

3-1-2018

# Les Taux de Rupture de Conduites D'eau aux États-Unis et au Canada : une Étude Complète

Steven Folkman  
*Utah State University*



Follow this and additional works at: [https://digitalcommons.usu.edu/mae\\_facpub](https://digitalcommons.usu.edu/mae_facpub)

 Part of the [Aerospace Engineering Commons](#), and the [Mechanical Engineering Commons](#)

## Recommended Citation

Folkman, Steven, "Les Taux de Rupture de Conduites D'eau aux États-Unis et au Canada : une Étude Complète" (2018). *Mechanical and Aerospace Engineering Faculty Publications*. Paper 175.  
[https://digitalcommons.usu.edu/mae\\_facpub/175](https://digitalcommons.usu.edu/mae_facpub/175)

This Article is brought to you for free and open access by the Mechanical and Aerospace Engineering at DigitalCommons@USU. It has been accepted for inclusion in Mechanical and Aerospace Engineering Faculty Publications by an authorized administrator of DigitalCommons@USU. For more information, please contact [dylan.burns@usu.edu](mailto:dylan.burns@usu.edu).



# Les taux de rupture de conduites d'eau aux États-Unis et au Canada : une étude complète

Mars 2018

Un outil de planification pour les services publics de l'eau pour la gestion de leur infrastructure de distribution d'eau



**Dans l'ensemble, le nombre de ruptures a augmenté de 27 % en six ans**



Université d'État de l'Utah  
Laboratoire des structures enterrées  
Steven Folkman, Ph.D., P.E.



|           |  |
|-----------|--|
| <b>3</b>  | <b>Résumé</b>  |
| 3         | Preuve de déclin   |
| 3         | Les mesures  |
| 3         | Objectif et faits saillants  |
| 3         | Le chercheur principal   |
| <b>4</b>  | <b>Principales constatations</b>                                     |
| <b>7</b>  | <b>1.0. Introduction</b>   |
| 7         | 1.1 Vieillesse des infrastructures de distribution d'eau             |
| <b>8</b>  | <b>2.0. L'enquête</b>  |
| 8         | 2.1 Méthodologie   |
| 9         | 2.2 Objectifs et buts de l'étude                                     |
| 11        | 2.3 Régions de l'enquête   |
| 12        | 2.4 Taille des participants à l'enquête                              |
| 13        | 2.5 Longueur de conduites d'eau par unité de population              |
| 15        | 2.6 Taille des échantillons couverts par l'enquête                   |
| <b>16</b> | <b>3.0. Matériau des tuyaux</b>                                      |
| 19        | 3.1 Âge et diamètre des tuyaux                                       |
| <b>23</b> | <b>4.0. Pression et volume de livraison</b>                          |
| <b>24</b> | <b>5.0. Calcul des taux de défaillance des conduites d'eau</b>       |
| 24        | 5.1 Taux de défaillance par type de matériau des tuyaux              |
| 28        | 5.2 Effets de l'âge  |
| 28        | 5.3 Seuil de taux de rupture pour les remplacements                  |
| 28        | 5.4 Âge et mode des défaillances les plus courantes                  |
| 30        | 5.5 Cohortes et années des tuyaux                                    |
| <b>32</b> | <b>6.0. Sols corrosifs et méthodes de prévention de la corrosion</b> |
| 32        | 6.1 Effet des sols corrosifs sur les taux de rupture                 |
| <b>37</b> | <b>7.0. Défaillances liées aux travaux de construction</b>           |
| <b>37</b> | <b>8.0. Méthodes d'évaluation de l'état</b>                          |
| <b>38</b> | <b>9.0. Pertes d'eau dues aux fuites</b>                             |
| <b>39</b> | <b>10.0. Plans pour le remplacement de conduites d'eau</b>           |
| <b>41</b> | <b>11.0. Matériaux de tuyaux approuvés</b>                           |
| <b>42</b> | <b>12.0. Préférences pour l'installation de tuyaux</b>               |
| <b>43</b> | <b>13.0. Gestion des infrastructures de distribution d'eau</b>       |
| 44        | 13.1 Analyse des coûts du cycle de vie et analyse du cycle de vie    |
| <b>44</b> | <b>14.0. Conclusion</b>  |
| 45        | 14.1 Résultats importants de cette étude                             |
| 45        | 14.2 Remerciements   |
| <b>46</b> | <b>15.0. Références</b>  |

# Résumé

La prospérité économique des villes modernes est basée sur un réseau d'infrastructures complexe à la fois en surface et sous la terre. Un élément essentiel pour la santé publique et le bien-être économique est notre eau potable, qui est acheminée jusqu'à notre robinet à travers un réseau complexe de conduites de distribution d'eau souterraines. Étant donné que la plus grande partie de cette infrastructure se trouve sous terre, elle est hors de vue et souvent négligée. Disposer de données empiriques sur des ruptures de conduites d'eau aide les services publics avec leurs processus de prises de décision quant aux réparations et remplacements, afin de continuer à fournir de l'eau potable à leurs clients à un prix abordable. Le présent rapport documente les résultats de l'enquête menée auprès de services publics situés aux États-Unis et au Canada, sur les ruptures de conduites d'eau et leurs caractéristiques d'exploitation. Une enquête similaire avait été menée par l'Université d'État de l'Utah il y a environ six ans, et publiée en 2012 (Folkman, 2012). Ce rapport de 2018 fait référence à l'étude précédente dans le but de comparer et d'examiner les changements au fil du temps et de discuter de l'importance de disposer de données sur les ruptures de conduites d'eau dans le contexte de la planification de la gestion des infrastructures de distribution d'eau.

## Preuve de déclin

Les infrastructures de distribution d'eau d'Amérique du Nord sont en déclin. Des signes de détresse se manifestent tous les jours, avec des ruptures de conduites d'eau créant des inondations et des interruptions de service. Une perte de service est plus qu'un inconvénient. En effet, elle cause d'importantes perturbations sociales et économiques. Les répercussions économiques comprennent une perte d'eau traitée, une augmentation des budgets d'entretien, des heures supplémentaires pour le personnel d'entretien, des perturbations de la circulation et du travail, ainsi que des dommages à des propriétés privées. « Le vieillissement et la détérioration de conduites d'eau constituent des menaces envers l'intégrité physique des systèmes de distribution d'eau, causant des effets négatifs sur la capacité de débit, la pression et la qualité de l'eau dans les réseaux d'eau potable » (Grigg, et al., 2017). Les perturbations dues à la défaillance de conduites d'eau sont de nos jours très fréquentes. L'évaluation globale de notre infrastructure de distribution d'eau n'est pas bonne. En 2009, l'American Society of Civil Engineers (la Société américaine de génie civil) a publié un rapport d'évaluation des infrastructures aux États-Unis et a accordé une note « D- » (proche de zéro) aux infrastructures de distribution d'eau potable et aux infrastructures d'eaux usées (ASCE, 2009). Signe d'une légère amélioration, le rapport d'évaluation des infrastructures de 2017 de l'ASCE (ASCE, 2017) leur a accordé un « D » (légèrement mieux que D-). Dans les années 1990, une étude approfondie par l'American Water Works Association (AWWA) a également indiqué que le remplacement des conduites d'eau était insuffisant (Kirmeyer et al., 1994). L'AWWA effectue un suivi officiel des problèmes et des tendances aux États-Unis. La préoccupation dans les enquêtes de l'AWWA réalisées en 2016 et 2017 est « le renouvellement et le remplacement (R&R) des infrastructures vieillissantes d'eau potable et d'eaux usées » (AWWA, 2017).

## Les mesures

Le facteur le plus important et critique utilisé pour quantifier

l'état et l'apparition de défaillances dans des réseaux de conduites d'eau souterraines est le taux de rupture de conduites d'eau. Les taux de rupture de conduites d'eau sont calculés pour tous les matériaux de tuyaux utilisés dans le transport de l'eau, afin de créer une mesure permettant de juger les performances et la durabilité. Les taux de rupture de conduites d'eau des services publics de distribution d'eau peuvent aussi varier d'une année sur l'autre et même en fonction de la saison. Toutefois, dans l'ensemble, les taux de rupture produisent une histoire convaincante, qui peut aider à la prise de décisions en matière de gestion des infrastructures de distribution d'eau, en ce qui a trait à la définition de la criticité des tuyaux et des coûts de réparation et de remplacement de conduites d'eau souterraines.

## Objectif et faits saillants

Cette étude complète des taux de rupture de conduites d'eau aux États-Unis et au Canada regroupe l'expérience collective de 308 services publics de distribution d'eau et devrait être utilisée à l'avenir pour la prise de décision de remplacement de conduites. C'est le désir des chercheurs et des participants de fournir des données et une analyse que les gestionnaires et ingénieurs de services publics, et les élus locaux peuvent appliquer aux circonstances de leurs propres installations, afin de faciliter la planification de la gestion des infrastructures de distribution d'eau et la prise de décision de remplacement de conduites. L'objectif est d'aider les clients à réduire les coûts d'exploitation, l'impact sur les niveaux de service et les risques pour la santé. Les faits saillants de l'étude des ruptures de conduites d'eau comprennent des données agrégées sur les taux de rupture des matériaux utilisés pour les tuyaux, l'analyse de l'âge et de la corrosion lors de défaillances, les observations connexes liées à la pression, à la demande en termes de livraison, aux effets de la corrosivité des sols et aux nouveaux indicateurs au niveau national concernant le remplacement des tuyaux et la population approvisionnée par kilomètre de conduite.

## Le chercheur principal

Le Dr Steven Folkman est un ingénieur professionnel agréé, membre de l'AWWA et membre de la Transportation Research Board Committee on Culverts and Hydraulic Structures (Comité des ponceaux et ouvrages hydrauliques du Conseil de recherche sur les transports des États-Unis) et est responsable du Laboratoire des structures enterrées de l'Université d'État de l'Utah (USU). Le Laboratoire des structures enterrées de l'USU est impliqué dans l'analyse et les essais de toutes sortes de types de tuyaux et de structures associées depuis plus de 50 ans. Parmi ses anciens directeurs, on mentionnera le Dr Reynold Watkins et le Dr Al Moser, qui sont des experts de renommée internationale. Le Dr Moser et le Dr Folkman sont coauteurs d'un livre de cours largement utilisé, *Buried Pipe Design* (McGraw Hill, 3<sup>e</sup> édition). L'expertise du Dr Folkman comprend la dynamique des structures, analyse linéaire et non linéaire par éléments finis utilisant l'interaction sol/structure, et les essais. Le Laboratoire des structures enterrées de l'USU est reconnu comme l'un des deux laboratoires aux États-Unis capable d'effectuer des essais à grande échelle sur les tuyaux enterrés. C'est dans ce contexte et avec cette expertise que les enquêtes sur les ruptures de conduites d'eau ont été élaborées et analysées, afin de réaliser cette étude complète.



# Principales constatations

Le caractère exhaustif de cette étude a permis d'obtenir une évaluation de l'état des infrastructures de l'eau au niveau national et une analyse comparant les performances des différents matériaux de tuyaux. En outre, plusieurs indicateurs au niveau national ont été produits, que les services publics de l'eau peuvent utiliser à titre de référence et comparaison pour la gestion de leurs infrastructures.

## 1. Évaluation de l'état et de l'exploitation de près de 320 000 kilomètres de conduites d'eau

Les 308 participants à l'enquête de base ont rapporté des données concernant un total de 318 434 kilomètres (197 866 milles) de conduites d'eau. Parmi eux, 281 ont été en mesure de fournir des données plus détaillées concernant les ruptures de conduites d'eau, couvrant 274 503 kilomètres (170 569 milles) de conduites d'eau. Cela représente 12,9 % de la longueur totale de conduites d'eau aux États-Unis et au Canada. Autre statistique importante, les services publics ayant fourni des données sur les ruptures approvisionnent une population totale de 52 477 346 personnes. Cela représente 14,5 % de la population totale des États-Unis et du Canada. L'enquête a enregistré 23 803 défaillances nécessitant des réparations, ce qui est une base importante pour les données sur les ruptures. C'est l'une des plus grandes enquêtes jamais réalisées sur les défaillances de conduites d'eau et ses résultats offrent une représentation précise des performances des conduites d'eau de distribution d'eau et de leurs conditions d'exploitation en Amérique du Nord. Ce rapport peut être utilisé pour mettre à jour les hypothèses utilisées pour la « durée de vie moyenne estimée » des matériaux des tuyaux lors de la gestion des remplacements d'infrastructures d'eau et de la prise de décision de remplacement de conduites.

## 2. Le taux de rupture a augmenté de 27 % en six ans

Entre l'étude publiée en 2012 et la présente étude de 2018, le taux global de ruptures de conduites d'eau a augmenté de 27 %, passant de 6,9 à 8,8 ruptures/100 km/an (de 11,0 à 14,0 ruptures/100 milles/an). Fait encore plus inquiétant, le taux de rupture des conduites d'eau en fonte grise et en amiante-ciment, celles-ci constituant 41 % des conduites d'eau en service aux États-Unis et au Canada, a augmenté de plus de 40 % sur cette même période de 6 ans.

## 3. 82 % des tuyaux en fonte ont plus de 50 ans et présentent une augmentation de 46 % de leur taux de rupture

La fonte grise est le principal matériau des tuyaux des infrastructures de distribution d'eau en Amérique du Nord. 82 % de tous les tuyaux en fonte grise ont de plus de 50 ans et leur taux de rupture a considérablement augmenté, 46 %, depuis 2012 et devrait continuer d'augmenter. 27 % des tuyaux en amiante-ciment ont également plus de 50 ans et leur taux de rupture a considérablement augmenté, 43 % sur cette même période de 6 ans. Ensemble, les tuyaux en fonte grise et les tuyaux en amiante-ciment sont les principaux

responsables de l'augmentation considérable du taux global de ruptures depuis 2012. Les services publics de distribution d'eau dont l'infrastructure comporte une grande quantité de tuyaux en fonte grise ou de tuyaux en amiante-ciment devraient accélérer leur taux de remplacement. Les tuyaux en fonte grise et les tuyaux en amiante-ciment ne sont plus fabriqués et beaucoup d'entre eux ont atteint la fin de leur durée de vie prévue.

## 4. À l'échelle nationale, un kilomètre de conduite d'eau en service alimente 191 personnes en eau potable

Bien que le consensus courant soit que 1 km de conduite d'eau en service alimente 203 personnes en eau potable (325 personnes par mille), la présente étude révèle un nouvel indicateur statistique de 191 personnes par kilomètre (308 personnes par mille) de conduite d'eau, indépendamment du diamètre desdites conduites. Les données indiquent qu'un service public de distribution d'eau possède en moyenne de 977 km (607 milles) de tuyaux et approvisionne une population de 186 752 personnes.

## 5. 85 % de l'infrastructure actuelle de conduites d'eau est constituée de tuyaux de diamètre inférieur à 30,5 cm (12 pouces)

67 % de toutes les conduites de distribution d'eau potable en service ont un diamètre inférieur ou égal à 200 mm (8 pouces). Les conduites d'eau de 250 à 300 mm (10 à 12 pouces) représentent 18 % de plus de toutes les canalisations d'eau.

## 6. Les services publics de petite taille sont sujets à deux fois plus de ruptures que ceux de grande taille

Les résultats de l'enquête montrent que les services publics de petite taille ont des taux de rupture plus de deux fois élevés que ceux des services publics de grande taille. Cela peut être attribuable au fait que les services publics de grande taille disposent de budgets plus élevés, résultant en des données, une conception technique, des procédures d'installation et des pratiques de gestion d'infrastructures d'eau plus avancées. Un service public rural de petite taille a généralement plus de kilomètres de tuyaux par client. Cela peut entraîner une plus grande charge financière pour le maintien de leurs systèmes de distribution d'eau par rapport aux services publics de grande taille ou urbains.

## 7. Les matériaux utilisés pour les tuyaux varient d'une région à l'autre

Les matériaux utilisés pour les tuyaux de conduites d'eau peuvent varier considérablement entre les régions géographiques (voir Figure 11). Ceci suggère que la sélection et l'utilisation de matériaux pour les tuyaux dépendent davantage des habitudes que d'une analyse comparative des coûts ou des conditions environnementales. La partie nord-ouest et la moitié est des États-Unis (les régions 1, 4, 6, 7 et 8 sur la Figure 1) utilisent des tuyaux en fonte grise ou fonte ductile pour la majorité de leurs infrastructures de tuyauteries. Les régions 3, 5 et 9 ont plus de tuyaux en PVC qu'en tout autre matériau. Le matériau de tuyaux le plus courant dans la région 2 est l'amiante-ciment, la seule région avec cette particularité.

## 8. Une grande quantité de données fournit une précision accrue

Les expériences en termes de ruptures de conduites d'eau peuvent varier d'un service public à l'autre. Des facteurs tels que le climat, les matériaux des tuyaux, les méthodes d'installation et la corrosivité des sols peuvent affecter considérablement les taux de défaillance. La conception et les pratiques d'installation sont très importantes. Chaque service public devrait concevoir et installer les tuyaux indépendamment de leur matériau. De nombreuses études antérieures étaient basées sur un petit groupe de services publics de grande taille. La présente étude offre une meilleure précision en raison de la participation de nombreux services publics.

## 9. Quatre types de matériaux de tuyaux représentent 91 % des conduites d'eau

91 % des conduites d'eau en service sont fabriquées en fonte grise (28 %), en fonte ductile (28 %), en polychlorure de vinyle (22 %) ou en amiante-ciment (13 %). Les 9 % restants utilisent des matériaux comme le polyéthylène (PEHD), l'acier, le PVC avec orientation moléculaire (PVC-O), acier enrobé de béton (CSC) et autres.

## 10. Les tuyaux en PVC ont le taux de défaillance le plus faible

Lorsque l'on compare le taux de défaillance des tuyaux en fonte grise, fonte ductile, PVC, béton, acier et amiante-ciment, le PVC est le matériau qui présente le taux de défaillance le plus faible. C'était déjà la conclusion de l'enquête de 2012 et cela est confirmé par d'autres sources du secteur. Un taux de défaillance plus faible contribue à réduire le coût total d'exploitation et permet de confirmer les performances et la longévité des tuyaux en PVC. Contrairement aux métaux ferreux et à l'acier enrobé de béton, le PVC n'est pas sujet à la corrosion.

