuena" in Aguascalientes, Mexico*. Water

[42] Gobierno del Estado de Aguascalientes, & Instituto del Agua del Estado de Aguascalientes (INAGUA). *Plan Hídrico Estatal 2021-2050 del Estado de Aguascalientes*.
https://eservicios2.aguascalientes.gob.mx/NormatecaAdministrador/archivos/EDO-23-180.pdf

1.3) Une hydrologie souterraine sollicitée comme unique recours

Face à la faiblesse des ressources de surface, l'approvisionnement en eau de l'État dépend quasi exclusivement des ressources souterraines. Celles-ci sont puisées dans les cinq aquifères de l'État : *Valle de Aguascalientes, Valle del Chicalote, Valle de Calvillo, Venadero et El Llano.*

Figure n°12 : Répartition spatiale des cinq aquifères de l'État d'Aguascalientes



Source : Plan Hydrique de l'Etat d'Aguascalientes publié le 19/07/2022 (consulté le 23/08/2025).
https://eservicios2.aguascalientes.gob.mx/NormatecaAdministrador/archivos/EDO-23-180.pdf

Dans cette étude, nous focaliserons notre analyse sur l'aquifère *Valle de* Aguascalientes (cf.Fig.3, p9.) pour de nombreuses raisons que nous précisons ci-dessous.

2) Description de l'aquifère Valle *de Aguascalientes*

Avant d'exposer les raisons qui motivent le choix de ce terrain d'étude, il convient de définir la nature hydrogéologique et institutionnelle de l'unité d'analyse afin d'en comprendre les spécificités physiques et administratives**.**

2.1) Données hydrogéologiques

L'aquifère *Valle de Aguascalientes* se situe dans un Graben (fossé tectonique d'effondrement) au carrefour de la *Sierra Madre Occidentale* et de la *Mesa Central*. Sa structure est hétérogène et anisotrope. Cette caractéristique signifie que la circulation de l'eau n'est pas uniforme : elle varie selon

la nature des matériaux rencontrés ainsi que selon la direction du flux. Le réservoir est de type libre à semi-confiné. Enfin, il est composé principalement de sédiments alluviaux et de formations volcaniques (rhyolites et tufs).

2.2) Données institutionnelles et administratives

La gestion des ressources hydriques à Aguascalientes s'inscrit dans un cadre administratif complexe qui suit la logique des bassins versants plutôt que celle des frontières politiques. L'aquifère *Valle de Aguascalientes* appartient ainsi à :

-La Région Hydrologique n°*12 Lerma-Santiago* (annexe n°1)

-La Région Hydrologique-Administrative n°VIII *Lerma-Santiago-Pacífico* (annexe n°2)

3) Justification du choix de l'aquifère *Valle de Aguascalientes*

Le choix de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* comme objet central de cette recherche repose sur son caractère hautement stratégique et sur l'urgence de la crise multidimensionnelle qui l'affecte. Trois raisons majeures justifient cette focalisation :

3.1) Un aquifère stratégique pour l'État

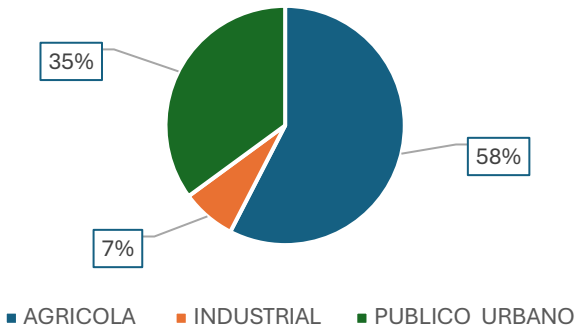
L'aquifère *Valle de Aguascalientes* constitue le principal réservoir d'eau souterraine de l'État. Avec une superficie de 3 129,31 km², son importance est capitale puisque cet aquifère fournit à lui seul la majorité de l'eau consommée dans l'État. Sur le plan géopolitique, l'aquifère est une ressource transfrontalière qui s'étend sur trois États. Sa surface se répartit entre l'État d'Aguascalientes[43] (63 %), l'État de Zacatecas (33 %) et celui de Jalisco (4 %). Cette importance stratégique se reflète dans l'intensité de son exploitation. On recense au total 3 045 puits sur l'ensemble de l'aquifère. La pression anthropique est toutefois massivement concentrée dans l'État d'Aguascalientes, où se situent 82 % des forages (soit 2 387 puits[44]). Cette concentration souligne la dépendance critique de l'État vis-à-vis de cette ressource unique, plaçant la gestion de cet aquifère au cœur des enjeux de sécurité hydrique.

[43] Il englobe la totalité des villes de Cosío, Rincón de Romos et Pabellón de Arteaga, la quasi-totalité des villes d'Aguascalientes, Tepezalá, San José de Gracia et Jesús María, ainsi que des portions des villes de Calvillo, San Francisco de los Romo et Asientos.
[44] María Mireya Figueroa de Jesús, Gestión de los Recursos Hídricos del Acuífero Valle de Aguascalientes, aplicando el método ZOPP.(2007)UNAM.https://repositorio.unam.mx/contenidos/gestion-de-los-recursos-hidricos-del-acuifero-valle-de-aguascalientes-ags-aplicando-el-metodo-zopp-62738?c=bw7RJB&d=false&q=*:*&i=2&v=1&t=search_0&as=0

3.2) Un aquifère qui répond à divers usages

L'analyse de la répartition des prélèvements[45] au sein de l'aquifère permet d'identifier les sources de la demande hydrique. Le volume d'extraction annuel total est calculé à 427,4 hm3. Cet usage est très inégalement réparti entre les différents secteurs. Comme l'illustre la figure n°2, cette demande est portée majoritairement par le secteur agricole qui monopolise 58 % des volumes prélevés, suivi par les besoins urbains (35 %) et industriels (7 %).

Figure n°13 : Répartition sectorielle des prélèvements au sein de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* en 2026



Source : Pereira, 2026, à partir des données Excel de la Commission Nationale de l'Eau et du Registre Public des Droits de l'Eau (2026) . https://app.conagua.gob.mx/ConsultaRepda.aspx

Ces disparités statistiques révèlent une hiérarchie des consommations au cœur de laquelle s'affrontent des besoins divergents. Dans les lignes qui suivent, nous analyserons les moteurs de cette compétition féroce entre usages, où l'agriculture, le développement urbain, l'industrie et le tourisme exercent une pression constante sur cet aquifère.

3.3) Un aquifère affecté sur les plans quantitatifs et qualitatifs

Enfin, le choix de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* se justifie par la crise hydrique multidimensionnelle qu'il traverse. Cet objet d'étude cristallise une double vulnérabilité qui constitue le cœur de notre

[45] Bien que l'aquifère Valle de Aguascalientes s'étende géologiquement au-delà des frontières administratives, les données de prélèvements analysées ici se limitent strictement aux volumes extraits par les puits situés dans le périmètre de l'État d'Aguascalientes.

recherche : d'une part, un épuisement physique des réserves dû à une surexploitation chronique et, d'autre part, une dégradation de la potabilité des ressources souterraines.

Cette situation, où la rareté du volume rencontre la perte de qualité, pose des défis sanitaires et environnementaux majeurs. À noter que les sections suivantes de cette étude (p.42) s'attacheront à diagnostiquer précisément la nature de ces défis et à analyser leurs impacts directs sur la gestion de l'eau et la santé publique dans l'État d'Aguascalientes.

En définitive, le diagnostic territorial de l'État d'Aguascalientes révèle une vulnérabilité intrinsèque : l'aridité du climat et l'insuffisance des eaux de surface ont condamné le territoire à une dépendance totale vis-à-vis de l'aquifère *Valle de Aguascalientes.*

B) Les moteurs de la pression : une compétition féroce entre divers usages

Si les contraintes naturelles de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* posent les bases de la vulnérabilité hydrique du territoire, celle-ci est exacerbée par une exploitation humaine intensive et multidimensionnelle. La crise hydrique ne peut se comprendre sans analyser comment les choix de développement économique ont progressivement saturé les capacités de renouvellement de la nappe. Cette dynamique repose sur une compétition féroce entre divers usages qui, bien que répondant à des logiques différentes, puisent tous dans le même réservoir. Cette section explore la confrontation de trois mécanismes de consommation majeures qui structurent aujourd'hui le stress hydrique dans l'État d'Aguascalientes. Nous analyserons d'abord le poids de l'agriculture intensive (1), véritable pilier historique et premier consommateur de la ressource. Nous étudierons ensuite comment l'explosion démographique et industrielle (2) a transformé la région en une « ville assoiffée ». Enfin, nous verrons comment la pression touristique (3), bien que ponctuelle, agit comme un facteur de saturation critique pour le système de distribution.

1)L'agriculture intensive : le premier consommateur

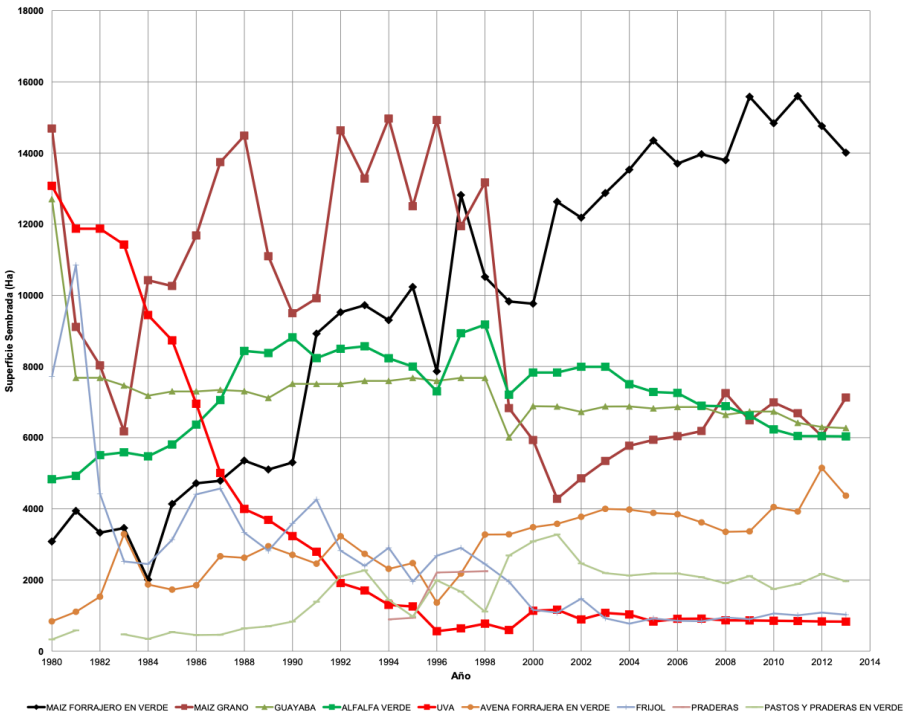
Le secteur agricole d'Aguascalientes est aujourd'hui au cœur d'un paradoxe : pilier de l'économie nationale, il est également le principal moteur de la crise hydrique.

1.1) L'évolution structurelle : de la viticulture à l'hégémonie du maïs fourrager

L'agriculture de l'État a connu une rupture majeure à partir des années 1980. Historiquement réputé pour sa viticulture, Aguascalientes a opéré une transition radicale vers les cultures fourragères.

Comme le démontre la figure ci-dessous, un tournant majeur s'opère entre 1980 et 2014 : la superficie consacrée à la vigne chute drastiquement, passant d'environ 13 000 hectares à seulement 1 000 hectares. À l'inverse, le maïs fourrager connaît une forte expansion, passant de 3 000 à 14 000 hectares. Ce croisement des courbes illustre clairement le passage d'un modèle agricole centré sur les productions fruitières à un système désormais dominé par les cultures fourragères.

Figure n°14 : Répartition sectorielle des principales cultures dans l'État d'Aguascalientes entre 1980 et 2014



Courbe rouge « *uva* » : vigne
Courbe noire « *maíz forrajero* » : mais fourrager

Source : *Plan Hydrique de l'État d'Aguascalientes 2015-2050, publié le 19/07/2015 (consulté le 04/02/2026).* *https://www.aguascalientes.gob.mx/inagua/pdf/PEH-AGS-2015-2050.pdf*

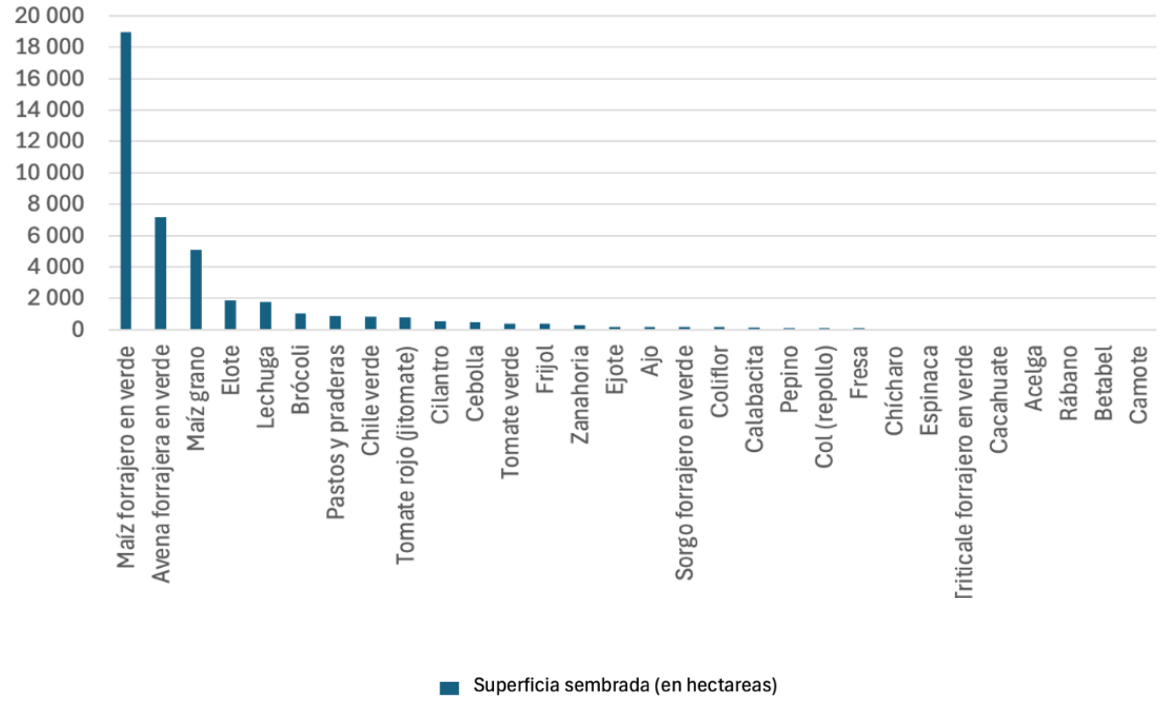
Cette mutation s'explique par l'essor massif de l'élevage[46] : l'État est désormais un acteur clé de la production de viande de poulet (3e national) et de lait (10e national). Le maïs fourrager est devenu l'intrant stratégique indispensable[47] pour soutenir cette production animale, dont la valeur a atteint

[46] Selon les données rapportées par la presse locale (journal *El Sol del Centro*) : https://oem.com.mx/elsoldelcentro/local/aguascalientes-lider-nacional-en-cultivos-sedrae-23926942
[47] Plan Hydrique de l'État d'Aguascalientes 2021-2050 (2022) https://eservicios2.aguascalientes.gob.mx/NormatecaAdministrador/archivos/EDO-23-180.pdf.

19 milliards de pesos en 2019. Cette spécialisation a porté l'État au 3e rang national des producteurs de maïs[48], transformant la physionomie agricole de la région.

Cette spécialisation redessine la carte de l'État. Comme l'illustre la figure n°4, en 2024, sur un total de 41 000 hectares de cultures semées, 19 000 hectares sont dédiés au maïs fourrager, soit près de la moitié de la superficie agricole totale. Selon Guerrero-Martínez, Burbey et Hernández-Marín[49], l'activité agricole s'étend sur 63 % de la zone de l'aquifère. Cette concentration spatiale d'une culture unique accentue la pression sur des points d'extraction spécifiques de la nappe.

Figure n°15 : Répartition sectorielle des principales cultures dans l'État d'Aguascalientes en 2024



Source : Pereira, 2026, à partir des données Excel de l'Annuaire Statistique de la Production Agricole https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

[48] Selon les données rapportées par la presse locale (journal *El Sol del Centro*) : https://oem.com.mx/elsoldelcentro/local/aguascalientes-lider-nacional-en-cultivos-sedrae-23926942.

[49] Guerrero-Martínez, L., Hernández-Marín, M., & Burbey, T. J. (2018). Estimation of natural groundwater recharge in the Aguascalientes semiarid valley, Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 35(3), 268–278. https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2018.3.1022

1.2) La vulnérabilité du système : dépendance souterraine et inefficience

Le modèle agricole repose sur une dépendance critique aux eaux souterraines pour pallier le déficit pluviométrique. Comme nous avons pu le voir précédemment, plus de la moitié de l'eau prélevée au sein de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* est utilisée dans le domaine de l'agriculture.

1.2.1) Une rentabilité économique et hydrique défavorable

Aujourd'hui cette gestion de la ressource révèle ce que l'on peut qualifier de paradoxe de la rentabilité économique[50]. Le contraste entre les cultures de l'État est saisissant. D'un côté, le piment vert génère 2 000 000 pesos par hectare tout en n'occupant que 816 hectares. De l'autre, le maïs fourrager génère seulement 45 000 pesos par hectare tout en occupant 19 000 hectares.

En croisant ces données avec leurs empreintes hydriques sur l'eau bleue[51] (3 000 m³/ha pour le piment contre 5 000 m³/ha pour le maïs) l'inefficience du modèle devient flagrante. Alors que le piment génère une rentabilité hydrique[52] de 666 $/m³, le maïs stagne à 9 $/m³. Ce dernier mobilise ainsi la grande majorité de la ressource hydrique pour une création de valeur dérisoire. Cela confirme que l'occupation massive des sols par les cultures fourragères répond à une logique de soutien à l'élevage plutôt qu'à une optimisation économique ou environnementale de l'eau.

1.2.2) Un rendement hydrique défavorable

Nous pouvons noter également la présence d'un rendement hydrique défavorable[53] . En effet, l'eau d'irrigation s'évapore avant d'atteindre les cultures, tandis que l'eau de pluie s'évapore avant de pouvoir recharger la nappe.

En somme, le passage historique de la viticulture au maïs fourrager a instauré une dépendance souterraine critique au profit de l'élevage. Ce modèle, piégé par une rentabilité hydrique dérisoire et un rendement défavorable, a alors précipité l'épuisement de l'aquifère.

---

[50] La rentabilité économique de chaque culture répond à la question suivante : « *Pour chaque hectare de terre cultivé, quelle valeur monétaire l'activité agricole génère-t-elle au sein de l'État ?* ». Pour calculer cette dernière, la formule suivante a été appliquée : **rentabilité économique ($/ha) = valeur de la production ($) ÷ superficie semée (ha)** grâce aux données Excel de l'Annuaire Statistique de la Production Agricole https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/.

[51] Indicateur mesurant la pression exercée sur les ressources en eau douce prélevées (superficielles ou souterraines) pour la production d'un produit ou d'un service.

[52] La rentabilité hydrique de chaque culture répond à la question suivante : « *Pour chaque mètre cube d'eau bleue extrait de l'aquifère, quelle valeur monétaire l'activité agricole génère-t-elle au sein de l'État ?* ». Pour calculer cette dernière, la formule suivante a été appliquée : **rentabilité hydrique ($/m³) = valeur de la production ($) ÷ empreinte hydrique sur eau bleue (m³/ha)** grâce aux données des documents techniques spécialisés dans l'agronomie et la gestion des ressources hydriques : https://www.climaproagro.com/blog/cuanta-agua-necesita-el-maz-de-temporal-para-una-buena-cosecha et https://fr.scribd.com/document/418301253/REQUERIMIENTOS-HIDRICOS?v=0.381.

[53] Selon l'enseignant-chercheur du Département des Sciences Agricoles de l'Université Autonome d'Aguascalientes.
Efraín Islas Ojeda, lors d'un interview réalisé en janvier 2025.

2) L'explosion démographique et industrielle : le moteur de la consommation urbaine

Le secteur urbain et industriel d'Aguascalientes est également un moteur important de la crise hydrique. Cette pression, née d'une décentralisation politique stratégique et d'une spécialisation automobile mondiale, transforme la région en une « ville assoiffée » où les besoins productifs et résidentiels saturent désormais les limites naturelles de l'aquifère.

2.1) Les racines historiques de l'expansion démographique

L'origine de la tension hydrique actuelle résulte d'une expansion démographique accélérée. Comme le démontre le chercheur Raúl Pacheco Vega[54], cette dynamique s'articule autour de deux vagues migratoires majeures qui ont redessiné le territoire.

Dans un premier temps, on constate une première vague liée au tremblement de terre de 1985 à México. Avec ses dégâts humains et matériels majeurs[55], ce dernier a révélé les risques d'une concentration excessive des activités dans la capitale. En réponse, le gouvernement mexicain a mis en place un projet visant à inverser le processus de migration interne vers la capitale du pays, en transférant certaines fonctions à Aguascalientes comme le siège de l'INEGI (Institut National de Statistique et de Géographie). On parle alors de décentralisation gouvernementale. Ce projet stratégique a favorisé la migration de Mexico vers Aguascalientes, entraînant ainsi une première croissance démographique.

Ensuite, on note une seconde vague liée à la signature de l'ALENA (Accord de Libre Échange Nord-Américain) en 1994. Ce dernier est un accord de libre-échange entre les gouvernements des États-Unis, du Canada et du Mexique, qui a réduit considérablement les barrières tarifaires et facilité le commerce des biens, des marchandises et des capitaux entre ces pays. Il a marqué une étape clé dans le développement économique du Mexique, notamment dans la région du *Bajío*[56]. Ce traité a favorisé l'installation de nombreuses industries manufacturières, en particulier dans les secteurs de l'automobile. Cette industrialisation a généré une importante création d'emplois[57], attirant une nouvelle vague de migrants en quête de meilleures opportunités économiques.

[54] Pacheco-Vega, R. (2015). Gobernanza del agua en Aguascalientes: regionalización, reescalamiento e intermunicipalidad. *Espacialidades*, vol *5, n*°1. https://www.redalyc.org/pdf/4195/419544925006.pdf.
[55] Ce tremblement de terre de magnitude 8,2 sur l'échelle de Richter a provoqué environ 10 000 morts et 30 000 blessés.
[56] Le Bajío est une région du centre du Mexique qui comprend des parties des États de Guanajuato, de Querétaro, d'Aguascalientes et de Jalisco.
[57] Selon les auteurs Bassolls Ricardez et Delgadillo Macias, un total de 17 683 emplois ont été recensé.

2.2) Le tournant majeur de l'expansion démographique : l'industrie automobile

2.2.1) Une pression critique sur les ressources hydriques

À Aguascalientes, l'industrie automobile agit comme le véritable moteur de la consommation hydrique industrielle. Les données actuelles révèlent une emprise considérable sur la ressource : ce secteur prélève environ 10 millions de mètres cubes d'eau potable par an[58], puisés à travers 96 puits autorisés. L'exemple de l'entreprise transnationale Nissan[59] est ici particulièrement frappant. En effet, cette entreprise exerce une pression critique sur les ressources hydriques[60]. Au-delà de sa consommation directe, l'expansion de vastes parcs industriels et l'implantation de nouvelles usines impose une artificialisation massive des sols, menaçant ainsi les zones de conservation et la durabilité de la région.

2.2.2) De la spécialisation à la centralisation totale (1992-2026)

Le développement des infrastructures de Nissan dans l'État d'Aguascalientes a suivi une progression constante tout au long des dernières années. Depuis l'ouverture de sa première usine (A1) en 1992, puis de la seconde (A2) en 2013, le groupe a continuellement étendu son emprise foncière. Ce processus a franchi un palier décisif en 2025 avec la fermeture du site de Morelos et la centralisation de toute la production nationale à Aguascalientes[61]. Cette décision stratégique est motivée par la modernité, l'efficacité et la technologie[62] avancée des usines d'Aguascalientes, qui offrent des rendements supérieurs au site historique. Ce "méga-hub" est désormais complété depuis 2026 par le Nissan Internal Fleet Terminal (NIFT)[63], un complexe logistique de 80 000 m² capable de gérer plus de 260 camions simultanément.

2.2.3) Les impacts de l'expansion industrielle de NISSAN

Cette expansion industrielle a entraîné une emprise spatiale majeure sur le territoire. Cette dernière est visible par le développement des sites de Nissan, dont les infrastructures s'imbriquent désormais

---

[58] Selon les données rapportées par la presse locale (journal *El Heraldo)* : https://www.heraldo.mx/automotriz-la-industria-que-mas-agua-consume/

[59] Grâce à sa capacité de production de 65 véhicules par heure, l'usine A1 de Nissan à Aguascalientes est la plus rapide du groupe japonais au niveau mondial. Information retrouvée sur le journal *Mexico Now* : https://mexico-now.com/aguascalientes-a1-plant-is-nissans-fastest-in-the-world/.

[60] Selon Alejandro Larios, président de *Conversasur* (un groupe de chercheurs en sciences sociales et de défenseurs des droits humains au Mexique). Information retrouvée dans le journal *Lider Empresarial : https://www.liderempresarial.com/como-evitar-que-la-relocalizacion-de-nissan-repita-errores-del-pasado/*.

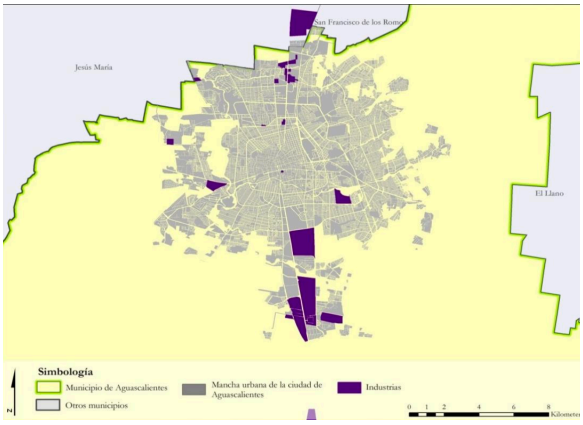
[61] Selon la plateforme officielle de communication de Nissan.https://mexico.nissannews.com/es-MX/releases/nissan-integrara-la-produccion-de-vehiculos-de-la-planta-civac-al-complejo-de-aguascalientes-en-mexico#

[62] Selon les données rapportées par la presse locale (journal *Mexico Now*): https://mexico-now.com/aguascalientes-a1-plant-is-nissans-fastest-in-the-world/.

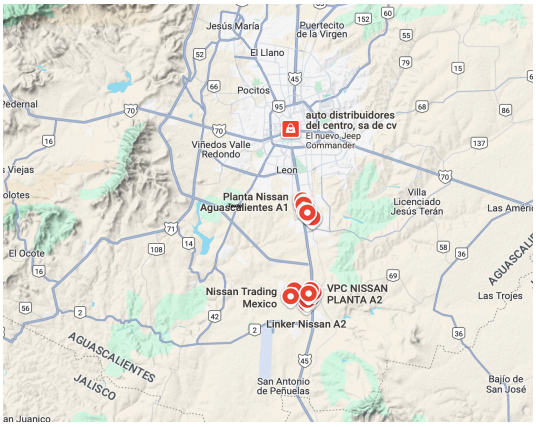
[63] Selon les données rapportées par la presse locale (journal *Revista Transporte y Turismo)* : https://www.tyt.com.mx/nota/nissan-inaugura-terminal-logistica-en-aguascalientes-con-capacidad-para-260-tractocamiones.

étroitement dans le tissu urbain. Les figures si dessous permettent de comparer deux représentations cartographiques de l'expansion industrielle de Nissan. La première carte met en évidence, en violet, les zones industrielles intégrées à la trame urbaine. La seconde carte utilise des données satellites pour localiser, en rouge, les différents sites de production et de logistique de Nissan. Cette double lecture permet de mieux comprendre l'intégration territoriale de ces installations industrielles et leur position stratégique au sein de la région.

Figure n°16 et n°17 : Étalement industriel au sein de l'État d'Aguascalientes : le cas des sites de production Nissan



Source : Aguascalientes contra su nombre. Aproximación a los principios de resiliencia urbana, para solventar la crisis hídrica en la ciudad mexicana publié en 2016 par Sotomayor Mora, Ana Paulina (consulté le 25/12/2025). https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2016/04/TESIS-APSM.pdf



Source : Pereira, 2025, à partir des données de Sotomayor Mora Ana Paulina (2016) grâce à un logiciel de données satellites (Google Map) https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2016/04/TESIS-APSM.pdf

Cette expansion industrielle a également déclenché une importante vague migratoire professionnelle. On estime en effet que près de 3 000 travailleurs qualifiés[64] ont été transférés de l'État de Morelos vers Aguascalientes afin de répondre aux nouveaux besoins de main-d'œuvre technique du constructeur.

[64] Ibid.

2.2.4) Une explosion de l'expansion démographique et urbaine

La convergence des dynamiques politiques (décentralisation de l'INEGI) et industrielles (implantation de Nissan) ont engendré des transformations démographiques et urbaines radicales au sein de l'État d'Aguascalientes. Comme l'indique le tableau ci-dessous, la population de l'État a connu une croissance exponentielle, triplant en l'espace de quarante ans.

Tableau n°1 : Évolution de la population de l'État d'Aguascalientes (1970-2040)

Année	Population (en habitants)
1980	519 439
1990	719 659
2000	944 285
2010	1 184 966
2020	1 425 607
2030	1 635 311
2040	1 771 901

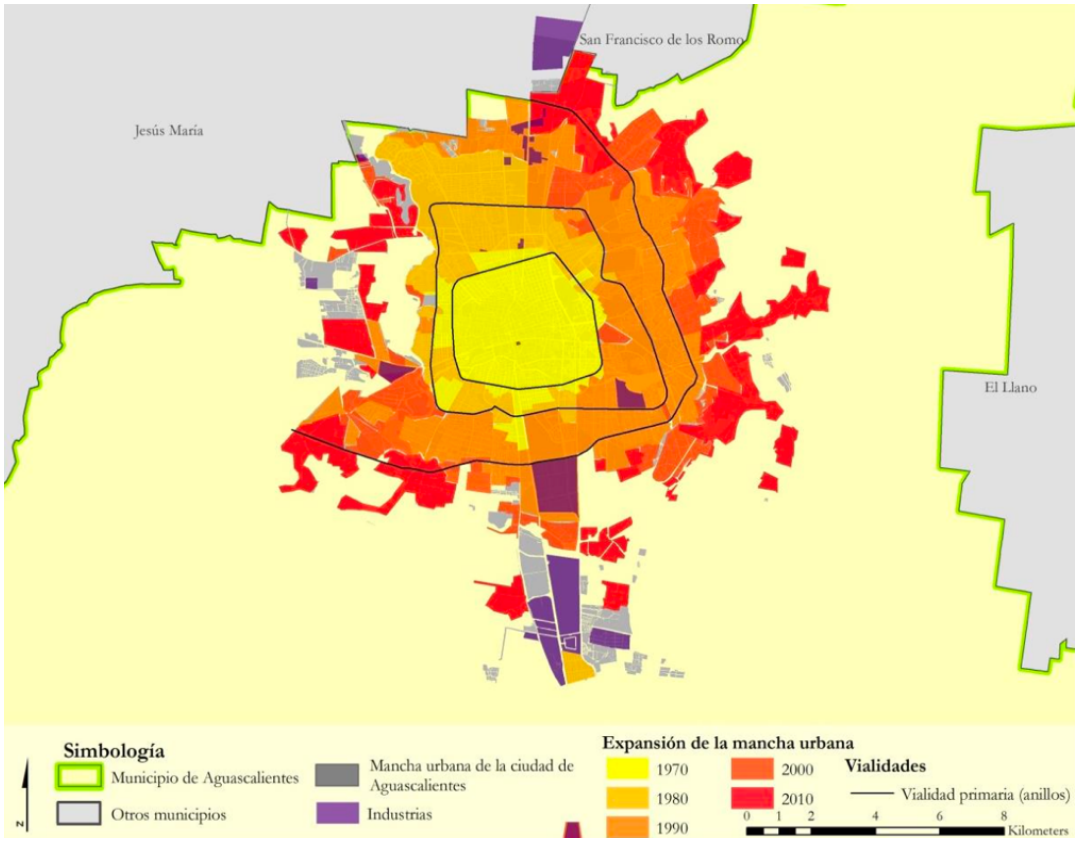
Chiffres verts : données historiques officielles (INEGI)
Chiffres rouges : données de projection de croissance (CONAPO)

Source : Pereira, 2026, à partir des données historiques de l'Institut National de Statistique et de Géographie (2023) https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198077.pdf. et de projection du Conseil National de la Population (2025) https://conapo.segob.gob.mx/work/models/CONAPO/pry23/PP/index.html

Cette augmentation massive de la population régionale se traduit spatialement par une expansion spectaculaire[65] de la couronne périurbaine de la capitale d'Aguascalientes[66]. Comme l'indique la carte ci-dessous, cette polarisation démographique force cette dernière à s'étendre horizontalement pour loger les nouveaux arrivants.

[65] A noter que à l'horizon 2040, le passage imminent de la barre des deux millions d'habitants, majoritairement concentrés dans l'aire urbaine de la capitale, laisse présager une intensification insoutenable de la pression sur l'aquifère, menaçant la viabilité même du modèle de développement de l'État d'Aguascalientes.
[66] La capitale d'Aguascalientes concentrant aujourd'hui près de 66 % de la population totale de l'État d'Aguascalientes.

Figure n°18 : Expansion de la couronne périurbaine de la ville d'Aguascalientes (1970 -2010)



Source : Aguascalientes contra su nombre. Aproximación a los principios de resiliencia urbana, para solventar la crisis hídrica en la ciudad mexicana publié en 2016 par Sotomayor Mora, Ana Paulina
(consulté le 25/12/2025).
https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2016/04/TESIS-APSM.pdf

2.2.5) Une explosion de l'urbanisation impactant la demande et le cycle naturel

Ces transformations démographiques et urbaines engendrées par les dynamiques politiques et industrielles ont quant à elles provoqués une rupture des équilibres écologiques au sein de l'État d'Aguascalientes. D'une façon générale, ces évolutions sont caractéristiques des métropoles du sous-continent. Ainsi, à l'échelle de l'Amérique Latine, Danilo Anton[67] théorise le concept de « ville assoiffée » pour décrire cette vulnérabilité croissante. Dans notre étude à Aguascalientes, ce modèle se vérifie à travers deux conséquences majeures.

[67] Anton, D. (1995) *Villes assoiffées : L'approvisionnement en eau dans les villes d'Amérique latine*. Centre de Recherches Pour le Développement International.

Dans un premier temps, nous pouvons souligner une demande accrue en eau potable générée par le boom démographique. En effet, l'augmentation de la population crée un besoin mécanique proportionnel à la croissance urbaine :

> « Les besoins en eau augmentent au même rythme que la population[68]. »

Dans un second temps, nous pouvons observer une imperméabilisation des sols causée par l'urbanisation rapide. En effet, l'étalement horizontal du territoire, modifie radicalement la dynamique de l'eau :

> « Les effets de l'urbanisation sur la dynamique de l'eau sont encore plus déterminants. Tout d'abord, une proportion considérable de la surface urbaine est recouverte de couches relativement imperméables faites de divers matériaux de pavage ; l'infiltration et l'évaporation sont pratiquement nulles et la majeure partie de l'eau de pluie se répand en ruissellement. Deuxièmement, une partie de la terre est excavée, enlevée ou enterrée sous des matériaux de remblayage apportés d'ailleurs, produisant ainsi des modifications hydrologiques. Troisièmement, toutes sortes de structures sont enfoncées dans le sol ou posées sur la surface avec ce que cela comporte comme effets majeurs sur la dynamique de l'eau[69]. »

L'effet cumulé de l'explosion démographique, industrielle et urbaine génère un véritable « effet boule de neige » sur la gestion de l'eau dans l'État Aguascalientes.

En définitive, le stress hydrique dans l'État d'Aguascalientes ne peut se comprendre sans l'analyse de sa dynamique démographique et industrielle. La concentration de 1 425 607 habitants sur un territoire de 5 616 km² crée un déséquilibre immédiat : la demande humaine et industrielle surpasse désormais largement la capacité de renouvellement naturel de l'aquifère. Cette concentration massive sur un territoire naturellement pauvre en ressources de surface crée un déséquilibre immédiat entre une demande urbaine exponentielle et une offre hydrique naturellement limitée. Cette dynamique transforme la rareté naturelle de la ressource en une crise de l'approvisionnement, illustrant parfaitement le concept de « villes assoiffées[70]. ».

[68] Ibid.
[69] Ibid.
[70] Ibid.

3) La pression touristique : des afflux ponctuels saturant la demande et la distribution d'eau

Enfin, le secteur touristique d'Aguascalientes constitue également un moteur important de la crise hydrique. Au-delà des besoins permanents, l'attractivité touristique génère des pics de consommation qui saturent brutalement la demande et la distribution d'eau.

Cette dynamique s'incarne particulièrement dans la *Feria Nacional de San Marcos*[71], où la gestion de l'eau devient un levier stratégique, dans le but d'un rayonnement à l'international. Cette dernière attire chaque année plus de 9 millions de visiteurs[72], transformant temporairement la municipalité en un pôle d'attraction mondial et un outil de soft power. Cependant, cet afflux massif de visiteurs entraîne une forte augmentation de la consommation d'eau (toilettes publiques, restauration, arrosages des espaces verts, nettoyage). En conséquence, cette forte demande dans la zone de l'évènement a provoqué l'aggravation des problèmes d'approvisionnement en eau dans plusieurs foyers, comme l'ont signalé diverses parties prenantes :

En 2024, plusieurs voisins de la *Colonia España* ont signalé à plusieurs reprises le manque d'eau dans diverses maisons[73] :

> «Desgraciadamente en este fraccionamiento ahora sí que se batalla mucho por el consumo del agua… Dicen las vecinas que sí se batalla constantemente y más cuando se avecina la Feria y todo eso, se dice que los cortes son más constantes y disminuye mucho la calidad también del agua.»[74]

En 2025, le maire d'Aguascalientes, Leonardo Montañez, a reconnu que la *Feria Nacional de San Marcos* avait aggravé la pénurie d'eau dans plusieurs quartiers[75].

Bien que cette stratégie mette en péril l'aquifère principal, *la Feria Nacional de San Marcos* place l'État d'Aguascalientes et le Mexique au cœur de la scène internationale. L'État exploite ses ressources hydriques (via le déploiement d'infrastructures pour faire face à l'arrivée de millions de visiteurs) afin

[71] La *Feria Nacional de San Marcos* est une des plus grandes foires d'Amérique Latine, ayant lieu chaque année à Aguascalientes depuis 1604. S'étendant sur environ un mois (d'avril à mai), elle propose un large éventail d'activités culturelles, artistiques, taurines, sportives et commerciales.

[72] Selon le rapport des résultats de la *Feria Nacional de San Marcos* 2024 dirigé par la gouverneure d'Aguascalientes, Tere Jiménez et cité dans le journal *Reporte Índigo*. https://www.reporteindigo.com/nacional/La-Feria-Nacional-de-San-Marcos-deja-una-derrama-economica-de-mas-de-9-mmdp-Tere-Jimenez-20240619-0028.html

[73] Selon les données rapportées par la presse locale (journal *El Sol del Centro) :* https://oem.com.mx/elsoldelcentro/local/vecinos-de-la-colonia-espana-aguascalientes-acusan-abandono-y-negligencia-20918611.

[74] Traduction de la citation en français : « Malheureusement, dans ce lotissement, il y a maintenant une grande bataille pour la consommation d'eau... Les voisins disent que c'est une bataille constante et encore plus quand la Feria approche, on dit que les coupures sont plus constantes et que la qualité de l'eau diminue aussi beaucoup. »

[75] Selon les données rapportées par la presse locale (journal *Plano Informativo) :* https://planoinformativo.com/1072979/aguascalientes-enfrenta-problemas-de-agua-durante-la-feria-de-san-marcos/

de s'imposer comme une destination phare du tourisme. L'eau devient ici un levier politique et économique, instrumentalisée pour assurer le prestige et le rayonnement international de la région. Ce choix stratégique reposant sur des afflux touristiques massifs, sature alors de manière critique la demande et la distribution d'eau.

En définitive, le stress hydrique à Aguascalientes résulte d'une compétition féroce entre divers usages où les impératifs de croissance économique (agriculture, industrie et tourisme) l'emportent sur la durabilité de la ressource. Cette exploitation intensive transforme une rareté naturelle en une crise sociale profonde. Cette dernière impose désormais le fait de questionner le cadre institutionnel qui a permis une telle saturation.

C) Les mutations de la gouvernance : de l'héritage du modèle privé aux défis de la gestion publique

Après avoir analysé l'impact d'un déséquilibre entre ressource et demande et décortiqué les moteurs de la pression liés à la compétition féroce entre usages comme causes structurelles de la crise hydrique de l'aquifère *Valle de Aguascalientes*, il convient désormais d'étudier la dimension politique de cette ressource. Cette section interroge les mutations de la gouvernance à Aguascalientes, où les choix institutionnels ont longtemps exacerbé la pénurie. Nous analyserons d'abord l'historique de la privatisation (1), avant de décortiquer l'échec de cette délégation privée (2) à travers ses limites techniques et sociales.

1) Historique de la privatisation

Les chercheurs Alex Ricardo Caldera Ortega et Daniel Tagle Zamora[76] évoquent l'apparition d'une privatisation à Aguascalientes. Cette dernière a été entreprise par Véolia, une multinationale française fondée en 1853 et spécialisée dans les services liés au cycle de l'eau. Entre 1993 et 2023, elle était responsable de la gestion de l'eau à Aguascalientes. Cette gestion privée a alors soulevé d'importantes questions géopolitiques et l'accès à l'eau est devenu une marchandise, marginalisant ainsi les communautés vulnérables.

[76] Caldera-Ortega, A., & Zamora, D. T. (2023). Balance on social inclusion and environmental justice at the end of the 30 years of the drinking water service concession in the city of Aguascalientes, Mexico. *Frontiers In Sustainable Cities*, *vol. 5*. https://doi.org/10.3389/frsc.2023.1177179.

Aguascalientes a été le premier État du Mexique à privatiser l'eau potable en 1993, marquant un tournant décisif dans la gestion locale de la ressource. En effet, une concession initiale nommée CAASA (*Concesionaria de Agua de Aguascalientes*) a été créée pour une durée de 30 ans, jusqu'en 2023. Cette dernière a été en partenariat avec le groupe ICA (*Ingenieros Civiles Asociados*), BANAMEX (*Banco Nacional de México*) et la CGE (Compagnie Générale des Eaux, qui est ensuite devenue Veolia, dont elle est l'actionnaire à part entière depuis 1996). À cette époque, les autorités municipales, étatiques et fédérales, toutes alignées sur le PRI (Parti Révolutionnaire Institutionnel), ont soutenu le modèle de la concession. Le but principal était de résoudre le problème de la surexploitation de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* en incitant à modifier les habitudes de consommation et en améliorant la couverture, la qualité et la rapidité des services.

En février 2020, lors de l'inauguration d'un nouveau centre de Véolia intitulé "*Hubgrade*" à Aguascalientes, Anne Grillo, ambassadrice de la Mexique au Mexique à l'époque, a fait un discours mettant en avant une vision idyllique d'une gestion parfaite et d'un avenir radieux[77]. Cependant, cette présentation optimiste est loin de la réalité. En effet, la privatisation de la gestion de l'eau à Aguascalientes sous Véolia a suscité une vive controverse au fil des années révélant des limites structurelles majeurs.

2) L'échec de la délégation privée

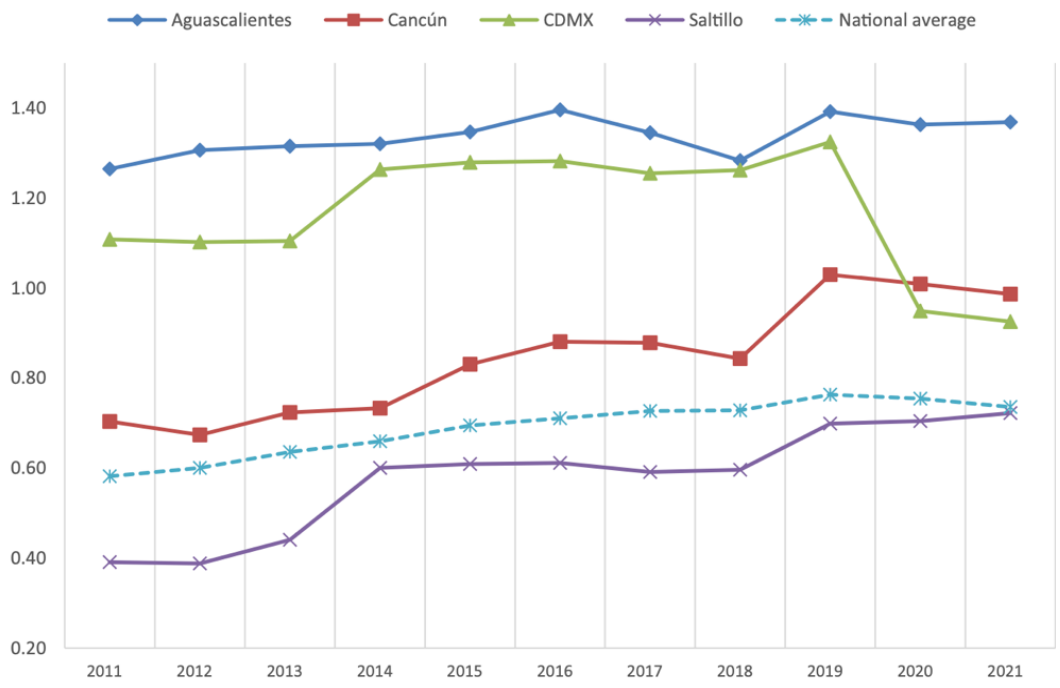
L'échec du modèle Veolia à Aguascalientes repose sur trois mécanismes qui ont transformé la gestion de l'eau en une crise sociale et technique.

2.1) Une tarification disproportionnée

Avec un prix de l'eau supérieur à 1,30 $/m³, les usagers d'Aguascalientes paient près du double de la moyenne nationale (0,7 $/m³).

[77] De ce discours, nous pouvons relever le vocabulaire suivant : « plus grand en Amérique Latine », « doté d'une technologie exceptionnelle », « une référence au niveau international », « un projet emblématique à plus d'un titre », « un engagement de long terme en faveur d'un développement durable et inclusif ».

Figure n°19 : Analyse comparative du coût de l'eau ($/m³) entre différents territoires mexicains en 2018



Source : Balance on social inclusion and environmental justice at the end of the 30 years of the drinking water service concession in the city of Aguascalientes, Mexico, publié en 2023 par Alex Ricardo Caldera Ortega et Daniel Tagle Zamora (conuslté le 06/04/2024) https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-cities/articles/10.3389/frsc.2023.1177179/full

2.2) Une injustice sociale et sanitaire

Avec 3,5 % de la population exclue du réseau, le manque d'eau a affecté plus de 40 quartiers en 2019. Comme le dénonçaient certains leaders citoyens tels que Francisco Flores lors de manifestations[78] devant le palais municipal (annexe n°3), les usagers paient pour un service inexistant, subissant une insalubrité qui menace directement la santé des familles :

> « No tenemos porqué pagar por un servicio que no se ha prestado, pues Veolia lo cobra a pesar de que el agua no llega a los hogares, al contrario la empresa debe de resarcir las pérdidas ocasionadas a los ciudadanos. Debe también hacerse responsable por los daños en la salud de las familias que deja la insalubridad por la falta prolongada de agua potable en los hogares, situación que de momento está afectando a las familias de al menos, 40 colonias. »[79]

[78] Pour Patrice Melé, cette contestation est un « analyseur » du territoire : il transforme l'usager en acteur politique capable de contester une gestion technique pour imposer un débat sur le droit à la ressource. Melé, P. (2013) *Conflits de proximité et dynamiques urbaines* (pp. 7-18). Presses universitaires de Rennes.

[79] Traduction de la citation en français : « Nous n'avons pas à payer pour un service qui n'a pas été fourni, puisque Veolia le facture alors que l'eau n'arrive pas jusqu'aux habitations, au contraire, l'entreprise devrait compenser les pertes causées aux citoyens. Elle doit également assumer la responsabilité des dommages causés à la santé des familles par le manque prolongé d'eau potable dans les foyers, une situation qui affecte actuellement les familles d'au moins 40 quartiers de la capitale. »

2.3) Une vétusté du réseau

Seuls 52 % des infrastructures sont jugés fiables. Cette inefficacité technique transforme chaque litre extrait de l'aquifère en une perte sèche, accélérant mécaniquement l'épuisement de la nappe.

Ainsi, face à ce mécontentement croissant, la concession avec Veolia a pris fin en 2023. En effet, le gouvernement local a choisi de ne pas renouveler le contrat et, a opté pour la remunicipalisation du système et de sa gestion[80].

D) État des lieux de la ressource[81]

Après avoir analysé le déséquilibre entre ressource et demande, les moteurs de la pression hydrique et les défaillances de gouvernance, il convient désormais de dresser le bilan physique de l'aquifère *Valle de Aguascalientes*. Ce diagnostic technique met en évidence une double problématique : un épuisement des stocks et une dégradation profonde de la qualité. Cette section s'articule autour de deux axes : l'analyse du déficit quantitatif (1) et qualitatif (2).

1) Déficit quantitatif

Dans un premier temps nous pouvons constater un déficit quantitatif critique. En effet, le réapprovisionnement de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* est aujourd'hui considéré comme quasi inexistant face à l'ampleur des prélèvements anthropiques. Avec un déficit annuel avoisinant les 100 millions de m³ d'eau[82] , cet aquifère figure parmi les plus surexploités du Mexique.

Ce déséquilibre s'explique par le fait que les nappes sont pompées à un rythme largement supérieur à leur capacité naturelle de régénération. Comme le souligne la figure ci-contre, alors que l'extraction annuelle s'élève à 347 millions de m³, la recharge naturelle ne parvient à compenser que 249 millions de m³, créant ainsi un épuisement progressif de la réserve fossile.

---

[80] Sous la forme d'un organisme public décentralisé, appelé MIAA (*Modelo Integral de Aguas de Aguascalientes*)
[81] En eau disponible pour répondre aux demandes.
[82] Chiffre calculé par CONAGUA selon la formule suivante : **DMA=R−DNC−VEAS** avec :
• **DMA** : Disponibilité Moyenne Annuelle d'eau souterraine.
• **R** : Recharge moyenne annuelle totale.
• **DNC** : Débit Naturel Engagé.
• **VEAS** : Volume d'Extraction des Eaux Souterraines, qui dépasse largement la recharge naturelle

Tableau n°2 : Volumes de recharge et d'extraction de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* (en millions de m³)

N°	Clave	Nombre de acuífero	Recarga (hm³/año)	Extracción (hm³/año)	Disponibilidad (hm³/año)	Área (km²)
1	101	Valle de Aguascalientes	249.60	347.63	-100.43	3 129.31
2	102	Valle de Chicalote	35.00	46.91	-11.91	724.69
3	103	El Llano	15.00	17.76	-5.76	554.96
4	104	Venadero	1.90	1.60	-0.60	111.06
5	105	Valle de Calvillo	25.00	40.91	-17.91	1 048.23

Source : Commission Nationale de l'Eau, Programme Hydrique Régional 2021 / 2024 Región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma Santiago Pacífico (consulté le 30/06/2025) https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/PNH/PHR_2021-2024_RHA_VIII_LSP.pdf

Cette exploitation intensive se traduit par une consommation de 209 m³ d'eau concédée par habitant et par an, tous usages confondus (domestique, agricole et industriel), soit environ 574 litres par habitant et par jour[83]. Ce chiffre est particulièrement révélateur de la tension hydrique locale : pour une population de 1,5 million d'habitants, la consommation annuelle[84] totale s'élève à 314 millions de m³. Ce volume de consommation (314 millions de m³) dépasse donc largement le volume de recharge de l'aquifère (249 millions de m³). Cela témoigne d'un équilibre précaire entre ressources et besoins, plaçant alors l'aquifère *Valle de Aguascalientes* dans une situation de vulnérabilité extrême.

Ce déficit est aggravé par l'extrême lenteur du processus de recharge[85] (avec environ 24 mois pour que l'eau de pluie s'infiltre et atteigne l'aquifère).

L'ampleur du déficit hydrique mentionné précédemment ne se limite pas à une simple diminution des réserves : elle engendre des mutations physiques et structurelles irréversibles pour l'État d'Aguascalientes. L'impact le plus immédiat est l'épuisement chronique de la nappe, qui se traduit par une baisse piézométrique alarmante de 2 mètres par an[86]. Cette chute du niveau de l'eau contraint les autorités à une « course vers la profondeur » : alors que les captages historiques se situaient à 400 mètres, les nouveaux forages doivent désormais atteindre 600 mètres pour trouver une ressource

[83] Selon les données rapportées par la presse locale (journal *El Heraldo*) : https://www.heraldo.mx/aguascalientes-supera-promedio-nacional-en-consumo-diario-de-agua/.
[84] Ce chiffre (314 Mm³) est calculé sur la base d'une dotation moyenne de 209 m³ d'eau concédée par habitant et par an, multipliée par une population totale de 1,5 million d'habitants (209 X 1,5 = 314 Mm³). Ce résultat (314 Mm³) est inférieur au volume total prélevé (347 Mm³), l'écart s'expliquant principalement par la vétusté des infrastructures et l'importance des fuites dans le réseau de distribution.
[85] Guerrero Martínez, L. (2016). *Evaluación de la recarga natural del acuífero del Valle de Aguascalientes mediante el análisis de variación de niveles de agua subterránea y datos de precipitación* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes]. Repositorio Bibliográfico UAA http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/669
[86] Selon le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable de l'État d'Aguascalientes https://www.ags.gob.mx/SEMADESU/POEL/2023/4%20publicaciones/Caracterización_Bitacora_Ambiental.pdf

exploitable[87]. Cette exploitation toujours plus profonde force le territoire à puiser dans des réserves non renouvelables, dites « eaux fossiles[88] », condamnant ainsi la viabilité à long terme de l'approvisionnement régional. Enfin, ce vide laissé par l'extraction massive de l'eau provoque une décompression des couches géologiques. Ce phénomène se manifeste en surface par un affaissement du sol (subsidence) pouvant atteindre 50 cm par an[89], générant des fractures majeures dans les infrastructures urbaines et les habitations.

2) Déficit qualitatif

Au-delà de la crise quantitative qui épuise les volumes, l'aquifère *Valle de Aguascalientes* fait face à un défi tout aussi critique : le déficit qualitatif de sa ressource. L'épicentre de cette dégradation est la rivière *San Pedro*, l'un des principaux axes hydrologiques de la municipalité, aujourd'hui classé parmi les cours d'eau les plus pollués au niveau international[90]. Il est ici essentiel de lier la situation des eaux de surface à celle des eaux souterraines : la pollution du réseau superficiel ne reste pas isolée, elle s'infiltre et contamine l'aquifère. Ce transfert transforme une pollution de surface visible en une contamination souterraine invisible et durable, compromettant la seule source d'eau potable de la région. C'est pourquoi les analyses suivantes se focaliseront prioritairement sur l'état de la rivière ; celle-ci agissant comme le principal vecteur de dégradation de l'aquifère.

2.1) Diagnostic de la contamination

2.1.1) Contamination organique

La rivière présente une Demande Biochimique en Oxygène (DBO)[91] de 43,6 mg/L ce qui est largement supérieur au seuil acceptable de 30 mg/L. Cette valeur place la rivière en zone rouge (fortement polluée).

[87] Selon les données rapportées par la presse locale (journal *La Jornada Aguascalientes*) : https://www.lja.mx/2021/08/preocupante-el-nivel-alto-nivel-de-extraccion-y-poco-nivel-de-recarga-de-los-mantos-acuiferos/

[88] Information retrouvée sur le Journal Officiel de la Fédération des États-Unis du Mexique. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5249906.

[89] Selon les données rapportées par la presse locale (journal *Newsweek) :* https://newsweekespanol.com/aguascalientes/autorizan-a-politicos-extraer-millones-de-litros-de-agua-pese-a-la-crisis-hidrica-en-aguascalientes.

[90] A noter qu'elle est considérée comme l'une des rivières les plus polluées internationalement. Information retrouvée dans le journal *Hidrocálido Digital*. https://www.hidrocalidodigital.com/rio-san-pedro-es-el-mas-contaminado-a-nivel-internacional/.

[91] La Demande Biochimique en Oxygène (DBO) mesure la quantité d'oxygène dissous nécessaire aux micro-organismes pour décomposer la matière organique présente dans un échantillon d'eau. Une valeur faible de DBO (< 5 mg/L) est généralement le signe d'une bonne qualité de l'eau, où la quantité de matière organique biodégradable est faible et l'oxygène dissous reste suffisant pour maintenir la vie aquatique. À l'inverse, une DBO élevée (> 30 mg/L) indique une pollution organique importante, qui épuise l'oxygène disponible et menace l'équilibre écologique. Informations retrouvées sur le site officiel de la CONAGUA.

Tableau n°3 : Teneurs en DBO mesurées dans les eaux de surface de la rivière *San Pedro*

Cuerpo De Agua	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	CF (NMP/100ml)	OD% (%)	Semáforo
Límite calidad aceptable	**< 30**	**< 40**	**< 150**	**< 1,000**	**30 a 110**	
P. El Niágara	23.1	86.2	31.0	24,196.0	16.10	Rojo
P. 50 Aniversario	2.5	34.2	13.3	148.0	92.65	Amarillo
P. Presidente Calles	3.7	27.8	<10	103.9	100.11	Verde
P. Presidente Calles, Sist. Riego	3.5	16.8	<10	87.0	52.45	Verde
P. El Cedazo	10.5	61.9	26.7	24,196.0	111.50	Rojo
P. Las Mercedes	2.0	32.4	11.3	223.0	93.40	Verde
P. Los Gringos	26.2	130.1	55.0	13,082.0	146.30	Rojo
P. Abelardo Rodríguez	5.0	56.4	15.5	508.3	82.75	Rojo
P. La Codorniz	3.1	39.9	13.0	249.0	99.50	Verde
P. Ordeña Vieja	2.9	48.0	<10	172.0	95.50	Rojo
P. Peña Blanca	3.4	39.1	<10	362.5	88.55	Verde
P. Media Luna	3.8	39.7	10.0	2,552.5	51.00	Amarillo
P. Malpaso	4.7	42.0	13.2	244.0	94.20	Rojo
P. El Jocoqui	<2	34.4	<10	229.0	102.45	Verde
Rio San Pedro	15.2	69.2	40.7	24,196.0	60.51	Rojo
Rio San Pedro	40.4	293.1	80.0	24,196.0	12.00	Rojo
Rio San Pedro	43.6	184.6	43.4	24,196.0	18.70	Rojo

Source : Plan Hydrique de l'État d'Aguascalientes 2021 / 20250 publié le 19/07/2022 (consulté le 23/08/2025).
https://eservicios2.aguascalientes.gob.mx/NormatecaAdministrador/archivos/EDO-23-180.pdf

2.1.2) Contamination chimique

2.1.2.1) Contamination par les métaux lourds[92]

Plus préoccupant encore, la rivière présente des sédiments[93] dont le niveau de contamination s'avère particulièrement alarmant :

-100 % des sédiments sont contaminés par l'arsenic

-50 % des sédiments sont contaminés par le plomb et le zinc

-25 % des sédiments sont contaminés par le cuivre

-13 % des sédiments sont contaminés par le manganèse et le chrome

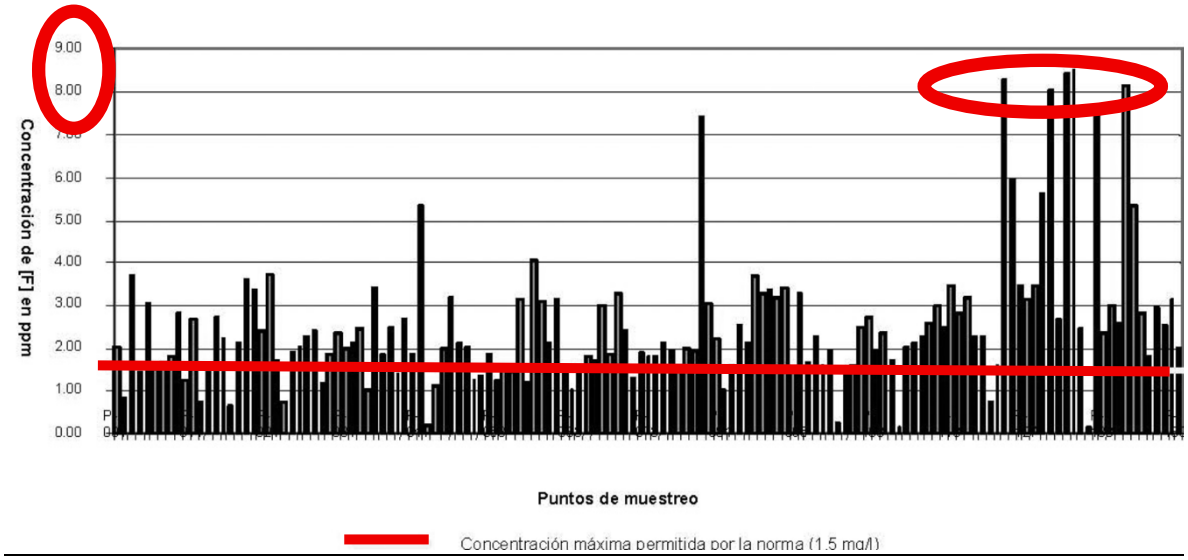
[92] Guzmán-Colis, G., Ramírez-López, E., Thalasso, F., Rodríguez-Narciso, S., Guerrero-Barrera, A., & Avelar-González, F. (2011). Evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del río San Pedro en el estado de Aguascalientes. *Universidad y Ciencia*, *vol. 27, n°1*.
https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15419871002.