## 11. La corrosion est l'une des causes de la rupture de conduites d'eau

75 % de tous les services publics interrogés ont signalé une ou plusieurs zones avec un sol corrosif. Les services publics avec un pourcentage plus élevé de tuyaux en fonte peuvent avoir un pourcentage plus élevé de ruptures liées à la corrosion. Cela s'appliquerait surtout aux tuyaux en service sans investissements supplémentaires dans l'évaluation de l'état, la surveillance des tuyaux et des mesures de protection contre la corrosion. Les sols corrosifs et d'autres risques liés à l'environnement augmentent le coût total d'exploitation. Le mode de défaillance le plus courant à partir des résultats de l'enquête détaillée est une fissure circonférentielle. En fait, c'est la cause de défaillance la plus courante pour les tuyaux en fonte grise et en amiante-ciment. Les problèmes de corrosion peuvent être un contributeur à de nombreux modes de défaillance.

## 12. Les tuyaux en fonte grise ont un taux de rupture 20 fois plus élevé dans les sols très corrosifs que dans les sols faiblement corrosifs

Les analyses de corrosivité des sols réalisées dans le cadre de cette étude ont montré que les tuyaux en fonte grise dans

les sols très corrosifs ont un taux de rupture prévu plus de 20 fois supérieur à celui des tuyaux en fonte grise dans des sols peu corrosifs. Traditionnellement, une épaisseur accrue de la paroi des tuyaux de fonte servait à fournir une protection supplémentaire contre la corrosion. Les tuyaux en fonte grise fabriqués après la Seconde Guerre mondiale présentent un taux de défaillance beaucoup plus élevé en raison de leurs parois plus minces. L'observation que le taux de rupture des tuyaux en fonte est plus élevé en présence de sols corrosifs est en accord avec d'autres recherches et d'études.

## 13. Les tuyaux en fonte ductile plus récents et à la paroi plus mince ont un taux de rupture 10 fois plus élevé dans les sols très corrosifs que dans les sols faiblement corrosifs

Les tuyaux en fonte ductile ont un taux de rupture 10 fois plus élevé dans les sols très corrosifs que dans les sols faiblement corrosifs. Les tuyaux en fonte grise et les tuyaux en fonte ductile se corrodent à peu près au même rythme. La corrosion est un mode de défaillance important pour les tuyaux en fonte grise et elle constitue le principal mode de défaillance pour les tuyaux en fonte ductile. Les nombreux types de corrosion peuvent également être combinés avec d'autres conditions d'exploitation et de l'environnement, qui contribuent aux défaillances de conduites d'eau. Parce que l'épaisseur de la paroi des tuyaux en fonte grise a diminué au fil du temps, la corrosion, interne et externe, est plus préoccupante pour ce type de tuyaux.

## 14. 80 % des services publics utilisent une forme ou une autre de protection contre la corrosion pour leurs tuyaux en fonte ductile

80 % des participants à l'enquête détaillée ont indiqué qu'ils utilisent une forme ou une autre de protection contre la corrosion pour leurs tuyaux en fonte ductile, le polywrap étant la méthode prédominante.

## 15. L'âge moyen des conduites d'eau présentant une défaillance est d'environ 50 ans

Lorsqu'on a demandé aux participants à l'enquête détaillée quel était l'âge moyen typique des conduites d'eau défaillantes, ils ont fait état d'une valeur moyenne de 50 ans. 43 % des conduites d'eau ont entre 20 et 50 ans et 28 % ont plus de 50 ans. En 2012, l'âge moyen indiqué des conduites d'eau était de 47 ans. Selon les résultats de l'enquête détaillée, la durée de vie moyenne des conduites en service aujourd'hui est de 84 ans, comparée à 79 ans dans l'étude de 2012. Compte tenu de la nature qualitative de ces questions, l'âge typique d'une conduite d'eau défaillante et la durée de vie moyenne des conduites n'ont pas beaucoup changé au cours des 6 dernières années. Bien que la durée de vie estimée des tuyaux puisse dépasser 100 ans, leur durée de vie réelle est affectée par la corrosivité des sols, les méthodes d'installation et d'autres facteurs.

## 16. 45 % des services publics effectuent des évaluations de l'état de leurs conduites d'eau

45 % des services publics mettent régulièrement en œuvre une forme ou une autre d'évaluation de l'état de leurs conduites de distribution d'eau potable. L'évaluation de l'état est considérée comme un élément de base ou une première étape vers l'élaboration d'un programme de gestion d'infrastructures d'eau.

### **17. Plus de 16 % des conduites d'eau en service ont dépassé leur durée de vie utile**

Au total, plus de 16 % des conduites d'eau en service ont dépassé leur durée de vie utile (comparé à 8 % dans l'étude de 2012) et les services publics ne disposent pas des budgets nécessaires pour les remplacer. Pour que les services publics puissent survivre à cette tendance, sachant que 28 % de toutes les conduites de distribution d'eau ont plus de 50 ans, une bonne gestion des infrastructures de distribution d'eau sera essentielle. Ces chiffres corroborent une étude de l'EPA (EPA, 2002) qui indiquait que la quantité de tuyaux ayant besoin d'être remplacée immédiatement était en croissance rapide.

### **18. Le taux national de remplacement de tuyaux est de 125 ans**

Selon l'enquête, en moyenne 0,8 % des conduites en service sont remplacées chaque année. Cela équivaut à un calendrier de remplacement de 125 ans. Les taux de remplacement de tuyaux devraient être compris entre 1,0 % et 1,6 % pour correspondre à un calendrier de dépréciation de 100 ans ou un calendrier de remplacement de 60 ans. De manière générale, les taux de remplacement de tuyaux ont besoin d'augmenter. De bonnes pratiques de gestion des infrastructures de distribution d'eau et de détermination des coûts du cycle de vie peuvent aider un service public à optimiser ses activités de remplacement de tuyaux et de renouvellement de conduites. Le présent rapport conclut qu'en moyenne, les services publics ont un taux de remplacement de leurs conduites de distribution d'eau potable de 125 ans, une nouvelle moyenne nationale.

### **19. Les défaillances liées à des travaux de construction sont les mêmes pour les tuyaux en PVC et les tuyaux en fonte ductile**

L'enquête détaillée a demandé aux services publics de fournir le nombre de défaillances liées aux activités de construction et d'identifier les matériaux des tuyaux brisés. La majorité des défaillances liées à des travaux de construction étaient liées à des tuyaux en fonte ductile ou en PVC et le nombre de défaillances pour chacun de ces deux matériaux était essentiellement comparable. Par conséquent, les tuyaux en fonte ductile et en PVC ont un taux équivalent de défaillances liées à des travaux de construction. Cela souligne la nécessité d'améliorer les pratiques de construction d'infrastructures souterraines en termes d'installation, de localisation et d'inspection.

### **20. L'acceptation des tuyaux en PVC dans les systèmes de distribution d'eau a augmenté de 23 % depuis 2012**

En 2012, 60 % des services de distribution d'eau approuvaient l'utilisation de tuyaux en PVC. En 2018, ce chiffre est passé à

74 %. Le nombre de services de distribution d'eau approuvant l'utilisation de la fonte ductile, l'acier et l'acier enrobé de béton dans les systèmes de distribution d'eau demeure essentiellement inchangé.

### **21. Les tranchées à ciel ouvert demeurent la principale méthode d'installation de tuyaux**

Les tranchées à ciel ouvert demeurent la principale méthode d'installation et de remplacement de tuyaux. Dans les endroits où des tranchées à ciel ouvert sont difficiles à mettre en œuvre, d'autres méthodes d'installation sont utilisées. 62 % des services publics ont déjà utilisé le forage directionnel horizontal (FDH). Celui-ci est fortement recommandé dans les endroits où des tranchées à ciel ouvert sont difficiles à mettre en œuvre.

### **22. La pression d'alimentation moyenne est de 69 psi et la pression maximum moyenne est de 119 psi**

La pression est un élément important de la conception des tuyaux et de la sélection des matériaux. Un système bien contrôlé, exploité au-dessous des limites de conception, permet d'étendre la durée de vie utile des tuyaux. L'enquête de base indique que la pression d'exploitation moyenne des conduites d'eau est de 69 psi, ce qui est nettement en dessous de la pression nominale de la plupart des conduites d'eau. Par ailleurs, l'enquête de base indique que la pression d'exploitation maximum moyenne des conduites d'eau est de 119 psi.

### **23. La consommation quotidienne moyenne par personne est de 519 litres avec une demande de pointe de 1,8**

La demande en eau moyenne pour les services publics qui ont participé à l'enquête détaillée est de 519 litres (137 gallons US) par personne et par jour, avec une demande de pointe de 950 litres (251 gallons US) par personne et par jour. Cela reflète le succès des efforts de conservation de l'eau et des campagnes mettant en avant la « valeur de l'eau » à travers les pays.

### **24. La perte d'eau moyenne estimée causée par les fuites est de 10 %**

Au total, 200 services publics ont fourni une estimation de leurs pertes d'eau causées par des fuites. La valeur moyenne est de 10 %. Ce chiffre statistiquement significatif suggère que la réduction des pressions d'exploitation, une meilleure détection des fuites et le remplacement de tuyaux ont contribué à une réduction globale des pertes d'eau dans les installations de distribution d'eau potable.

### **25. La plupart des services publics ont des risques modérés à élevés en termes de sols corrosifs**

Des données d'analyse des sols ont permis de calculer une valeur d'indice de corrosion pour 281 des villes qui ont participé à l'enquête. L'étude a constaté une corrélation directe entre la corrosivité des sols et les taux de rupture des tuyaux métalliques. Une ville typique a une cote de risque de corrosion dans la plage allant de modéré à élevé, démontrant l'importance de l'atténuation de la corrosion pour les réseaux d'alimentation en eau.



# 1.0 Introduction

Aux États-Unis et au Canada, la croissance de la population au cours des trois grandes périodes (les années 1800, 1900-1945 et après 1945) a conduit à l'installation d'infrastructures de distribution d'eau souterraines. Les tuyaux fabriqués au cours de chacune de ces trois périodes pourraient tous commencer à défaillir à peu près en même temps dans les vingt ans qui viennent, pour diverses raisons allant de l'âge des conduites aux conséquences de la corrosion en passant par des conceptions inadéquates et des mauvaises installations. En outre, la durée de vie utile des matériaux utilisés a diminué avec chaque nouveau cycle d'investissement (WIN, 2002).

Il y a environ 155 693 réseaux publics de distribution d'eau aux États-Unis, avec 52 110 réseaux communautaires de distribution d'eau, fournissant des services d'alimentation en eau pendant toute l'année pour les résidents. Plus de 286 millions d'Américains obtiennent leur eau du robinet à partir d'un réseau communautaire de distribution d'eau (CDC, 2017). Dans tous les États-Unis, ces réseaux publics de distribution d'eau sont confrontés aux coûts inévitables des réparations et des remplacements de tuyaux, à une diminution de la qualité de l'eau et à l'augmentation des pertes d'eau. Il est largement reconnu que pour de nombreux services publics, les niveaux de remplacement de tuyaux ne sont pas adéquats pour faire face au rythme de leur détérioration. L'entretien d'un réseau obsolète peut causer de graves difficultés financières pour les villes et augmenter en même temps les risques pour la santé. La gestion des infrastructures de distribution d'eau est une approche qui peut aider les services publics à se familiariser avec les concepts, les outils et les techniques permettant de gérer leurs infrastructures d'eau à un niveau de service acceptable au coût du cycle de vie le plus bas. L'analyse du cycle de vie et l'évaluation du coût du cycle de vie peuvent aider les personnes responsables de services publics à choisir des matériaux pour les tuyaux de conduites ayant une espérance de vie élevée, afin de réduire le coût des conduites sur leur durée de vie totale prévue, tout en tenant compte des incidences environnementales et des risques (voir Sustainable Solutions, 2017 ou Khurana, 2017).

Cette étude fournit des éléments clés pour l'analyse des coûts du cycle de vie de la gestion d'infrastructures d'eau, à partir d'une comparaison des taux de rupture de tuyaux en matériaux courants. De plus, les caractéristiques opérationnelles des services publics indiquées dans le présent rapport peuvent fournir aux concepteurs de tuyaux et aux exploitants de réseau de distribution des valeurs de référence pour planifier le remplacement et l'expansion de réseaux de conduites.

## 1.1. Vieillesse des infrastructures de distribution d'eau

En 2007, la Conférence des maires des États-Unis a mené une enquête auprès de plus de 300 villes, représentant plus de 55 millions de citoyens et plus de 300 000 kilomètres (186 149 milles) de conduites de distribution d'eau (US Conference of Mayors, 2007). Une forte majorité (86,2 %) des villes utilisent le nombre de ruptures de conduites par unité de longueur de conduites pour évaluer le rendement de leur réseau de distribution d'eau potable. L'enquête a conclu que les ruptures de conduites d'eau continuent à être une préoccupation majeure, avec 45 % des villes souffrant de plus de 50 incidents par an. Les villes ont également rapporté que les cycles de réparation et de remplacement nécessitent une vision à long terme : 43 % des cycles de réparation et de remplacement de réseaux de distribution d'eau potable s'étendent au-delà de 50 ans. 65 % des cycles de réparation et de remplacement de réseaux d'égout urbains s'étendent au-delà de 200 ans. Les responsables de l'exploitation et de l'entretien de réseaux de distribution d'eau concèdent que les réseaux plus anciens ont souvent été construits en utilisant des matériaux différents, notamment du béton, de la fonte, du bois, et que certains tuyaux peuvent avoir plus de 125 ans. Des pratiques d'inventaire des infrastructures, d'évaluation de l'état et de gestion des conduites fournissent de précieux renseignements permettant aux services publics de remplacer de manière plus efficace leurs vieux tuyaux construits à partir de matériaux moins performants.

Le programme de recherche sur le vieillissement des infrastructures de distribution d'eau de l'EPA (EPA, 2010) travaille vers l'objectif de rendre les infrastructures de distribution d'eau de notre nation plus durables, en soutenant la recherche et en promouvant la gestion des infrastructures stratégiques. Les efforts actuels de l'American Society of Civil Engineers Grand Challenge (ASCE, 2017) aident également les ingénieurs à se concentrer sur l'amélioration du rapport d'évaluation de leurs infrastructures. Le Grand Challenge de l'ASCE vise à améliorer les performances et la valeur des infrastructures de distribution d'eau d'ici 2025, en mettant l'accent sur l'innovation, la détermination des coûts du cycle de vie et les changements transformationnels de la conception à la livraison.

L'industrie de la distribution d'eau fait l'objet de beaucoup de types d'enquêtes et d'études académiques sur les programmes de remplacement de conduites d'eau et sur les avantages de la gestion des infrastructures, l'évaluation de l'état et l'établissement de priorités. Cependant, bon nombre de services publics n'ont pas toujours conservé des données sur les causes de rupture de leurs conduites d'eau. Au cours des 20 dernières années, la plupart des services publics ont fini par se rendre compte de l'importance d'assurer le suivi de tous les aspects de leurs infrastructures dans une plateforme basée sur un système d'information géographique (SIG) et



ont recueilli des données sur les types, les diamètres et l'historique des réparations de leurs tuyaux. Tandis que cette tendance se poursuit, plus de données et d'analyses deviendront disponibles au sein de l'industrie, afin de pouvoir améliorer la prise de décisions concernant les réparations et le remplacement des réseaux de distribution d'eau. Ce rapport détaillé, basé sur des expériences statistiquement significatives en provenance de 308 services publics de distribution d'eau s'inspire également d'autres études pertinentes, afin d'être aussi complet que possible, et d'une étude quantitative, faisant autorité, sur les ruptures de conduites d'eau en fonction des matériaux des tuyaux. De nombreux services publics considèrent les ruptures de tuyaux comme un facteur crucial pour la décision de quels tuyaux remplacer. Selon une étude de la Water Research Foundation (WaterRF), 75 % des services publics de distribution d'eau ont cité les ruptures de tuyaux comme une cause primordiale lors des décisions de remplacement de conduites. Parmi les autres facteurs couramment mentionnés, l'âge des tuyaux (45 %), les débits faibles (40 %), l'état ou le type de matériaux (30 %) et le besoin d'augmenter le diamètre des tuyaux (30 %). En outre, les ruptures de tuyaux dans un réseau de distribution d'eau représentent l'un des trois principaux paramètres utilisés pour mesurer le degré d'optimisation du réseau. Les deux autres paramètres sont le chlore résiduel (mesure de l'intégrité de la qualité de l'eau) et la gestion de la pression (mesure de l'intégrité hydraulique). Les ruptures reflètent les conditions physiques d'un réseau de distribution (WaterRF, Asset Management, 2017).

Selon une autre publication de la WaterRF, le taux moyen de ruptures de tuyaux (indépendamment de la cause) pour les services publics d'eau est compris entre 13 et 17 ruptures par 100 kilomètres de conduites par an. Une autre étude de la WaterRF a cité une moyenne de 15,5 ruptures par 100 kilomètres de conduites par an. Bien que les services publics de l'eau prennent généralement des mesures pour gérer et réduire les ruptures de tuyaux en mettant en œuvre un programme de surveillance, la prévention absolue des défaillances de tuyaux est impossible (WaterRF, Knowledge Portals, 2017).