[93] A noter que la contamination des sédiments est préoccupante car elle témoigne d'une accumulation de polluants susceptibles de migrer vers les nappes phréatiques. De plus, ces contaminants non dégradables se bioaccumulent le long de la chaîne alimentaire (notamment chez les poissons), menaçant directement la santé humaine en bout de chaîne.

2.1.2.2) Contamination par les micropolluants[94]

Enfin, la rivière présente des teneurs en fluor de plus de 8mg/L ce qui est largement supérieur au seuil acceptable de 1,5 mg/L.

Figure n°20 : Concentration de fluor dans les eaux de surface de la rivière *San Pedro* en 2006



Source : Monitoreo de Fluoruros en Agua en la Ciudad de Aguascalientes, publié en 2007 par Lidia Esmeralda García Díaz et Rodolfo Trejo Vázquez (consulté le 12/12/2025)
https://www.academia.edu/75937114/Monitoreo_De_Fluoruros_en_Agua_en_La_Ciudad_De_Aguascalientes

2.2) Origines des contaminations

Les substances contaminantes présentes dans l'eau de la rivière proviennent d'une double origine : naturelle et anthropique. Cette contamination n'est pas un état statique mais un processus en constante expansion, dont l'aggravation est mécaniquement liée à l'intensification des pompages et au développement industriel et urbain rapide de la région.

[94] Díaz, L. E. G., & Vázquez, R. T. (2007). Monitoreo de Fluoruros en Agua en la Ciudad de Aguascalientes. *Conciencia Tecnológica, n°34*. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6486119.pdf.

2.2.1) Sources géologiques

La première source de contamination est naturelle, mais elle est « activée » par l'action humaine. En effet, la surexploitation chronique de l'aquifère[95] force l'extraction de l'eau à des profondeurs de plus en plus grandes. En atteignant les nappes fossiles, l'eau entre en contact prolongé avec des formations rocheuses riches en minéraux[96]. Ce pompage profond libère des métalloïdes toxiques. Cette pollution est en expansion : plus le niveau piézométrique baisse, plus la concentration de ces métaux lourds augmente dans le réseau de distribution.

2.2.2) Sources anthropiques

La seconde source est lié aux activités humaines, dont les rejets ont explosé avec le développement industriel et démographique amorcé dans les années 1990. Nous retrouvons alors des décharges illégales d'eaux usées. Le manque de raccordement au réseau des collecteurs municipaux et la saturation des stations d'épuration entraînent le rejet direct de matières organiques et de bactéries[97] principalement municipales [98].

2.3) Impacts des contaminations : deux types, deux niveaux de gravité

L'altération de la qualité de l'eau à Aguascalientes ne se manifeste pas de manière uniforme. Elle s'articule autour de deux niveaux de gravité distincts, opposant une dégradation environnementale liée aux eaux de surface, souvent réversible, à une crise sanitaire profonde et structurelle liée aux eaux souterraines.

2.3.1) Menace pour les écosystèmes

Tout d'abord, le premier niveau concerne le risque pesant sur les écosystèmes. En effet, la forte concentration de charge organique provoque une hausse de la DBO, ce qui épuise l'oxygène dissous, et fragilise l'équilibre écologique local. Toutefois, cet impact de surface, bien que visible, reste ponctuel et présente peu de conséquences directes pour l'homme.

---

[95] Caldera-Ortega, A. (2013). Redes de política y diseño de estrategias para superar la crisis del agua. Los casos de los acuíferos de Valle de León, Guanajuato y del Valle de Aguascalientes (México). *Agua y Territorio, n°2.* https://doi.org/10.17561/at.v1i2.1344.
[96] Gutiérrez, M., & Alarcón-Herrera, M. T. (2022). Fluoruro en aguas subterráneas de la región centro-norte de México y su posible origen. *Revista Internacional de Contaminación Ambienta*. https://doi.org/10.20937/RICA.54307
[97] Selon les données rapportées par la presse locale (journal El Sol del Centro) : https://oem.com.mx/elsoldelcentro/local/autoridades-descubren-que-viviendas-descargan-aguas-residuales-al-rio-san-pedro-ya-suman-12-irregularidades-en-corto-tramo-29041810.
[98] Selon les relevés effectués dans les cours d'eau de la rivière *San Pedro* entre 2010 et 2018. Information retrouvée dans le *Plan Hídrico Estatal 2021-2050 del Estado de Aguascalientes*.
https://eservicios2.aguascalientes.gob.mx/NormatecaAdministrador/archivos/EDO-23-180.pdf

2.3.2) Menace pour la santé publique

Ensuite, le second niveau concerne un risque de santé publique direct et dévastateur. En raison de la surexploitation, l'État extrait une eau fossile chargée en éléments toxiques dont l'ingestion prolongée par la population déclenche des pathologies lourdes. L'impact le plus endémique est la fluorose[99] . Cette dernière se manifeste par des troubles de l'émail dentaire (taches sombres, fragilité allant jusqu'à la perte des dents) et des malformations osseuses. Au-delà du fluor, l'exposition chronique à d'autres substances aggrave ce bilan sanitaire. L'arsenicisme (lié à la présence d'arsenic) est un facteur majeur de lésions cutanées et de cancers (peau, poumons, vessie, foie), tandis que le saturnisme (lié à la présence de plomb) cause des dommages neurologiques et rénaux irréversibles. Cette toxicité chimique de l'aquifère est d'autant plus problématique qu'elle est invisible et permanente. Sa gestion impose désormais des traitements de potabilisation en amont extrêmement lourds et coûteux, plaçant la sécurisation de l'eau potable au cœur des défis financiers et politiques de la région[100].

En définitive, l'aquifère *Valle de Aguascalientes* se trouve dans une impasse critique où les crises quantitative et qualitative s'auto-alimentent. La surexploitation drastique des volumes force l'extraction d'eaux fossiles naturellement chargées en métaux lourds, tandis que la pollution anthropique de surface s'infiltre inexorablement vers les nappes profondes. Ce double épuisement (de la ressource et de sa potabilité) transforme la rareté de l'eau en une urgence sanitaire et territoriale majeure.

E) Synthèse : état de la vulnérabilité et de la gouvernance de l'eau à Aguascalientes

Ce chapitre conclusif de notre diagnostic vise à croiser l'ensemble des données analysées pour modéliser la complexité de la crise hydrique à Aguascalientes à travers la matrice AFOM (1) et la toile d'araignée (2).

1)Matrice AFOM

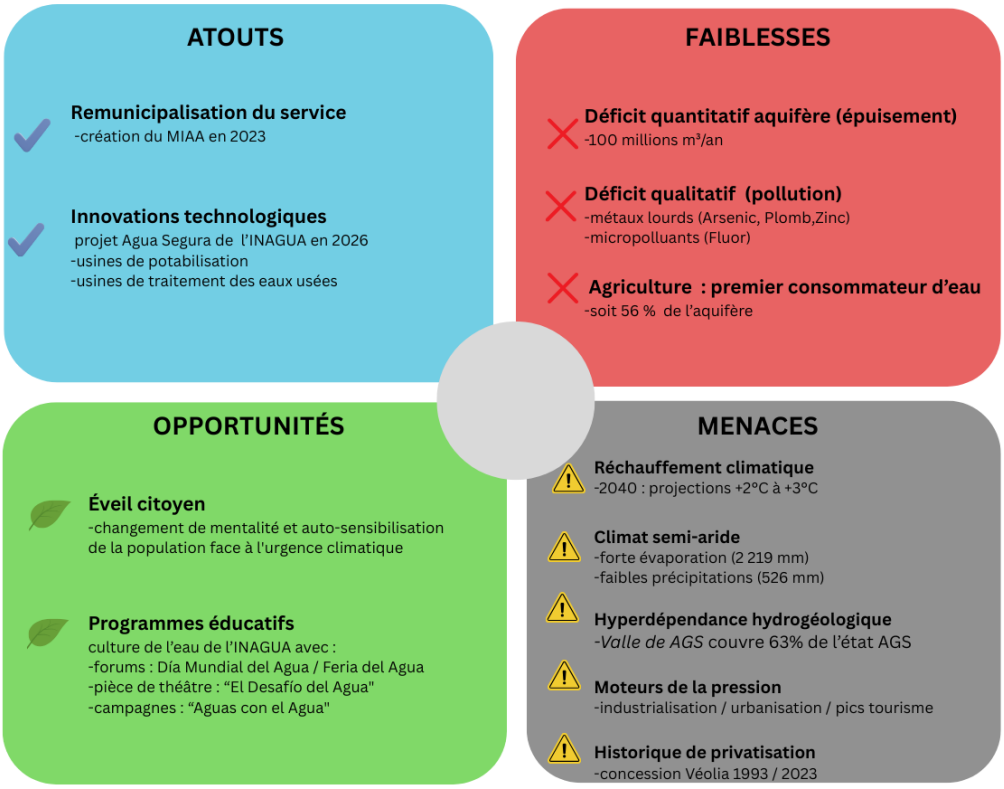
L'application de la matrice AFOM (Atouts, Faiblesses, Opportunités, Menaces) à la gestion de l'eau dans l'État d'Aguascalientes constitue une étape pivot de ce mémoire. Cet outil a permis de

[99] Selon une étude datant de 2016, on retrouve une prévalence de fluorose dentaire à 42 % à Aguascalientes sur un échantillon de 903 enfants âgés de 12 et 15 ans. Dávila, O. G. (2021). Fluorosis dental en niños de Aguascalientes, México: un problema persistente de salud pública. *Water, vol. 13, n° 8.* https://doi.org/10.3390/w13081125.

[100] D'autres cas de pollution similaire sont largement documentés au Mexique, notamment dans les États de Chihuahua et de Durango.

hiérarchiser les informations collectées en distinguant les facteurs endogènes (propres au système de gestion local) des pressions exogènes (contraintes climatiques et globales). La construction de cette matrice repose sur un croisement de données multisectorielles issues de trois sources bibliographiques complémentaires. Tout d'abord, elle s'articule autour de l'analyse des indicateurs techniques et quantitatifs issus des rapports officiels de la CONAGUA et de l'INAGUA. Parallèlement, l'étude s'appuie sur une revue de littérature académique approfondie traitant de la gestion de l'eau en milieu aride. Enfin, elle complète le suivi de la presse locale et des communiqués officiels.

Figure n°21 : Matrice AFOM - Diagnostic stratégique des indicateurs de gestion et des facteurs de vulnérabilité hydrique dans l'État d'Aguascalientes



Source : Pereira, 2026, à partir d'une analyse croisée du corpus documentaire (référencé en Bibliographie p. 95)

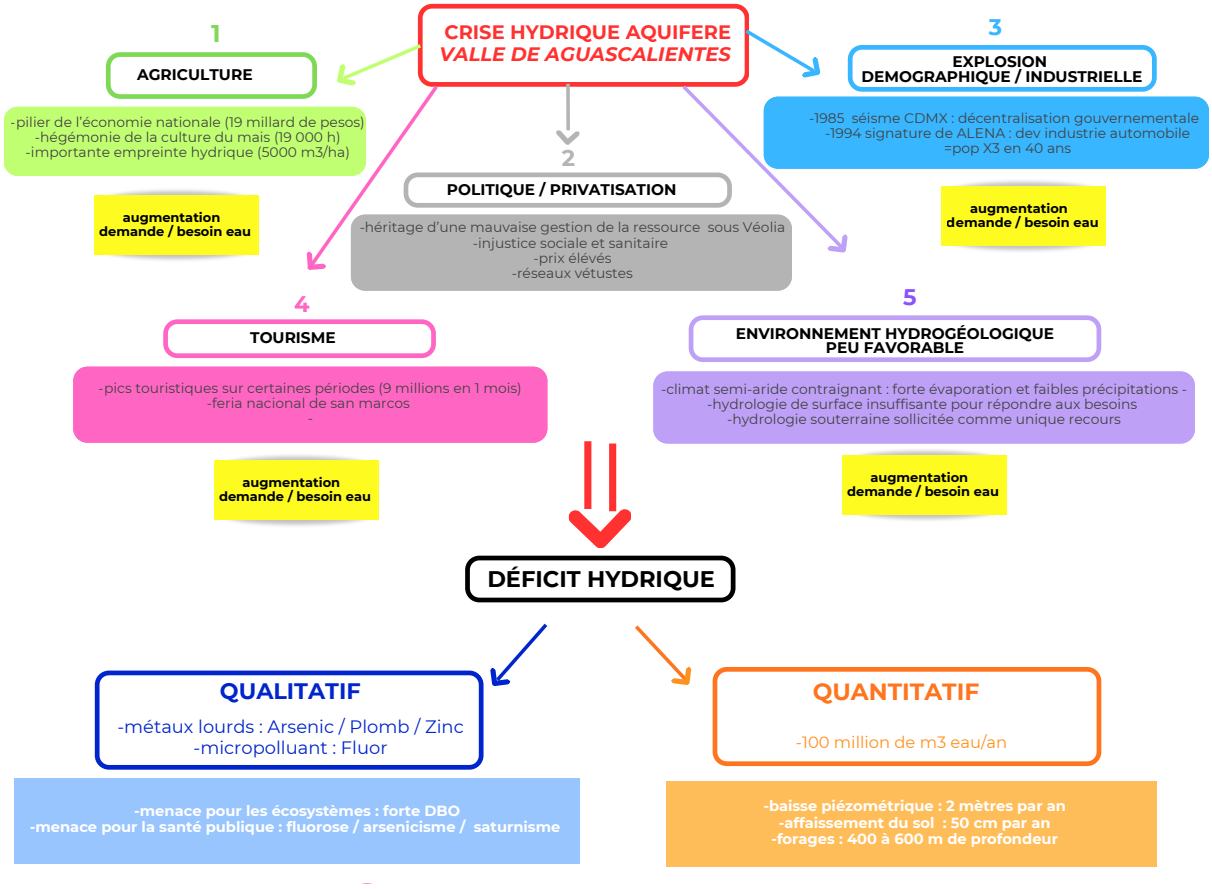
2) Toile d'araignée

Pour appréhender la complexité de la gestion de l'eau à Aguascalientes, nous avons mobilisé le concept de la toile d'araignée. Cette approche nous a permis de visualiser la crise hydrique non comme un simple événement, mais comme un nœud de tensions interconnectées. La structure de l'infographie illustre la manière dont divers "fils" extérieurs (représentant ici les moteurs de la crise hydrique) convergent vers un point de rupture commun : le déficit hydrique de l'aquifère. Cette tension centrale,

cœur de notre étude, est analysée sous son double prisme quantitatif (épuisement de la ressource) et qualitatif (dégradation de la potabilité). En reliant ainsi les causes structurelles aux conséquences environnementales, ce modèle démontre que l'épuisement de la nappe n'est pas un phénomène isolé, mais le résultat d'un système de pressions globales s'exerçant sur un territoire vulnérable.

Ce schéma-guide permet donc de structurer la réflexion autour d'une approche multi-échelle, où le local est systématiquement mis en relation avec le régional, le national et l'international. Il sert à orienter l'analyse des données, en aidant à identifier les interactions critiques entre les facteurs.

Figure n°22 : Adaptation de la toile d'araignée de John Burton à la crise hydrique de l'aquifère *Valle de Aguascalientes*



Source : Pereira, 2026, à partir d'une analyse croisée du corpus documentaire (référencé en Bibliographie p. 95)

Il est primordial de souligner que ce diagnostic ainsi que les outils méthodologiques qui en découlent, ont été établis exclusivement sur la base de l'analyse des données secondaires issues de la littérature scientifique. Ce diagnostic constitue donc une hypothèse de travail systémique. Il ne fige pas la réalité

mais propose une grille de lecture théorique qui devra impérativement être confrontée, nuancée et validée par l'épreuve du terrain lors d'un stage. Dès lors, quelles stratégies de gestion durable et équitables peuvent être mises en place pour préserver la ressource, et quelles en sont les limites ? C'est pour répondre à cette question opérationnelle que nous présenterons notre étude de terrain (Partie 2) avant de formuler une ébauche de projet (Partie 3).

PARTIE 2 - ÉTUDE DE TERRAIN : INSTITUT DE L'EAU DE L'ÉTAT D'AGUASCALIENTES (INAGUA)

STRUCTURER ET AMÉLIORER LA GESTION ESTATALE DE L'EAU

I) Une institution au service de la sécurité hydrique estatale

A) Statut, ancrage territorial et valeurs fondatrices

Fondé par décret en 2000, l'INAGUA est un organisme public décentralisé du Gouvernement de l'État d'Aguascalientes, doté d'une personnalité juridique et d'un patrimoine propre. Sa création s'inscrit comme une réponse institutionnelle directe à la crise hydrique[101] qui menace l'État d'Aguascalientes depuis la seconde moitié du XXe siècle. L'objectif de l'Institut est de dépasser une gestion fragmentée pour instaurer une vision intégrale, capable de coordonner les efforts entre le niveau fédéral (CONAGUA) et le niveau municipal (les organismes opérateurs des onze municipalités). Sa mission fondamentale consiste à piloter la gestion hydrique de l'État d'Aguascalientes en sensibilisant les usagers à la préservation de la ressource tout en coordonnant des schémas d'amélioration continue pour assurer l'efficacité des services d'eau potable et d'assainissement. Le tout, à travers un socle de valeurs axé sur « l'honnêteté, l'empathie et la responsabilité publique[102] ».

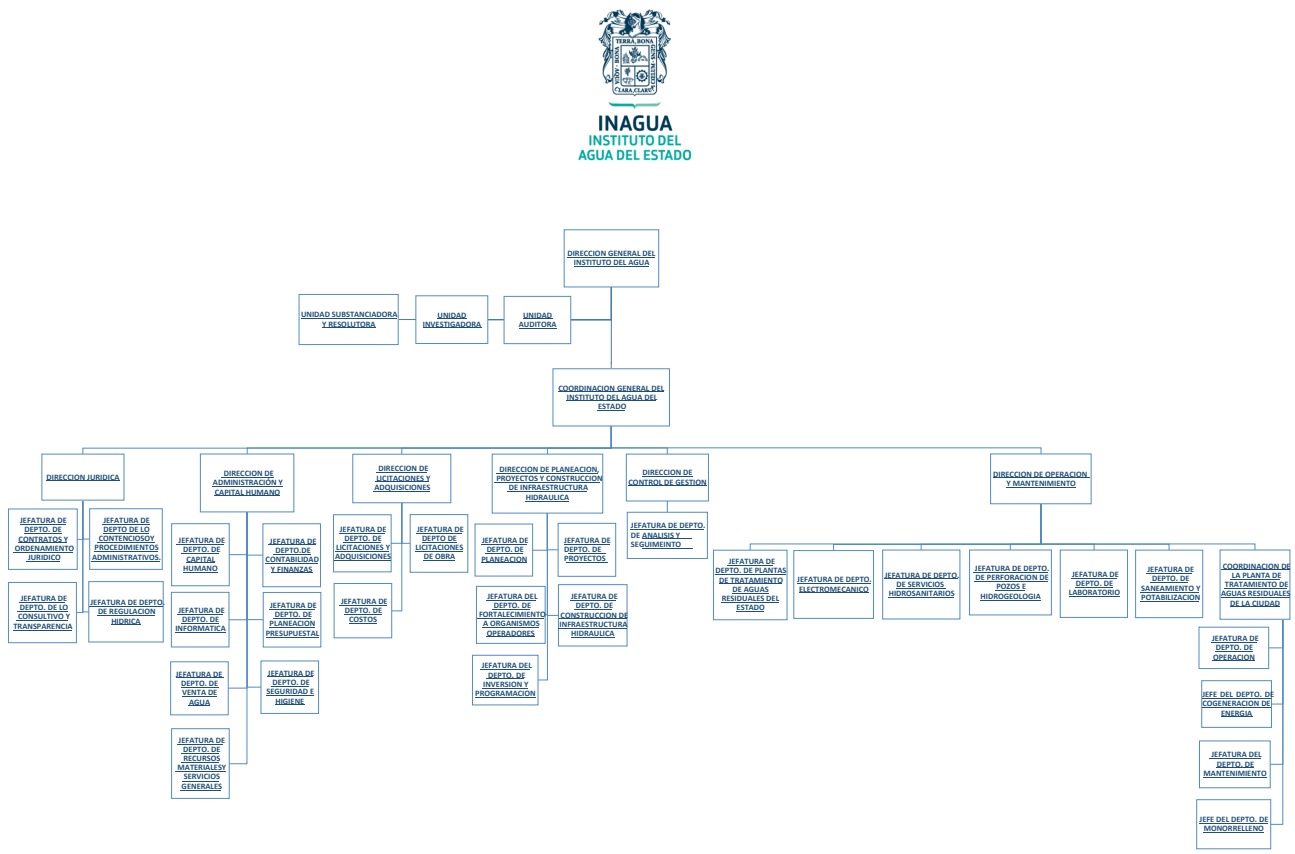
B) Gouvernance et organisation interne

Pour répondre aux impératifs de la sécurité hydrique, l'organisation de l'INAGUA repose sur une architecture verticale structurée en trois pôles majeurs. Le pilotage stratégique est assuré par la **Direction Générale**. Ce noyau décisionnel supervise le cœur opérationnel, composé **d'Unités Administratives spécialisées** (directions juridique, administrative, des appels d'offres, du contrôle de

[101] En effet, et comme nous avons pu le constater lors de la contextualisation de l'étude, face à une croissance démographique rapide et une exploitation agricole et industrielle intensive, les autorités locales ont constaté une baisse alarmante du niveau des aquifères, rendant alors indispensable la centralisation d'une expertise technique et réglementaire.
[102] Termes issus de la documentation institutionnelle.

gestion, de la maintenance et de la planification des infrastructures). Ce pôle regroupe une équipe permanente d'experts pluridisciplinaires (ingénieurs hydrauliques, juristes, techniciens, architectes, analystes et chargés de communication). Enfin, pour garantir la transparence, l'institut intègre des **Organes de Contrôle et d'Évaluation** autonomes, divisés en trois unités spécialisées (audit, enquête, et résolution), chargés de fiscaliser les dépenses et de sanctionner les éventuelles irrégularités administratives.

Figure n°23 : Structure organisationnelle de l'INAGUA (répartition des pôles opérationnels, 2025)



Source : Pereira, 2026, à partir des données prélevées sur la page internet de l'INAGUA, publiées le 18/08/2022 (consultées le 21/03/2026). https://egobierno2.aguascalientes.gob.mx/sae/portalch/inicio/organigrama/38.

C) Stratégies de développement

L'action de l'INAGUA est dictée par le *Plan Hydrique de l'État d'Aguascalientes*[103] *2021–2050*, qui s'articule autour de cinq axes majeurs :

1. Sécurité et durabilité des ressources souterraines : Stabilisation et protection des aquifères stratégiques.

2. Restauration du cycle des ressources superficielles : Amélioration de la qualité des eaux de surface et maintien du débit écologique.

3. Optimisation du cycle de traitement : Renforcement des investissements dédiés à l'assainissement et au réemploi.

4. Gouvernance et coopération institutionnelle : Formalisation de conventions opérationnelles étroites avec les organismes opérateurs municipaux.

5. Promotion d'une culture de l'eau : Sensibilisation de la population face au changement climatique.

D) Une présence stratégique dans le paysage institutionnel local

L'INAGUA occupe une position charnière, agissant comme le pivot entre les directives fédérales de la CONAGUA et les réalités opérationnelles des 11 organismes opérateurs municipaux. Cette légitimité institutionnelle est renforcée par des synergies régulières avec le secteur académique[104], scientifique[105], associatif[106] ainsi qu'avec un réseau de prestataires externes (laboratoires, bureaux d'études, constructeurs).

[103] Plan Hydrique de l'État d'Aguascalientes 2021-2050 (2022) https://eservicios2.aguascalientes.gob.mx/NormatecaAdministrador/archivos/EDO-23-180.pdf.
[104] Nous retrouvons l'Université Autonome d'Aguascalientes (UAA), l'UTNA (Université Technologique du Nord d'Aguascalientes), l'Université Panaméricaine (UPA), l'Université Technologique El Retoño (UTR), l'Institut Technologique d'Aguascalientes (ITA) et l'Institut Mexicain de Études Pédagogiques (IMEP) à travers son Réseau d'Éducateurs Environnementaux (REA).
[105] Un exemple phare est celui de l'Institut Mexicain de Technologie de l'Eau (IMTA).
[106] Ici nous pouvons prendre l'exemple de l'Association Hydraulique Mexicaine (AMH) ainsi que des Espaces de Culture de l'Eau (ECA).

E) Sources de financement

Le modèle économique de l'institut s'appuie sur un assemblage hybride de ressources. Dans un premier temps, nous retrouvons les **ressources bancaires**. Celles-ci permettent de mobiliser des capitaux adaptés à l'envergure de chaque projet. Ces dernières regroupent deux types d'acteurs majeurs : les banques commerciales[107] et les banques de développement (nationales[108] et internationales[109]). L'INAGUA dépend également de ses **ressources internes**, c'est-à-dire, sa capacité à générer des ressources propres et à capter la fiscalité publique. Ce levier d'autofinancement repose sur deux piliers principaux : la facturation directe aux usagers[110] et les gains d'efficacité opérationnelle[111]. Parallèlement, le financement de l'institut repose sur des **ressources publiques et fiscales**. Ces dernières correspondent aux fonds provenant du budget de l'État[112] (fédéral, estatatal ou municipal) et sont canalisées vers le secteur hydrique à travers deux mécanismes principaux : la collecte[113] ainsi que la redistribution[114]. Enfin, l'Institut dépend de **ressources privées**. Ce mode de financement s'appuie sur des engagements à long terme, notamment via des partenariats public-privé[115] .

---

[107] Les banques commerciales interviennent principalement par l'octroi de crédits aux taux du marché.

[108] Les banques de développement nationales sont incarnées par la Banque Nationale des Travaux et Services Publics (BANOBRAS), notamment à travers le Fonds National d'Infrastructure (FONADIN). Ces institutions jouent un rôle pivot pour les projets de grande envergure en proposant des financements directs, des appuis récupérables conditionnés à la rentabilité du projet, ou des subventions non récupérables pour les initiatives à faible rentabilité initiale.

[109] Les banques de développement international soutiennent le développement transfrontalier et structurel. Parmi les acteurs clés, nous retrouvons la Banque Mondiale (BM), la Banque de Développement de l'Amérique du Nord (NADBANK) ainsi que la Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement (BIRD). Les fonds d'investissement climatique complètent ce dispositif en soutenant spécifiquement les stratégies d'adaptation au changement climatique. On y retrouve notamment le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) et le Fonds Vert pour le Climat (FVC).

[110] La facturation directe aux usagers concerne l'approvisionnement en eau potable, l'assainissement, le traitement des eaux usées ainsi que les droits de connexion au réseau.

[111] Les gains d'efficacité opérationnelle proviennent de la réduction technique des fuites dans le réseau et de l'optimisation de la consommation énergétique des infrastructures.

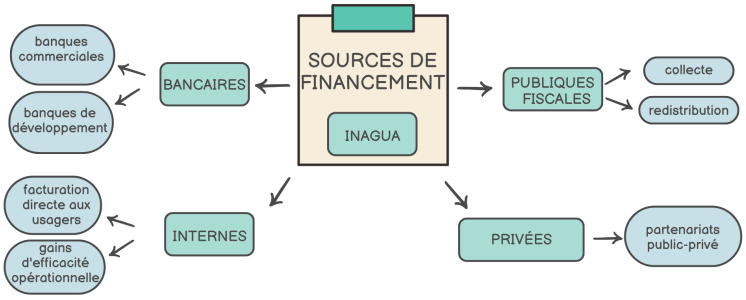
[112] Fédéral, estatatal ou municipal

[113] La collecte s'opère selon deux modalités distinctes : les contributions et les produits. Les contributions regroupent les impôts obligatoires payés par les citoyens et les entreprises, ainsi que les droits d'extraction (liés au volume d'eau captée) et les droits de décharge (liés au rejet d'eaux usées). Les produits regroupent les revenus complémentaires issus des sanctions, amendes ou pénalisations diverses en cas de non-respect des réglementations en vigueur.

[114] Une fois collectés, ces fonds (contributions et produits) sont répartis entre les entités locales via trois types de transferts fédéraux : les dotations fédérales, les participations fédérales et les programmes budgétaires.
Les **dotations fédérales** sont des ressources ayant une utilisation obligatoire et spécifique. Nous retrouvons à l'intérieur deux fonds majeurs :
-le FAIS (Fonds d'Infrastructure Sociale), dédié à l'infrastructure de base (eau, drainage, assainissement) dans les zones de pauvreté extrême. Il se répartit entre le FISE (niveau étatique) et le FAISMUN (niveau municipal).
-le FAFEF (Fonds de Renforcement des Entités Fédératives), dédié à solidifier les finances publiques, tout en donnant la priorité à l'infrastructure et à l'assainissement
Les **participations fédérales** sont des ressources de libre disposition. Nous retrouvons les dépenses courantes de fonctionnement, telles que les salaires du personnel, les coûts énergétiques (pompage) et les frais administratifs généraux.
Les **programmes budgétaires** reposent sur des fonds fédéraux régis par des conventions de coordination et des règles d'opération strictes. Il se divise selon deux logiques d'intervention :
-PROAGUA (Programme d'Eau Potable, d'Assainissement et d'Égouts) : ce programme finance directement des chantiers pour accroître et améliorer la couverture en eau potable et en drainage dans les zones urbaines et rurales.
-PEAS (Programme d'Encouragement à l'Eau et à l'Assainissement) : ici, la logique est de restituer aux organismes opérateurs les sommes qu'ils ont payées pour les droits d'eau (extraction et décharge) afin qu'ils les réinvestissent dans leur propre système. Ce programme se décline en deux volets : la *Vertiente* A (ex PRODDER) pour l'efficience de l'eau potable et la *Vertiente* B (ex PROSANEAR) pour l'infrastructure d'assainissement.

[115] Dans ce cadre, une entreprise privée prend en charge la gestion opérationnelle (qu'il s'agisse d'usines de traitement, de réseaux de distribution ou de stations de potabilisation) et reçoit, en contrepartie de sa prestation, une rémunération contractuelle sur une durée

Figure n°24 : Cartographie des sources de financement de l'INAGUA



Source : Pereira, 2026, à partir des données collectées lors d'un stage de terrain INAGUA de mars 2026 à juin 2026 réalisé avec Canva.

F) Ancrage communautaire et cohérence territoriale de l'action

L'ensemble des actions de l'INAGUA vise à répondre aux spécificités hydro-sociales de l'État d'Aguascalientes. En multipliant les interventions de proximité au sein des Espaces de Culture de l'Eau (ECA), l'institut investit des lieux stratégiques (écoles, musées, parcs) pour pallier la faible appropriation citoyenne des enjeux hydriques. En tant que structure intermédiaire, l'INAGUA n'agit pas seulement comme un opérateur technique de travaux publics, mais comme un médiateur social chargé de reterritorialiser les défis environnementaux pour transformer l'eau en un bien commun préservé.

II) Projet « *Agua Segura* » : l'illusion d'une sécurité hydrique ?

A) Présentation générale du projet

Le projet « *Agua Segura* », institutionnalisé par décret en 2021 constitue une des initiatives stratégiques majeures mises en place par l'INAGUA pour répondre à la crise hydrique qui menace l'État d'Aguascalientes. Ce dernier vise à garantir le droit constitutionnel d'accès à une eau salubre en s'attaquant à la surexploitation critique de l'aquifère *Valle de Aguascalientes.* À titre d'information, les lignes qui suivent seront rédigées avec l'usage du futur conditionnel. En effet, bien que le projet

s'étendant généralement de 20 à 30 ans. Ce modèle peut être directement mis en perspective avec le cas de l'entreprise Veolia, mentionnée précédemment lors de la contextualisation de cette étude.

soit officiellement inscrit dans la planification de l'État, sa concrétisation se heurte à de nombreux obstacles qui feront l'objet d'analyses dans la suite de cette étude.

La solution technique retenue reposerait sur un modèle de Réutilisation des Eaux Usées Traitées[116] (REUT), une méthode durable consistant à décharger les eaux usées puis traitées dans un corps d'eau superficiel pour les stabiliser avant leur potabilisation. Le cycle opérationnel débuterait par la captation des eaux usées de la zone métropolitaine via des collecteurs sanitaires marginaux situés le long de la rivière *San Pedro*, acheminant les flux vers cinq usines de traitement (appelées *Plantas de Tratmientos de Aguas Residuales* PTAR : Jesús María, Pocitos, Sauces, Arellanos et *La Ciudad*). Un débit total de 2 200 l/s serait ensuite pompé jusqu'au barrage *Plutarco Elías Calles*, ce qui équivaut à mobiliser et traiter un volume annuel de 69 379 hm^3/an [117]. Ce réservoir servirait d'amortisseur environnemental où l'eau traitée séjournerait pour sa stabilisation et sa dilution avec les eaux de pluie. L'eau se dirigerait ensuite vers une usine de potabilisation à oxydation avancée située dans la municipalité de Pabellón de Arteaga. Une fois purifiée, l'eau parcourra un aqueduc de 63,9 km pour alimenter les réservoirs stratégiques de la ville. Conçu pour sécuriser l'approvisionnement pour les trente prochaines années, ce projet comporterait de nombreux avantages.

Figure n°25 : Schéma de la Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUT)



Source : Pereira, 2026, à partir des données collectées lors d'un stage de terrain INAGUA de mars 2026 à juin 2026 réalisé avec Canva.

[116] À titre informatif, la REUT au Mexique s'inscrit dans une trajectoire historique ancienne : elle débute entre 1850 et 1900 dans l'État d'Hidalgo (Vallée du Mezquital) par un usage agricole à partir d'eaux brutes, avant de s'étendre dans les années 1950 avec un usage industriel dans l'État du Nuevo León (Monterrey). Ce n'est qu'à partir des années 1980, sous l'impulsion des politiques de développement durable, que la pratique se structure véritablement autour d'eaux épurées. Aujourd'hui, cette transition demeure toutefois inachevée, avec un volume estimé à seulement 60 % des eaux usées nationales traitées, à l'instar de nations pionnières comme Israël ou les États-Unis. Information collectée lors d'un échange avec Axelle Soubeyrand, étudiante du master IPAL au sein de l'IPEAT.

[117] Donnée interne de l'Institut de l'Eau de l'État d'Aguascalientes (INAGUA), communiquées par la direction technique dans le cadre du projet « *Agua Segura* ». Cette dernière représente 20 % du volume total d'extraction annuelle de l'aquifère *Valle de Aguascalientes.*

B) Bénéfices du projet

Tout d'abord, cette stratégie permettrait de diminuer la surexploitation des ressources hydriques, offrant à l'aquifère la possibilité de se recharger naturellement. Par ailleurs, la population bénéficierait alors d'une eau de qualité supérieure à celle extraite des puits profonds (contaminée par le fluor ou l'arsenic) tout en réduisant les coûts énergétiques liés au pompage profond. Enfin, cette transformation vers une économie circulaire remplacerait le cycle linéaire traditionnel « extraire-utiliser-rejeter » par un système fermé de réutilisation durable, garantissant une sécurité hydrique indispensable au développement économique et à la santé publique.

C) Limites du déploiement

Malgré les bénéfices importants évoqués précédemment, la concrétisation du projet *« Agua Segura* » se heurte à des verrous majeurs qui le maintiennent au stade d'étude de faisabilité. Tout d'abord, la contrainte financière représente un frein considérable, avec des besoins d'investissement initial estimés à plus de 7 milliards de pesos[118]. Sur le plan technique, la construction d'un aqueduc de plus de 60 km et d'une usine de potabilisation à oxydation avancée constitue un défi d'ingénierie d'une complexité extrême. Sur le plan sociétal, le projet fait face à une vive résistance, notamment de la part du secteur agricole qui craint une augmentation des coûts de l'eau et une modification de ses droits de concession historiques sur le barrage *Plutarco Elías Calles*. Enfin, nous notons un rejet psychosocial[119] de la population, peu encline au réemploi potable et exacerbée par un manque de confiance envers les organismes opérateurs (suite aux défaillances historiques de gestion). Ces facteurs expliquent pourquoi, malgré son inscription dans les plans étatiques régionaux, le projet demeure aujourd'hui largement en phase d'étude de faisabilité.

III) Leviers d'actions actuels : de l'ingénierie hydraulique à une culture collective de l'eau

En dépit des contraintes opérationnelles retardant la mise en œuvre globale du projet de développement, l'INAGUA déploie une approche hybride, articulée autour de deux axes interdépendants : un volet technique (dédié à la reconfiguration et à l'exploitation des infrastructures

[118] Soit un total d'environ 349 millions d'euros.
[119] Ce rejet psychosocial s'explique par la « loi de la contagion » (théorisée par le psychologue Paul Rozin). Selon ce principe, l'esprit humain perçoit une contamination définitive dans tout objet entré en contact avec une source d'impureté, indépendamment de sa purification chimique ultérieure.

hydrauliques) et un volet sociétal (orienté vers l'émergence d'une culture collective de l'eau par le prisme de l'éducation environnementale).

A) Volet technique : infrastructures hydrauliques, entre urgence et durabilité

L'analyse de l'action technique de l'INAGUA révèle une gestion duale de la ressource hydrique, structurée autour de deux impératifs complémentaires. D'une part, l'institution déploie des infrastructures d'extraction souterraine pour répondre à l'urgence sociale immédiate de l'approvisionnement en eau potable. D'autre part, elle développe un réseau d'infrastructures d'assainissement conçu comme un maillon essentiel de la régénération environnementale et de la transition vers l'économie circulaire. Les paragraphes suivants détaillent le fonctionnement et les enjeux de ces deux types d'ouvrages.

1) Les infrastructures d'extraction souterraine comme réponses palliatives à l'urgence sociale

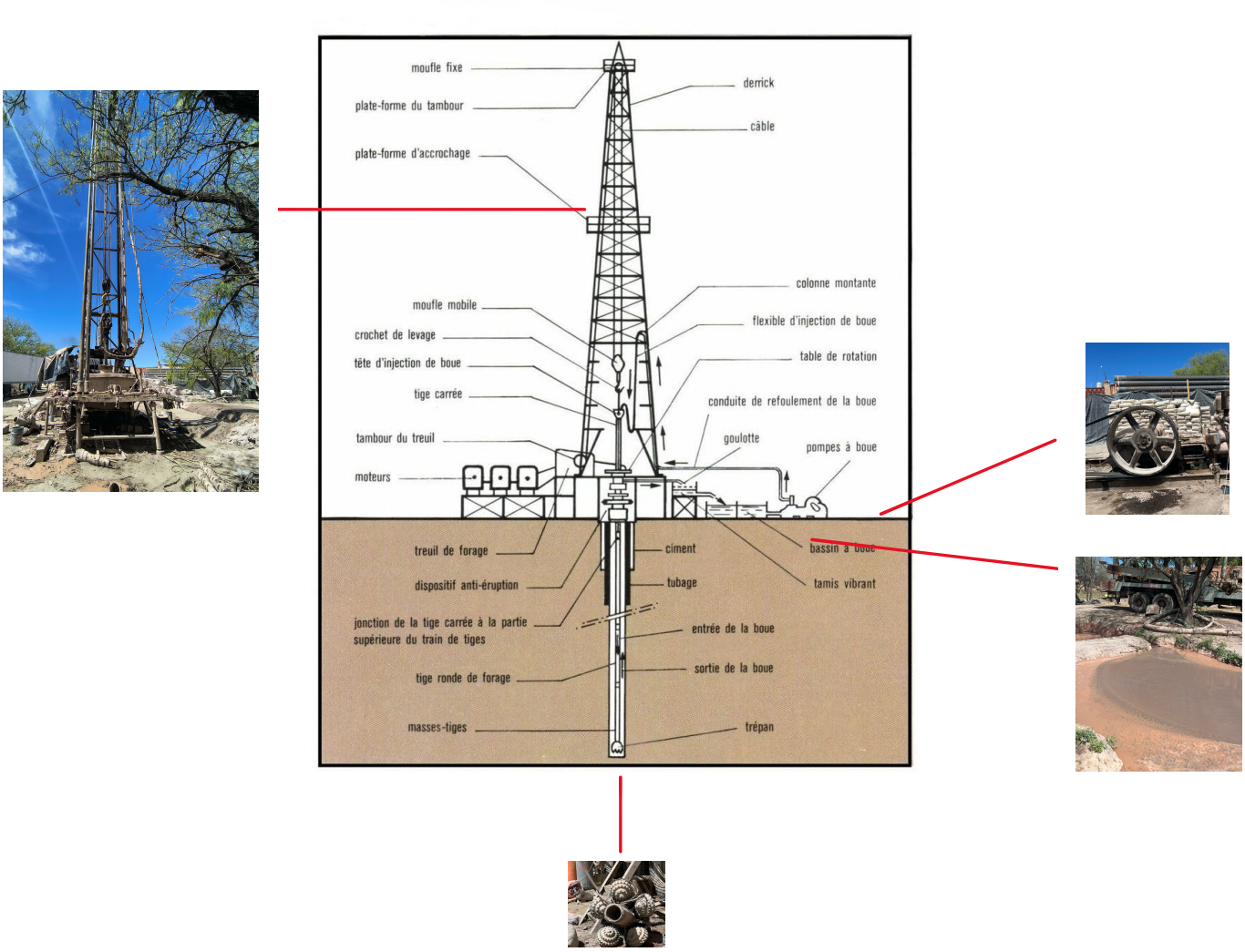
Face à l'abaissement critique du niveau piézométrique de l'aquifère, l'INAGUA est contraint de maintenir une stratégie d'extraction intensive afin de garantir la continuité de l'approvisionnement public urbain en eau potable. Cette gestion par défaut se déploie sur le terrain à travers deux phases d'ingénierie lourde.

1.1) Phase n°1 : Perforation

La mise en œuvre de ce volet s'est concrétisée par un forage exécuté entre novembre 2025 et avril 2026 dans la communauté de *Villas de Guadalupe* (Jesús Maria). Atteignant une profondeur record de 550 mètres pour un investissement public de 8,9 millions de pesos, cet ouvrage de génie civil sécurise l'accès immédiat à l'eau de 2 132 habitants via l'injection d'un débit de 20 l/s dans le réseau.

L'extraction de la roche repose sur une foreuse principale dont le mât vertical soutient un train de tiges d'acier, prolongé à son extrémité par un trépan qui broie les couches géologiques avec un couple de rotation important. Pour évacuer les débris et stabiliser les parois avant le tubage, de la boue benthonique (composée d'eau et d'argile) est injectée sous pression à travers le trépan. Ce fluide remonte les sédiments à la surface via l'espace annulaire et circule en boucle fermée à travers deux bassins successifs. Dans un premier temps, le bassin de décantation permet à la boue de ralentir sa course, ce qui amène les fragments rocheux les plus lourds à se déposer au fond par gravité. Dans un second temps, le bassin d'aspiration permet au fluide clarifié de s'écouler par débordement avant d'être réaspiré et réinjecté dans le puits, purgeant ainsi le forage en continu.

Figure n°26 : Schéma du chantier de perforation du puit dans la communauté de *Villas de Guadalupe*



Source : Pereira, 2026, à partir des données collectées lors d'un stage de terrain INAGUA de mars 2026 à juin 2026 réalisé avec Canva.

1.2) Phase n°2 : Équipement électromécanique

Une fois le forage brut sécurisé et tubé, la seconde étape consiste en l'aménagement électromécanique de surface afin de transformer le puits passif en un système d'injection dynamique. Cette phase est illustrée par le chantier de *Tepetates* (Jesús María), mené entre août 2025 et avril 2026. Pour un investissement de 13,33 millions de pesos, cet ouvrage approvisionne 1 688 habitants avec un débit de 25 l/s, selon une configuration structurée en quatre axes.

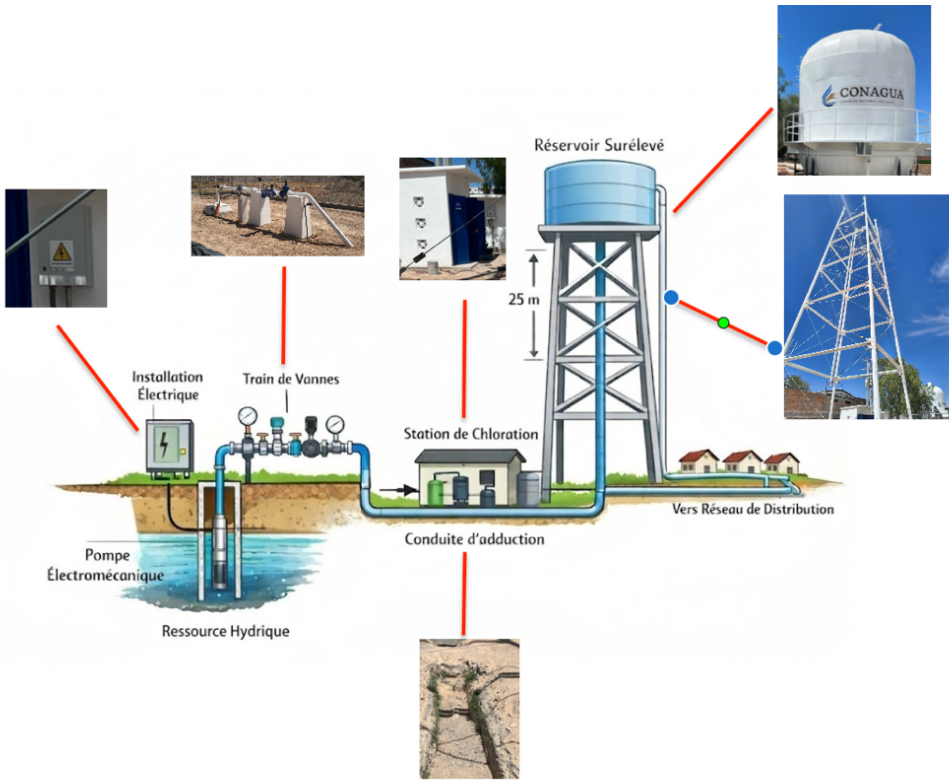
- l'extraction : au fond du forage, une pompe électromécanique submersible et ses turbines propulsent l'eau vers la surface ; ce cœur hydraulique est alimenté par une installation électrique dotée de variateurs de fréquence pour réguler le moteur.

- le contrôle et la régulation : dès sa remontée, le fluide traverse un train de vannes (vannes de régulation, compteurs volumétriques et clapet anti-retour) permettant de calibrer précisément le débit.

- le traitement chimique et le transport : la ressource pénètre dans une station de chloration automatisée où l'injection d'hypochlorite garantit sa potabilité réglementaire, avant d'être injectée sous pression dans une conduite d'adduction principale.

- le stockage et la distribution gravitaire : le cycle s'achève dans un réservoir surélevé à 25 mètres d'une capacité de 73 m³ ; cette réserve stratégique utilise la gravité pour mettre le réseau sous pression constante, assurant l'alimentation naturelle des foyers de consommation.

Figure n°27 : Schéma de l'équipement électromécanique du puit dans la communauté de *Tepetates*



Source : Pereira, 2026, à partir des données collectées lors d'un stage de terrain INAGUA de mars 2026 à juin 2026 réalisé avec Canva.

2) Les infrastructures d'assainissements comme maillons de régénération environnementale

2.1) Présentation générale du réseau des usines de traitement des eaux usées (PTAR)

Parallèlement au maintien capacitaire de l'extraction souterraine, le traitement des effluents constitue le second pilier des actions techniques menées par l'INAGUA. En effet, la maîtrise de ce cycle d'épuration s'avère indispensable pour freiner la dégradation des milieux superficiels et préparer le terrain à une future économie circulaire de la ressource.

À l'échelle de l'État, l'INAGUA supervise un réseau de 36 usines de traitement des eaux usées (*Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales* – PTAR). Parmi cet ensemble d'infrastructures, un groupe de 5 stations d'envergure majeure se détache par son positionnement stratégique le long des marges de la rivière *San Pedro*. Ces cinq usines principales ont été conçues pour capter et traiter l'essentiel des eaux usées de l'État. Elles affichent une capacité nominale cumulée de 2 900 l/s, ce qui équivaut au traitement de 91,45 millions de m3 d'eaux usées par an.

Figure n°28 : Répartition spatiale des cinq PTAR

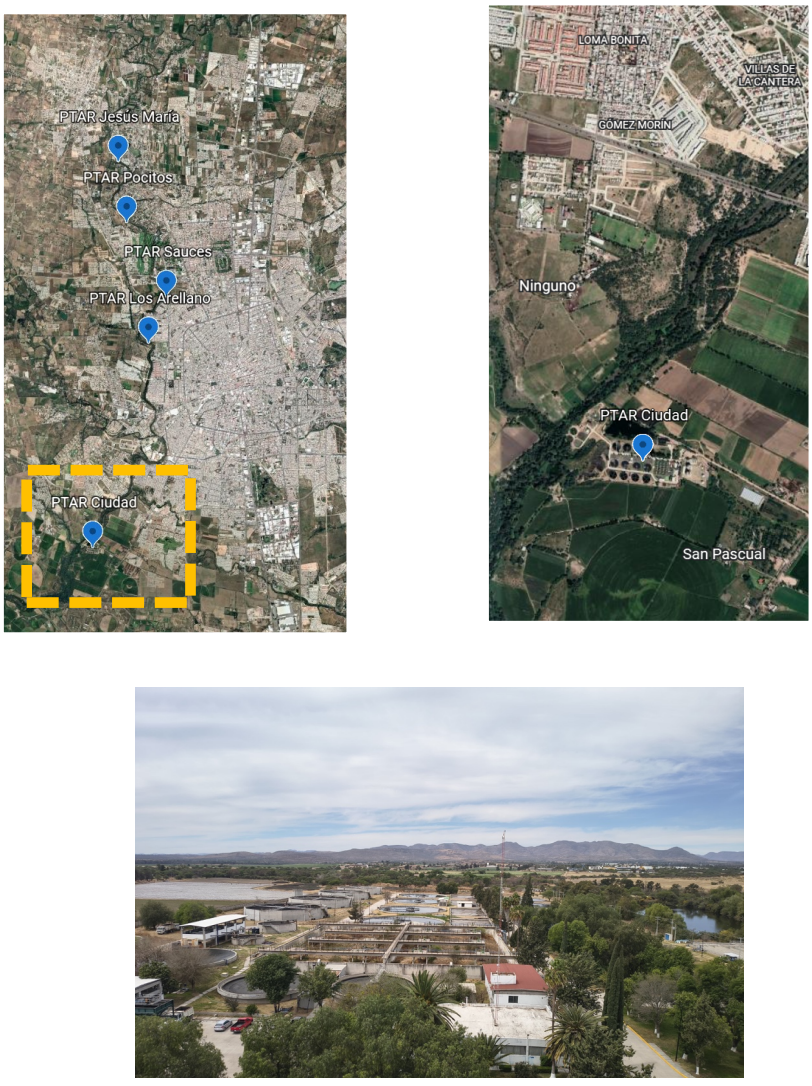


Source : Pereira, 2026, à partir des données collectées lors d'un stage de terrain INAGUA de mars 2026 à juin 2026 réalisé avec Google Earth

2.2) Étude de cas : la PTAR « *La Ciudad* », un exemple de référence du réseau d'assainissement dans l'État

Pour analyser la rigueur de ces processus, l'observation s'est concentrée sur la PTAR « *La Ciudad* », l'infrastructure la plus importante de l'État d'Aguascalientes.

Figure n°29 : Répartition spatiale de la PTAR « *La Ciudad* »



Source : Pereira, 2026, à partir des données collectées lors d'un stage de terrain INAGUA de mars 2026 à juin 2026.

Mise en service en 1992 pour centraliser l'assainissement de la zone urbaine, cette PTAR dispose à elle seule d'une capacité opérationnelle de 2 000 l/s, traitant environ 60 millions de m3 par an. Son cycle de traitement technique s'articule autour de quatre verrous sanitaires stricts.

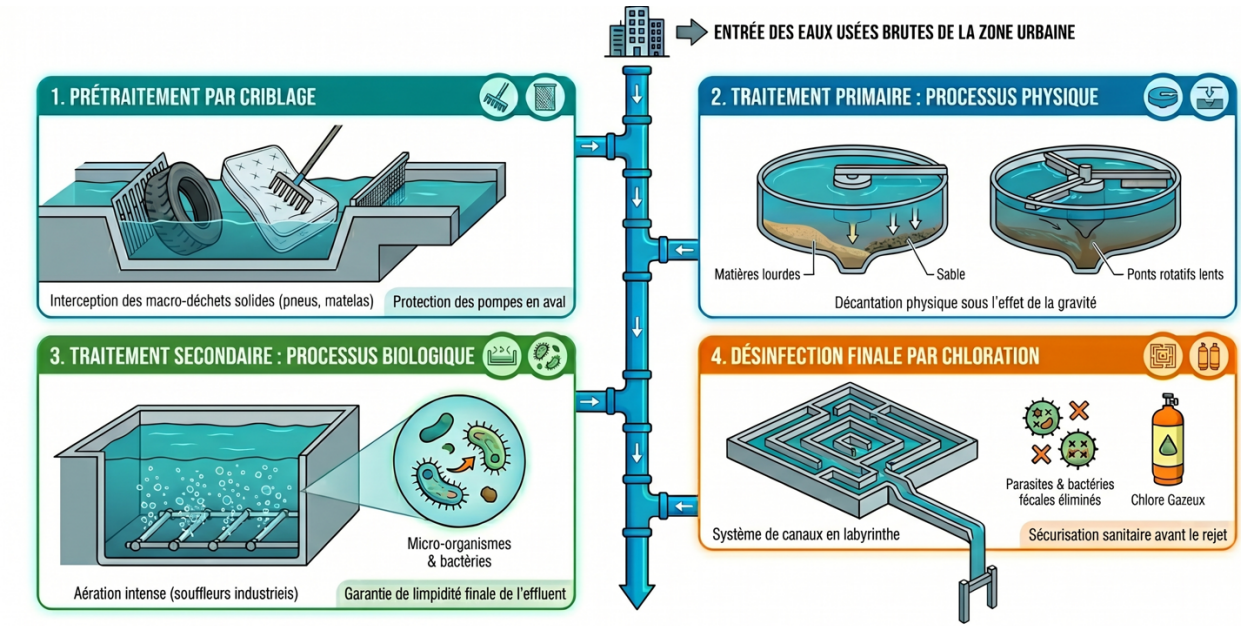
- le prétraitement par criblage (processus mécanique) : le flux brut traverse des grilles et des râbles mécaniques successives afin d'intercepter les macro-déchets solides (pneus, matelas) et de protéger l'intégrité des pompes en aval.

- le traitement primaire (processus physique) : au sein de désableurs circulaires et de bassins de sédimentation, les matières lourdes décantent par gravité ; des ponts rotatifs lents raclent le sol pour repousser et évacuer ces boues.

- le traitement secondaire (processus biologique) : des souffleurs injectent de l'oxygène sous pression dans des bassins aérés pendant 15 à 25 minutes ; cet apport permet aux bactéries aérobies de digérer la matière organique dissoute, transformant la pollution trouble en boues décantables.

- la désinfection finale (chloration) : la station injecte du chlore gazeux au sein d'un système de canaux en labyrinthe ; ce parcours sinueux maximise le temps de contact avec le fluide, éliminant parasites et bactéries fécales avant le rejet.

Figure n°30 : Schéma du cycle du traitement des eaux usées de la PTAR « *La Ciudad* »



Source : Pereira, 2026, à partir des données collectées lors d'un stage de terrain INAGUA de mars 2026 à juin 2026 réalisé avec Canva.

L'activité de cette PTAR apporte un levier d'action fondamental face à la crise hydrique estatale en requalifiant l'eau usée en ressource alternative. Cette eau traitée non potable fait l'objet d'une triple valorisation stratégique, à commencer par un usage agricole majeur où l'apport de ces effluents riches en nutriments (azote et phosphore) permet d'irriguer les cultures locales, limitant ainsi les prélèvements directs dans l'aquifère. Parallèlement, un usage récréatif ciblé assure l'arrosage des terrains de football du Club *Necaxa*, la maintenance des jardins de l'Île *San Marcos* et le remplissage des lacs artificiels du parc *Rodolfo Landeros*. Enfin, ce cycle se clôt par un usage environnemental crucial : le rejet de l'effluent dans le lit de la rivière *San Pedro* maintient le débit écologique minimal du cours d'eau, préservant ainsi cet écosystème de surface de l'asphyxie face aux sécheresses récurrentes et aux pressions anthropiques. Cette dynamique globale de réutilisation circulaire permet d'atténuer durablement la pression hydrogéologique en substituant systématiquement l'eau traitée aux prélèvements d'eau pure dans l'aquifère *Valle de Aguascalientes* pour l'ensemble des besoins de surface.

B) Volet sociétal : la construction d'une culture collective de l'eau

Parallèlement aux infrastructures d'ingénierie lourde, l'INAGUA déploie un second axe stratégique indispensable pour garantir la viabilité à long terme des ressources de l'État. Ce volet sociétal repose sur le postulat que la résolution de la crise hydrique ne peut être uniquement technique : elle exige une transformation profonde des comportements et l'émergence d'une véritable culture de l'eau. Cette philosophie cherche à lier le développement des activités humaines (qu'elles soient économiques, sociales, culturelles, alimentaires ou récréatives) à un usage responsable de la ressource hydrique. Conçue comme une réponse aux défis de la déconnexion croissante entre les jeunes générations et leur milieu naturel, cette initiative s'appuie sur une pédagogie participative et inclusive afin de faire émerger une conscience écologique adaptée au contexte socio-territorial de l'État d'Aguascalientes.

1) Les Espaces de Culture de l'Eau (ECA) comme vecteurs de sensibilisation environnementale

Pour traduire cette vision en actions sur le terrain, l'INAGUA supervise un réseau de 26 Espaces de Culture de l'Eau (*Espacios de Cultura del Agua* - ECA). Issu d'un programme national initié en 1999, ce dispositif s'organise aujourd'hui autour d'un réseau réparti stratégiquement au sein des 11 municipalités de l'État. Un ECA se définit comme un lieu physique, permanent et ouvert au public en général. La mission fondamentale de ces espaces est d'impulser une gestion participative de l'eau, s'inscrivant dans la vision à long terme d'un pays garantissant une ressource suffisante, sécurisée et

rigoureusement administrée. Ainsi, l'objectif principal de ce dispositif est de générer une prise de conscience profonde au sein de la population afin de l'inciter à adopter des habitudes éco-responsables au quotidien. À travers le déploiement de campagnes médiatiques, la distribution de matériel informatif et l'accueil de groupes cibles, les ECA s'imposent alors comme les moteurs de cette transition comportementale / sociétale.

1.1) Échelles de gouvernance

Le réseau des ECA se structure autour de deux grandes échelles de gouvernance, à savoir la gestion publique et la gestion privée. Le modèle public se divise à son tour en deux niveaux de responsabilités : le niveau municipal (représenté par les 11 organismes opérateurs de l'État d'Aguascalientes qui composent chacun leur propre ECA) et le niveau estatal (administré par la SMAA, le Ministère de la durabilité, de l'environnement et de l'eau de l'État d'Aguascalientes). Parallèlement, le modèle privé regroupe les structures et initiatives portées de manière indépendante par les acteurs du secteur privé.