## 2.0 L'enquête

### 2.1. Méthodologie

Durant 2017, l'Université d'État de l'Utah a mené une enquête auprès des services publics de distribution d'eau dans l'ensemble des États-Unis et du Canada pour obtenir des données sur les défaillances de conduites d'eau dans les réseaux de distribution d'eau potable. L'étude était composée de deux parties : une enquête de base et une enquête détaillée. L'objectif de l'enquête de base était d'examiner le nombre de défaillances auxquelles les services publics étaient confrontés et dans quelle mesure ces défaillances étaient liées au matériau des conduites et à l'âge desdites conduites. Cet effort s'est concentré exclusivement sur les réseaux de distribution d'eau potable (les conduites d'égout et les conduites maîtresses étaient exclues) et excluait les conduites dont le diamètre était inférieur à 3 pouces. Une variété de matériaux sont utilisés pour les tuyaux des réseaux de distribution d'eau potable et, au cours des 100 dernières années, les matériaux ont évolué avec les technologies de fabrication. En conséquence, les performances des tuyaux ont également évolué. Un objectif de l'enquête de base comme de l'enquête détaillée était d'examiner les matériaux les plus performants à un moment donné et de déterminer comment l'âge des tuyaux affecte les taux de défaillance des tuyaux. L'objectif de l'enquête détaillée était d'obtenir un certain nombre d'autres caractéristiques opérationnelles auprès des services publics, telles que des données sur l'âge et le diamètre de leurs conduites, sur les défaillances sur plusieurs années et sur l'utilisation de technologies sans tranchées.

La principale méthode utilisée pour distribuer les enquêtes a été le courrier électronique. Un sous-traitant connu spécialiste de l'envoi en masse de courriels a été utilisé, ainsi que plusieurs listes d'adresses électroniques. Les premiers courriels ont été envoyés au personnel de services publics de distribution d'eau entre avril et juin 2017. Le présent rapport fait référence aux résultats de l'enquête sous l'appellation étude de 2018, afin de correspondre avec sa date de publication. Des liens ont été fournis aux destinataires vers respectivement l'enquête de base et l'enquête détaillée, et ils ont été enjoins de participer aux deux enquêtes, ou, pour le moins, à l'enquête de base. Un suivi par téléphone a également été réalisé pour encourager la participation. Il a été demandé aux participants à l'enquête de base de fournir des données correspondant à la période des 12 mois précédents, de sorte que les résultats représentent une période de temps qui coïncide à peu près avec l'année 2016. Un total de 308 services publics de distribution d'eau ont répondu à l'enquête de base. Parmi eux, 281 ont été en mesure de fournir des données plus détaillées concernant les ruptures de conduites d'eau rapportées dans l'enquête de base, et 98 ont répondu à l'enquête détaillée. Cette étude approfondie couvre un total de 274 503 kilomètres (170 569 milles) de conduites d'eau et présente les données correspondantes sur les ruptures de tuyaux. 27 autres services publics de distribution d'eau ont répondu en fournissant des données partielles,

mais n'ont pas été inclus dans le total de 274 503 kilomètres (170 569 milles), afin de ne pas compliquer ce rapport. Les États-Unis et le Canada ont été divisés en neuf régions et les 281 participants à l'enquête de base ont été classés en fonction de leur région et de leur taille, définie par la longueur de conduites de leur réseau de distribution. Cette étude approfondie documente les résultats de l'enquête de base, ainsi que ceux de l'enquête détaillée, et puise dans d'autres sources pertinentes dans le domaine.

**2.2. Objectifs et buts de l'étude**

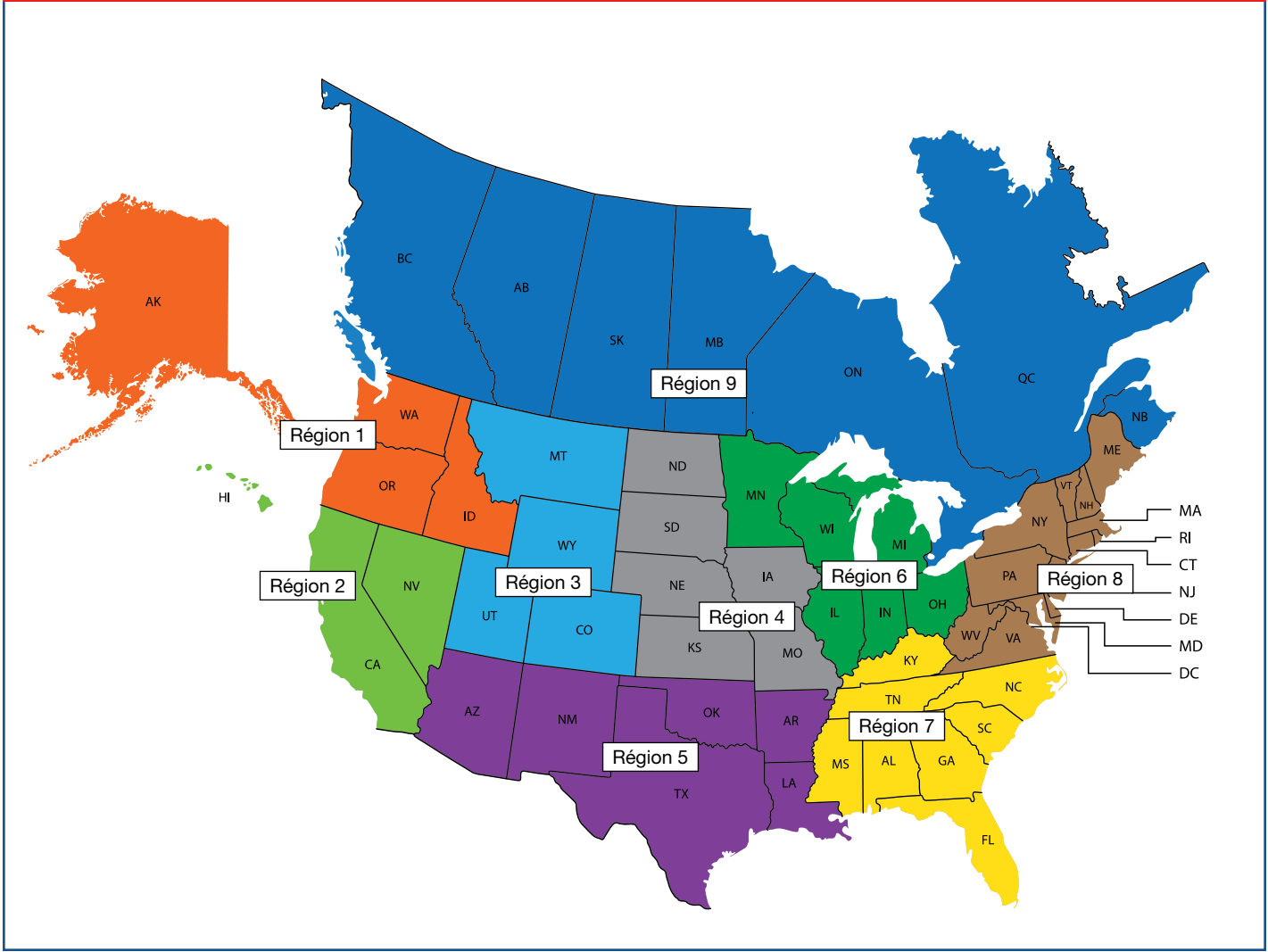
Les deux enquêtes avaient de nombreux objectifs, y compris :

- ▶ Comprendre la distribution en termes d'âge et de diamètre des tuyaux utilisés par les services publics de distribution d'eau
- ▶ Fournir aux services publics des données qui peuvent leur être utiles, par exemple la pression typique et la pression maximale dans les conduites d'eau, la valeur moyenne et

la valeur maximale de la demande en eau moyenne, et les taux de fuite

- ▶ Des statistiques sur les défaillances de tuyaux sur une période de temps précise, avec les données ventilées par type de matériau et par âge des conduites
- ▶ Identifier les modes de rupture de tuyaux les plus courants et les matériaux impliqués, tels qu'identifiés par les services publics eux-mêmes
- ▶ Déterminer si des sols corrosifs sont présents, analyser l'influence des sols corrosifs sur les taux de rupture et identifier les méthodes de prévention de la corrosion utilisées
- ▶ Se pencher sur les plans de remplacement de conduites, la durée de vie prévue des nouveaux tuyaux et les méthodes d'évaluation de l'état
- ▶ Déterminer quels matériaux sont utilisables pour les tuyaux

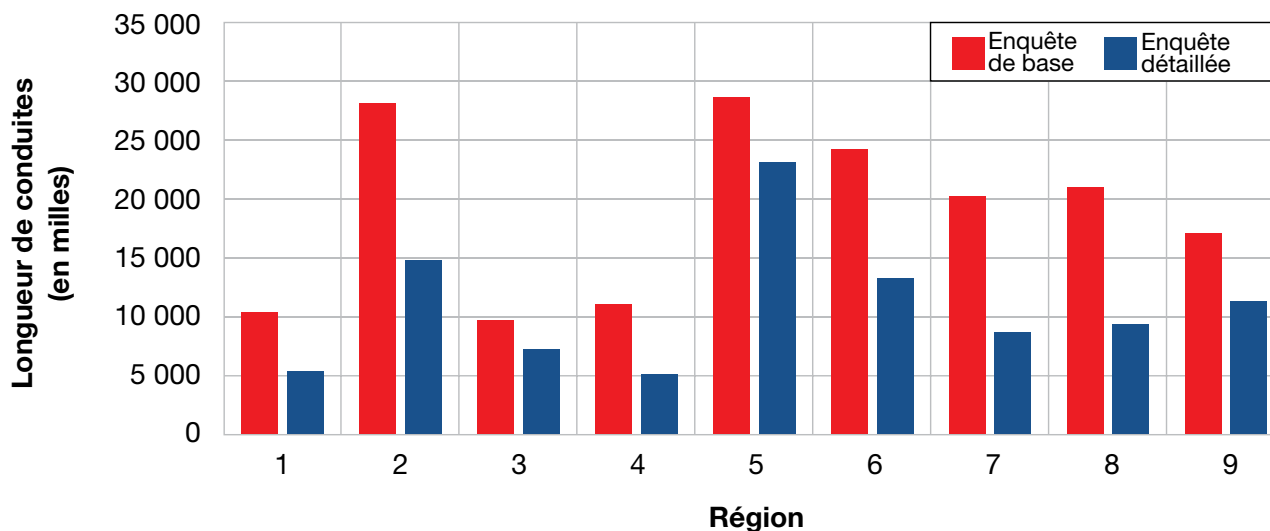
**FIGURE 1 : RÉGIONS UTILISÉES POUR RAPPORTEUR LES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE**

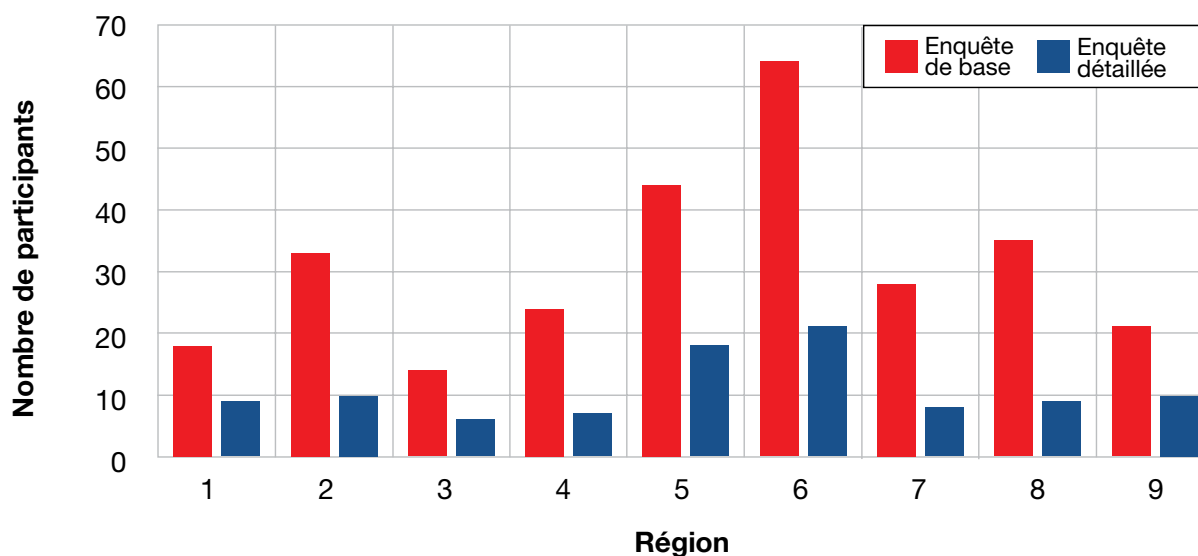


**TABLEAU 1 : NOMBRE DE PARTICIPANTS À L'ENQUÊTE AYANT FOURNI DES DONNÉES SUR LES RUPTURES DE CONDUITES D'EAU, PAR RÉGION**

| Région | Enquête de base        |                                   |                           | Enquête détaillée      |                                   |                           |
|--------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|        | Nombre de participants | Longueur de conduites (en milles) | Population approvisionnée | Nombre de participants | Longueur de conduites (en milles) | Population approvisionnée |
| 1      | 18                     | 10 395                            | 3 790 992                 | 9                      | 5 361                             | 2 142 784                 |
| 2      | 33                     | 28 096                            | 13 047 139                | 10                     | 14 781                            | 7 768 396                 |
| 3      | 14                     | 9 676                             | 2 611 838                 | 6                      | 7 237                             | 1 729 838                 |
| 4      | 24                     | 11 039                            | 1 965 740                 | 7                      | 5 041                             | 960 148                   |
| 5      | 44                     | 28 649                            | 5 779 390                 | 18                     | 23 080                            | 3 522 330                 |
| 6      | 64                     | 24 220                            | 6 922 536                 | 21                     | 13 312                            | 3 896 092                 |
| 7      | 28                     | 20 291                            | 5 508 899                 | 8                      | 8 632                             | 1 020 243                 |
| 8      | 35                     | 21 064                            | 5 584 389                 | 9                      | 9 345                             | 1 996 568                 |
| 9      | 21                     | 17 138                            | 7 266 423                 | 10                     | 11 307                            | 4 112 900                 |
| Total  | 281                    | 170 569                           | 52 477 346                | 98                     | 98 097                            | 27 149 299                |

**FIGURE 2 : LONGUEUR DE CONDUITES COUVERTES PAR L'ENQUÊTE DE BASE ET L'ENQUÊTE DÉTAILLÉE DANS CHAQUE RÉGION**



**FIGURE 3 : NOMBRE DE PARTICIPANTS PAR RÉGION AYANT RÉPONDU À L'ENQUÊTE DE BASE ET À L'ENQUÊTE DÉTAILLÉE**

### 2.3. Régions de l'enquête

Au total, 281 services publics de distribution d'eau ont participé à l'enquête et ont fourni des données sur les défaillances de leurs conduites d'eau. Afin d'examiner les variations régionales, l'enquête a identifié neuf régions couvrant l'ensemble des États-Unis et du Canada. Les régions définies dans l'étude sont utilisées ici pour indiquer la large répartition géographique des participants. Le Tableau 1 présente le nombre de participants par région, ayant fourni des données sur les défaillances de leurs conduites d'eau, la longueur de leur réseau de distribution et la population approvisionnée, dans l'enquête de base et l'enquête détaillée. La Figure 1 montre la couverture géographique des neuf régions utilisées dans ce rapport. On a demandé aux participants d'indiquer la longueur de leur réseau de conduites de distribution d'eau, mais de ne pas inclure les conduites d'égout et les conduites maîtresses, ni les conduites dont le diamètre était inférieur à 3 pouces. La Figure 2 présente la longueur, par région, des réseaux de distribution d'eau correspondant à l'enquête de base et à l'enquête détaillée. L'enquête de base et à l'enquête détaillée couvrent respectivement un total de 274 503 kilomètres (170 569 milles) et 157 871 kilomètres (98 097 milles) de tuyaux. La Figure 3 montre le nombre de participants dans chaque région. 26 autres services publics ont participé à l'enquête de base, mais n'ont pas pu fournir de données sur leurs taux de défaillance et ne sont donc pas inclus dans les chiffres du Tableau 1 indiquant la longueur des réseaux ou les populations approvisionnées. Les participants aux enquêtes sont répartis sur une très grande zone géographique. L'enquête de base a été en mesure d'obtenir la participation de services publics de 48 des 50 états des États-Unis et de 7 des 10 provinces du

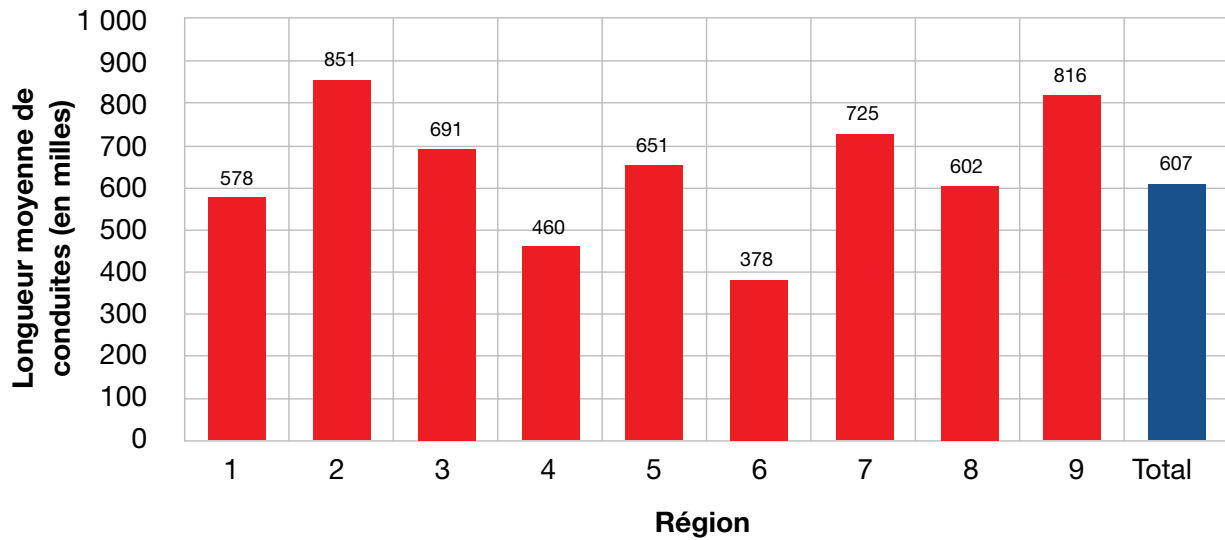
Canada. La présente étude est plus complète que toutes les autres publiées à ce jour.