1.2) Pluralité des infrastructures éducatives

Indépendamment de leur statut juridique, les ECA publiques et privés se matérialisent sur le terrain à travers un ensemble d'infrastructures concrètes dédiées à la sensibilisation des jeunes citoyens. Ce réseau englobe ainsi des parcs, des campements, des musées thématiques, ainsi que des centres et campus d'éducation environnementale.

1.3) Leviers d'intervention opérationnels de l'INAGUA

Les actions de l'INAGUA au sein des ECA s'articulent autour de trois leviers d'intervention complémentaires. Dans un premier temps, l'INAGUA est en charge de l'équipement et la modernisation des infrastructures éducatives. Cette démarche se concrétise par l'allocation de mobiliers adaptés aux ateliers collectifs (tables, chaises, présentoirs), d'outils informatiques (ordinateurs de bureau) ainsi que de dispositifs audiovisuels (projecteurs, systèmes de sonorisation et casques de réalité virtuelle). Dans un second temps, l'INAGUA conçoit et anime des événements de sensibilisation environnementale[120] à l'échelle locale, prenant en charge l'intégralité de la logistique et du personnel nécessaire. Ces événements ciblent en priorité le milieu scolaire pour transmettre les

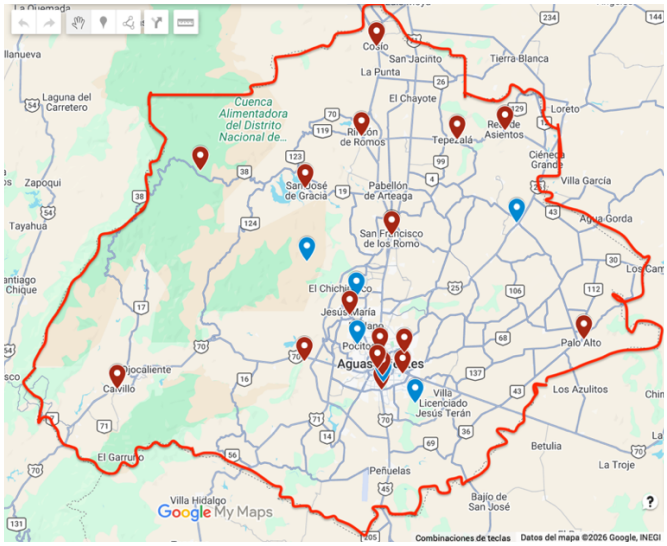
[120] Ces événements de sensibilisation se déploient principalement au sein des Espaces de la Culture de l'Eau (ECA) gérés par les organismes opérateurs municipaux de l'État d'Aguascalientes, à l'instar du MIAA (municipalité d'Aguascalientes), de OOSAC (Calvillo) ou encore de la CAPAS (Jesús María).

enjeux de la préservation de l'eau dès le plus jeune âge. Enfin, dans un troisième temps, l'INAGUA est en charge de la conception et de la remise de matériels didactiques spécialisés (supports pédagogiques[121] physiques ou numériques).

1.4) Bilan de l'impact

Entre 2023 et 2025, c'est un total de 225 876 personnes qui ont été sensibilisées grâce au déploiement des actions du réseau des Espaces de Culture de l'Eau au sein de l'État d'Aguascalientes.

Figure n°31 : Répartition spatiale des 26 ECA dans l'État d'Aguascalientes



Marqueur rouge : ECA publiques
Marqueur bleu : ECA privés
Contour rouge : localisation de l'État d'Aguascalientes

Source : Pereira, 2026, à partir des données collectées lors d'un stage de terrain INAGUA de mars 2026 à juin 2026 réalisé avec Google Map

[121] Voici quelques exemples : dispositifs de démonstration des eaux souterraines, coloriages, livrets pédagogiques « *Recomendaciones para ahorrar agua"*et *"Amigos del agua",* jeux interactifs de dominos, seaux et tuyaux d'arrosage, ainsi que des triptyques d'information sur l'empreinte hydrique.

2) Étude de cas : Le Centre Écologique « *Los Cuartos* », un exemple d'ECA pionnier et leader dans l'État

2.1) Origines et évolution historique

L'ancrage territorial du Centre Écologique *« Los Cuartos »* s'inscrit dans un patrimoine historique remarquable, dont les origines remontent à la fin du XVIe siècle. Ancienne Hacienda, cet espace a été intégré au vaste majorat de la famille *Rincón Gallardo*. Située dans la ville de Jesús María, la bâtisse devient alors un point de passage essentiel sur le réseau routier colonial du *Camino Real*[122]. À la suite de la dissolution du majorat des *Rincón Gallardo*, la gestion de l'Hacienda a profondément évolué. Au cours du XIXe siècle, l'activité pastorale a été progressivement remplacée par l'agriculture, spécialisée dans la culture et la mouture de céréales. Enfin, après plusieurs changements de propriétaires, l'histoire prend un tournant décisif en 1992 lorsque la propriété sera officiellement léguée à la Fondation *Miguel Ángel Barberena Vega, A.C* pour la transformer en un espace d'utilité publique dédié à l'éducation environnementale.

2.2) Cadre institutionnel, missions et vision de la fondation

La Fondation *Miguel Ángel Barberena Vega, A.C* est une organisation non gouvernementale. Elle se définit comme une association civile laïque, sans affiliation partisane, raciale ou religieuse. S'imposant historiquement comme le tout premier centre d'éducation et de culture environnementale de l'État d'Aguascalientes, cette structure contribue depuis plus de trois décennies à façonner une authentique conscience écologique à l'échelle locale, régionale et nationale.

Son objectif principal est de développer et d'appliquer des programmes d'éducation environnementale capables de générer un véritable changement d'attitude face aux milieux naturels et sociaux, en s'appuyant sur des actions concrètes applicables au quotidien. Sa mission est de promouvoir activement la culture de la durabilité par le biais de projets éducatifs rigoureux s'adressant aux établissements scolaires de tous niveaux, de l'éducation de base (primaire) jusqu'à l'enseignement moyen supérieur et supérieur (universitaire).

[122] Principale route commerciale coloniale espagnole reliant la ville de Mexico au nord du pays, essentielle pour transporter l'argent des mines et ravitailler la région.

2.3) L'apprentissage expérientiel comme modèle pédagogique

Le centre a structuré son modèle autour de l'apprentissage expérientiel. Contrairement aux modèles conventionnels, cette approche place l'apprenant comme protagoniste de son propre savoir. Le processus s'inverse : il ne part pas d'une théorie abstraite, mais d'une observation concrète et particulière de ce qui vient de se passer, pour ensuite formuler des hypothèses et des concepts généraux. Cette confrontation directe avec des situations réelles stimule la motivation intrinsèque de l'apprenant, renforce sa structure cognitive et optimise durablement la rétention des connaissances.

Cette méthodologie s'aligne directement sur le modèle de John Dewey[123]. Cette approche démontre que l'expérience seule ne suffit pas : elle doit s'articuler autour d'une interaction directe et d'un cycle de réflexion personnelle en quatre phases distinctes : *l'expérience concrète, la réflexion, la conceptualisation abstraite*, et enfin *l'application*, qui permet de transférer le nouveau savoir vers d'autres situations du quotidien.

Les avantages de cette méthode sont nombreux. Tout d'abord, au niveau personnel, elle ouvre un espace de croissance et de prise de conscience de soi par la réflexion constante. Elle modifie les attitudes, les perceptions et les comportements, tout en renforçant le leadership, l'estime de soi, la prise de décision et l'acceptation des risques. Ensuite, au niveau collectif, elle favorise l'équité en plaçant les participants sur un même pied d'égalité. Le contexte de groupe accélère l'apprentissage, améliore l'intégration et le travail en équipe dans un environnement sain et productif, facilitant des changements positifs durables.

2.4) Cadre opérationnel sur le terrain

Le déploiement des actions de sensibilisation du centre repose sur une offre diversifiée d'activités immersives, telles que des visites guidées, des campements, des ateliers pratiques et des formations. La mise en œuvre de ces programmes s'appuie sur une approche ludo-pédagogique variée, combinant le jeu, l'exploration, l'interprétation, le contact avec la nature et l'expérimentation scientifique. Pour encadrer ces activités, le département s'appuie sur une équipe pluridisciplinaire de professionnels (sciences environnementales, biologie, pédagogie, éducation physique), tous formés à la psychologie de l'enfance et certifiés en premiers secours. En connectant structurellement la théorie et la pratique,

[123] Philosophe pragmatiste américain (1859-1952), théoricien de l'éducation démocratique et de l'apprentissage par l'expérience.

le Centre Écologique *« Los Cuartos »* transforme des stimuli physiques et environnementaux en un savoir significatif, transférable et fonctionnel pour la société d'Aguascalientes.

Figure n°32 : Évolution de l'Hacienda *« Los Cuartos »* : de l'état de ruine (1989) à sa reconversion actuelle (2026)



Source : Pereira, 2026, photographie prise lors d'une visite au Centre Écologique « Los Cuartos » (Jesús María, Aguascalientes).

2.5) Typologie des expériences d'apprentissage

Pour matérialiser le modèle d'apprentissage théorique de John Dewey analysé précédemment, le Centre Écologique *« Los Cuartos »* déploie sur le terrain une série d'expériences didactiques et participatives. Conçues selon des méthodologies strictement ludo-pédagogiques, ces dynamiques permettent d'inverser le modèle éducatif traditionnel : elles placent le visiteur au centre de l'action pour lui faire comprendre, par la manipulation et le jeu les enjeux de la préservation de la ressource hydrique. Trois ateliers spécifiques illustrent cette mise en pratique.

- La modélisation de l'efficience des réseaux de distribution : atelier « *Las Canaletas »*

Cette activité fonctionne comme une métaphore systémique de l'infrastructure hydraulique d'Aguascalientes. Le but du jeu est de transporter des balles le long d'une chaîne humaine à l'aide de sections de tuyaux en PVC, sans jamais les toucher avec les mains, jusqu'à des récipients représentant les secteurs agricole, industriel et domestique. Face aux balles qui s'échappent, les enfants matérialisent visuellement les fuites du réseau de distribution d'eau potable. Cette contrainte les force à coopérer activement pour synchroniser leurs mouvements, comprenant ainsi l'urgence d'optimiser l'efficience du transport de l'eau.

- La dualité quantitative-qualitative : atelier « *De la esponja a tu sector* »

Répartis en équipes sectorielles, les enfants ont pour mission de transférer un maximum de liquide entre deux bassines à l'aide d'une seule éponge. La dynamique met en évidence la tension entre rendement et préservation : en se précipitant pour maximiser le volume, les enfants risquent de faire traîner l'éponge et de charger l'eau en impuretés. Ils expérimentent ainsi de manière empirique que la course aux volumes ne doit pas se faire au détriment de la qualité sanitaire de la ressource.

- La vulgarisation scientifique des processus hydrogéologiques : atelier *« Descubriendo el acuífero subterráneo* »

Complément scientifique indispensable aux ateliers dynamiques, cette activité s'appuie sur l'observation active d'une maquette tridimensionnelle simulant une coupe technique du sous-sol (strats de terre, de sable et de roche). En versant de l'eau et des colorants sur le support, les enfants décodent en direct les processus invisibles de filtration et de recharge naturelle. Cette manipulation leur permet de conceptualiser l'impact immédiat des polluants de surface sur l'aquifère profond qui alimente l'État.

Figure n°33 : Représentations visuelles des ateliers éducatifs selon leur ordre d'apparition dans l'étude





Source : Pereira, 2026, photographies prises lors d'une visite au Centre Écologique « Los Cuartos » (Jesús María, Aguascalientes).

IV) Analyse critique de l'observation

L'immersion au sein de l'INAGUA a permis de confronter les cadres théoriques de la gestion publique aux réalités complexes d'un territoire en situation de stress hydrique extrême. Cette phase d'analyse critique met en lumière les barrières structurelles (qu'elles soient d'ordre politique, technique, financier ou socioculturel) qui freinent la mise en œuvre d'une transition hydrique durable.

A) Limites politico-institutionnelles

1) Court-termisme politique face au temps long hydrogéologique

Dans un premier temps, il existe un décalage fondamental entre les cycles naturels de renouvellement des ressources hydriques et les agendas politiques. Alors que la durabilité de l'aquifère exige une planification sur plusieurs décennies, la gestion locale se retrouve prisonnière d'une « temporalité électorale » qui court-circuite le temps long hydrogéologique. Ce phénomène s'articule autour de deux contraintes majeures. D'une part, la rotation rapide et asynchrone des mandats[124] provoque un renouvellement systématique des équipes de l'INAGUA[125]. D'autre part, les décideurs privilégient une « politique du paraître », caractérisée par des réponses d'urgence immédiates, visibles et esthétiques[126] facilement mesurables par l'électorat. À l'inverse, la réhabilitation des infrastructures internes, pourtant cruciale face aux 50 % de pertes en ligne du réseau, est délaissée car ces travaux invisibles n'offrent aucun prestige politique. Cette rationalité électorale s'opère ainsi au détriment d'une planification hydrique durable.

2) Inégalités spatiales et mise en scène institutionnelle

Cette quête d'exposition sur la scène publique s'accompagne d'une profonde injustice spatiale dans la distribution de la ressource. Les investissements et le maintien d'un service continu sont concentrés dans les zones résidentielles aisées, où résident les élites politiques et les classes influentes. Les quartiers populaires, quant à eux, subissent de plein fouet les *tanteos* (le rationnement de l'eau par tranches horaires). Ce traitement différencié est purement politique : priver les secteurs favorisés d'un accès continu à l'eau déclencherait une perte de légitimité immédiate pour les élus.

---

[124] Le mandat du président de la République dure 6 ans, celui du gouverneur de l'État 5 ans, et celui des maires 3 ans.
[125] Ce mécanisme empêche toute continuité administrative et condamne l'institution à une vision à court terme, calquée sur la temporalité restreinte de sa propre direction.
[126] Telles que l'aménagement de parcs, le forage de nouveaux puits ou des chantiers urbains d'envergure.

Cette logique a directement biaisé mon expérience de terrain : en tant que stagiaire occidentale, mon statut a réactivé des dynamiques asymétriques où le regard européen est inconsciemment perçu comme une instance d'évaluation. Soucieuse de sa réputation, la direction a orchestré une véritable mise en scène institutionnelle m'orientant systématiquement vers ses réalisations les plus valorisantes afin de projeter une illusion de modernité et occulter la réalité de la crise hydrique.

3) Clivage politique

Également, l'action publique est asphyxiée par un clivage politique qui transforme la gestion de l'eau en un terrain d'affrontement électoral. En effet, la validation des projets stratégiques dépend du gouvernement fédéral (sous la bannière de MORENA[127]), tandis que l'exécution et la gestion locale incombent à l'État (gouverné par le PAN[128]). Cette opposition frontale entre les échelles territoriale et fédérale bloque le cofinancement, l'approbation et le lancement des chantiers au sein de l'INAGUA. Cette polarisation paralyse l'avancée des projets, chaque niveau de gouvernement refusant de céder le moindre capital politique à l'autre. Cette inertie budgétaire a directement impacté mon stage : l'absence de fonds et l'abandon des projets[129] ont considérablement réduit l'activité opérationnelle de l'institut, me privant de missions concrètes sur le terrain et limitant mon rôle à une observation passive.

4) Clientélisme institutionnel

Au-delà des blocages externes, cette logique partisane s'infiltre dans la gestion interne des ressources humaines. Le recrutement au sein de l'INAGUA répond en effet à des dynamiques de partis politiques plutôt qu'à des critères de spécialisation technique. L'accès aux postes décisionnels est fortement conditionné par l'allégeance politique au PAN. Cette situation s'inscrit dans une culture politique partisane implantée à l'échelle locale depuis près de trente ans[130]. Les réseaux d'interconnaissance et les dynamiques clientélistes ne sont donc pas des dérives récentes : ils se sont solidifiés à travers trois décennies de domination politique continue. Aujourd'hui, l'attribution des postes de direction à des

[127] MORENA (*Movimiento de Regeneración Nacional*) : Parti de gauche, actuellement au pouvoir à l'échelle fédérale (sous la présidence de Claudia Sheinbaum Pardo 2024/2030). Sa ligne politique est marquée par une volonté de centralisation et de contrôle étatique des ressources stratégiques.
[128] PAN (P*artido de Acción Nacional*) : Parti de droite conservatrice, actuellement au pouvoir à l'échelle estatal (sous la gouverneure María Teresa Jiménez Esquivel 2022/2027). Il prône traditionnellement une approche plus favorable au secteur privé et s'oppose frontalement aux directives centralisatrices du gouvernement fédéral.
[129] Nous pouvons prendre l'exemple ici du projet « *Agua Segura* » évoqué précédemment dans cette étude.
[130] En effet, le PAN dirige l'État d'Aguascalientes depuis 1998.

cadres issus d'équipes municipales alliées en est l'illustration parfaite[131]. Ce mécanisme tend à transformer l'institution en une simple extension politique du parti au pouvoir. Par conséquent, la compétence technique s'efface devant des critères de fidélité politique. Ce manque de spécialisation fausse complètement l'analyse des projets et empêche une gestion objective de la crise de l'eau. Cette configuration a grandement complexifié mon travail de recherche : j'ai dû constamment déconstruire la parole de mes interlocuteurs pour démêler le discours politique de la réalité technique.

5) Manque de transparence des données

Une autre limite majeure réside dans le manque de transparence des données hydrogéologiques. En l'absence d'un cadre législatif contraignant en matière de transparence, les plateformes publiques diffusent des informations obsolètes, contradictoires ou falsifiées. Officiellement, l'administration justifie cette défaillance par des coupes budgétaires survenues lors de l'alternance fédérale passée[132]. Cette justification institutionnelle, avancée par des agents ouvertement partisans[133], doit être analysée avec un recul critique : elle sert avant tout à rejeter la responsabilité sur un adversaire national pour masquer les carences locales.

De plus, ce blocage informationnel dépasse les frontières locales via un verrouillage numérique géographique restrictif[134]. Cette politique de rétention d'information a ainsi grandement complexifié le travail de collecte de données sur le terrain, illustrant la difficulté d'accéder à des sources fiables pour la recherche scientifique.

6) Contrôle de l'information

Enfin, cette volonté de contrôle de l'information s'est directement matérialisée lors de mon stage par l'obligation de rédiger un rapport final fortement orienté. J'ai été profondément choquée par la pression institutionnelle exercée pour transformer un document d'analyse critique en un plaidoyer valorisant exclusivement les actions du directeur de l'INAGUA, et ce, dans un contexte critique d'urgence hydrique. Cette exigence de « politiser » mes conclusions techniques pour satisfaire la

[131] L'actuel directeur général de l'INAGUA est lui-même l'ancien maire de la ville de Jesús María.
[132] L'INAGUA attribue formellement la perte de ses techniciens de données aux restrictions budgétaires de 2012, période marquant le passage de la présidence fédérale du PAN au PRI.
[133] Les cadres interrogés partagent majoritairement la ligne politique de l'administration étatique actuelle (PAN).
[134]Plusieurs cartographies et bases de données officielles de l'aquifère sont inaccessibles depuis l'étranger (notamment depuis la France) sans l'utilisation d'un réseau privé virtuel (VPN). Un verrouillage numérique face auquel l'INAGUA oppose un mutisme complet…

communication politique de la structure met en exergue la difficulté extrême (voire l'impossibilité) de maintenir une posture de neutralité scientifique et d'indépendance d'esprit au sein d'une administration publique aussi polarisée.

B) Limites techniques

1) Les chantiers de perforation (*Villas de Guadalupe)* et d'électrification (*Tepetates*)

L'analyse croisée des chantiers de perforation à *Villas de Guadalupe* et d'électrification à *Tepetates* révèle une contradiction structurelle majeure entre l'ingénierie d'urgence et la durabilité environnementale, matérialisée par deux limites interconnectées.

1.1) Forer plus profond : l'illusion d'une solution durable

Dans un premier temps, devoir forer jusqu'à une profondeur record de 550 mètres pour capter un faible débit (20 à 25 l/s) est la preuve matérielle de l'épuisement critique de l'aquifère *Valle de Aguascalientes*. Il existe un décalage absolu entre la vitesse d'extraction mécanique de l'eau et le taux naturel de recharge de l'aquifère, qui est quasi nul. Dès lors, la perforation de nouveaux puits profonds s'apparente à une réponse palliative : si elle garantit une sécurité hydrique immédiate en gérant l'urgence sociale, elle relève d'une logique de crise[135]. Ainsi, elle ne constitue en aucun cas une solution durable pour lutter contre la crise hydrique. De plus, cette dernière révèle une contradiction systémique : la volonté d'extraire toujours plus de ressources s'avère inefficace face à un réseau de distribution obsolète, dont la vétusté entraîne la perte de plus de la moitié de l'eau injectée. Pourtant, la réhabilitation des infrastructures permettrait de récupérer au moins 10 000 litres d'eau par mois par foyer. La priorité réside donc dans la maintenance technique. Forer sans réparer revient à alimenter un réseau structurellement déficitaire, transformant ce lourd déploiement de moyens en un gaspillage avéré.

2.2) L'explosion des coûts d'extraction et de traitement

Dans un second temps, ce mécanisme de perforation engendre une explosion des coûts d'extraction et de traitement de l'eau. D'une part, l'abaissement de l'aquifère augmente la puissance hydrostatique

[135] En exploitant ainsi des eaux fossiles non renouvelables stockées dans des formations volcaniques et sédimentaires.

à vaincre : le pompage mécanique exige une consommation électrique massive[136], devenant le premier poste de dépenses. D'autre part, l'extraction à des profondeurs records libère une eau lourdement chargée en métaux lourds. Pour faire face à cette pollution, l'institut subit des coûts de traitement insoutenables, l'obligeant à investir massivement dans de lourdes infrastructures de potabilisation.

2) Les stations de traitement des eaux usées PTAR

Le réseau de traitement de l'INAGUA souffre d'un sous-rendement chronique, les PTAR n'exploitant qu'à peine 60% de leur capacité[137]. Cette inefficacité repose d'abord sur une précarité financière. Cette fragilité est accentuée par des vols récurrents de matériel[138], qui entraînent de lourdes pertes économiques et dégradent directement la qualité du volume d'eau traité. De plus, le fonctionnement se heurte également à un manque critique de personnel au sein des équipes de travail et à un déficit de formation technique standardisée, ce qui empêche le maintien des usines dans un état optimal.

3) L'absence d'équipements de sécurité sur le terrain

Les observations menées lors de visites techniques ont révélé une absence d'Équipements de Protection Individuelle[139] (EPI). Cela révèle que l'application des normes de sécurité au travail est insuffisante, exposant les agents à des risques sanitaires et corporels directs en milieu industriel et pollué.

C) Limites socioculturelles

Enfin, la mise en œuvre du volet sociétal via les Espaces de la Culture de l'Eau (ECA) se heurte également à certaines limites, qui se manifestent cette fois-ci sur le plan socioculturel.

[136] En effet, plus la nappe profonde s'abaisse sous l'effet de l'extraction intensive, plus l'énergie électrique requise pour faire remonter le fluide depuis les profondeurs est élevée.
[137] Les 5 PTAR affichent une capacité installée de 2 900 l/s (91,45 millions de m³ par an), mais n'en traitent en moyenne que 1 762 l/s (55,6 millions de m³).
[138] Les infrastructures subissent d'importants vols de câblages, d'équipements techniques et d'éléments de génie civil, mettant en péril la sécurité des opérateurs.
[139] Les opérations se déroulaient généralement sans casques de chantier et bottes de sécurité adaptées (pourtant indispensables pour se protéger des chutes de matériels ou des manœuvres des grues) ainsi que sans masques de protection (essentiels pour se prémunir contre l'inhalation de particules et de composés chimiques toxiques volatils).

1) L'élitisme des structures : un accès inégalitaire à l'éducation environnementale

Tout d'abord, l'observation de terrain montre que le public fréquentant les ECA appartient principalement aux classes socio-économiques favorisées. Ces dernières affichent des pratiques de surconsommation ancrées dans un modèle capitaliste énergivore[140] , allant à l'opposé des principes de sobriété enseignés. Dès lors, faire évoluer les mentalités s'avère extrêmement complexe face à un public qui dispose des ressources financières pour s'affranchir individuellement des contraintes de la pénurie hydrique. Ce constat met en lumière une profonde injustice spatiale et sociale : l'accès à l'information, au savoir et à l'enseignement écologique demeure un privilège économique, excluant les classes populaires qui subissent pourtant la crise hydrique au quotidien.

2) L'infantilisation des contenus et le manque de vulgarisation scientifique

Les activités déployées au sein des ECA adoptent une approche pédagogique jugée trop enfantine ou ludique. Les ateliers se limitent souvent aux mêmes écogestes de base, omettant les problématiques techniques cruciales telles que le processus de réutilisation des eaux usées des PTAR. Ce déficit d'éducation scientifique vulgarisée alimente une forte méfiance citoyenne vis-à-vis de l'eau réutilisée par les stations d'épuration[141]. L'absence de discours technique accessible bloque ainsi l'acceptation sociale de cette ressource alternative, pourtant indispensable à la transition.

Les éléments analysés au fil de cette deuxième partie montrent que l'INAGUA met en place une démarche de gestion à la fois concrète et ancrée localement, qui cherche à répondre aux urgences techniques du terrain tout en construisant des liens durables avec les communautés à travers l'éducation environnementale. C'est dans cette tension permanente entre impératifs d'ingénierie d'urgence, limites politico-institutionnelles et transformation sociétale de la culture de l'eau que se joue, plus largement, l'avenir de la résilience hydrique dans un territoire marqué par l'épuisement critique de son aquifère. Cette observation critique ouvre désormais la voie à une proposition de projet complémentaire, fondée sur les enseignements tirés de l'expérience de terrain.

Les éléments analysés au fil de cette deuxième partie montrent que l'INAGUA met en place une démarche de gestion à la fois concrète et ancrée localement, qui cherche à répondre aux urgences

[140] Pratiques marquées par des signes extérieurs de richesse (gros véhicules SUV, smartphones de dernière génération, vêtements de marque, codes linguistiques distinctifs…)
[141] Les résistances psychologiques portent principalement sur les procédés garantissant la décontamination et la sécurité sanitaire de l'eau réutilisée.

techniques du terrain tout en construisant des liens durables avec les communautés à travers l'éducation environnementale. C'est dans cette tension permanente entre impératifs d'ingénierie d'urgence, limites politico-institutionnelles et transformation sociétale de la culture de l'eau que se joue, plus largement, l'avenir de la résilience hydrique dans un territoire marqué par l'épuisement critique de son aquifère. Cette observation critique ouvre désormais la voie à une proposition de projet complémentaire, fondée sur les enseignements tirés de l'expérience de terrain.

PARTIE 3 – EBAUCHE DU PROJET *HIDRO-SINERGIA*

UN LABORATOIRE POUR LA RESILIENCE HYDRIQUE

Titre du projet	*Hidro-Sinergia* – Laboratoire pour la résilience hydrique
Localisation	Ville d'Aguascalientes, Mexique
Période de mise en œuvre	2 ans (24 mois)
Budget	1 037 070,45 euros
Nom du porteur principal	ONG Aqua Raíz
Structures associées	Université Autonome d'Aguascalientes (UAA), Commission Nationale de l'Eau (CONAGUA), Ministère de la Durabilité, de l'Environnement et de l'Eau (SSMAA), Espaces de Culture de l'Eau (ECA)

I) Justification du projet

Ressource vitale sur le plan hydrologique, sanitaire, environnemental et économique, l'aquifère *Valle de Aguascalientes* se place au centre de tous les défis du territoire mexicain. Cependant, tel que mis en évidence au sein de la contextualisation de cette étude, cet aquifère fait face à une crise hydrique extrême, induite par une pression anthropique insoutenable où convergent expansion démographique, développement industriel et agriculture intensive. Les conséquences de cette surexploitation s'avèrent dramatiques. Ce déséquilibre se traduit par une double impasse. D'un côté, nous retrouvons un déficit quantitatif avec une pénurie quantitative chronique de près de 100 millions de mètres cubes par an. De l'autre côté, nous observons un déficit qualitatif sévère avec la présence de métaux lourds, tels que l'arsenic et le plomb, et de micropolluants comme le fluor dans les réseaux de distribution, engendrant un risque sanitaire direct pour la santé publique.

Pourtant, l'observation participante menée lors d'un stage de terrain au sein de l'Institut de l'Eau de l'État d'Aguascalientes (INAGUA) révèle que les réponses exclusivement institutionnelles atteignent aujourd'hui leurs limites structurelles. Bien que l'ensemble des citoyens *hidrocálidos* subissent ces conséquences négatives au quotidien, la gestion de la ressource et ses dispositifs techniques demeure opaque et déconnectée de la sphère publique. Les habitants se retrouvent ainsi tenus à distance de la réalité technique de la crise. Il devient évident qu'une politique de sensibilisation hydrique isolée demeure vaine face au manque de modernisation des infrastructures hydrauliques. À l'inverse, une mise à niveau technique est vouée à l'échec si la population, faute de conscience environnementale, rejette l'utilisation des eaux traitées.

C'est pour répondre à cette double urgence, matérielle et sociale, qu'est conçu le projet *Hidro-Sinergia* – Laboratoire pour la résilience hydrique. Par son nom même, ce projet fait écho aux termes « hydrologie » et « synergie ».

Pensée comme une réponse globale, cette initiative repose sur la conviction qu'une véritable résilience hydrique exige d'allier action infrastructurelle et sensibilisation citoyenne. En associant l'observation directe des infrastructures à la production de savoirs partagés, le projet structure un parcours complet pour les citoyens *hidrocálidos*, afin de recréer un lien vivant, actif et durable avec l'aquifère. En fusionnant l'ingénierie civile et l'apprentissage citoyen, l'objectif est d'offrir un espace transversal où les participants développent une vision globale, acquièrent des outils d'action concrets et deviennent des relais de transmission au sein de leurs foyers. Le projet *« Hidro-Sinergia »* ambitionne ainsi de replacer le cycle de l'eau au cœur de l'expérience partagée des habitants, transformant la résilience hydrique en une démarche à la fois profondément technique et collective.

Le projet *Hidro-Sinergia* s'inscrit pleinement dans les priorités de l'Agenda 2030, en contribuant de manière concrète à plusieurs Objectifs de Développement Durable (ODD) :

● ODD 6 – Eau propre et assainissement : répondre à la crise de l'aquifère en favorisant l'acceptation citoyenne des eaux traitées et la réappropriation des infrastructures, afin de garantir une gestion plus durable et circulaire de la ressource.
● ODD 4 – Éducation de qualité : créer un espace d'immersion éducatif et technologique fondé sur le partage des savoirs pour permettre aux citoyens d'appréhender la complexité du cycle de l'eau.
● ODD 11 – Villes et communautés durables : favoriser l'émergence de nouvelles formes d'engagement citoyen dans des quartiers souvent éloignés des politiques environnementales.

● ODD 13 – Lutte contre les changements climatiques : reconnecter la population à la réalité de la pénurie hydrique pour mieux préparer l'adaptation aux défis climatiques.

II) Objectif du projet

● Objectif général

Renforcer la résilience hydrique de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* au Mexique.

● Objectif spécifique

Développer une gestion durable de l'eau en articulant réhabilitation des infrastructures techniques et implication active des citoyens dans la préservation de la ressource.

III) Résultats attendus

R1 : Une augmentation de la recharge de l'aquifère est organisée

Ce résultat vise à restaurer et maintenir la couverture végétale des zones d'infiltration de l'aquifère tout en rénovant des infrastructures de collecte pour optimiser la récupération des eaux de pluie.

R2 : Un usage efficient de l'eau est réalisé

Ce résultat se concentre sur l'élaboration de programmes de formation continue, la modernisation des stations d'épuration ainsi que la sécurisation des réseaux de distribution.

R3 : Un contrôle précis des eaux souterraines est mis en place

Ce résultat est basé sur la mise en place d'un suivi quantitatif et qualitatif rigoureux de l'eau souterraine.

R4 : Une culture de l'eau est développée

Ce résultat se structure autour de l'engagement citoyen et de la culture de l'eau à travers des programmes scolaires, des comités de quartier et un musée virtuel et interactif.

IV) Description des activités

Activités du R1 - Une augmentation de la recharge de l'aquifère est organisée.

A1.1 Établir un programme d'extension et de maintien de la couverture végétale

Il s'agit dans un premier temps d'identifier et de cartographier précisément les zones clés de recharge naturelle de l'aquifère en croisant des données géologiques, topographiques et pédologiques. Une fois ces secteurs localisés, des mécanismes de protection (juridiques ou règlementaires) seront mis en place afin de sanctuariser ces espaces, empêchant ainsi leur dégradation ou leur artificialisation par l'étalement urbain et industriel. Sur ces zones préservées, un vaste plan de reforestation sera déployé en utilisant exclusivement des espèces végétales natives et adaptées au climat semi-aride, telles que le *Mezquite* ou le *Huizache*.

A1.2 Construire et rénover des infrastructures pour recueillir l'eau de pluie

Dans un second temps il s'agit de recenser et cartographier les infrastructures de stockage d'eau (barrages) déjà présentes dans la région afin d'évaluer leur état physique et leur capacité réelle de stockage. À partir de cet inventaire, des chantiers ciblés de réhabilitation et de désenvasement seront engagés. Pour compléter ce réseau, la création de structures spécifiques (bassins de rétention temporaires) dans les zones rurales pour capter les crues soudaines et violentes (typiques des climats semi-arides) sera mise en place afin de forcer cette eau à s'infiltrer sous terre plutôt que de générer des inondations en aval.

Activités du R2 - Un usage efficient de l'eau est réalisé

A2.1 Élaborer un programme de formation continue

Cette action vise à former le personnel technique des PTAR pour garantir le bon fonctionnement des installations. À titre d'illustration, des sessions de mise à niveau technique spécifiques seront organisées sur les processus d'élimination des nutriments (azote et phosphore). Des protocoles stricts de Sécurité et Santé au Travail (SST) seront également instaurés avec la fourniture systématique d'Équipements de Protection Individuelle (EPI) adaptés pour réduire l'exposition des opérateurs aux risques biologiques. L'objectif final est de consolider un service public de l'eau résilient et efficient, capable de répondre durablement aux exigences environnementales et sanitaires du territoire.

A2.2 Réhabiliter, moderniser et maintenir les infrastructures hydrauliques

Ici l'effort se concentre sur une mise à niveau technique et opérationnelle critique des PTAR pour stopper le gaspillage et sécuriser le transport de l'eau. L'action planifiera le remplacement des équipements obsolètes ou détérioré au niveau du prétraitement et du traitement biologique afin d'optimiser la consommation d'énergie et de protéger les pompes. De plus, sera programmé un vidage d'urgence des fosses à boues d'épuration[142] (50 550 m3) pour restaurer la capacité de stockage en période de pluies. Ces dernières généraient un risque majeur de débordement, de contamination du sous-sol et de lourdes sanctions financières de la part de la CONAGUA. Enfin, il sera nécessaire de déployer un système de sécurité périmétrique et de vidéosurveillance afin de protéger contre toute criminalité locale (vol de câbles, équipements, génie civil).

A2.3 Réhabiliter, moderniser et maintenir les infrastructures de transport et de distribution

Cette sous-activité repose sur la mise en œuvre de deux technologies complémentaires dédiées à la supervision du réseau de distribution et à la détection des fuites. D'une part, la télégestion numérique assurera une surveillance informatisée en temps réel et en continu (24h/24). Ce système, couplé à un réseau de capteurs intégrés aux conduites, détectera la moindre chute de pression anormale. Il génèrera alors des alertes automatisées transmises instantanément aux smartphones des techniciens, tout en offrant la possibilité d'isoler le secteur endommagé en fermant les vannes à distance. D'autre part, la détection acoustique par géophones viendra affiner ce diagnostic préalable. Utilisée directement sur le terrain, cette méthode permettra de localiser avec une grande précision les fuites souterraines invisibles depuis la surface. L'action combinée de ces deux outils (la macro-détection à distance et la micro-localisation sur site) viendra alors cibler stratégiquement les travaux de réhabilitation. Les canalisations diagnostiquées comme vétustes seront ainsi remplacées par des conduites en polyéthylène haute densité (PEHD), un matériau privilégié pour sa grande flexibilité et sa résistance accrue face aux contraintes du sous-sol.

Activités du R3 - Un contrôle précis des eaux souterraines est mis en place

A3.1 Assurer un suivi continu de la quantité de l'eau souterraine

Le déploiement d'un contrôle rigoureux de la ressource hydrique souterraine s'articule d'abord autour d'un volet quantitatif strict. Cette démarche reposera sur l'installation systématique et la maintenance de compteurs volumétriques sur l'ensemble des puits de forage de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* pour connaître le volume exact d'eau pompé dans le sous-sol. Ensuite, il s'agira de centraliser,

[142] Résidu solide et pâteux qui reste une fois que l'eau sale a été nettoyée et traitée dans une station d'épuration (PTAR).

numériser et analyser les données collectées par les compteurs afin de repérer les dépassements de quotas et de cartographier la demande réelle en eau. Pour cela, sera créé une plateforme numérique partagée (Google Forms) entre les ingénieurs hydrauliques où les relevés des puits seront téléversés automatiquement chaque mois.

A3.2 Assurer un suivi continu de la qualité de l'eau souterraine

Sur le plan qualitatif, la stratégie prévoit tous les mois un contrôle physicochimique de l'aquifère à l'aide d'échantillons sur les puits afin de cartographier la composition de l'eau. Ce dernier sera effectué par un laboratoire d'analyse physico chimique. Les données ainsi générées serviront d'outil d'aide à la décision pour appliquer des régulations strictes et restreindre temporairement ou définitivement l'exploitation de l'eau dans les zones géographiques identifiées comme les plus vulnérables ou contaminées.

Activités du R4 - Une culture de l'eau est développée

A4.1 Établir des programmes éducatifs intégrés

Dans un premier temps, en collaboration avec l'IEA (*Instituto de Educación de Aguascalientes)*, il s'agit d'intégrer la thématique de l'eau dans les programmes officiels d'enseignement pour tous les niveaux d'enseignement. Tout d'abord, au niveau primaire (écoles maternelles et écoles élémentaire) sera privilégié une approche ludique et expérimentale. Nous pouvons prendre l'exemple du défi des « Zéro Gaspi » qui invite les enfants à tenir un tableau de bord hebdomadaire pour valoriser leurs actions positives (fermeture systématique des robinets, réduction du temps de douche), traduisant concrètement en volume les économies d'eau réalisées à l'échelle du foyer. Au niveau secondaire (collèges et lycées), l'enseignement évoluera vers une dimension technique plus complexe à travers un module dédié de dix heures axées sur l'hydrogéologie de l'aquifère. Enfin, au niveau supérieur, le projet favorisera une immersion sur le terrain par le biais de visites guidées des infrastructures majeures de génie civil (stations d'épuration, chantiers de forage).

A4.2 Encourager et mobiliser la participation citoyenne

Dans un second temps, le projet instaurera un système de démocratie locale directe grâce auquel les habitants pourront coconstruire et coconcevoir des solutions communes par la création d'un comité intitulé « Gardiens de l'Eau ». Au sein de ces instances, les décisions ne seront pas imposées par des techniciens ou des élus, mais émaneront d'une concertation de terrain où chaque habitant participera à l'élaboration de propositions. Dans une logique de médiation, les membres du comité agiront comme

des facilitateurs plutôt que comme des autorités. Leur rôle ne consistera pas à imposer des comportements, mais à créer des ponts entre les habitants et les instances de gouvernance du projet.

Le comité sera composé de 10 membres, élus pour 2 ans à majorité simple parmi les habitants volontaires de la ville d'Aguascalientes. La parité et la diversité socio-économique seront exigées pour assurer une représentativité réelle. Les membres se réuniront tous les 6 mois et seront facilités par 1 membres de l'équipe projet (chargé de médiation communautaire et sociale). Cet appui technique et méthodologique permettra d'aider les habitants à structurer leurs réflexions et à élaborer leurs propositions de terrain (telles que le signalement et la planification de réparations sur les fuites secondaires, ou le déploiement de systèmes collectifs de récupération d'eaux grises). Ces propositions formalisées par le comité auront un rôle consultatif : elles seront transmises aux instances du projet (le Comité technique et le COPIL) pour étude, validation et intégration dans la planification opérationnelle des travaux, garantissant ainsi un véritable pont entre la voix des citoyens et les décisions institutionnelles.

A4.3 : Concevoir et aménager un Musée Virtuel et Interactif de la Culture de l'Eau

Pour finir, le projet concevra un Musée Virtuel et Interactif de la Culture de l'Eau (MVICE). Ce dernier reposera sur la création d'un espace immersif conçu pour transformer des données techniques hydriques complexes en une expérience pédagogique accessible à tout public. L'objectif sera de promouvoir une culture de l'eau durable en utilisant la technologie comme levier de conscientisation citoyenne. L'entrée sera gratuite et accessible à tous, permettant au plus grand nombre de découvrir et de mieux comprendre les enjeux liés à l'eau.

Dans un premier temps, le projet réalisera une étude de faisabilité et la conception architecturale afin de lancer les travaux de construction et d'aménagement des espaces physiques d'accueil. Ensuite, la scénographie interactive et la réalité virtuelle à 360 degrés constitueront le socle technologique du parcours muséal. Pour ce faire, l'utilisation de casques VR permettra une exploration directe et immersive des infrastructures hydriques réelles telles que les stations d'épuration, les barrages et les réseaux de la nappe. L'expérience sera incarnée par des figures emblématiques telles que *Agüita Sagrada* et Lluvia Mística (annexe n°4). Présentées sous forme de répliques 3D grandeur, elles agiront comme de véritables guides pédagogiques et bienveillants. Leur rôle sera de traduire des concepts hydriques complexes en conseils pratiques, guidant le public dans l'apprentissage quotidien des écogestes et des techniques de sobriété hydrique pour ancrer durablement une culture de l'eau citoyenne. Également, le musée intègrera des espaces d'interaction directe pour matérialiser concrètement les défis de la consommation. Parmi eux, le module du « Mini Super **»** proposera une

réplique de supermarché où le visiteur scannera des produits de la vie courante. En temps réel, le système convertira le prix commercial du produit en « litres d'eau », illustrant de manière percutante l'empreinte hydrique nécessaire à sa fabrication. Enfin, après une phase de tests et une pré-inauguration, le musée procèdera à son lancement officiel et à son ouverture au public.

V) Cadre logique

Chaîne de résultats	Indicateurs	Valeur de référence	Valeur cible à la fin du projet	Sources de vérification	Hypothèses
Finalité (Objectif général)					
Renforcer la résilience hydrique de l'aquifère Valle de Aguascalientes au Mexique.	*Indice du déficit hydrique de l'aquifère*	100 millions m³	0	Rapports hydrogéologiques officiels (INAGUA, CONAGUA, ONG), bulletins de suivi de l'état des nappes souterraines	-
Effet (Objectif spécifique)					
Développer une gestion durable de l'eau en articulant réhabilitation des infrastructures techniques et implication active des citoyens dans la préservation de la ressource.	*Indice global de performance et d'efficacité de la gestion de l'eau sur le territoire*	faible	élevé	Rapports d'évaluation du projet, audits techniques des infrastructures	*1. Les autorités locales et les institutions partenaires maintiennent leur engagement politique et technique tout au long de la mise en œuvre.*
	Taux d'appropriation citoyenne et institutionnelle des outils de gouvernance de l'eau	NC	100%	Enquêtes d'impact auprès des usagers et des parties prenantes.	*2. La conjoncture climatique et économique locale ne subit pas de bouleversements majeurs bloquant l'avancée du projet.*
R1 : UNE AUGMENTATION DE LA RECHARGE DE L'AQUIFÈRE EST ORGANISÉE					
Ce résultat vise à restaurer et maintenir la couverture végétale des zones d'infiltration de l'aquifère tout en rénovant des infrastructures de collecte pour optimiser la récupération des eaux de pluie.	*Nombre d'hectares reboisés et protégés au sein des zones clés de recharge naturelle de l'aquifère*	0 ha	1400 ha	Cartes géographiques de cartographie des zones de recharge, rapports de chantier de reforestation, et registres de suivi de la couverture végétale	*1. Les conditions climatiques semi-arides permettent la croissance et le maintien des espèces végétales natives plantées (Mezquite, Huizache)*
	Volume annuel additionnel d'eau infiltrée dans l'aquifère grâce aux bassins de rétention et aux infrastructures de collecte réhabilitées	0 m³	500 000 m³	Rapports de suivi hydrologique	*2. Les chantiers ciblés de réhabilitation, de désenvasement et de construction des bassins de rétention se déroulent sans retard technique majeur.*
R2 : UN USAGE EFFICIENT DE L'EAU EST RÉALISÉ					
Ce résultat se concentre sur l'élaboration de programmes de formation continue, la modernisation des stations d'épuration ainsi que la sécurisation des réseaux de distribution.	*Nombre d'agents techniques des PTAR formés*	0	500	Rapports de formation	*1. Les agents techniques participent assidûment aux sessions de formation continue.*
	Nombre d'équipement de protection individuelle donnés	0	500	Procès-verbaux de réception du matériel	*2. Les EPI commandés sont livrés dans les délais par les fournisseurs sans rupture de stock, et les opérateurs les portent systématiquement lors de leurs interventions sur le terrain.*
	Nombre d'appareil de sécuirté périmètrique et de vidéosurevillance installés	0	100	Procès-verbaux de réception du matériel	*3. Les installations ne subissent pas de dégradations ou de vols pendant les chantiers.*
	Volume de boues d'épuration évacué	0 m³	50 550 m³	Bilans techniques de réhabilitation des PTAR	*4. Les autorisations de transport, les capacités des centres de traitement finaux agréés et les conditions logistiques permettent l'acheminement et l'accueil des boues sans problème majeur dans l'exécution des travaux.*
	Longueur de tuyaux vétustes remplacés par du polyéthylène haute densité (PEHD)	0 m	15 000 m	Rapports de chantier des entreprises d'hydraulique urbaine et cartes de mise à jour du réseau	*5. Les équipes obtiennent les autorisations de voirie nécessaires pour réaliser les tranchées et les remplacements des tuyaux.*
R3 : UN CONTRÔLE PRÉCIS DES EAUX SOUTERRAINES EST MIS EN PLACE					
Ce résultat est basé sur la mise en place d'un suivi quantitatif et qualitatif rigoureux de l'eau souterraine.	*Nombre de compteurs volumétriques installés et maintenus sur les puits de forage.*	0	1000	Registres des compteurs	*1. Les propriétaires ou exploitants des puits de forage autorisent l'installation et l'accès aux compteurs volumétriques.*
	Nombre de plateformes numériques partagées (Google Forms) créées et opérationnelles pour la centralisation des données de l'aquifère	0	1	Plateforme numérique partagée (Google Forms) et historiques des soumissions de données en ligne	*2.Les techniciens de terrain effectuent et téléversent régulièrement les relevés mensuels sur la plateforme.*
	Nombre de rapports d'analyses physico-chimique mensuels réalisés.	0	24 campagnes de contrôles physico-chimiques	Bulletins d'analyse physico-chimique certifiés émis par le laboratoire	*3. Le laboratoire d'analyse physico-chimique partenaire maintient ses capacités opérationnelles tout au long du projet.*
R4 : UNE CULTURE DE L'EAU EST DÉVELOPPÉE					
Ce résultat se structure autour de l'engagement citoyen et de la culture de l'eau à travers des programmes scolaires, des comités de quartier et un musée virtuel et interactif.	*Taux de la population scolaire ciblée qui acquiert une culture de l'eau en lien avec la problématique de l'aquifère*	NC	100 %	Évaluations pédagogiques et bilans des acquis scolaires	*1. Les enseignants disposent du matériel et du suivi pédagogique nécessaires pour mettre en oeuvre les programmes scolaires dans tous les établissements ciblés.*
	Taux d'établissements scolaires intégrant la thématique de l'eau (primaire, secondaire, supérieur)	NC	100%	Conventions de partenariat signées avec le Ministère de l'Education	*2.Les membres élus du comité des Gardiens de l'Eau maintiennent une dynamique de participation active et régulière lors des sessions semestrielles de concertation.*
	Nombre de membres élus et actifs au sein du comité des « Gardiens de l'Eau	0	10 membres paritaires élus et opérationnels	Procès-verbaux des réunions du comité des Gardiens de l'Eau	*3.Les acteurs locaux, les institutions publiques et la société civile maintiennent une collaboration fluide, ouverte et constructive tout au long des différentes phases de réalisation du projet de création du Musée Virtuel et Intéractif de la Culture de l'Eau.*
	Taux de propositions citoyennes transmises par le Comité technique / Comité de pilotage	0	100%	Registres de transmission des propositions citoyennes	
	Nombre d'établissements culturels et muséaux créés et ouverts au public	0	1	Rapports d'achèvement des travaux et statistiques de fréquentation du Musée Virtuel et Intéractif de la Culture de l'Eau	

Activités à développer
A1.1 : Établir un programme d'extension et de maintien de la couverture végétale (R1)
A1.2 : Construire et rénover des infrastructures pour recueillir l'eau de pluie (R1)
A2.1 : Élaborer un programme de formation continue (R2)
A2.2 : Réhabiliter, moderniser et maintenir les infrastructures hydrauliques (R2)
A2.3 : Réhabiliter, moderniser et maintenir les infrastructures de transport et de distribution (R2)
A3.1 : Assurer un suivi continu de la quantité de l'eau souterraine (R3)
A3.2 : Assurer un suivi continu de la qualité de l'eau souterraine (R3)
A4.1 : Établir des programmes éducatifs intégrés (R4)
A4.2 : Encourager et mobiliser la participation citoyenne (R4)
A4.3 : Concevoir et aménager un Musée Virtuel et Interactif de la Culture de l'Eau (R4)

Figure n°34 : Pereira, 2026, Cadre logique de l'ébauche de projet Hidro-Sinergia.

VI) Chronogramme

Chronogramme des activités du projet HIDRO-SINERGIA Mexique durant 2 ans soit 24 mois																								
	Calendrier mensuel																							
	Année 1												**Année 2**											
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24
OG : Renforcer la résilience hydrique de l'aquifère Valle de Aguascalientes au Mexique.																								
OS : Développer une gestion durable de l'eau en articulant réhabilitation des infrastructures techniques et implication active des citoyens dans la préservation de la ressource.																								
GOUVERNANCE ET PILOTAGE TRANSVERSAL																								
Réunions du Comité de pilotage																								
Réunions du Comité technique																								
Réunions du Comité des Gardiens de l'Eau																								
R1 : UNE AUGMENTATION DE LA RECHARGE DE L'AQUIFÈRE EST ORGANISÉE																								
A1.1 : Établir un programme d'extension et de maintien de la couverture végétale																								
Identifier et cartographier les zones clés de recharge naturelle																								
Mettre en place des mécanismes de protection juridiques ou règlementaires																								
Déployer un vaste plan de reforestation																								
A1.2 : Construire et rénover des infrastructures pour recueillir l'eau de pluie																								
Recenser et cartographier les infrastructures de stockage d'eau existantes																								
Engager des chantiers ciblés de réhabilitation et de désenvasement																								
Créer les structures spécifiques (bassins de rétention temporaires)																								
R2 : UN USAGE EFFICIENT DE L'EAU EST RÉALISÉ																								
A2.1 : Élaborer un programme de formation continue																								
Organiser des sessions de mise à niveau technique																								
Instaurer des protocoles SST																								
A2.2 : Réhabiliter, moderniser et maintenir les infrastructures hydrauliques																								
Remplacer les équipements obsolètes des PTAR																								
Exécuter le vidage d'urgence des fosses à boues d'épuration																								
Déployer un système de sécurité périmétrique et de vidéosurveillance																								
A2.3 : Réhabiliter, moderniser et maintenir les infrastructures de transport et de distribution																								
Déployer la télégestion numérique et les capteurs de pression 24h/24																								
Effectuer la détection acoustique par géophones sur le terrain																								
Remplacer les canalisations vétustes par des conduites en polyéthylène haute densité																								
R3 : UN CONTRÔLE PRÉCIS DES EAUX SOUTERRAINES EST MIS EN PLACE																								
A3.1 : Assurer un suivi continu de la quantité de l'eau souterraine																								
Installer les compteurs volumétriques sur les forages																								
Créer et remplir la plateforme numérique partagée (Google Forms)																								
A3.2 : Assurer un suivi continu de la qualité de l'eau souterraine																								
Réaliser les prélèvements et contrôles physico-chimiques																								
R4 : UNE CULTURE DE L'EAU EST DÉVELOPPÉE																								
A4.1 : Établir des programmes éducatifs intégrés																								
Co-développer les modules d'enseignement aux trois niveaux (primaire / secondaire / supérieur)																								
A4.2 : Encourager et mobiliser la participation citoyenne																								
Instaurer le comité des « Gardiens de l'Eau » (élection des 10 membres)																								
Animer l'accompagnement méthodologique et structurer les propositions citoyennes																								
A4.3 : Concevoir et aménager un Musée Virtuel et Interactif de la Culture de l'Eau																								
Entreprendre une étude de faisabilité cocnernant la conception architecturale																								

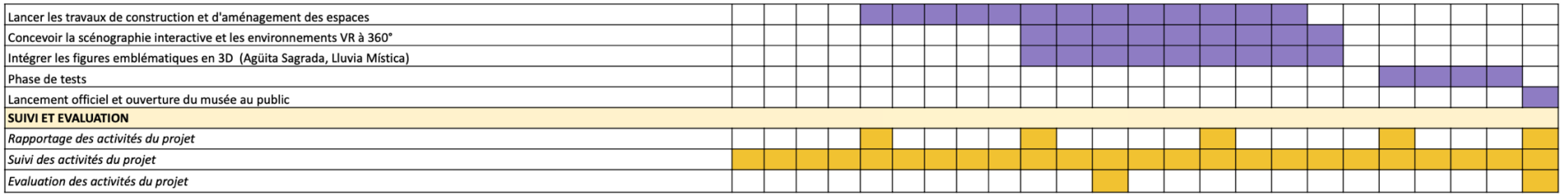


Figure n°35 : Pereira, 2026, Chronogramme de l'ébauche de projet Hidro-Sinergia.

VII) Budget

Coûts	Unité	Nombre d'unité	Durée en mois	Valeur en unité	Coût total (en EUR)
1. RESSOURCES HUMAINES					
1.1 Internes					
1.1.1 Chef de projet	mois	1	24	2200	52 800,00 €
1.1.2 Responsable Administratif et Financier (RAF)	mois	1	24	1500	36 000,00 €
1.1.3 Chargé de suivi-évaluation (MEAL)	mois	1	24	1300	31 200,00 €
1.1.4 Responsable logistique, infrastructures et sécurité	mois	1	24	1400	33 600,00 €
1.1.5 Chargé de médiation communautaire et sociale	mois	1	24	1200	28 800,00 €
1.1.6 Ingénieurs hydrauliques	mois	1	24	1600	38 400,00 €
1.1.7 Assistants de projet	mois	2	24	900	43 200,00 €
1.1.8 Stagiaire	mois	1	24	400	9 600,00 €
1.2 Externes					
1.1.1 Bureau d'études en génie écologique	forfait	1	/	6000	6 000,00 €
1.1.2 Cabinet juridique en droit environnemental	forfait	1	/	4000	4 000,00 €
1.1.3 Cabinet de formation continue en exploitation PATR	forfait	1	/	3000	3 000,00 €
1.1.4 Laboratoire d'analyse physico chimique	forfait	1	/	5000	5 000,00 €
1.1.5 Formateurs du Ministère de l'Éducation de d'Aguascalientes	forfait	2	/	1200	2 400,00 €
1.1.6 Cabinet d'architecture et BTP	forfait	1	/	25000	25 000,00 €
1.1.7 Bureau d'ingénierie muséographique	forfait	1	/	15000	15 000,00 €
SOUS TOTAL RESSOURCES HUMAINES					**334 000,00 €**
2. MATERIEL DE TERRAIN					
2.1 De suivi quantitatif					
2.1.1 Compteurs volumétriques	unité	1000	/	40	40 000,00 €
2.2 De détection					
2.2.1 Géophones acoustiques et capteurs de télégestion	kit	4	/	3000	12 000,00 €
2.3 De transport et de distribution					
2.3.1 Conduites en polyéthylène haute densité	mètres	15000	/	15	225 000,00 €
2.3 De sécurité des installations et des agents					
2.3.1 Systèmes de vidéosurveillance et sécurité périmétrique	kit	100	/	100	10 000,00 €
2.3.2 Équipements de Protection Individuelle (EPI)	kit	500	/	20	10 000,00 €
SOUS TOTAL MATERIEL DE TERRAIN					**297 000,00 €**
3. TRAVAUX LOURDS					
3.1 Réhabilitation des bassins de rétention et de recharge					
3.1.1 Géomembranes en polyéthylène haute densité (pour l'étanchéité des bassins)	mètres carré	5000	/	10	50 000,00 €
3.1.2 Enrochements, gabions et matériaux granulaires (pour la consolidation des berges)	tonnes	300	/	25	7 500,00 €
3.1.3 Location de pelles hydrauliques (pour le désenvasement et creusement)	unité	1	/	75000	75 000,00 €
3.1.4 Location de camions bennes (pour l'évacuation des terres et sédiments excédentaires)	unité	5	/	5000	25 000,00 €
3.1.5 Location de bulldozers et compacteurs de talus	unité	1	/	25000	25 000,00 €
3.2 Vidage, transport et traitement des boues d'épuration					
3.2.1 Pompes immergées grand débit et moto-pompes de transfert (pour l'extraction des boues)	unité	3	/	2500	7 500,00 €
3.2.2 Flexibles de refoulement renforcés	kit	10	/	300	3 000,00 €
3.2.3 Location de camions hydrocureurs	unité	1	/	5000	5 000,00 €
3.2.4 Matériel et réactifs de traitement direct des boues	kit	1	/	10000	10 000,00 €
SOUS TOTAL TRAVAUX LOURDS					**208 000,00 €**
4. LOGISTIQUE ET BUREAUTIQUE					
4.1 Frais de déplacement et de terrain					
4.1.1 Location de véhicules et carburant	mois	4	24	450	43 200,00 €
4.2 Frais de bureau					
4.2.1 Location du bureau de coordination (loyer, eau, électricité, internet)	mois	1	24	150	150,00 €
SOUS TOTAL LOGISTIQUE ET BUREAUTIQUE					**43 350,00 €**
5. ANIMATION ET CONCERTATION (COMITÉ DES GARDIENS DE L'EAU)					
5.1 Fournitures de co-conception et de cartographie participative (plans, post-its, feutres, stylos et panneaux d'affichage pour structurer les propositions des habitants)	kit	1	/	500	500,00 €
5.2 Location d'une salle de réunion neutre et accessible (pour garantir un espace d'échange ouvert et paritaire au cœur des quartiers)	mois	1	9	150	1 350,00 €
5.3 Collation lors des réunions	kit	11	9	15	1 485,00 €
SOUS TOTAL ANIMATION ET CONCERTATION					**3 335,00 €**
6. EVENEMENTIEL ET INAUGURATION (MUSEE VIRTUEL ET INTERACTIF DE LA CULTURE DE L'EAU)					
6.1 Location et installation de matériel technique (sonorisation et écrans pour le jour J)	forfait	1	/	200	200,00 €
6.2 Communication et relations publiques (invitations, publicité locale et supports de presse)	forfait	1	/	300	300,00 €
6.3 Traiteur et cocktail d'inauguration (collations et rafraîchissements pour le public)	forfait	1	/	200	200,00 €
SOUS TOTAL DE EVENEMENTIEL ET INAUGURATION					**700,00 €**
7. DIVERS ET IMPRÉVUS					
7.1 Divers	7%				**62 046,95 €**
7.2 Frais de gestion	10%				**88 638,50 €**
SOUS TOTAL DIVERS ET IMPRÉVUS					
TOTAL SANS DIVERS ET IMPRÉVUS					**886 385,00 €**
TOTAL					**1 037 070,45 €**

Note explicative sur les coûts : Les matériaux techniques et les équipements étant indexés sur les prix du marché international, subissent une forte volatilité et une inflation marquée. Ainsi, il est donc tout à fait normal d'observer un déséquilibre face aux salaires des ressources humaines locales, qui restent quant à eux alignés sur les grilles et standards modérés du marché d'Aguascalientes (Mexique).

Figure n°36 : Pereira, 2026, Budget de l'ébauche de projet Hidro-Sinergia.