Les longueurs de réseaux de distribution présentées à la Figure 2 indiquent que les régions ayant la plus grande longueur de conduites couverte dans l'enquête de base sont les régions 2 et 5. La Figure 3 montre que le plus grand nombre de participants provient de la région 6.

La Figure 4 présente la longueur moyenne des réseaux de distribution d'eau par service public par région pour l'enquête de base. La région 2 a la plus grande longueur moyenne, avec 1370 kilomètres (851 milles) de conduites par réseau, tandis que la région 6 a la plus petite longueur moyenne, avec 608 kilomètres (378 milles) de conduites par réseau. Dans l'ensemble, selon les résultats des participants à l'enquête de base, un service public de distribution d'eau a en moyenne 977 kilomètres (607 milles) de conduites dans son réseau et approvisionne 186 752 personnes. Pour comparaison, les résultats de l'enquête de 2012 indiquaient une moyenne 1007 kilomètres (626 milles) de conduites et l'approvisionnement de 164 325 personnes, soit des résultats similaires. L'enquête de 2012 comptait 188 participants, rapportant des données sur les défaillances de conduites de 189 263 kilomètres (117 603 milles) de conduites. Ainsi, l'enquête de base de 2018 a vu une hausse du nombre de participants de 49 % et une augmentation de la longueur de conduites couvertes de 45 %. Cette augmentation de la couverture de l'enquête augmente la validité statistique de cette étude.



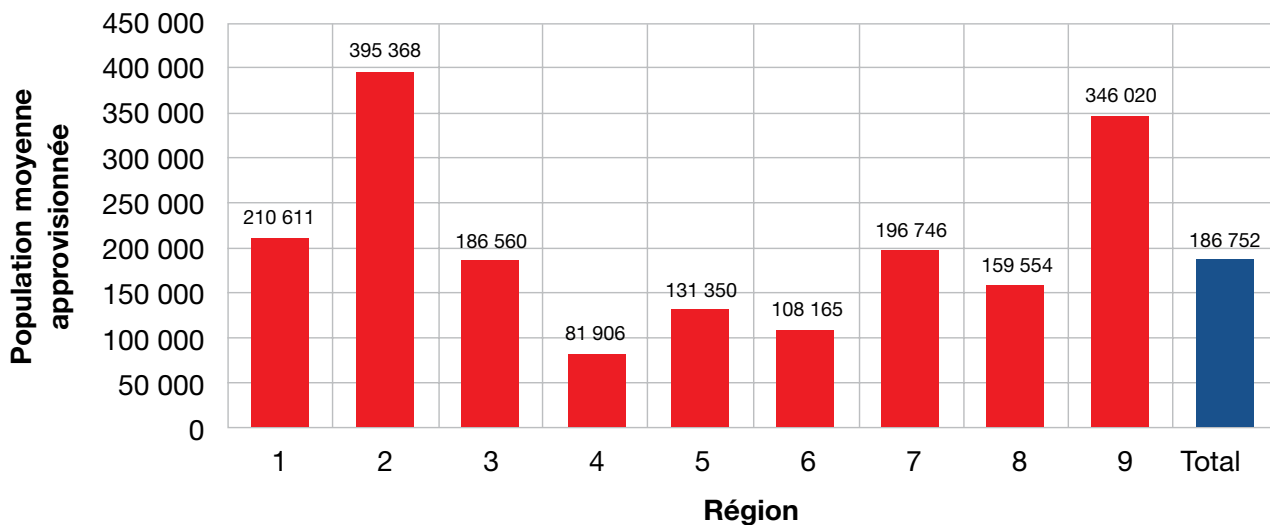
**FIGURE 4 : LONGUEUR MOYENNE (EN MILLES) DES CONDUITES COUVERTES PAR L'ENQUÊTE DE BASE DANS CHAQUE RÉGION**



#### 2.4. Taille des participants à l'enquête

La Figure 5 montre la population approvisionnée moyenne par service public de distribution d'eau, pour chaque région de la Figure 1. La population approvisionnée moyenne par service public de distribution d'eau pour l'ensemble de l'enquête de base est 186 752 personnes.

**FIGURE 5 : POPULATION APPROVISIONNÉE MOYENNE PAR RÉGION COUVERTE PAR L'ENQUÊTE DE BASE**

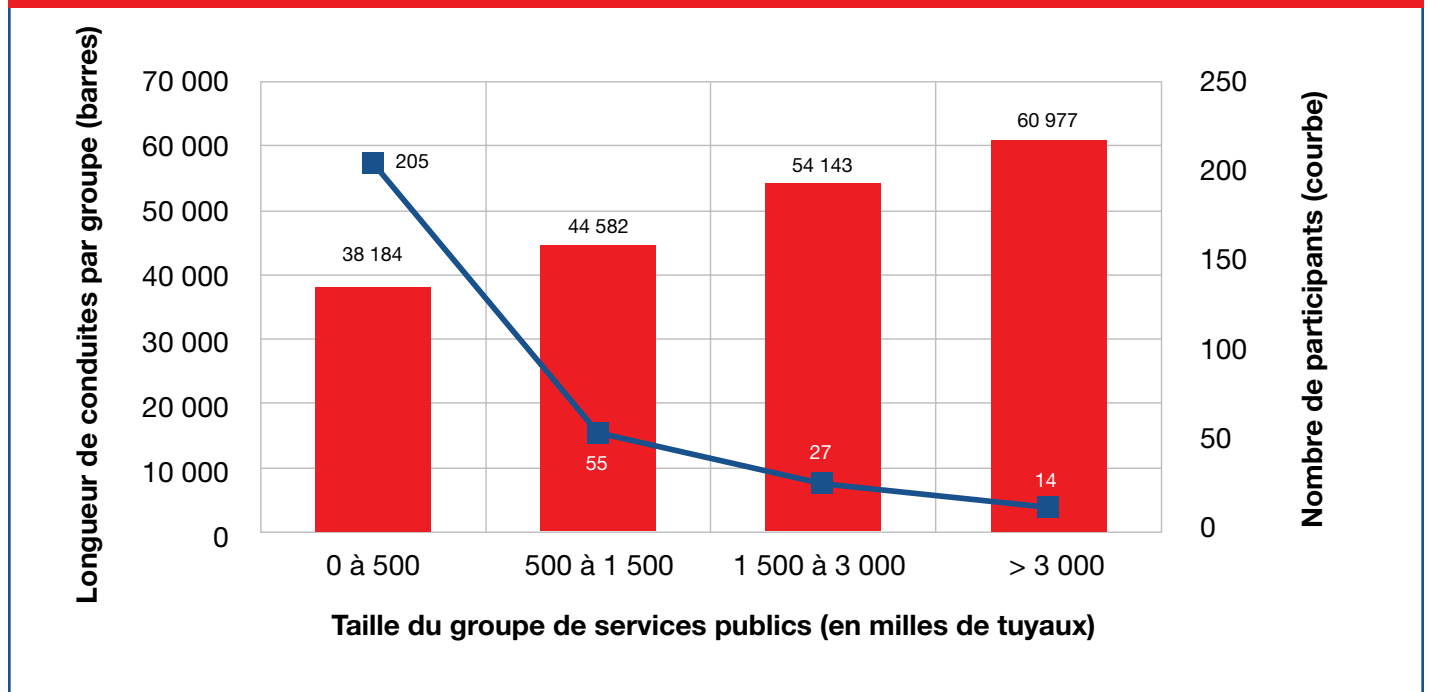


Quatre catégories de taille de services publics de distribution d'eau ont été répertoriées, comme illustré au Tableau 2, et chaque participant à l'enquête a été affecté à l'une de ces catégories, en fonction de la longueur de son réseau de distribution d'eau. La Figure 6 montre la ventilation des longueurs totales des réseaux de distribution couverts par l'enquête de base pour chacune de ces catégories (graphique à barres), ainsi que le nombre de participants (graphique linéaire avec les ordonnées à droite). Les participants couvraient la gamme complète de tailles, allant de très petits réseaux à de très grands réseaux, avec chaque groupe dans le Tableau 2 bien représenté. En termes de longueur totale de conduites d'eau pour chaque groupe de taille de réseau dans le Tableau 2, cette enquête présente une distribution uniforme raisonnable de longueurs de conduites pour les services publics de petite et grande taille.

**TABEAU 2 : REGROUPEMENT DES SERVICES PUBLICS DE DISTRIBUTION D'EAU PAR TAILLE**

| Description                                | Longueur de conduites en service (en milles)    |
|--|---|
| Service public/ville de petite taille      | 0 à 804 kilomètres (0 à 500 milles)             |
| Service public/ville de taille moyenne     | 804 à 2 414 kilomètres (500 à 1 500 milles)     |
| Service public/ville de grande taille      | 2 414 à 4 828 kilomètres (1 500 à 3 000 milles) |
| Service public/ville de très grande taille | Plus de 4 828 kilomètres (3 000 milles)         |

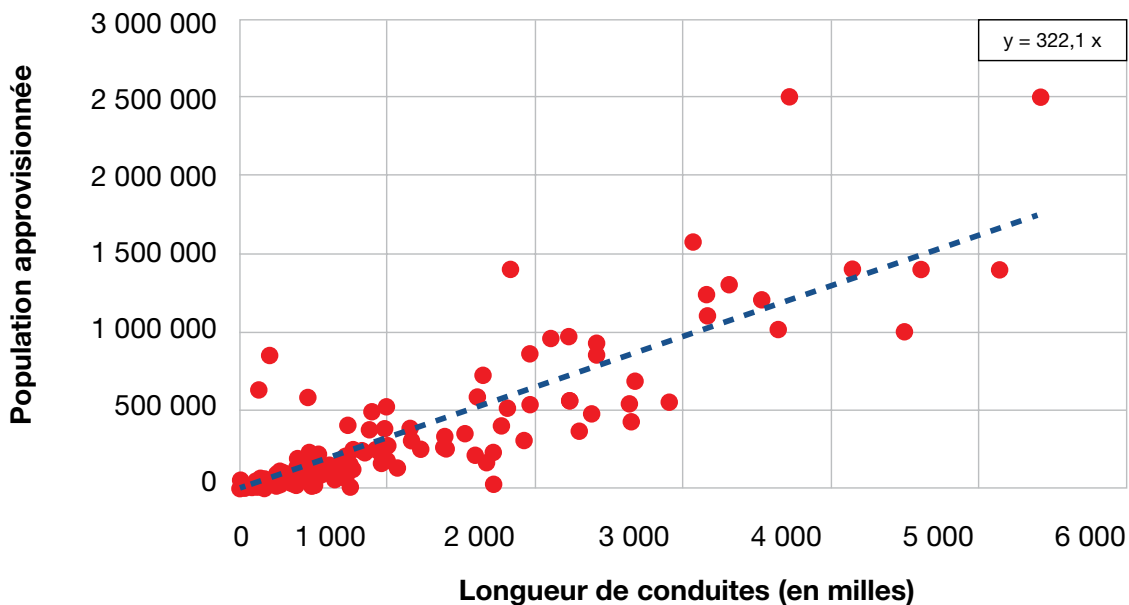
**FIGURE 6 : LONGUEUR TOTALE DES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION COUVERTS PAR L'ENQUÊTE DE BASE DANS CHAQUE GROUPE DE TAILLE DÉFINI DANS LE TABLEAU 2 ET NOMBRE DE PARTICIPANTS (COURBE ET AXE DE DROITE)**



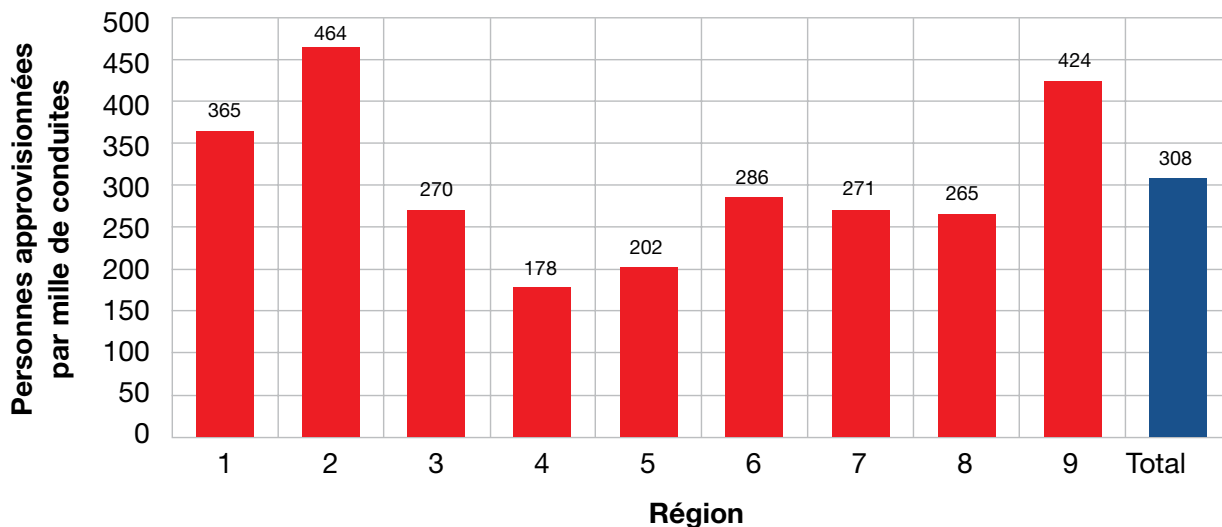
### 2.5. Longueur de conduites d'eau par unité de population

La Figure 7 montre la relation entre la population approvisionnée par les services publics ayant participé à l'enquête de base et la longueur de conduites d'eau par unité de population. La courbe de tendance et l'équation constituent un ajustement optimal des données. La pente de cette courbe indique qu'il y a en moyenne 322 personnes approvisionnées pour chaque mille de conduite d'eau en service. La Figure 7 a tendance à être faussée par les points les plus éloignés de l'origine. La Figure 8 utilise les données du Tableau 1 pour calculer la population moyenne approvisionnée par mille de tuyau, pour chaque région. Nous pouvons constater que le résultat est une moyenne globale de 192 personnes approvisionnées par kilomètre (308 personnes par mille) de conduite. Les régions plus rurales, comme les régions 3, 4 et 5 ont, comme prévu, une population par kilomètre (mille) de conduite plus faible. Les services publics qui étaient exclusivement des réseaux de transmission ont été exclus. Ceci est comparable à une estimation couramment utilisée de 203 personnes approvisionnées par kilomètre (325 personnes par mille) (Eidinger, 2001). L'enquête de 2012 a rapporté cette valeur comme étant 165 personnes approvisionnées par kilomètre (264 personnes par mille). Les ruptures de conduites dans les réseaux de services publics de distribution d'eau présentant un nombre plus élevé de personnes par unité de longueur de conduites auraient un impact plus important sur la communauté.

**FIGURE 7 : POPULATION APPROVISIONNÉE PAR UNITÉ DE LONGUEUR DE CONDUITES CORRESPONDANT À L'ENQUÊTE DE BASE**



**FIGURE 8 : POPULATION APPROVISIONNÉE PAR MILLE PAR RÉGION**





**Dans l'ensemble, le nombre de ruptures a augmenté de 27 % en six ans**

### 2.6. Taille des échantillons couverts de l'enquête

La longueur totale des réseaux de distribution d'eau correspondant aux 281 participants de l'enquête de base ayant fourni des données sur les ruptures de conduites d'eau était de 274 503 kilomètres (170 569 milles) (l'enquête n'incluait pas les conduites d'égout et les conduites maîtresses). Selon un rapport de l'EPA, il existe environ 1 416 000 kilomètres (880 000 milles) de conduites de distribution d'eau aux États-Unis (EPA, 2007). D'autres rapports de l'EPA (EPA, 2002 et EPA, 2013) estiment la quantité de conduites de distribution d'eau en service aux États-Unis à respectivement plus de 1 million de kilomètres et 1,5 million de kilomètres. En utilisant la valeur ci-dessus de 191 personnes/km (308 personnes/mille) de conduite d'eau et la population actuelle des États-Unis de 326,0 millions, cela produit une valeur estimée de 1,7 million de kilomètres (1,06 million de milles) de conduites de distribution d'eau. De nos jours, une valeur fréquemment citée pour la longueur de conduites de distribution d'eau aux États-Unis est de 1,9 million de kilomètres (1,2 million de milles) (Walton, 2016). La population du Canada est estimée à 36,7 millions. En reprenant la valeur de 191 personnes/km (308 personnes/mille) de conduite d'eau et en l'appliquant au Canada, on obtient une estimation de 191 763 kilomètres (119 156 milles) de conduites de distribution d'eau au Canada. Le Tableau 3 résume ces données avec les résultats de l'enquête du Tableau 1 pour montrer que cette enquête a couvert environ 14,5 % de la population et 12,9 % de la longueur de conduites de distribution d'eau au Canada et aux États-Unis. Ainsi, la taille de l'échantillon couvert par l'enquête est significative et peut donc fournir des résultats fiables.

Les collectivités rurales et de petite taille peuvent être de l'avis que renouveler leur infrastructure de distribution d'eau dans les années à venir est un défi insurmontable. En effet, les services publics de petite taille approvisionnent souvent un nombre moindre de clients et leurs clients sont souvent répartis sur une zone géographique plus étendue, nécessitant une plus grande longueur de conduites par client que les réseaux urbains (AWWA, 2012). Cela a pour effet d'augmenter la charge financière de l'entretien de ces réseaux ruraux.

**TABLEAU 3 : RÉSUMÉ DES CALCULS DE LA COUVERTURE PAR L'ENQUÊTE DE BASE**

|   | Population               | Longueur de conduites (en milles)                |
|---|--------------------------|--|
| États-Unis  | 326 000 000 <sup>1</sup> | 1 930 000 km (1 200 000 milles) <sup>3</sup>     |
| Canada  | 36 700 000 <sup>2</sup>  | 191 763 kilomètres (119 156 milles) <sup>4</sup> |
| Total   | 362 700 000              | 2 122 970 kilomètres (1 319 156 milles)          |
| Réponse à l'enquête (avec données sur les ruptures) | 52 477 346               | 274 503 kilomètres (170 569 milles)              |
| Couverture de l'enquête (%)                         | 14,5 %                   | 12,9 %   |

1 - Source : <https://www.census.gov/popclock/>

2 - Source : <http://www.worldometers.info/world-population/canada-population/>

3 - Source : (Walton, 2016)

4 - De : la population du Canada est de 36 700 000 habitants et il y a 191 personnes/km (308 personnes/mille) de conduite.



## 3.0 Matériaux des tuyaux

Le Tableau 4 répertorie les matériaux des tuyaux et leurs abréviations utilisées dans le présent rapport. De nombreux types de tuyaux ont évolué au fil des années, et la plupart peuvent être décomposés en sous-catégories, en fonction de la technique de fabrication des tuyaux et du traitement de leurs surfaces. Ces changements, ainsi que les nouvelles techniques d'installation, devraient avoir une incidence sur la durée de vie prévue des conduites. L'enquête de base et l'enquête détaillée ont été conçues pour être relativement simples à remplir et, par conséquent, pour encourager la participation à grande échelle des services publics de distribution d'eau. La plupart des services publics ont des informations limitées sur les types des tuyaux particuliers qui ont été installés il y a plusieurs dizaines d'années et quelles mesures de protection contre la corrosion ont été utilisées à l'époque. C'est pour cette raison que le suivi des sous-catégories de types de matériaux ne faisait pas partie de l'étude.

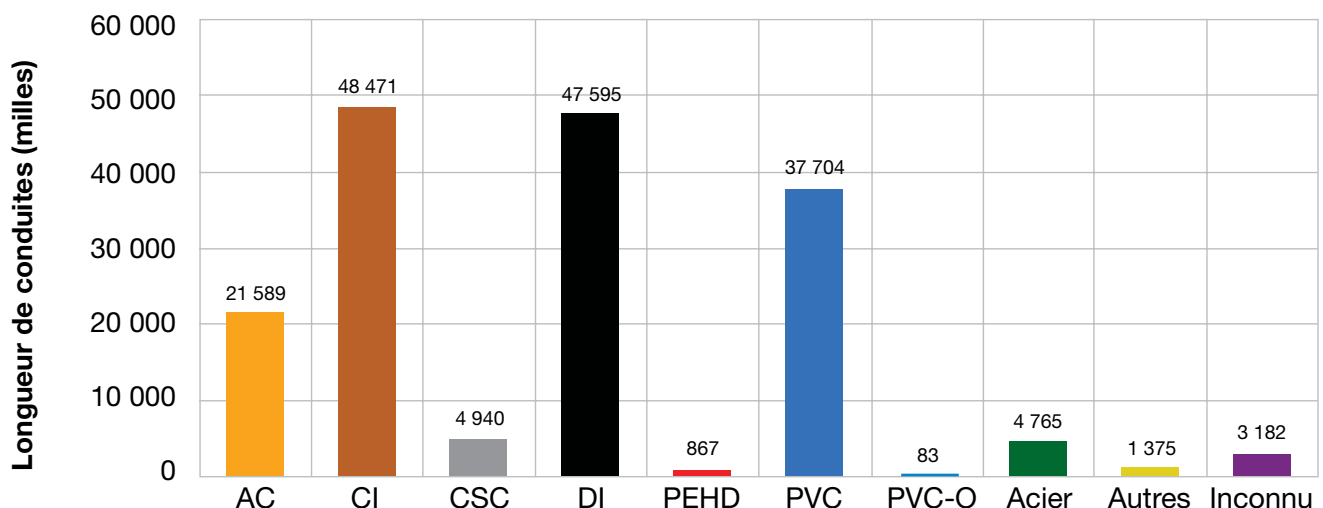
La Figure 9 présente la longueur de conduites d'eau rapportée dans l'enquête de base, ventilée par matériau des tuyaux. La catégorie « Autres » sur la Figure 9 comprend des matériaux tels que le cuivre, la fibre de verre (FRP) et certains aciers galvanisés. Il est à noter que l'acier galvanisé a été rapporté sous les catégories « Acier » et « Autres » par les participants, ce qui est regrettable. La Figure 10 montre le pourcentage de la longueur totale de conduites d'eau, ventilée par matériau des tuyaux. La quantité de tuyaux en PEHD (1 382 km / 859 milles) et en PVC-O (134 km / 83 milles) rapportée dans cette enquête étant très petite, ces deux matériaux ont été ajoutés à la catégorie « Autres » dans le reste du rapport. S'il n'y

**TABLEAU 4 : TYPES DE MATÉRIAUX ET LEURS ABRÉVIATIONS**

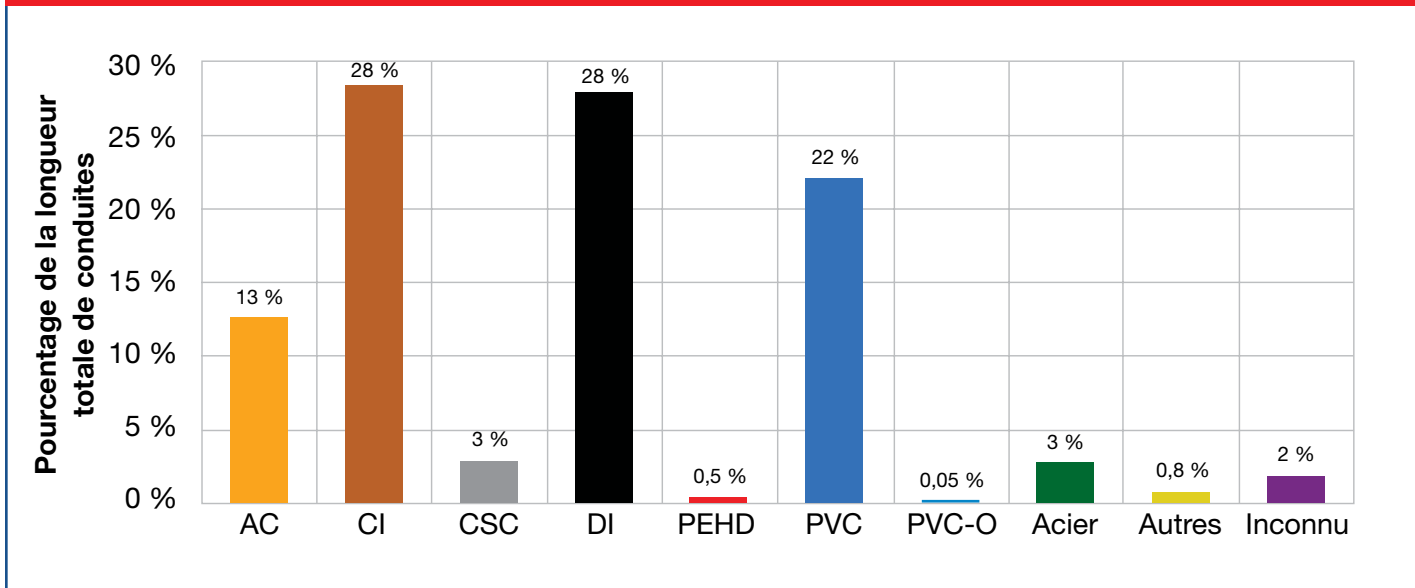
| Abréviation | Description                      |
|-------------|----------------------------------|
| AC          | Amiante-ciment                   |
| CI          | Fonte grise                      |
| CSC         | Acier enrobé de béton            |
| DI          | Fonte ductile                    |
| PEHD        | Polyéthylène haute densité       |
| PVC         | Polychlorure de vinyle           |
| PVC-O       | PVC avec orientation moléculaire |
| Acier       | Acier                            |

a que de petites quantités d'un matériau de tuyaux utilisées, les taux de rupture peuvent être hautement imprécis en raison de la grande dispersion dans les données. Il est important de noter que plus de 91 % des conduites de distribution d'eau en service sont fabriquées avec des tuyaux en amiante-ciment, en fonte grise, en fonte ductile ou en PVC. Ce chiffre est cohérent avec les études antérieures (Stone et al., 2002).

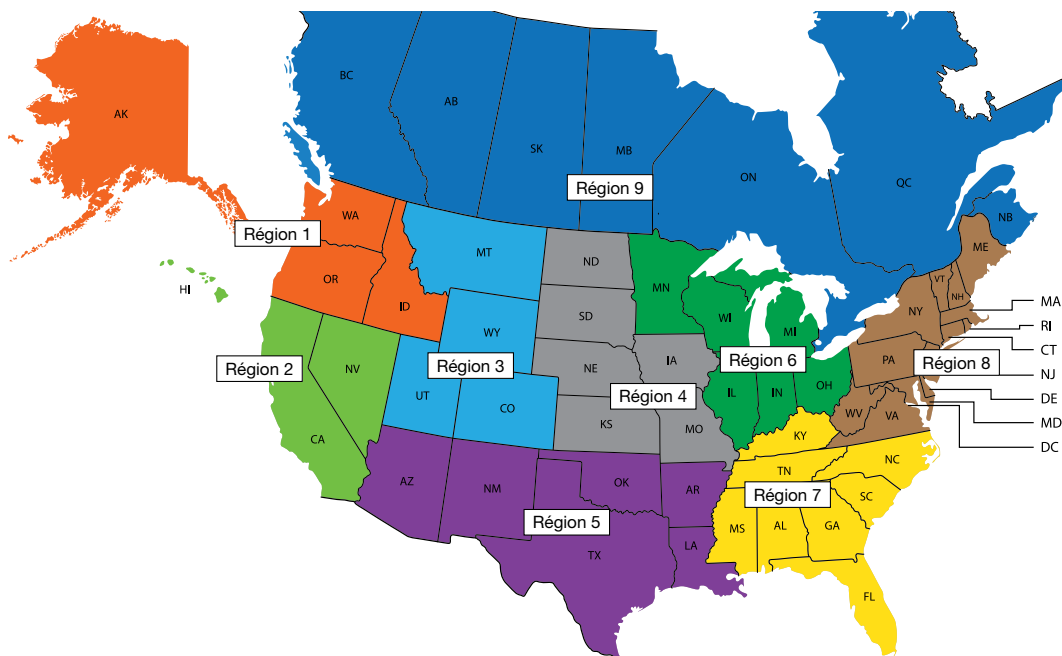
**FIGURE 9 : LONGUEUR DE CONDUITES RAPPORTÉE PAR L'ENQUÊTE DE BASE, VENTILÉE PAR MATÉRIAU DES TUYAUX**



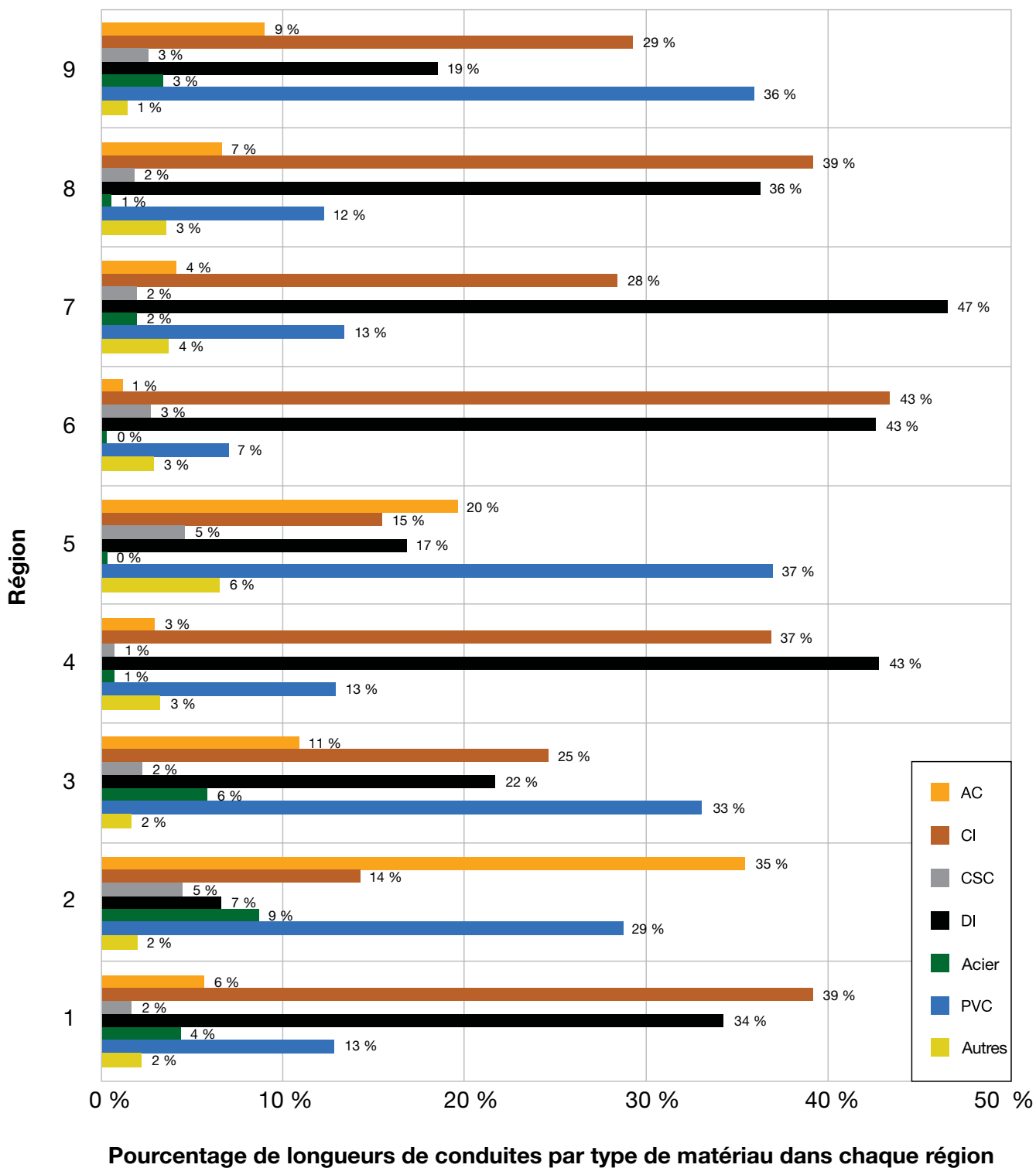
**FIGURE 10 : POURCENTAGE DE LA LONGUEUR TOTALE DE CONDUITES, VENTILÉE PAR MATÉRIAU DES TUYAUX**



La Figure 11 présente la répartition par région des divers matériaux de tuyaux en pourcentage de la longueur totale de conduites dans chaque région. Il est intéressant de noter les différences importantes dans l'utilisation des divers matériaux en fonction de la région. Les tuyaux en fonte grise (CI) et en fonte ductile (DI) représentent environ 86 % des conduites de distribution d'eau dans la région 6 et plus de 75 % dans les régions 4, 7 et 8. Le PVC a un rôle de premier plan dans les régions 3, 5 et 9 et est légèrement derrière l'amiante-ciment (AC) dans la région 2. Les tuyaux en amiante-ciment (AC) ont une présence significative dans les régions 2 et 5. La région 2 est unique en ce sens qu'elle est la seule région où l'amiante-ciment (AC) est le matériau le plus courant. Ceci suggère que la sélection et l'utilisation de matériaux pour les tuyaux dépendent davantage des habitudes que d'une analyse comparative des coûts ou des conditions environnementales. Comme les tuyaux en fonte grise (CI) et en amiante-ciment (AC) ne sont plus fabriqués aux États-Unis et au Canada, l'utilisation de ces matériaux dans les réseaux de distribution d'eau devrait diminuer avec le temps, à mesure qu'ils sont remplacés. Si on applique les pratiques exemplaires de gestion des infrastructures de distribution d'eau, il est conseillé d'effectuer une analyse des coûts du cycle de vie, afin de comparer le coût total d'exploitation des divers matériaux de tuyaux et déterminer lequel utiliser pour remplacer les conduites en fonte grise (CI) et en amiante-ciment (AC).