VIII) Populations impliquées

● **Participants directs du projet**

- les habitants de la ville d'Aguascalientes
- les 10 membres du comité des Gardiens de l'Eau
- le personnel technique et opérationnel des PTAR
- les écoliers, collégiens, lycéens et étudiants
- les visiteurs du MVICE

● **Participants indirects du projet**

- les foyers et les familles des habitants : grâce à l'effet de relais de transmission, les savoirs et les écogestes appris par les enfants, les étudiants ou les membres des comités se diffusent et améliorent la gestion de l'eau à l'échelle du foyer.

- les institutions partenaires : bien qu'elles soient co-porteuses ou associées au projet, elles bénéficient des nouvelles données collectées (plateforme numérique, cartographie des forages, diagnostics des fuites) pour améliorer durablement leur gouvernance globale de l'eau dans la région.

IX) Suivi Évaluation

Le projet Hidro-Sinergia adopte une méthode de suivi-évaluation mixte, continue et participative, articulée autour :

● **D'un suivi interne permanent** : assuré par un chargé de Suivi-Évaluation au sein de l'équipe projet

● **D'évaluations externes** : réalisées à mi-parcours et en fin de projet assurées par un évaluateur externe indépendant

Cette méthodologie repose sur plusieurs axes clés :

● **Une approche mixte (quantitative et qualitative)**. Cette double approche permet de croiser les indicateurs chiffrés du projet (comme le nombre de compteurs volumétriques installés ou les volumes d'eau traitée) avec la réalité de leur appropriation par les habitants (retours d'expérience et des questionnaires de satisfaction auprès des citoyens, des jeunes et des membres des comités de quartier.

● **Un suivi continu et structuré.** Le suivi est permanent tout au long de la période de mise en œuvre du projet avec une collecte régulière des données, ainsi qu'une analyse et une identification des difficultés.

● **Une démarche participative.** Les populations impliquées sont au cœur du dispositif via les entretiens qualitatifs et le comité local des Gardiens de l'Eau, permettant de prendre en compte leur expérience, leurs besoins et leurs difficultés.

● **Capitalisation.** La méthode intègre une capitalisation continue des bonnes et moins bonnes pratiques, afin de produire des enseignements utiles pour la pérennisation ou la réplication du projet.

X) Risques et hypothèses

RISQUE	MENACES CONCRÈTES	PROBABILITÉ (ENTRE 1 et 5)	GRAVITÉ (ENTRE 1 et 5)	STRATÉGIE DE RÉSILIENCE
POLITIQUE	Clivage institutionnel : (MORENA gauche / PAN droite) entraînant une modification des priorités économiques et financières ainsi qu'une remise en cause des chantiers en cours.	1	5	Anticipation Agilité Neutralité stratégique Ancrage local
SÉCURITAIRE	Insécurité liée au narcotrafic : Aguascalientes entre les états de Zacatecas et Jalisco (zones sous forte influence des cartels), exposant un risque de criminalité, de violences et de vols de matériel.	2	3	Anticipation Vigilance Coopération Sanctuarisation
ENVIRONNEMENTAL	Paradoxe climatique : alternance violente entre une sécheresse critique de l'aquifère et des inondations intenses menaçant d'endommager les infrastructures de terrain.	3	3	Prévention Cartographie Anticipation
SOCIAL	Résistance citoyenne : engendrant un scepticisme face aux infrastructures de réutilisation de l'eau (PTAR).	4	3	Médiation Pédagogie de terrain

Figure n°37 : Pereira, 2026, Tableau des risques et hypothèses de l'ébauche de projet Hidro-Sinergia.

XI) Structure de gouvernance

● Comité de pilotage (COPIL)

Rôle : veiller à ce que la coordination globale du projet suive les orientations et les axes définis.

Composition : composé d'un représentant de l'Institut de l'Eau de l'État d'Aguascalientes (INAGUA), de la Commission Nationale de l'Eau (CONAGUA), du Ministère de la Durabilité, de l'Environnement et de l'Eau (SMAA), du Comité des gardiens de l'Eau ainsi que du chef de projet et des représentants des bailleurs de fonds.

Modalités : Réunions semestrielles. L'ordre du jour est partagé au minimum dix jours avant la réunion. Des procès-verbaux sont rédigés et diffusés en aval.

● Comité technique

Rôle : prendre des décisions concernant la réalisation quotidienne des activités.

Composition : le chef de projet, les ingénieurs hydrauliques, le chargé de médiation communautaire et sociale et le responsable administratif et financier.

Modalités : Réunions trimestrielles. L'ordre du jour est partagé au minimum dix jours avant la réunion et intègre obligatoirement un point retour du Comité des Gardiens de l'Eau dès l'ouverture de la séance. Des procès-verbaux sont rédigés et diffusés en aval.

● Comité des Gardiens de l'Eau

Rôle : Identifier les besoins, co-concevoir les activités de terrain et suivre l'avancement du projet pour transmettre un avis consultatif destiné au Comité technique et au COPIL.

Composition **:** 10 membres élus pour 2 ans à majorité simple parmi les habitants de la ville d'Aguascalientes.

Modalités : Réunions trimestrielles. L'organisation et l'animation de ces réunions sont facilitées par 1 membres de l'équipe projet de l'ONG (chargé de médiation communautaire et social), afin d'aider les habitants à structurer leurs propositions avant qu'elles ne soient soumises aux instances décisionnelles du projet.

XII) Ressources Humaines

● Internes (Équipe projet - ONG Aqua Raíz)

-le chef de projet
-le responsable administratif et financier (RAF)
-le chargé de suivi - évaluation et capitalisation (MEAL)
-le responsable logistique, infrastructure et sécurité
-le chargé de médiation communautaire et sociale
-les ingénieurs hydrauliques (2)
-les assistants de projets (2)
-le stagiaire

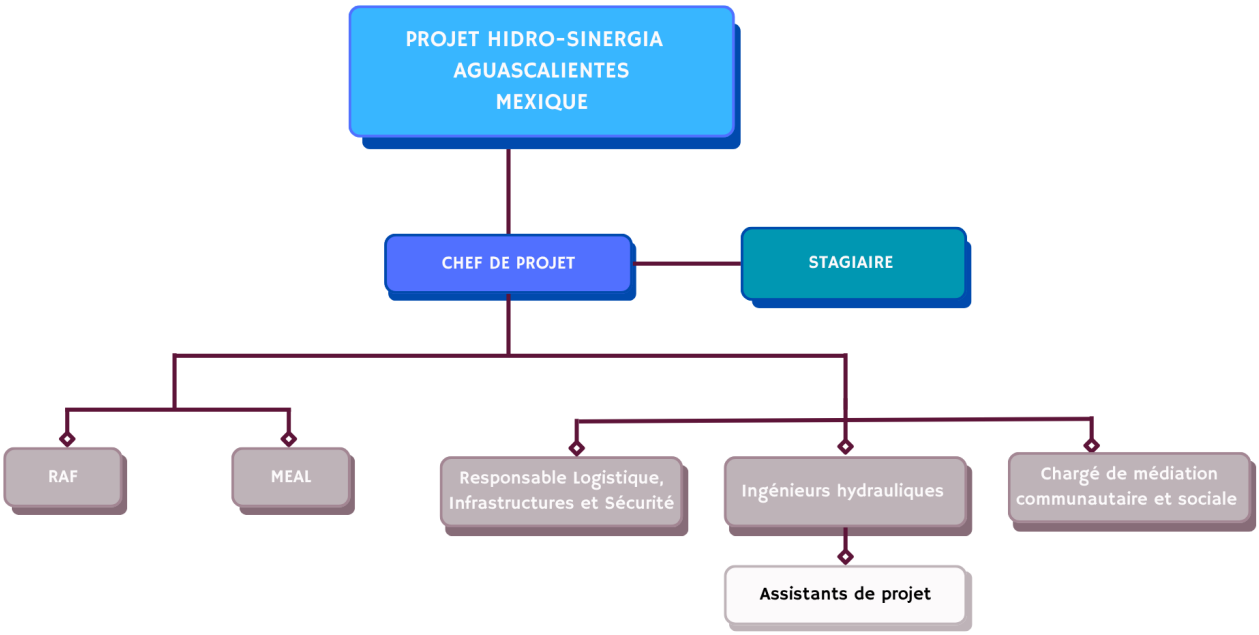


Figure n°38 : Pereira, 2026, Organigramme de l'équipe du projet Hidro-Sinergia.

● Externes (prestaires)

<u>-bureau d'étude en génie écologique</u>

→ A1.1 : *Établir un programme d'extension et de maintien de la couverture végétale*

<u>-cabinet juridique en droit environnemental</u>

→ A1.1 : *Établir un programme d'extension et de maintien de la couverture végétale*

<u>-cabinet de formation spécialisé en traitement des eaux et en exploitation des PTAR</u>

→ *A2.1 : Élaborer un programme de formation continue*

-laboratoire d’analyse physico-chimique

→ A3.2 : *Assurer un suivi continu de la qualité de l'eau souterraine*

-formateurs du Ministère de l'Éducation de d’Aguascalientes (IEA)

→ A4.1 : *Établir des programmes éducatifs intégrés*

-cabinet d’architecture et entreprise de BTP

→ A4.3 : *Concevoir et aménager un Musée Virtuel et Interactif de la Culture de l'Eau*

-bureau d'études en ingénierie muséographique et réalité virtuelle

→ A4.3 : *Concevoir et aménager un Musée Virtuel et Interactif de la Culture de l'Eau*

Conclusion

Ce mémoire a mis en lumière la complexité multidimensionnelle d'une crise hydrique emblématique des territoires semi-arides d'Amérique latine à travers l'étude de cas de l'État d'Aguascalientes.

L'analyse a démontré que le déficit quantitatif et qualitatif de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* ne relève pas d'une fatalité purement climatique, mais résultent de choix socio-économiques et politiques inscrits dans le temps long. Entre l'hégémonie de l'agriculture intensive, l'essor de l'industrie automobile, les pressions ponctuelles de l'activité touristique et l'héritage d'une gestion privative longtemps défaillante, la ressource a été soumise à une surexploitation chronique, transformant une rareté naturelle en une urgence sanitaire.

L'immersion de terrain réalisée au sein de l'Institut de l'Eau de l'État d'Aguascalientes (INAGUA) a permis de confronter les grands principes de la planification institutionnelle aux réalités et aux contradictions de l'action publique. Si les chantiers d'ingénierie d'urgence, la modernisation des stations de traitement des eaux usées (PTAR) et la mobilisation des Espaces de Culture de l'Eau (ECA) témoignent d'une volonté réelle d'endiguer la crise, ils se heurtent à de profondes barrières structurelles. Le court-termisme électoral, les clivages institutionnels entre les échelles fédérale et étatique, le manque de transparence des données ainsi que les inégalités dans la distribution de l'eau révèlent la difficulté d'imposer une gouvernance véritablement durable et équitable dans un contexte politisé.

À partir de ces expériences, une proposition de projet pilote a été formulée : *Hidro-Sinergia*, visant à renforcer les liens entre les citoyens et la ressource à travers un parcours structuré de réhabilitation des infrastructures, d'implication communautaire, et de médiation scientifique et pédagogique. Bien qu'encore à l'état d'ébauche, ce projet se veut une réponse intégrée aux limites identifiées sur le terrain : manque de continuité éducative, cloisonnement institutionnel et rejet psychosocial du réemploi de l'eau.

En définitive, ce travail rappelle que l'eau n'est pas seulement un flux hydraulique à gérer, mais un bien commun vital dont la préservation conditionne la justice sociale et l'avenir du territoire. La résolution des crises de l'eau au Mexique, comme ailleurs, exigera de dépasser les logiques de gestion fragmentée afin de faire dialoguer la recherche, les politiques publiques politique et la participation citoyenne.

Bibliographie

Ouvrages

Anton, D. (1995) *Villes assoiffées : L'approvisionnement en eau dans les villes d'Amérique latine*. Centre de Recherches pour le Développement International.

Clarke, T., & Barlow, M. (2002) *L'or bleu*. Fayard.

Drobenko, B. (2020) *Le droit à l'eau : Une urgence humanitaire*. Johanet.

Héraud-Piña, M.-A. (1996). *Chapitre I. Présentation physique générale. In Le karst du Yucatan.* Presses Universitaires de Bordeaux.

Melé,P. (2013) *Conflits de proximité et dynamiques urbaines.* Presses universitaires de Rennes.

Margat, J., & Tiercelin, J.-R. (1998) *L'eau en questions : Enjeu du XXIe siècle*. Romillat.

Schneier-Madanes, G., & De Gouvello, B. (2003) *Eaux et réseaux : Les défis de la mondialisation*. IHEAL.

Vázquez del Mercado Arribas, R., & Lambarri Beléndez, J. (2017). *Huella hídrica en México: análisis y perspectivas*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Wackermann, G., & Rougier, H. (2010) *L'eau : Ressources et usages*. Ellipses Marketing.

Thèses de doctorat

Ana Paulina Sotomayor Mora. Aguascalientes contra su nombre: Aproximación a los principios de resiliencia urbana para solventar la crisis hídrica en la ciudad mexicana. (2016) PUCC. https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2016/04/TESIS-APSM.pdf.

Alex Ricardo Caldera Ortega. Gobernanza y sustentabilidad: Desarrollo institucional y procesos políticos en torno al agua subterránea en México: Los casos del valle de León y del valle de Aguascalientes. (2009) FLASCO. https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/1781/1/TFLACSO-02-2009ARCO.pdf.

Laura Sofia Cabañas Melo. Análisis de la resiliencia hídrica urbana en la ciudad de Aguascalientes. (2023) UAA. http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/2600.

María Mireya Figueroa de Jesús. Gestión de los Recursos Hídricos del Acuífero Valle de Aguascalientes, aplicando el método ZOPP.(2007)UNAM.https://repositorio.unam.mx/contenidos/gestion-de-los-recursos-hidricos-del-acuifero-valle-de-aguascalientes-ags-aplicando-el-metodo-zopp-62738?c=bw7RJB&d=false&q=*:*&i=2&v=1&t=search_0&as=0

Articles universitaires

Caldera-Ortega, A., & Zamora, D. T. (2023). Balance on social inclusion and environmental justice at the end of the 30 years of the drinking water service concession in the city of Aguascalientes, Mexico. *Frontiers in Sustainable Cities*, 5. https://doi.org/10.3389/frsc.2023.1177179.

Caldera-Ortega, A. (2013) Redes de política y diseño de estrategias para superar la crisis del agua: Los casos de los acuíferos de Valle de León, Guanajuato et del Valle de Aguascalientes (México). *Agua y Territorio*, (2). https://doi.org/10.17561/at.v1i2.1344.

Coutelle, J. (1998). La Compagnie Générale des Eaux au Mexique : L'école française de l'eau au service du développement mondial. *Congrès de la Société Hydrotechnique de France. 25èmes journées de l'hydraulique*.https://www.persee.fr/doc/jhydr_0000-0001_1998_act_25_2_5602.

Díaz, L. E. G., & Vázquez, R. T. (2007). Monitoreo de fluoruros en agua en la ciudad de Aguascalientes. *Conciencia Tecnológica*, (34). https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6486119.pdf.

Guerrero-Martínez, L., Hernández-Marín, M., & Burbey, T. J. (2018). Estimation of natural groundwater recharge in the Aguascalientes semiarid valley, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. https://rmcg.geociencias.unam.mx/index.php/rmcg/article/view/1022.

Gutiérrez, M., & Alarcón-Herrera, M. T. (2022). Fluoruro en aguas subterráneas de la región centro-norte de México y su posible origen. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. https://doi.org/10.20937/RICA.54307.

Guzmán-Colis, G., Ramírez-López, E., Thalasso, F., Rodríguez-Narciso, S., Guerrero-Barrera, A., & Avelar-González, F. (2011) Evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del río San Pedro en el estado de Aguascalientes. *Universidad y Ciencia*, 27(1). https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15419871002.

González Dávila, O. (2021) Fluorosis dental en niños de Aguascalientes, México: Un problema persistente de salud pública. *Water*, 13(8). https://doi.org/10.3390/w13081125.

Kurtycz, A. (2001) Le comportement environnemental responsable par rapport à l'eau comme une innovation. *Communication*, 20(2). https://doi.org/10.4000/communication.6554.

Pacheco-Vega, R. (2015) Gobernanza del agua en Aguascalientes: Regionalización, reescalamiento e intermunicipalidad. *Espacialidades*, 5(1). https://www.redalyc.org/pdf/4195/419544925006.pdf.

Redin Morales, H. del C., & Alejandra, G. de L. (2023) Conflictos por agua de baja intensidad: Un caso de estudio en Aguascalientes (México). *Perfiles Latinoamericanos*, 32(63). https://perfilesla.flacso.edu.mx/index.php/perfilesla/article/view/1587/1201.

Rolland, L., & Vega Cardenas, Y. (2009) La gestion de l'eau au Mexique. *Lex Electronica*, 13(3). https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72618890006.

Reyes-Cedeño, I. G., Hernández-Marín, M., Pacheco-Guerrero, A. I., & Gannon, J. P. (2023). Comprehensive methodology and analysis to determine the environmental flow regime in the temporary stream "La Yerbabuena" in Aguascalientes, Mexico. *Water.* https://www.mdpi.com/2073-4441/15/5/879.

Torregrosa, M. L., Saavedra, F., & Kloster, K. (2005) Posibilidades y limitaciones de la participación privada en la prestación de servicios de agua y saneamiento: El caso de Aguascalientes, México. *Cuadernos del Cendes*, 22(59). http://homolog-ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-25082005000200006&lng=en&nrm=iso&tlng=es.

Articles de presse

Protestan por mal servicio de Veolia. (2019) *El Sol del Centro*. https://oem.com.mx/elsoldelcentro/local/protestan-por-mal-servicio-de-veolia-14390981.

Concesión de agua en Aguascalientes a punto de concluir. (2020) *El Sol del Centro*. https://oem.com.mx/elsoldelcentro/local/concesion-de-agua-en-aguascalientes-a-punto-de-concluir-14377977.

Aguascalientes líder nacional en cultivos: SEDRAE. (2023) *El Sol del Centro.* https://oem.com.mx/elsoldelcentro/local/aguascalientes-lider-nacional-en-cultivos-sedrae-23926942.

¿Dónde está el agua? Vecinos de la colonia España acusan abandono y negligencia de MIAA (2024) *El Sol del Centro*. https://oem.com.mx/elsoldelcentro/local/vecinos-de-la-colonia-espana-aguascalientes-acusan-abandono-y-negligencia-20918611.

Escasez de agua obliga a tandeos en Aguascalientes. (2024) *El Sol del Centro.* https://oem.com.mx/elsoldelcentro/local/escasez-de-agua-obliga-a-tandeos-en-aguascalientes-13614572

¿Tu casa podría estar contaminando el Río San Pedro sin que lo sepas? Detectan 12 descargas ilegales y esto dicen las autoridades. (2026) *El Sol del Centro*. https://oem.com.mx/elsoldelcentro/local/autoridades-descubren-que-viviendas-descargan-aguas-residuales-al-rio-san-pedro-ya-suman-12-irregularidades-en-corto-tramo-29041810.

Siguen en litigio de 900 a mil demandas contra Veolia en Aguascalientes. (2024) *La Jornada Aguascalientes*. https://www.lja.mx/2024/07/siguen-en-litigio-de-900-a-mil-demandas-contra-veolia-en-aguascalientes/.

Aguascalientes carece de agua superficial: El reto está en los pozos Veolia. (2021) *La Jornada Aguascalientes*. https://www.lja.mx/2021/10/aguascalientes-carece-de-agua-superficial-el-reto-esta-en-los-pozos-veolia/.

El acuífero del Valle de Aguascalientes es uno de los 100 más sobreexplotados del país. (2021) *La Jornada Aguascalientes*. https://www.lja.mx/2021/07/el-acuifero-del-valle-de-aguascalientes-es-uno-de-los-100-mas-sobreexplotados-del-pais/.

Río San Pedro: Contaminado y en sus orillas habita el 80% de la población. (2021) *La Jornada Aguascalientes*. https://www.lja.mx/2021/10/rio-san-pedro-contaminado-y-en-sus-orillas-habita-el-80-de-la-poblacion/.

Preocupante el alto nivel de extracción y poco nivel de recarga de los mantos acuíferos. (2021) *La Jornada Aguascalientes*. https://www.lja.mx/2021/08/preocupante-el-nivel-alto-nivel-de-extraccion-y-poco-nivel-de-recarga-de-los-mantos-acuiferos/.

Automotriz, la industria que más agua consume. (2016) *El Heraldo de Aguascalientes.* https://www.heraldo.mx/automotriz-la-industria-que-mas-agua-consume/.

Crisis del agua en Aguascalientes: Soluciones de gobernanza y tecnología claves para el futuro. (2024) *El Heraldo de Aguascalientes*. https://www.heraldo.mx/crisis-del-agua-en-aguascalientes-soluciones-de-gobernanza-y-tecnologia-claves-para-el-futuro/.

Aguascalientes supera promedio nacional en consumo diario de agua. (2025) *El Heraldo de Aguascalientes.* https://www.heraldo.mx/aguascalientes-supera-promedio-nacional-en-consumo-diario-de-agua/.
Autorizan a políticos extraer millones de litros de agua pese a la crisis hídrica en Aguascalientes. (2025) *Newsweek en Español.* https://newsweekespanol.com/aguascalientes/autorizan-a-politicos-extraer-millones-de-litros-de-agua-pese-a-la-crisis-hidrica-en-aguascalientes

Prevén migración de trabajadores de Morelos a plantas de Nissan en Aguascalientes. (2025) *Newsweek en Español.* https://newsweekespanol.com/aguascalientes/preven-migracion-de-trabajadores-de-morelos-a-plantas-de-nissan-en-aguascalientes

La Feria Nacional de San Marcos deja una derrama económica de más de 9 mmdp. *Reporte Índigo*. (2024). https://www.reporteindigo.com/nacional/La-Feria-Nacional-de-San-Marcos-deja-una-derrama-economica-de-mas-de-9-mmdp-Tere-Jimenez-20240619-0028.html

¿Cuál es el costo de una pipa de agua potable en Aguascalientes? (2024) *Azteca Aguascalientes*. https://www.aztecaaguascalientes.com/noticias/cual-es-el-costo-una-pipa-agua-potable-en-aguascalientes-2024.

Río San Pedro es el más contaminado a nivel internacional. (2024) *Hidrocalido Digital*. https://www.hidrocalidodigital.com/rio-san-pedro-es-el-mas-contaminado-a-nivel-internacional/.

Aguascalientes enfrenta problemas de agua durante la Feria de San Marcos. (2024) *Plano Informativo*. https://planoinformativo.com/1072979/aguascalientes-enfrenta-problemas-de-agua-durante-la-feria-de-san-marcos/.

Los 10 peores momentos de CAASA-Veolia en Aguascalientes. (2023) *El Clarinete*. https://www.elclarinete.com.mx/los-10-peores-momentos-de-caasa-veolia-en-aguascalientes/.

Aguascalientes A1 plant is Nissan's fastest in the world. (2022) *Mexico Now*. https://mexico-now.com/aguascalientes-a1-plant-is-nissans-fastest-in-the-world/

El estrés hídrico en su nivel más alto. (2020) *Noticen*. https://www.noticen.com.mx/2020/06/el-estres-hidrico-en-su-nivel-mas-alto.html.

¿Cómo evitar que la relocalización de Nissan repita errores del pasado? (2025) *Líder Empresarial.* https://www.liderempresarial.com/como-evitar-que-la-relocalizacion-de-nissan-repita-errores-del-pasado/

Aguascalientes enfrenta problemas de agua durante la Feria de San Marcos. (2026) *Plano Informativo.* https://planoinformativo.com/1072979/aguascalientes-enfrenta-problemas-de-agua-durante-la-feria-de-san-marcos/

México se calienta al doble que el mundo: alertan que el país podría llegar a 3 grados antes de 2030. (2026) *PlubliMetro*. https://www.publimetro.com.mx/nacional/2026/02/19/mexico-se-calienta-al-doble-que-el-mundo-alertan-que-el-pais-podria-llegar-a-3-grados-antes-de-2030/.

Nissan inaugura terminal logística en Aguascalientes con capacidad para 260 tractocamiones. (2026*) Revista Transporte y Turismo*. https://www.tyt.com.mx/nota/nissan-inaugura-terminal-logistica-en-aguascalientes-con-capacidad-para-260-tractocamiones

Nissan integrará la producción de vehículos de la planta CIVAC al complejo de Aguascalientes en México. (2025) Mexico Nissan News. https://mexico.nissannews.com/es-MX/releases/nissan-integrara-la-produccion-de-vehiculos-de-la-planta-civac-al-complejo-de-aguascalientes-en-mexico.

Sites officiels

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). https://www.gob.mx/conagua/.

Gobierno del Estado de Aguascalientes – Instituto del Agua del Estado de Aguascalientes (INAGUA). https://www.aguascalientes.gob.mx/INAGUA/cultura/informacion.

Comisión Ciudadana de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Aguascalientes (CCAPAMA). https://ccapama.gob.mx.

Modelo Integral de Aguas de Aguascalientes (MIAA). https://www.miaa.mx.

Centre d'Informations sur l'Eau. (CIEAU) https://www.cieau.com/eau-transition-ecologique/enjeux/quest-ce-que-le-stress-hydrique-comment-y-repondre/#:~:text=et%20ses%20conséquences-,Définition,à%20la%20demande%20en%20eau.

World Resources Institute Water Risk Atlas. (WRI) https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/#/?advanced=false&basemap=hydro&indicator=w_awr_def_tot_cat&lat=30&lng=-80&mapMode=view&month=1&opacity=0.5&ponderation=DEF&predefined=false&projection=absolute&scenario=optimistic&scope=baseline&threshold&timeScale=annual&year=baseline&zoom=3

Documents institutionnels officiels

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (1917). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (1992). *Ley de Aguas Nacionales*. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2025). *Ley General de Aguas*. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgag/LGAg_orig_11dic25.pdf

Secretaria de Gobernación. Diario Oficial de la Federación. (2014) https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5349263&fecha=18/06/2014#gsc.tab=0

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (s. d.). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Gobierno de México. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2023). *Caracterización Bitácora Ambiental*. Gobierno del Estado de Aguascalientes. https://www.ags.gob.mx/SEMADESU/POEL/2023/4%20publicaciones/Caracterización_Bitacora_Ambiental.pdf

Secretaría de Salud. (2024). *Informe semanal para la vigilancia epidemiológica de temperaturas naturales extremas 2024, semana epidemiológica 20* (12-21 mayo 2024). Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/917623/TNE_2024_SE20.pdf

Instituto Municipal de planeación*. Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Aguascalientes 2040: Ciudad que Evoluciona*. (2015) https://www.implanags.gob.mx/files/programas/PDUCA/PDUCA2040.pdf.