**FIGURE 11 : POURCENTAGE PAR RÉGION DE LONGUEURS DE CONDUITES PAR TYPE DE MATÉRIAU (ENQUÊTE DE BASE)**

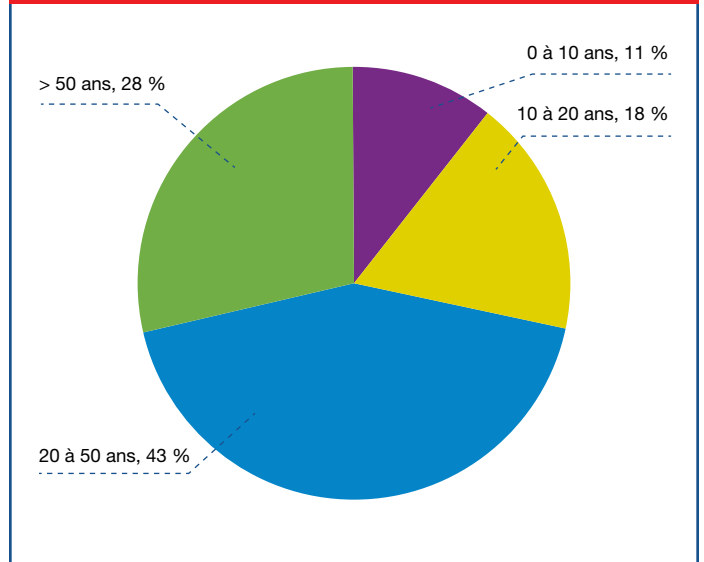


### 3.1. Âge et diamètre des tuyaux

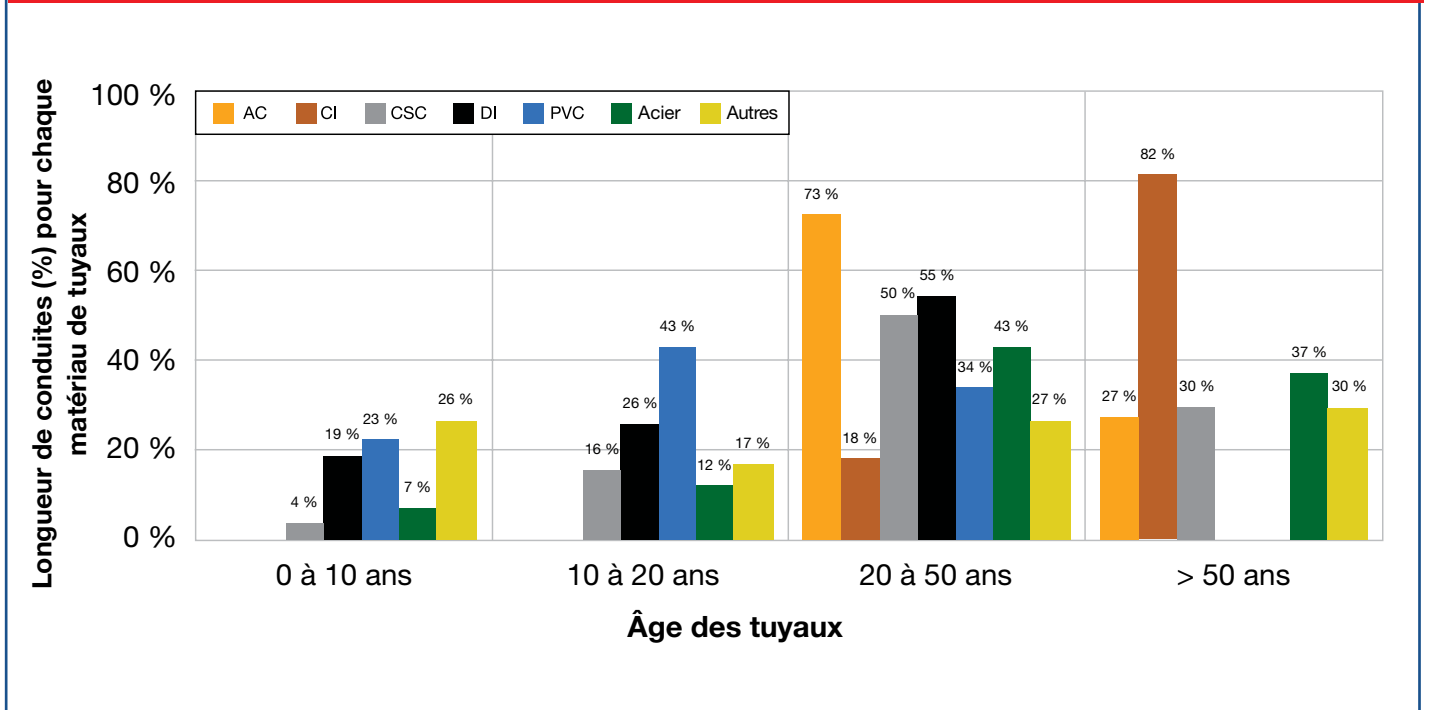
L'enquête détaillée a demandé aux participants de fournir une ventilation des conduites d'eau en service par âge et par type de matériau. Quatre groupes d'âge avaient été fournis : 0 à 10 ans, 10 à 20 ans, 20 à 50 ans et plus de 50 ans. La Figure 12 présente la répartition par âge de tous les matériaux de tuyaux combinés et montre que 28 % des conduites d'eau en service ont plus de 50 ans. La Figure 13 présente les longueurs de conduites par catégorie d'âge et pour chaque type de matériau. Ainsi, pratiquement tous les tuyaux en fonte grise sont âgés de plus de 20 ans ; 18 % d'entre eux dans la catégorie 20 à 50 ans et 82 % dans la catégorie de plus de 50 ans.

La Figure 14 montre la répartition par âge en pourcentage de la longueur totale de conduites de tous les matériaux de tuyaux. Par exemple, les tuyaux en fonte grise de plus de 50 ans représentent 20 % de toutes les conduites en service. Pour les conduites âgées de 0 à 10 ans, la fonte ductile (DI) et le PVC représentent tous deux environ 5 % de la longueur totale des conduites en service. Les matériaux de tuyaux les plus utilisés au cours des 10 dernières années sont la fonte ductile (DI) et le PVC.

**FIGURE 12 : RÉPARTITION PAR ÂGE POUR TOUS LES MATÉRIAUX DE TUYAUX À PARTIR DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE DÉTAILLÉE**

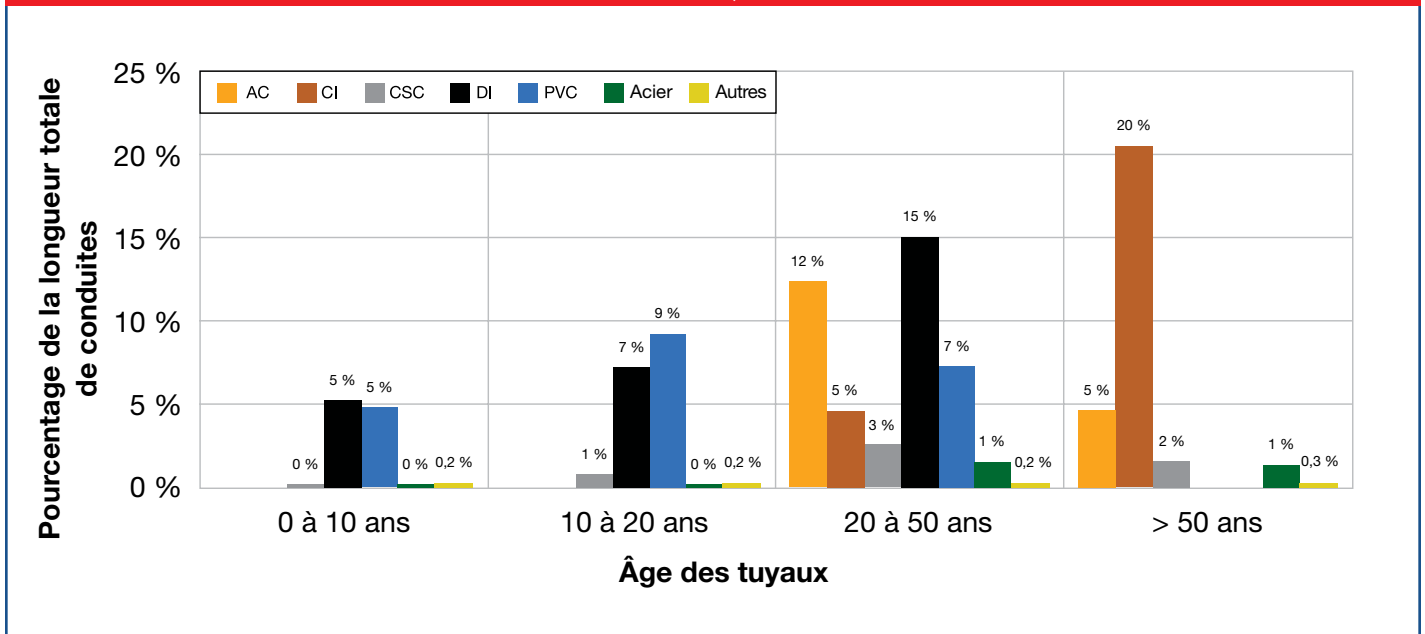


**FIGURE 13 : RÉPARTITION PAR ÂGE EN FONCTION DU MATÉRIAU DES TUYAUX À PARTIR DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE DÉTAILLÉE**



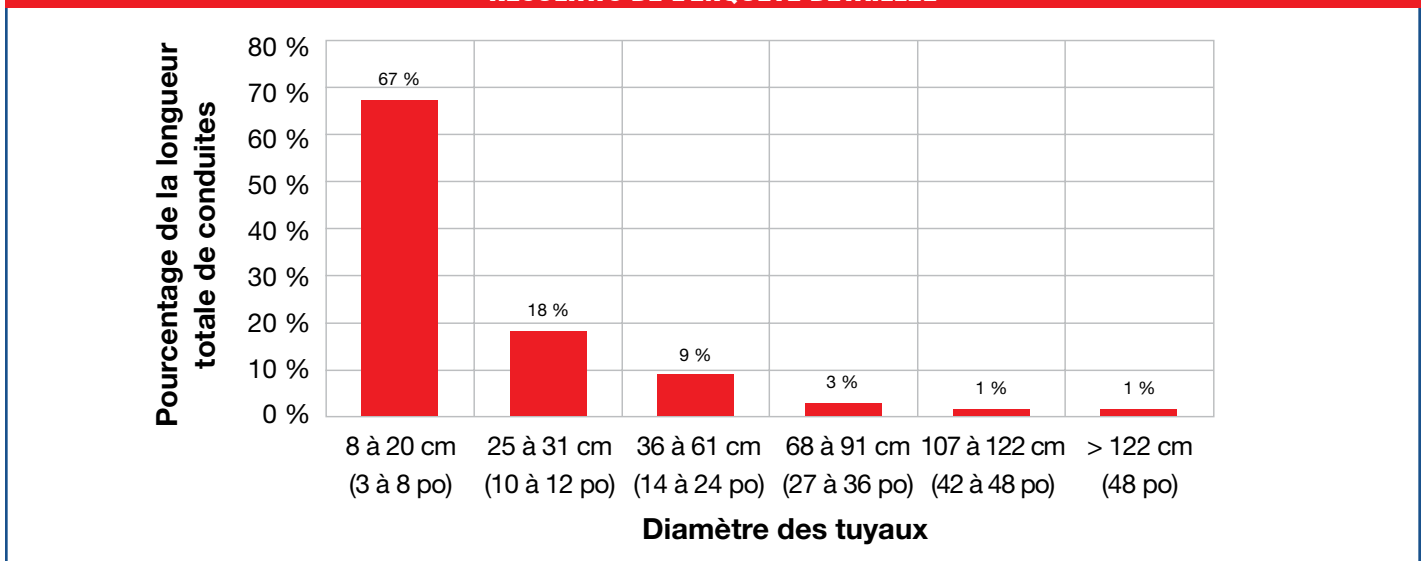


**FIGURE 14 : POURCENTAGE DE LA LONGUEUR TOTALE DE CONDUITES PAR CATÉGORIE D'ÂGE À PARTIR DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE DÉTAILLÉE**

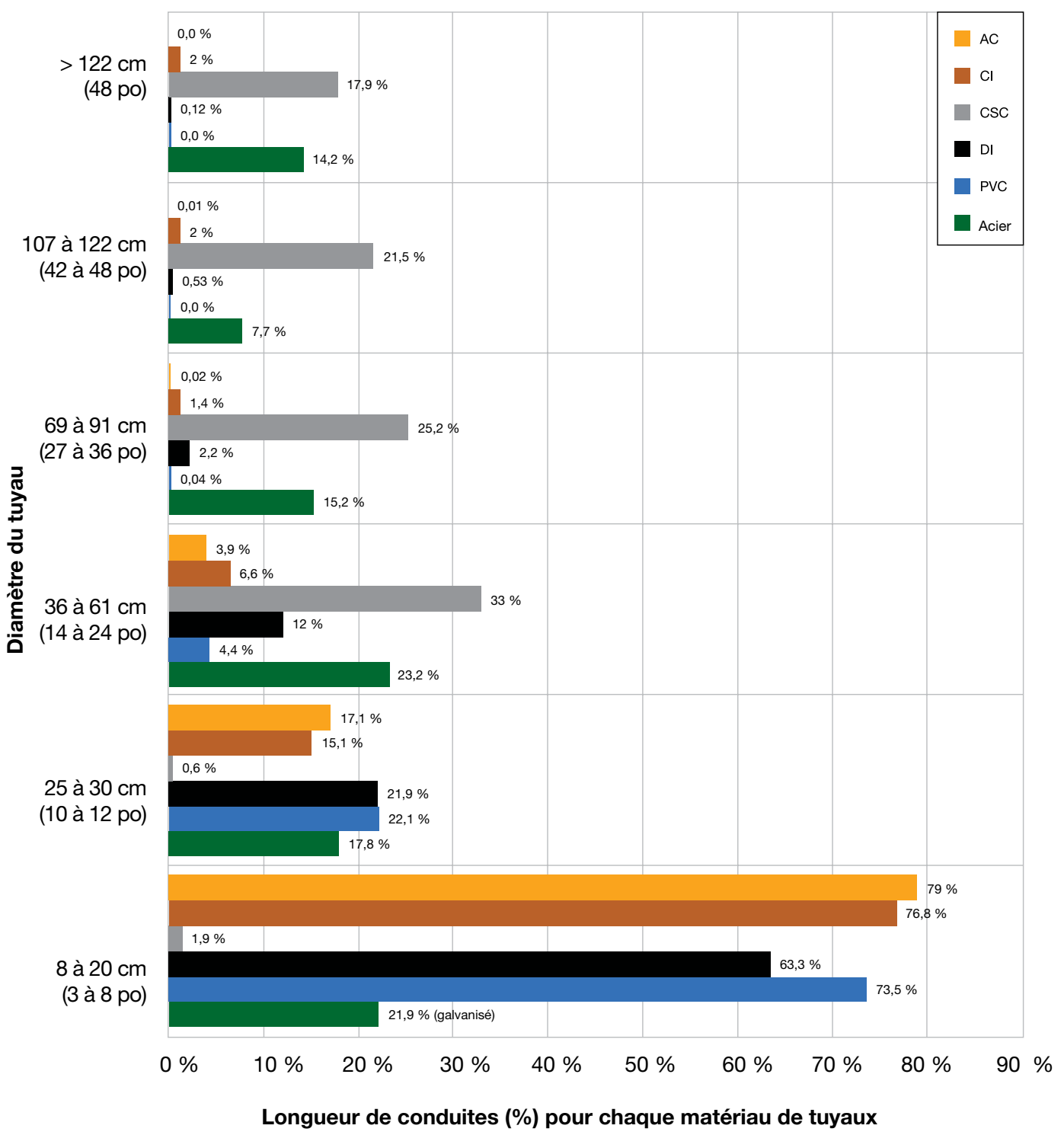


L'enquête détaillée a également demandé aux participants de ventiler les longueurs totales de conduites en service en six catégories de diamètre des tuyaux. La Figure 15 montre le pourcentage de conduites d'eau correspondant à chaque catégorie de diamètre. La Figure 15 montre qu'environ 67 % des conduites en service ont un diamètre inférieur ou égal à 20 cm (8 pouces). L'enquête de 2012 avait révélé que 66 % des conduites en service ont un diamètre inférieur ou égal à 20 cm (8 pouces), ce qui montre une bonne concordance. Des études antérieures ont fait l'hypothèse que 73 % de conduites d'eau avaient un diamètre inférieur ou égal à 25 cm (10 pouces) (Stone et al., 2002). La Figure 16 présente les longueurs de conduites par catégorie de diamètre en fonction du type de matériau de tuyaux. La Figure 16 montre que les conduites de distribution de grand diamètre sont principalement constituées de conduites en acier et en béton, 18 % des conduites en béton et 14 % des conduites en acier ayant un diamètre supérieur à 122 cm (48 pouces). La Figure 17 présente la longueur totale de conduites, ventilée par type de matériau et diamètre des tuyaux, en pourcentage. La Figure 17 montre que les conduites en fonte grise de 8 à 20 cm (3 à 8 pouces) de diamètre représentent plus de 19 % des conduites en service.

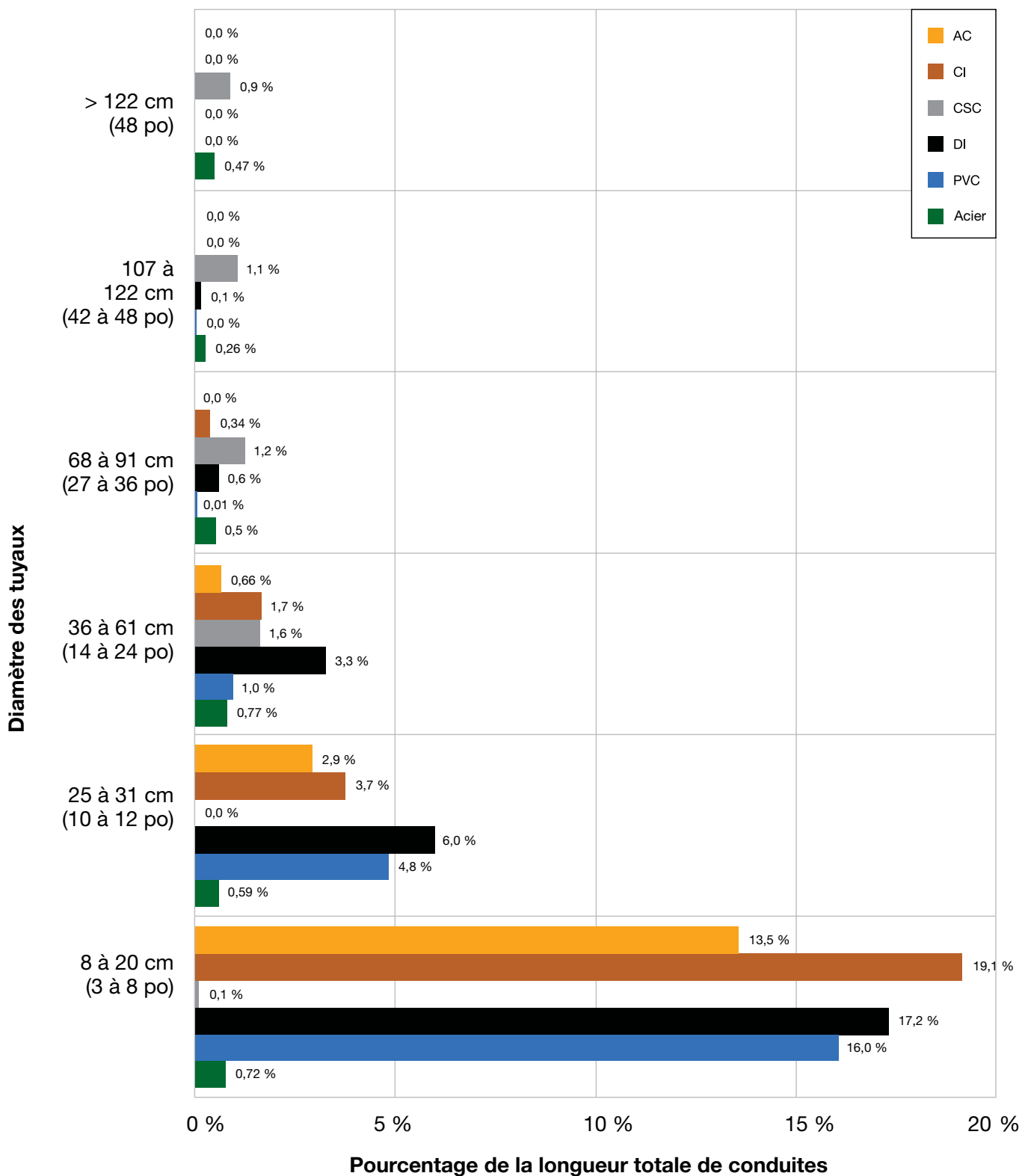
**FIGURE 15 : POURCENTAGE DE LA LONGUEUR TOTALE DE CONDUITES PAR CATÉGORIE D'ÂGE À PARTIR DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE DÉTAILLÉE**



**FIGURE 16 : RÉPARTITION PAR DIAMÈTRE EN FONCTION DU MATÉRIAU DES TUYAUX À PARTIR DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE DÉTAILLÉE**



**FIGURE 17 : POURCENTAGE DE LA LONGUEUR TOTALE DE CONDUITES VENTILÉE PAR DIAMÈTRES DES TUYAUX ET TYPE DE MATÉRIAU À PARTIR DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE DÉTAILLÉE**

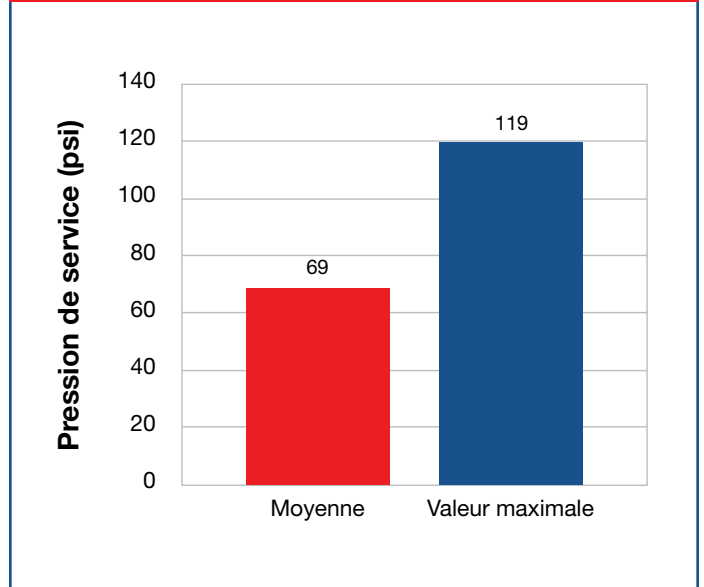


# 4.0 Pression et volume de livraison

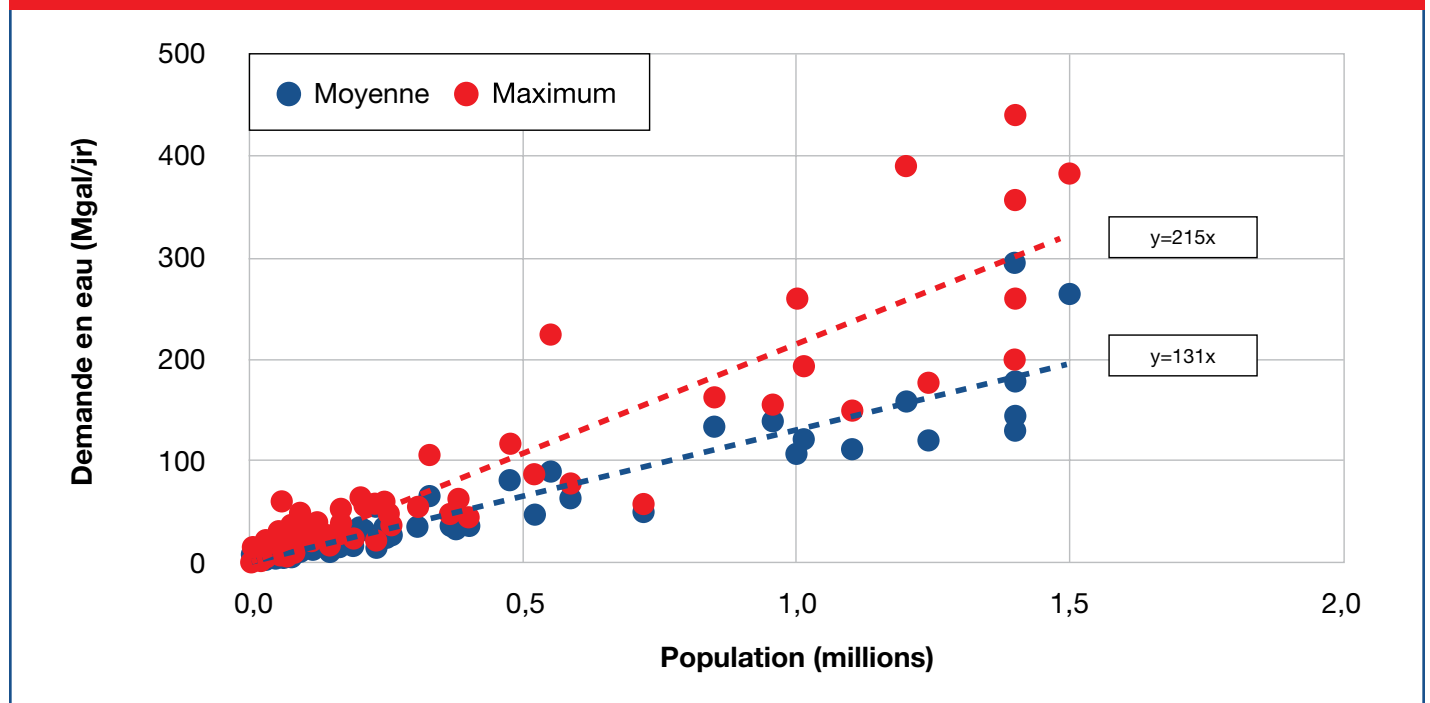
Il a été demandé aux participants à l'enquête de base d'indiquer les pressions d'alimentation en eau moyenne et maximale. Les valeurs moyennes parmi les participants sont respectivement de 69 et 119 psi. La moyenne des valeurs rapportées est illustrée à la Figure 18. Dans l'enquête de 2012, la pression moyenne était de 77 psi, ce qui concordait avec la présente étude, mais pourrait peut-être indiquer une tendance à la baisse. Il est à noter que certains services publics utilisent des pressions d'exploitation réduites pour diminuer les taux de fuite. Le contrôle et la réduction de la pression constituent une méthode commune pour à la fois réduire les taux de fuite et de rupture de conduites.

Il a été demandé aux participants à l'enquête détaillée d'indiquer leur demande en eau moyenne et maximale. La moyenne a été calculée des valeurs rapportées divisées par la population approvisionnée par chaque service public. Les services publics qui étaient exclusivement des réseaux de transmission ont été exclus. La demande en eau moyenne est de 492 litres (137 gallons US) par jour par personne. La demande en eau maximale est de 950 litres (251 gallons US) par jour par personne. La demande totale en eau est étroitement liée à la population approvisionnée. La Figure 19 présente la demande en eau moyenne et maximale de chaque service public (exprimée en millions de gallons par jour) en fonction de la population approvisionnée (exprimée en millions de personnes). La figure montre également une régression linéaire des données (lignes en pointillés) et les équations correspondantes. Par exemple, un service public avec une population d'un million de personnes aurait une demande en eau maximale de 215 millions de gallons par jour et une demande en eau moyenne de 131 millions de gallons par jour.

**FIGURE 18 : PRESSIONS D'ALIMENTATION EN EAU MOYENNE ET MAXIMALE**



**FIGURE 19 : DEMANDE EN EAU MOYENNE ET MAXIMALE EN FONCTION DE LA POPULATION**



# 5.0 Calcul des taux de défaillance des conduites d'eau

L'enquête de base et l'enquête détaillée ont demandé aux participants de considérer une défaillance de conduite d'eau, comme un incident où une fuite a été détectée et des réparations ont été effectuées. Cependant, il a été demandé aux participants de ne pas rapporter des défaillances dues à des fuites dans les raccords, des dommages dus à des travaux ou à la perforation de branchements latéraux, car ces défaillances ne sont pas la conséquence d'une dégradation du tuyau et sont souvent identifiées au début de la première année d'exploitation. L'objectif était en effet uniquement d'examiner la durée de vie des tuyaux.

Les services publics ont rapporté le nombre de défaillances au cours d'une période récente de 12 mois pour chaque matériau de tuyaux et la longueur de conduites en services pour chaque matériau de tuyaux. Le taux de défaillance a été calculé en divisant le nombre total de défaillances rapportées par tous les services publics pour un matériau de tuyaux particulier par la longueur totale de ce matériau de tuyaux.

Par exemple, l'enquête a rapporté un total de 23 803 défaillances de conduites d'eau au cours d'une période récente de 12 mois pour tous les matériaux de tuyaux. La longueur totale des conduites d'eau en service résultant de l'enquête était de 274 503 kilomètres (170 569 milles). Ainsi, le taux de défaillance global est  $23\ 803 / 2\ 745,03 = 8,7$  défaillances/100 km/an ( $23\ 803 / 1\ 705,69 = 14,0$  défaillances/100 milles/an). Cela représente une augmentation de 27 % par rapport à l'enquête de 2012, qui reflétait un taux de défaillance de 7 défaillances/100 km/an (11 défaillances/100 milles/an).

Cette méthode simple pour calculer les taux de défaillance a été utilisée parce qu'elle évite tout biais envers les petits ou les grands services publics. Il est à noter que les services

publics ont rapporté des taux de défaillance très différents pour un même matériau de tuyaux. En fait, cela n'est pas surprenant. Plusieurs facteurs ont une influence sur les résultats, y compris l'âge des tuyaux, le type de sol (corrosif ou non corrosif), les techniques de prévention de la corrosion utilisées, les pratiques d'installation et le climat, notamment le froid extrême ou la sécheresse.

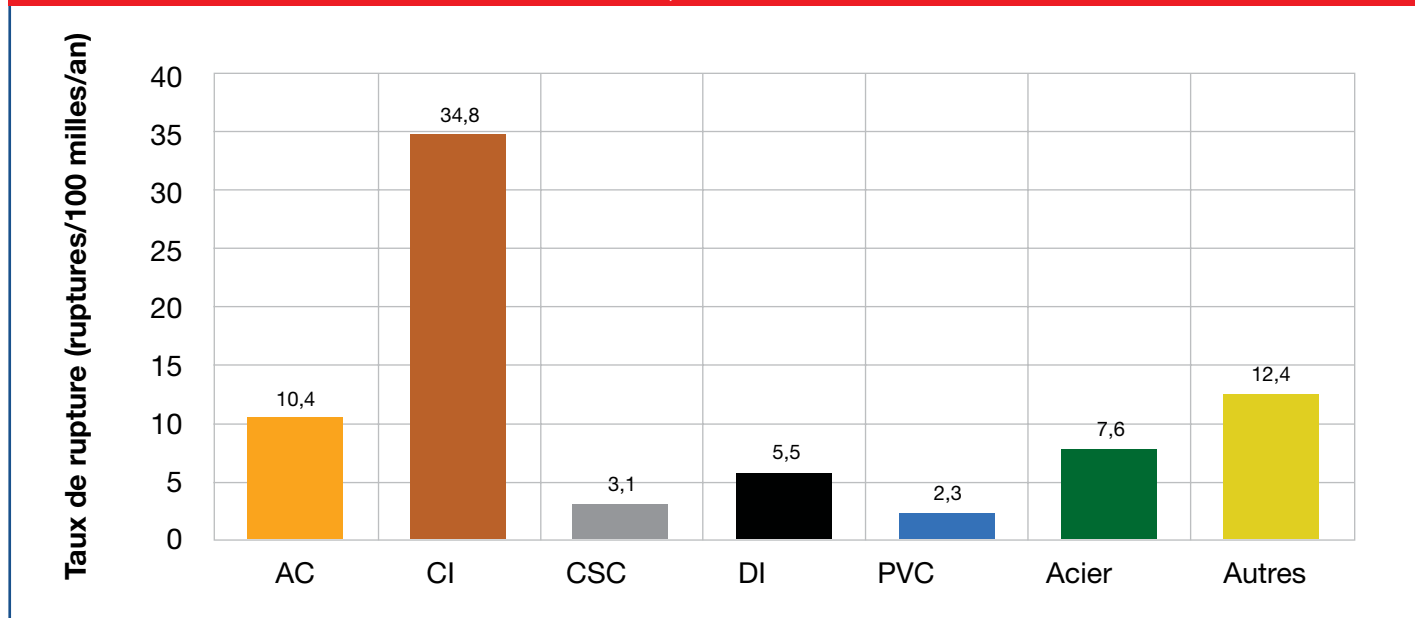
Une recherche documentaire indique qu'entre 250 000 et 300 000 ruptures se produisent chaque année aux États-Unis, ce qui correspond à un taux de 15 à 19 ruptures/100 km/an (25 à 30 ruptures/100 milles/an) (Grigg, 2007; Deb et al., 2002). L'objectif du Programme d'optimisation des réseaux de distribution du Partenariat pour la salubrité de l'eau (Partnership for Safe Water) de l'AWWA est d'atteindre des réseaux de distribution optimisés présentant au plus 10 ruptures par 100 km (15 ruptures par 100 milles) de conduites par an (AWWA Partnership for Safe Water, 2011). La sélection et les performances des matériaux de tuyaux constituent un élément important des systèmes d'optimisation des réseaux de distribution.

## 5.1. Taux de défaillance par type de matériau des tuyaux

L'enquête a permis de mesurer les défaillances des tuyaux au cours d'une période récente de 12 mois et de ventiler les résultats par type de matériau. Le Tableau 5 répertorie la longueur totale de conduites par type de matériau de tuyaux, le nombre de défaillances (ruptures) au cours de la période de 12 mois, le taux de rupture pour chaque matériau de tuyaux, les taux de rupture lors de l'enquête de 2012 et la variation en % dans les taux de rupture. La Figure 20 illustre les taux de défaillance en fonction du type de matériau des tuyaux. Le PVC est le matériau de tuyaux présentant le taux de rupture le plus faible, à la fois dans l'enquête de 2012 et dans celle de 2018.

**TABLEAU 5 : RÉSUMÉ DES DONNÉES SUR LES RUPTURES RAPPORTÉES PAR L'ENQUÊTE DE BASE SUR UNE PÉRIODE DE 12 MOIS**

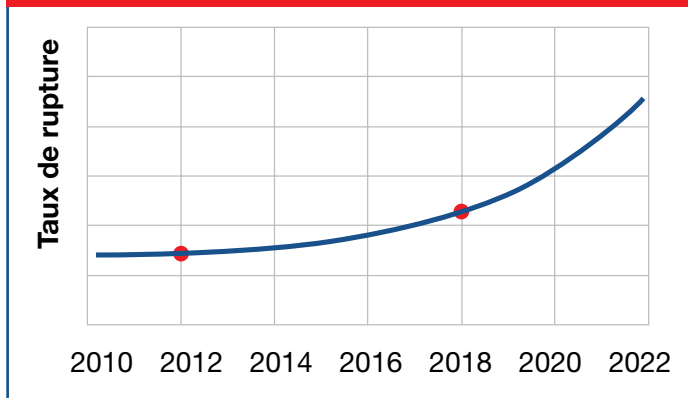
|                       | Longueur | Défaillances | Taux de rupture en 2018 | Taux de rupture en 2012 | Changement (%) |
|-----------------------|----------|--------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
| Amiante-ciment        | 21 589   | 2 240        | 10,4                    | 7,1                     | 46 %           |
| Fonte grise           | 48 471   | 16 864       | 34,8                    | 24,4                    | 43 %           |
| Acier enrobé de béton | 4 940    | 152          | 3,1                     | 5,4                     | -43 %          |
| Fonte ductile         | 47 595   | 2 627        | 5,5                     | 4,9                     | 13 %           |
| PVC                   | 37 704   | 878          | 2,3                     | 2,6                     | -10 %          |
| Acier                 | 4 765    | 362          | 7,6                     | 13,5                    | -44 %          |
| Autres                | 5 506    | 680          | 12,4                    | 21                      | -41 %          |
| Total                 | 170 569  | 23 803       | 14,0                    | 11                      | 27 %           |

**FIGURE 20 : TAUX DE RUPTURE EN FONCTION DU MATÉRIAU DES TUYAUX DÉRIVÉS DES RÉPONSES À L'ENQUÊTE DE BASE**

La comparaison des résultats de l'enquête de 2018 avec ceux de l'enquête de 2012 présentés au Tableau 5 montre que, dans l'ensemble, les taux de rupture ont augmenté de 27 %. L'augmentation est principalement due aux ruptures dans les conduites en amiante-ciment (AC) et en fonte grise (CI), dont les taux de rupture ont augmenté de plus de 40 %. Comme le montre la Figure 14, les conduites en amiante-ciment (AC) et en fonte grise (CI) représentent le plus grand pourcentage de la catégorie des conduites les plus anciennes et arrivent donc à la fin de leur vie utile. De nombreuses études ont montré que les taux de défaillance des conduites d'eau augmentent généralement de façon exponentielle au fil du temps (Kleiner, 2002). On peut donc envisager une augmentation importante des taux de rupture à l'avenir, comme le montre la Figure 21. Certains services publics pourraient avoir besoin d'accélérer rapidement le rythme auquel ils remplacent leurs conduites en amiante-ciment et en fonte grise. Un doublement du taux de rupture aurait un impact économique important. Il faudrait ainsi plus que doubler le personnel travaillant à la réparation des conduites, ainsi que le budget en matériel, tout en observant une augmentation des pertes en eau traitée, ce qui pourrait avoir des conséquences dévastatrices sur la société.