Gobierno del Estado de Aguascalientes & Instituto del Agua del Estado de Aguascalientes. (2022). *Plan Hídrico Estatal 2021-2050 del Estado de Aguascalientes*. https://eservicios2.aguascalientes.gob.mx/NormatecaAdministrador/archivos/EDO-23-180.pdf

Documents techniques

ClimaProAgro. Francisco Villalpando (2018) *¿Cuánta agua necesita el maíz de temporal para una buena cosecha?* https://www.climaproagro.com/blog/cuanta-agua-necesita-el-maz-de-temporal-para-una-buena-cosecha

Scribd. Meliza Mera (2019). *Requerimientos Hídricos del Pimiento.* https://fr.scribd.com/document/418301253/REQUERIMIENTOS-HIDRICOS

Table des matières

.....1

Remerciements.....2

Sommaire 3

Table des sigles.....4

Introduction.....6

PARTIE 1 - CONTEXTUALISATION DE L'ETUDE.....12

COMPRENDRE LA GESTION DE L'EAU AU MEXIQUE ET À AGUASCALIENTES.....12

I) La gestion des eaux au Mexique : entre inégalité de la ressource, complexité du système d'acteurs et mutations juridiques.....12

A) Cadre naturel.....13

1) Contexte géographique et hydro climatique 13

1.1) Déterminants géographiques et zonage climatique 13

1.2) Une répartition inégale et saisonnière des ressources en eau 13

1.3) Une vulnérabilité accentuée par le changement climatique 14

2) L'hydrologie naturelle (les unités hydrologiques naturelles).....15

B) Cadre territorial 16

1) Contexte démographique et administratif 16

2) L'hydrologie administrative (les unités de gestion et d'administration).....17

3) Le système d'acteurs : entre échelles fédérales, estadales et municipales.....18

C) Perspective historique de la gestion de l'eau au Mexique : du droit constitutionnel (1917) à la marchandisation (1992), vers une réappropriation étatique (2025).....19

II) Aguascalientes, de 1985 à aujourd'hui : les multiples facettes d'une crise hydrique en milieu semi-désertique.....21

A) Diagnostic territorial : un déséquilibre entre ressource et demande 21

1) Un environnement hydrogéologique peu favorable.....22

1.1) Un climat semi-aride contraignant : forte évaporation et faibles précipitations.....22

1.2) Une hydrologie de surface insuffisante pour répondre aux besoins 23

1.3) Une hydrologie souterraine sollicitée comme unique recours 24

2) Description de l'aquifère Valle de Aguascalientes 24

2.1) Données hydrogéologiques.....24

2.2) Données institutionnelles et administratives.....25

3) Justification du choix de l'aquifère Valle de Aguascalientes.....25

3.1) Un aquifère stratégique pour l'État 25

3.2) Un aquifère qui répond à divers usages.....26

3.3) Un aquifère affecté sur les plans quantitatifs et qualitatifs 26

B) Les moteurs de la pression : une compétition féroce entre divers usages 27

1)L'agriculture intensive : le premier consommateur.....27

1.1) L'évolution structurelle : de la viticulture à l'hégémonie du maïs fourrager 27

1.2) La vulnérabilité du système : dépendance souterraine et inefficience.....30

1.2.1) Une rentabilité économique et hydrique défavorable.....30

1.2.2) Un rendement hydrique défavorable.....30

2) L'explosion démographique et industrielle : le moteur de la consommation urbaine 31

2.1) Les racines historiques de l'expansion démographique.....31

2.2) Le tournant majeur de l'expansion démographique : l'industrie automobile 32

2.2.1) Une pression critique sur les ressources hydriques 32

2.2.2) De la spécialisation à la centralisation totale (1992-2026).....32

2.2.3) Les impacts de l'expansion industrielle de NISSAN 32

2.2.4) Une explosion de l'expansion démographique et urbaine.....34

2.2.5) Une explosion de l'urbanisation impactant la demande et le cycle naturel 35

3) La pression touristique : des afflux ponctuels saturant la demande et la distribution d'eau.....37

C) Les mutations de la gouvernance : de l'héritage du modèle privé aux défis de la gestion publique . 38
1) Historique de la privatisation 38
2) L'échec de la délégation privée 39
2.1) Une tarification disproportionnée 39
2.2) Une injustice sociale et sanitaire 40
2.3) Une vétusté du réseau 41
D) État des lieux de la ressource 41
1) Déficit quantitatif 41
2) Déficit qualitatif 43
2.1) Diagnostic de la contamination 43
2.1.1) Contamination organique 43
2.1.2) Contamination chimique 44
2.1.2.1) Contamination par les métaux lourds 44
2.1.2.2) Contamination par les micropolluants 45
2.2) Origines des contaminations 45
2.2.1) Sources géologiques 46
2.2.2) Sources anthropiques 46
2.3) Impacts des contaminations : deux types, deux niveaux de gravité 46
2.3.1) Menace pour les écosystèmes 46
2.3.2) Menace pour la santé publique 47
E) Synthèse : état de la vulnérabilité et de la gouvernance de l'eau à Aguascalientes 47
1)Matrice AFOM 47
2) Toile d'araignée 48

PARTIE 2 - ÉTUDE DE TERRAIN : INSTITUT DE L'EAU DE L'ÉTAT D'AGUASCALIENTES (INAGUA) 50

STRUCTURER ET AMÉLIORER LA GESTION ESTATALE DE L'EAU 50
I) Une institution au service de la sécurité hydrique estatale 50
A) Statut, ancrage territorial et valeurs fondatrices 50
B) Gouvernance et organisation interne 50
C) Stratégies de développement 52
D) Une présence stratégique dans le paysage institutionnel local 52
E) Sources de financement 53
F) Ancrage communautaire et cohérence territoriale de l'action 54
II) Projet « Agua Segura » : l'illusion d'une sécurité hydrique ? 54
A) Présentation générale du projet 54
B) Bénéfices du projet 56
C) Limites du déploiement 56
III) Leviers d'actions actuels : de l'ingénierie hydraulique à une culture collective de l'eau 56
A) Volet technique : infrastructures hydrauliques, entre urgence et durabilité 57
1) Les infrastructures d'extraction souterraine comme réponses palliatives à l'urgence sociale 57
1.1) Phase n°1 : Perforation 57
1.2) Phase n°2 : Équipement électromécanique 58
2) Les infrastructures d'assainissements comme maillons de régénération environnementale 60
2.1) Présentation générale du réseau des usines de traitement des eaux usées (PTAR) 60
2.2) Étude de cas : la PTAR « La Ciudad », un exemple de référence du réseau d'assainissement dans l'État 61
B) Volet sociétal : la construction d'une culture collective de l'eau 63
1) Les Espaces de Culture de l'Eau (ECA) comme vecteurs de sensibilisation environnementale 63
1.1) Échelles de gouvernance 64
1.2) Pluralité des infrastructures éducatives 64
1.3) Leviers d'intervention opérationnels de l'INAGUA 64
1.4) Bilan de l'impact 65
2) Étude de cas : Le Centre Écologique « Los Cuartos », un exemple d'ECA pionnier et leader dans l'État 66
2.1) Origines et évolution historique 66
2.2) Cadre institutionnel, missions et vision de la fondation 66

2.3) L'apprentissage expérientiel comme modèle pédagogique 67
2.4) Cadre opérationnel sur le terrain 67
2.5) Typologie des expériences d'apprentissage 68
IV) Analyse critique de l'observation 70
A) Limites politico-institutionnelles 70
1) Court-termisme politique face au temps long hydrogéologique 70
2) Inégalités spatiales et mise en scène institutionnelle 70
3) Clivage politique 71
4) Clientélisme institutionnel 71
5) Manque de transparence des données 72
6) Contrôle de l'information 72
B) Limites techniques 73
1) Les chantiers de perforation (Villas de Guadalupe) et d'électrification (Tepetates) 73
1.1) Forer plus profond : l'illusion d'une solution durable 73
2.2) L'explosion des coûts d'extraction et de traitement 73
2) Les stations de traitement des eaux usées PTAR 74
3) L'absence d'équipements de sécurité sur le terrain 74
C) Limites socioculturelles 74
1) L'élitisme des structures : un accès inégalitaire à l'éducation environnementale 75
2) L'infantilisation des contenus et le manque de vulgarisation scientifique 75

PARTIE 3 – EBAUCHE DU PROJET HIDRO-SINERGIA 76

UN LABORATOIRE POUR LA RESILIENCE HYDRIQUE 76
I) Justification du projet 76
II) Objectif du projet 78
III) Résultats attendus 78
IV) Description des activités 79
V) Cadre logique 84
VI) Chronogramme 86
VII) Budget 88
VIII) Populations impliquées 89
IX) Suivi Évaluation 89
X) Risques et hypothèses 90
XI) Structure de gouvernance 91
XII) Ressources Humaines 92

Conclusion 94

Bibliographie 95

Table des matières 100

Table des tableaux 103

Table des figures 104

Table des cartes 104

Table des graphiques 104

Table des schémas et outils 105

Table des photographies 105

Annexes 106

Table des tableaux

Tableau n°1 : Évolution de la population de l'État d'Aguascalientes (1970-2040).

Tableau n°2 : Volumes de recharge et d'extraction de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* (en millions de m^3).

Tableau n°3 : Teneurs en DBO mesurées dans les eaux de surface de la rivière *San Pedro.*

Table des figures

Table des cartes

Figure n°1 : Répartition géographique du stress hydrique à l'échelle mondiale.

Figure n°2 : Localisation de la zone d'étude.

Figure n°3 : Localisation de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* dans l'État d'Aguascalientes

Figure n°4 : Répartition spatiale des précipitations moyennes annuelles au Mexique.

Figure n°5 : Comparaison de la sécheresse au Mexique entre 2011 et 2024.

Figure n°6 : Répartitions spatiale des bassins versants.

Figure n°7 : Répartition spatiale des aquifères.

Figure n°8 : Corrélation entre densité de population et disponibilité des ressources en eau au Mexique.

Figure n°10 : Typologie des climats dans l'État d'Aguascalientes.

Figure n°11 : Tracé de la rivière *San Pedro* dans l'État d'Aguascalientes.

Figure n°12 : Répartition spatiale des cinq aquifères de l'État d'Aguascalientes.

Figures n°16 et n°17 : Étalement industriel au sein de l'État d'Aguascalientes : le cas des sites de production Nissan.

Figure n°18 : Expansion de la couronne périurbaine de la ville d'Aguascalientes (1970 - 2010).

Figure n°28 : Répartition spatiale des cinq PTAR.

Figure n°29 : Répartition spatiale et emprise au sol de la PTAR « *La Ciudad* ».

Figure n°31 : Répartition spatiale des 26 ECA dans l'État d'Aguascalientes.

Table des graphiques

Figure n°13 : Répartition sectorielle des prélèvements au sein de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* en 2026.

Figure n°14 : Répartition sectorielle des principales cultures dans l'État d'Aguascalientes entre 1980 et 2014.

Figure n°15 : Répartition sectorielle des principales cultures dans l'État d'Aguascalientes en 2024.

Figure n°19 : Analyse comparative du coût de l'eau ($/m³) entre différents territoires mexicains en 2018.

Figure n°20 : Concentration de fluor dans les eaux de surface de la rivière *San Pedro* en 2006.

Table des schémas et outils

Figure n°9 : Organisation tripartite de la gestion de l'eau au Mexique.

Figure n°21 : Matrice AFOM - Diagnostic stratégique des indicateurs de gestion et des facteurs de vulnérabilité hydrique dans l'État d'Aguascalientes.

Figure n°22 : Adaptation de la toile d'araignée de John Burton à la crise hydrique de l'aquifère *Valle de Aguascalientes.*

Figure n°23 : Structure organisationnelle de l'INAGUA (répartition des pôles opérationnels, 2025).

Figure n°24 : Cartographie des sources de financement de l'INAGUA.

Figure n°25 : Schéma de la Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUT).

Figure n°26 : Schéma du chantier de perforation du puit dans la communauté de *Villas de Guadalupe.*

Figure n°27 : Schéma de l'équipement électromécanique du puit dans la communauté de *Tepetates.*

Figure n°30 : Schéma du cycle du traitement des eaux usées de la PTAR « L*a Ciudad* ».

Figure n°34 : Cadre logique de l'ébauche de projet Hidro-Sinergia.

Figure n°35 : Chronogramme de l'ébauche de projet Hidro-Sinergia.

Figure n°36 : Budget de l'ébauche de projet Hidro-Sinergia.

Figure n°37 : Tableau des risques et hypothèses de l'ébauche de projet Hidro-Sinergia.

Figure n°38 : Organigramme de l'équipe du projet Hidro-Sinergia.

Table des photographies

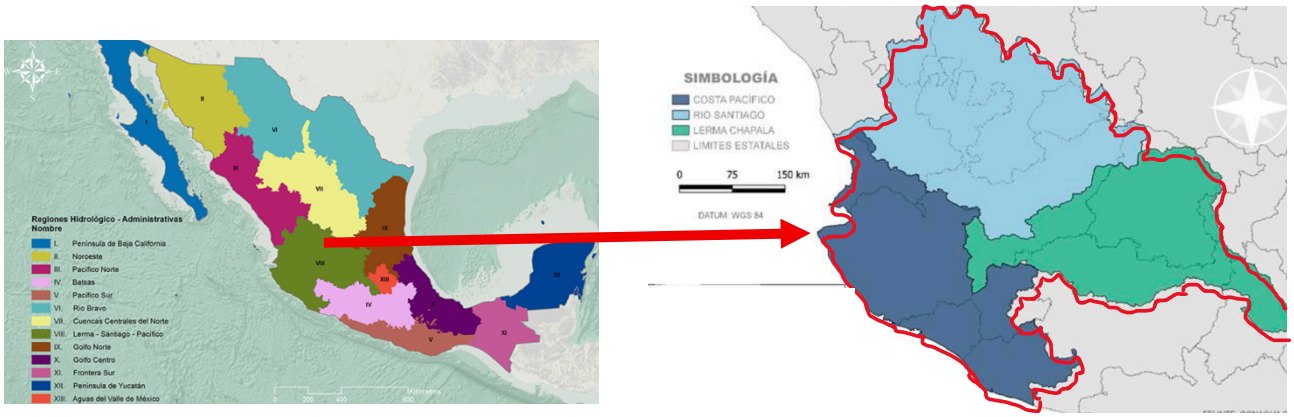
Figure n°32 – Évolution de l'Hacienda *« Los Cuartos* » : de l'État de ruine (1989) à sa reconversion actuelle (2026).

Figure n°33 – Représentations visuelles des ateliers éducatifs selon leur ordre d'apparition dans l'étude.

Annexes

Annexe n°1 : Carte des 13 régions hydrologiques-administratives du Mexique et zoom sur celle d'Aguascalientes (*Lerma-Santiago-Pacifico*)

Support de la Partie 1, section I sous-section B (p. 17).

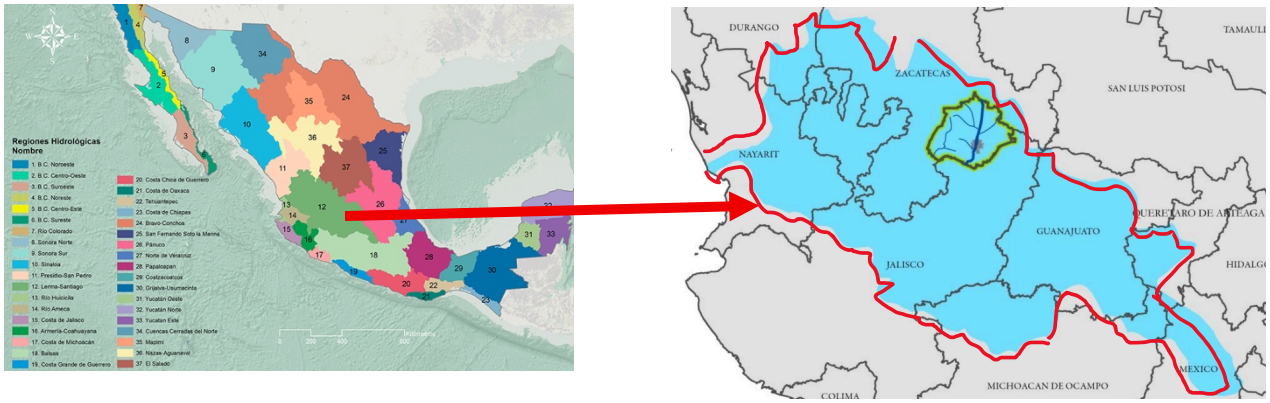


Source carte à gauche : Ministère de l'Environnement et des Ressources Naturelles publié en 2015 (consulté le 15/08/2025) https://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/Atlas2015/agua.html.

Source carte à droite : Commission Nationale de l'Eau, Programme Hydrique Régional 2021 / 2024 Región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma Santiago Pacífico (consulté le 30/06/2025) https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/PNH/PHR_2021-2024_RHA_VIII_LSP.pdf

Annexe n°2 : Carte des 37 régions hydrologiques du Mexique et zoom sur celle d'Aguascalientes (Lerma *Santiago)*

Support de la Partie 1, section I sous-section B (p. 17).



Source carte à gauche : Ministère de l'Environnement et des Ressources Naturelles publié en 2015 (consulté le 15/08/2025) https://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/Atlas2015/agua.html.

Source carte à droite : Commission Nationale de l'Eau, Programme Hydrique Régional 2021 / 2024 Región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma Santiago Pacífico (consulté le 30/06/2025) https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/PNH/PHR_2021-2024_RHA_VIII_LSP.pdf

Annexe n°3 : Photographie d'une manifestation citoyenne contre l'entreprise Véolia devant le palais municipal d'Aguascalientes en 2019

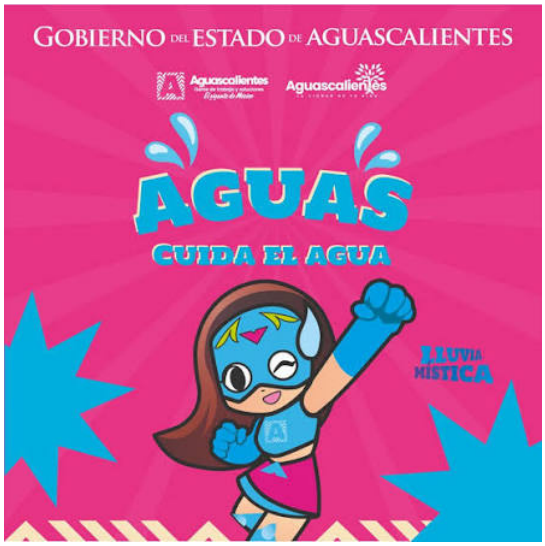
Support de la Partie 1, section II sous-section C (p. 40).



Source: Protestan por mal servicio de Veolia. (2019) *El Sol del Centro*. https://oem.com.mx/elsoldelcentro/local/protestan-por-mal-servicio-de-veolia-14390981

Annexe n°4 : Figures emblématiques de Agüita Sagrada et Lluvia Mística

Support de la Partie 3, section IV (p.82).





Source: Campaña oficial de concientización del Gobierno del Estado de Aguascalientes. (2023) *La Grilla*. https://www.lagrilla.net/2023/05/aguas-sumemos-esfuerzos-en-el-cuidado.html

Annexe n°5 : Rapport de stage

I) Rappel du contexte du stage

A) Présentation du contexte et du cadre du stage

Le stage de fin d'études s'est déroulé sur une période de quatorze semaines du 5 mars au 11 juin au sein de l'Institut de l'Eau de l'État d'Aguascalientes (INAGUA) au Mexique. Cette expérience s'inscrivait dans le cadre du Master 2 « Ingénierie de projets en Amérique latine » (IPAL) de l'Université Toulouse- Jean Jaurès, et visait à renforcer les compétences en gestion de projet dans un contexte international marqué par de forts enjeux de sécurité hydrique.

Ce stage représentait pour moi une opportunité de m'engager dans une structure à l'intersection des dynamiques de gestion des ressources en eau, de politiques publiques et d'ingénierie environnementale. Il a été conçu en lien étroit avec la problématique de mon mémoire, centrée sur la manière dont les contraintes hydrogéologiques, les pressions anthropiques et les choix de gouvernance s'entrelacent pour façonner la crise hydrique de l'aquifère *Valle de Aguascalientes*. Le défi de la sécurité hydrique, à la fois technique, socio-économique et institutionnel, a constitué le fil rouge de mon implication au sein de l'INAGUA.

B) Présentation de la structure d'accueil

Fondé par décret en 2000, l'Institut de l'Eau de l'État d'Aguascalientes (INAGUA) est un organisme public décentralisé du Gouvernement de l'État d'Aguascalientes, doté d'une personnalité juridique et d'un patrimoine propre. L'institut intervient en combinant pilotage, régulation et planification de la gestion hydrique, coordination institutionnelle, supervision des grands chantiers d'extraction et d'assainissement, et déploiement de programmes d'éducation environnementale.

L'équipe permanente de l'organisation repose sur un noyau d'experts pluridisciplinaires. Elle comporte une direction générale, des unités administratives spécialisées (service juridique, financier, des appels d'offres, de la maintenance et de la planification des infrastructures), ainsi que des organes de contrôle et d'évaluation. L'INAGUA bénéficie d'un ancrage territorial stratégique grâce à son rôle de pivot entre les directives fédérales de la CONAGUA et les réalités opérationnelles des onze municipalités de l'État d'Aguascalientes. Son financement repose sur un assemblage hybride mobilisant des fonds publics et fiscaux, des crédits bancaires nationaux et internationaux, des ressources internes ainsi que des partenariats public-privé.

C) Présentation du projet dans lequel le stage s'est inscrit

Au cours de mon stage au sein de l'INAGUA, j'ai été intégrée aux suivis de plusieurs axes stratégiques majeurs, articulés autour de la gestion de l'aquifère *Valle de Aguascalientes*.

Initialement, le stage s'était inscrit autour du projet « *Agua Segura* », institutionnalisé par décret en 2021. Ce dernier constituait l'une des initiatives stratégiques majeures mises en place par l'INAGUA pour répondre à la crise hydrique qui menace l'État d'Aguascalientes. Ce projet visait à garantir le droit constitutionnel d'accès à une eau salubre en remédiant à la surexploitation critique de l'aquifère *Valle de Aguascalientes* à travers un modèle de Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUT).

Cependant, face aux multiples limites rencontrées sur les plans financiers (avec des investissements estimés à plus de 7 milliards de pesos), techniques (une certaine complexité avec la construction d'un aqueduc de plus de 60 km et d'une usine de potabilisation à oxydation avancée), sociétales (vis-à-vis de la résistance du secteur agricole) ou psychosociales (liées au rejet de la population envers le réemploi potable), le projet demeure maintenu au stade d'étude de faisabilité.

Dès lors, mes missions de stage se sont réorientées et se sont articulées autour de deux volets complémentaires :

● **Le volet technique et infrastructurel :** J'ai suivi les actions de terrain menées par l'INAGUA pour répondre à l'urgence sociale immédiate, qu'il s'agisse des chantiers d'extraction souterraine ou de l'optimisation opérationnelle des usines de traitement des eaux usées.

● **Le volet sociétal :** J'ai également pris part aux initiatives visant à construire une culture collective de l'eau, à travers l'observation des programmes d'éducation environnementale menés par l'INAGUA au sein des Espaces de Culture de l'Eau (ECA).

II) Missions effectuées

Durant mon stage au sein de l'Institut de l'Eau de l'État d'Aguascalientes (INAGUA), mes missions se sont articulées autour d'une approche transversale, combinant des activités d'ingénierie de terrain, de représentation institutionnelle, de rédaction de comptes rendus et d'analyse de données pour appuyer les équipes au quotidien.

A) Missions de terrain

1) Visites d'ouvrages

Dans le cadre de mes missions, j'ai participé à des visites d'ouvrages aux côtés des équipes de l'INAGUA. L'objectif de ces visites était de découvrir, d'analyser et de comprendre des infrastructures hydrauliques déjà construites

et pleinement opérationnelles, afin d'appréhender leur rôle et leur fonctionnement global. À travers la visite d'usine de traitement des eaux usées (PTAR) « *La Ciudad* », j'ai pu analyser le fonctionnement de la station d'épuration la plus importante de l'État d'Aguascalientes. Cette infrastructure possède une capacité de 2 000 litres par seconde et traite environ 60 millions de m³ d'eau par an. J'ai pu y observer les étapes clés :



1) Le prétraitement

(criblage des solides)



2) Le traitement primaire physique

(avec sédimentation par gravité)



3) Le traitement secondaire biologique

(avec biofiltres et aération)



Photographies réalisées lors des visites d'ouvrages de la PTAR (mars 2026)

2) Supervision de chantiers

En parallèle, j'ai pris part à des supervisions de chantiers. L'objectif de ces immersions était de vérifier l'avancée des travaux en cours, d'échanger directement avec les ingénieurs et les ouvriers pour comprendre les difficultés rencontrées sur le terrain, de prendre des notes détaillées sur l'évolution des opérations et de relever les données techniques. Dans ce cadre, j'ai ainsi été chargée de suivre l'avancement de deux projets hydrauliques majeurs dans la ville de Jesús María. Pour ce faire, j'ai effectué des visites régulières sur place, me permettant de superviser directement deux types de travaux :

1) L'installation des équipements électromécaniques du puits de Tepetates



2) L'opération de perforation du puits de Villas de Guadalupe



Photographies réalisées lors de supervision de chantiers (mars 2026)

3) Nettoyage de la rivière *San Pedro*

Dans le prolongement des missions de terrain, j'ai été chargée de coordonner un événement de sensibilisation environnementale au sein de la rivière *San Pedro*, en lien avec plusieurs institutions publiques et acteurs associatifs locaux. Cet événement visait à nettoyer les abords et le lit du cours d'eau fortement engorgé par les déchets. La première étape a consisté à entrer en contact avec Sarahí Macías Alicea, directrice du Ministère de la Durabilité, de l'Environnement et de l'Eau afin de lui présenter l'initiative. Grâce à son soutien, une date a été fixée pour organiser le nettoyage au mois d'avril. Ce partenariat institutionnel a permis de bénéficier d'un appui logistique (camion pour le transport des déchets et matériel pour la collecte). J'ai personnellement participé activement aux opérations de terrain aux côtés des équipes pour retirer les troncs secs, les pneus et les ordures. L'initiative a pour objectif de connecter la zone urbaine et de transformer durablement la rivière en un axe de développement durable. Cette action a ainsi permis de récupérer au total 2 753 tonnes de déchets en 111 jours.





Photographies réalisées lors du nettoyage de la rivière San Pedro (avril 2026)

4) Atelier d'échantillonnage de roches

Une autre mission importante confiée durant mon stage a consisté à réaliser un échantillonnage de roches, en les classant méthodiquement selon la profondeur des puits. Cette tâche a servi à structurer et classer la géologie du sous-sol pour assurer un suivi technique rigoureux des forages, indépendamment des chantiers de construction.





Photographies réalisées lors de l'atelier échantillonnage de roches (avril 2026)

5) Ateliers pédagogiques

En complément, j'ai été chargée d'élaborer, animer et superviser un atelier de sensibilisation et de pédagogie au sein de l'Espace de Culture de l'Eau « *Los Cuartos* », destiné à un groupe d'une vingtaine d'enfants de 7 à 12 ans.

Ce dernier avait pour objectif d'amener les enfants à identifier leurs émotions et leurs souvenirs liés au concept de l'eau afin de comprendre pourquoi sa protection est vitale, et ce, à travers le dessin. Pour ce faire, les enfants étaient invités à fermer les yeux pour imaginer ce qu'ils pensent ou ressentent en entendant le mot « eau ». Ensuite, ils recevaient une feuille comportant le dessin d'une goutte d'eau agissant comme un « miroir », sur lequel ils pouvaient dessiner le fruit de leur imagination. Je leur ai ensuite expliqué que l'eau fonctionne comme un album de souvenirs importants dans leur vie : d'un côté, en illustrant des moments de bonheur (tels que l'arrosage des plantes, le don de la nature, la consommation humaine et l'extinction des incendies) et de l'autre, en montrant un contraste négatif à travers un dessin d'eau contaminée susceptible de causer des maladies. L'activité s'est conclue par une réflexion collective sur l'importance de protéger l'eau pour préserver la santé, l'environnement et les souvenirs heureux, scellée par un engagement de groupe.





Photographies réalisées lors de l'atelier pédagogique (mai 2026)

B) Missions de représentation institutionnelle

1) Participation à la journée internationale de l'eau

J'ai été invitée à participer et à assister à la journée internationale d'eau organisée à l'Université Autonome d'Aguascalientes (UAA). Cette mission de représentation m'a permis d'assurer une présence institutionnelle active et d'aller à la rencontre de plusieurs personnalités, notamment la gouverneure de l'État d'Aguascalientes María Teresa Jiménez Esquivel et le maire de la ville d'Aguascalientes Leonardo Montañez Castro. J'ai ensuite assisté aux différentes séquences de l'événement telles que :

1) Le test d'outils en réalité virtuelle pour explorer les ressources en eau et la découverte des activités de culture de l'eau



2) La participation à la conférence magistrale de l'Arq. Noel Mata Atilano, Directeur Général de l'INAGUA, sur les défis de la gestion étatique de l'eau





Photographies réalisées lors de la journée internationale de l'eau (mars 2026)

2) Participation en tant que membre d'un jury

J'ai également exercé la fonction de membre du jury pour le concours « *Agua y Arte* », organisé par la ville de Calvillo et l'organisme opérateur des services d'eau de la ville. Cette mission a consisté à apporter un regard critique et constructif sur une dizaine de travaux réalisés en groupes de deux élèves. Il s'agissait de maquettes confectionnées à la main tout au long de l'année scolaire par des collégiens à partir de matériaux recyclés. Cette activité s'est conclue par la sélection des projets lauréats et la remise officielle des prix aux vainqueurs, en présence du maire de Calvillo, Daniel Romo Urrutia.





Photographies réalisées lors du concours « Agua y Arte » (avril 2026)

C) Missions de rédaction de comptes rendus

Lors des différentes réunions et tables rondes auxquelles l'INAGUA a participé, j'ai assuré la prise de notes et la rédaction des comptes rendus officiels afin de garantir un suivi stratégique des dossiers. Deux exemples illustrent cette mission :

● Restitution de la réunion annuelle des ECA : J'ai participé au suivi de la réunion annuelle des Espaces de Culture de l'Eau, organisée par la « *Asociación Mexicana de Hidráulica »* (section Aguascalientes), dont j'ai rédigé le compte rendu axé sur les défis opérationnels, sociaux et culturels, en insistant sur le fait que la gestion de l'eau dépend d'abord du comportement des usagers et de l'évolution des habitudes.

● Restitution de la table de révision normative : J'ai pris part à la session de travail consacrée à l'analyse de la loi sur la protection de l'environnement pour l'État d'Aguascalientes, dont j'ai également assuré le compte rendu pour appuyer l'harmonisation des politiques environnementales et hydriques.

D) Missions d'analyse de données et de conception de documents

En parallèle, j'ai été chargée de mener plusieurs travaux de recherche documentaire, d'analyse de données juridiques et statistiques pour appuyer l'équipe, servant ainsi d'outil de consultation interne. Ces derniers ont été réalisé, dans un contexte marqué par la difficulté d'obtenir des données publiques fiables, actualisées et exemptes d'erreurs. Nous retrouvons :

● Une note de synthèse structurée répertoriant les différentes sources de financement existantes dans le secteur hydrique au Mexique, permettant de décrypter et de clarifier un panorama administratif et financier particulièrement complexe

● Une analyse comparative de la législation hydrique nationale afin de faciliter l'interprétation administrative entre la Loi des Eaux Nationales (1992) et la Loi Générale des Eaux (2025)

● Des graphiques sous Excel basés sur le Registre Public des Droits de l'Eau afin d'identifier :

1. Les principales cultures d'irrigation et leur valeur économique à Aguascalientes.
2. La distribution de l'utilisation de l'eau par secteurs : agricole, domestique et industriel.

III) Bilan du travail accompli

Ce stage de quatorze semaines au sein de l'Institut de l'Eau de l'État d'Aguascalientes (INAGUA) a été une expérience marquante et enrichissante, malgré des débuts délicats. En effet, l'intégration a pris du temps à se mettre en place. Jusqu'à la moitié du stage, les journées ont parfois été longues, car je manquais de missions

concrètes. Les lectures de documents institutionnels liées à la gestion de l'eau de l'État d'Aguascalientes proposées par l'équipe faisaient déjà toutes partie de mon corpus de recherche pour mon mémoire. De plus, découvrir sur place que le projet initial « *Agua Segura* » ne pouvait pas se concrétiser m'a un temps fait douter de ma contribution.

Heureusement, grâce au dialogue avec mon tuteur et l'équipe, ainsi qu'aux échanges constructifs avec M. Buclet (référent de la promotion IPAL), nous avons pu clarifier mes missions et tout est rentré dans l'ordre.

Dès lors, mon implication a pu se concrétiser et s'élargir simultanément sur plusieurs volets tels que la supervision de chantiers hydrauliques, les visites d'ouvrages, la représentation institutionnelle, la rédaction de comptes rendus officiels, les analyses de données et l'accompagnement pédagogique. Cette dynamique m'a alors permis de mobiliser un large éventail de compétences. Loin de me disperser, cette multiplicité d'enjeux m'a au contraire permis de comprendre en profondeur le fonctionnement d'un projet à dimension territoriale, et de développer une véritable capacité d'adaptation.

L'autonomie dont j'ai bénéficié au cours du stage, notamment dans la participation aux missions de terrain a été une grande source de motivation. Cela m'a permis de me positionner comme interlocutrice légitime et d'acquérir une certaine aisance dans la conduite et le suivi de projets de terrain. Cette confiance accordée par l'équipe m'a poussée à être rigoureuse, proactive et créative.

Enfin, ce stage a renforcé ma volonté de m'engager à l'avenir dans des projets ancrés territorialement, à l'interface entre enjeux sociaux, environnementaux et éducatifs. Il m'a permis de mettre en cohérence mes apprentissages théoriques (acquis au cours de mon parcours universitaire en ingénierie de projets) avec des pratiques de terrain concrètes.

INAGUA
INSTITUTO DEL
AGUA DEL ESTADO