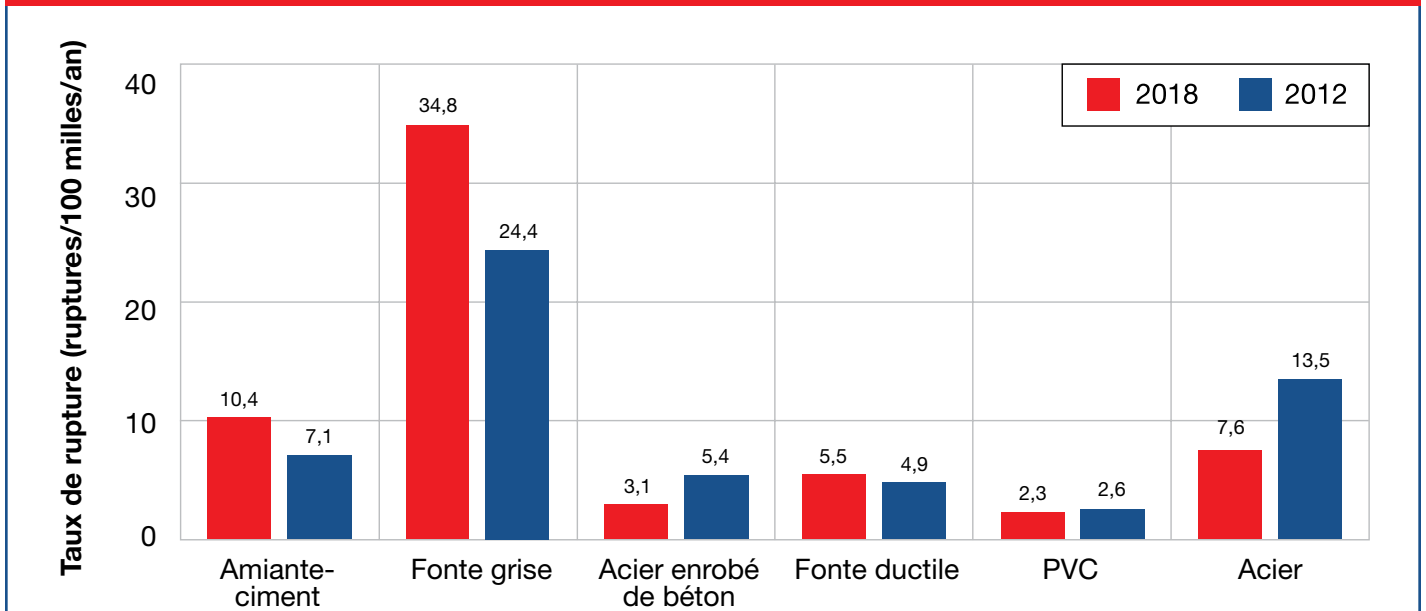
La Figure 22 compare les taux de rupture des enquêtes 2012 et 2018. Comme plus de 90 % des conduites d'eau en service sont constituées de tuyaux en amiante-ciment (AC), fonte grise (CI), fonte ductile (DI) ou polychlorure de vinyle (PVC), les taux de rupture calculés pour ces types de matériaux sont plus fiables. La Figure 22 montre une légère diminution entre 2012 et 2018 du taux de rupture des tuyaux en PVC et une petite augmentation du taux de rupture des tuyaux en fonte ductile. La cohérence de l'ensemble de ces valeurs indique qu'elles sont fiables. Encore une fois, l'augmentation des taux de rupture des conduites en amiante-ciment et en fonte grise est une observation très importante.

La quantité de tuyaux en béton et en acier rapportée par cette enquête représente moins de 6 % de la longueur totale de conduites en service. Lorsque seule une petite quantité de données sur les ruptures de tuyaux est disponible, la fiabilité des taux de rupture rapportée par les données de l'enquête est moindre. La diminution de 42 % des taux de rupture des tuyaux en béton est probablement due au fait que l'enquête de 2018 rapporte une longueur de tuyaux en béton plus du double de celle de l'enquête de 2012, et devrait donc constituer une valeur plus fiable. Les tuyaux en acier ont également indiqué une forte baisse de leur taux de rupture. Le taux de rupture des tuyaux d'acier est en grande partie attribuable aux tuyaux en acier galvanisé de petit diamètre, qui sont actuellement remplacés à un rythme rapide. Les tuyaux en acier de grand diamètre utilisés dans les conduites maîtresses ont un taux de rupture très faible.

**FIGURE 21 : VARIATION EXPONENTIELLE DES TAUX DE RUPTURE**

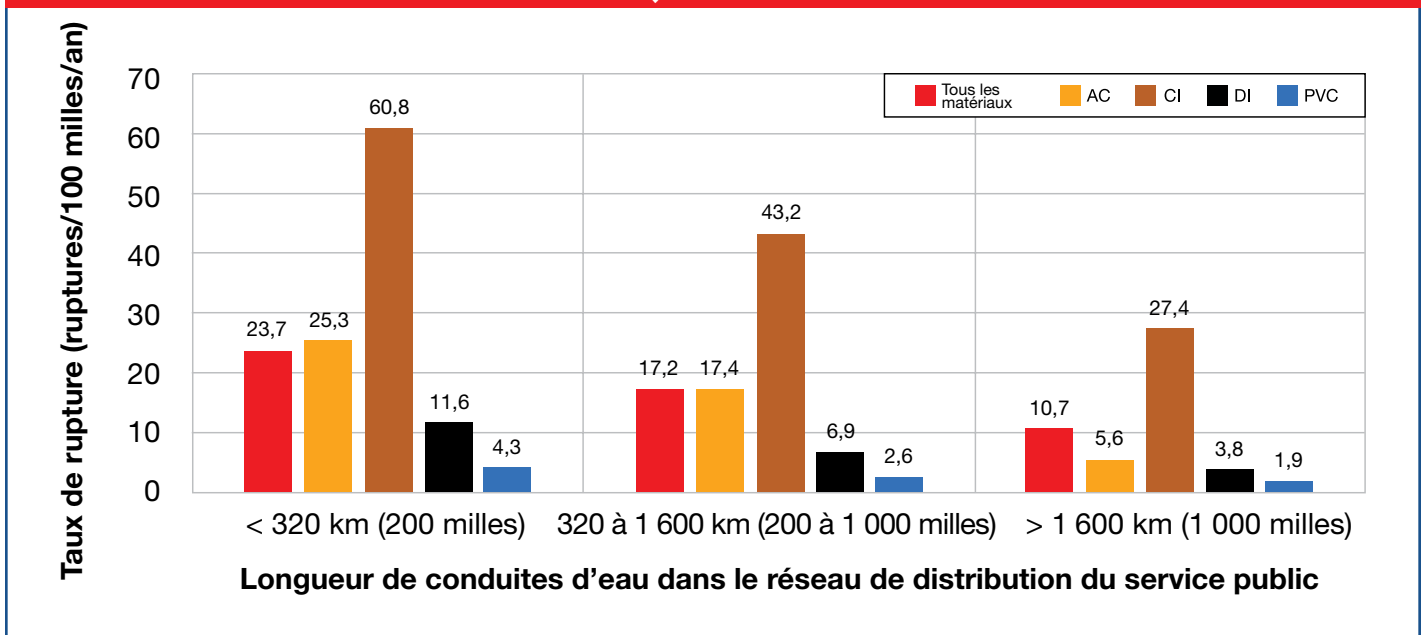


**FIGURE 22 : COMPARAISON DES TAUX DE RUPTURE ENTRE LES ENQUÊTES DE 2018 ET 2012**



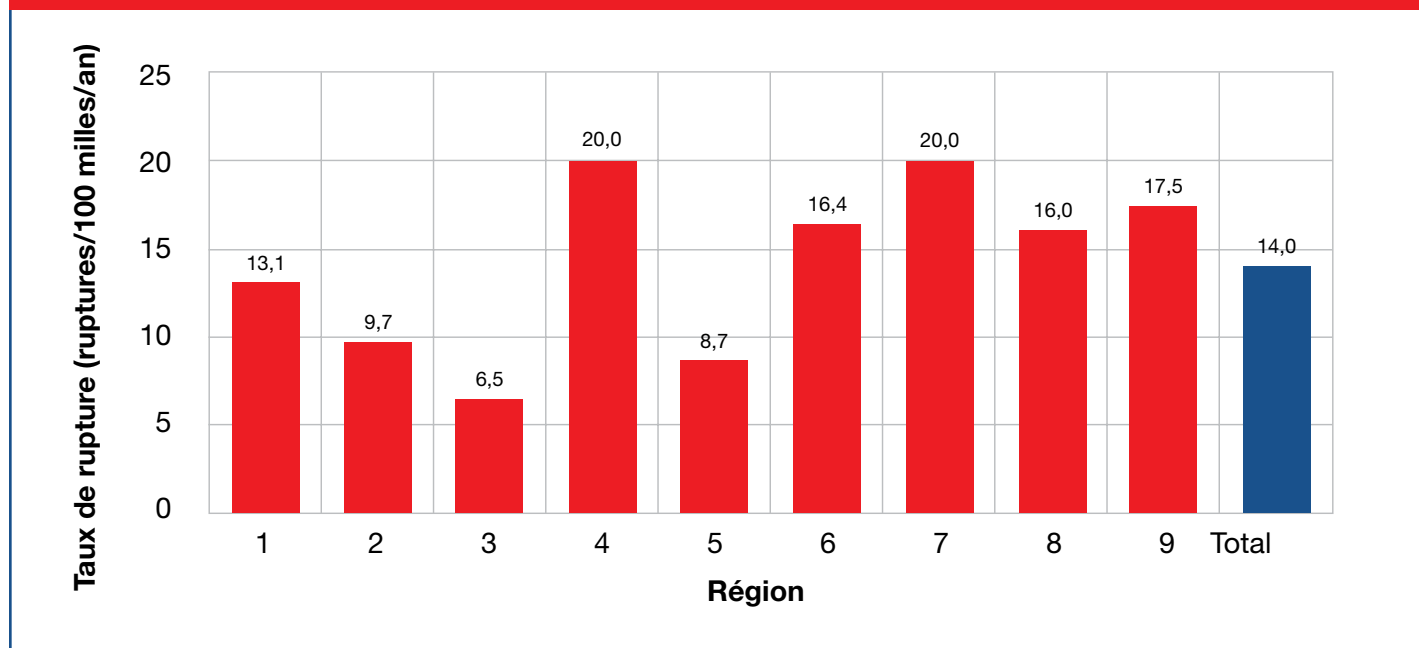
La taille d'un service public influe sur ses taux de rupture. Les services publics ont été classés en trois catégories de taille, en fonction de la longueur de leur réseau de conduites : moins de 320 km (200 milles), de 320 à 1 600 km (200 à 1 000 milles) et plus de 1 600 km (1 000 milles). La Figure 23 illustre le taux de rupture global (pour tous les matériaux de tuyaux confondus), puis une ventilation selon les quatre matériaux de tuyaux les plus courants dans ces trois catégories de taille des services publics. Les grands services publics présentent systématiquement des taux de rupture plus faibles que les services publics de taille moyenne ou petite. Cela est probablement dû à de meilleures capacités de financement et à un plus grand nombre d'employés dédiés à l'ingénierie de conception, la surveillance et la collecte d'information, la supervision des installations et la réparation des conduites d'eau. Il est très significatif que les services publics de petite taille présentent systématiquement des taux de rupture au moins doubles de ceux des services publics de grande taille.

**FIGURE 23 : TAUX DE RUPTURE EN FONCTION DE LA TAILLE DES SERVICES PUBLICS DÉRIVÉS DES RÉPONSES À L'ENQUÊTE DE BASE**

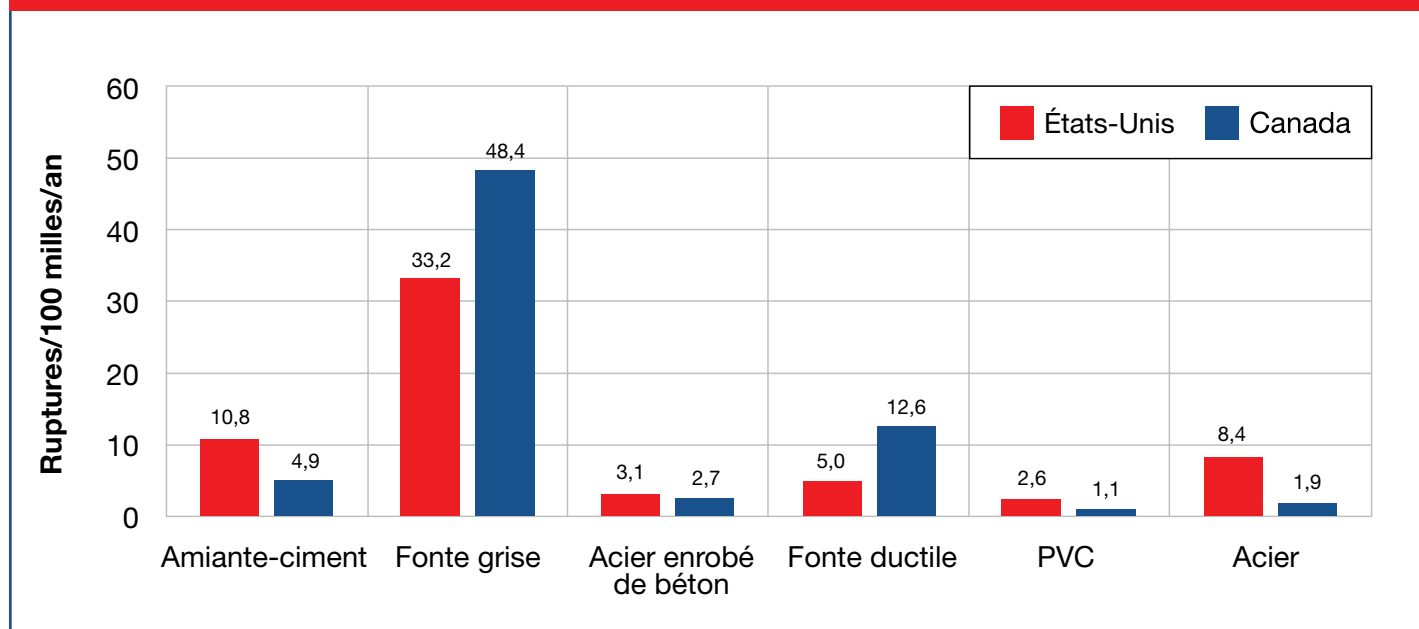


La Figure 24 montre le taux de rupture global par région. Manifestement, toutes les régions ne connaissent pas le même taux de défaillance. Le Tableau 1 présente le nombre de participants de chaque région. Les taux de rupture ont été séparés entre le Canada et les États-Unis. Cela est illustré à la Figure 25. Les sols du Canada sont souvent très corrosifs (Seargeant, 2013), ce qui se reflète dans le taux de rupture élevé des tuyaux en fonte grise et en fonte ductile, comme illustré sur la Figure 25. Seargeant a publié que les sols très corrosifs dans la région d'Edmonton avaient nécessité une transition de la fonte grise à l'amiante-ciment en 1966 puis au PVC à partir de 1977. La transition au PVC a produit une réduction spectaculaire des taux de rupture de conduites d'eau dans la ville.

**FIGURE 24 : TAUX DE RUPTURE GLOBAUX PAR RÉGION DÉRIVÉS DES RÉPONSES À L'ENQUÊTE DE BASE**



**FIGURE 25 : TAUX DE RUPTURE AUX ÉTATS-UNIS ET AU CANADA POUR CERTAINS TYPES DE MATÉRIAUX DE TUYAUX**



## 5.2. Effets de l'âge

L'enquête de base a demandé aux participants de répartir les défaillances en fonction de la décennie pendant laquelle les conduites affectées ont été installées. Certains participants à l'enquête ne connaissaient pas l'âge des conduites défaillantes et n'ont pas été inclus dans les résultats. La Figure 26 montre le pourcentage de défaillances en fonction du matériau des tuyaux, ventilé par décennie d'installation. Par exemple, pour les tuyaux en amiante-ciment (AC), 60 % des ruptures correspondaient à des conduites installées dans les années 1960, 28 % à des conduites installées dans les années 1970 et 12 % à des conduites installées dans les années 1980. Notez que le pourcentage de défaillances le plus élevé ne correspond généralement pas aux conduites les plus anciennes (l'amiante-ciment faisant exception), ce qui peut être expliqué par plusieurs causes possibles. Une cause importante est la quantité de tuyaux correspondant à une plage d'âge donnée. À mesure que les vieilles conduites sont remplacées, la quantité de tuyaux susceptible de défaillir diminue. Par ailleurs, l'épaisseur de la paroi des tuyaux en fonte grise et en fonte ductile a diminué au fil du temps, ce qui peut avoir influé sur la durée de vie avant la défaillance. Les résultats de la Figure 26 concernent également lorsqu'un matériau de tuyaux a été introduit ou retiré du marché. Aucune conduite en amiante-ciment n'a été installée aux États-Unis ou au Canada au cours des 25 dernières années, et donc, toutes les défaillances de tuyaux en amiante-ciment datent des années 1980 et antérieures. Les tuyaux en fonte grise de petite taille ont été installés depuis les années 1980, comme illustré par la Figure 26. Aux États-Unis, la production à grande échelle de tuyaux en fonte ductile et en PVC n'a pas commencé avant les années 1970, de sorte que nous devrions nous attendre à voir un petit pourcentage de défaillances de tuyaux en fonte ductile et en PVC installés dans les années 1960 et aucune dans les années 1950 et antérieures.

La plupart des défaillances en fonction de l'âge présentées à la Figure 26 ont une forme approximative de cloche (une fois de plus, les défaillances des conduites d'eau en amiante-ciment font exception). Il semble que les tuyaux en amiante-ciment installés dans les années 1960 sont peut-être proches de leur fin de vie et les services publics devraient envisager de planifier leur remplacement dans un avenir proche. Les tuyaux en fonte grise font preuve de la distribution de défaillances la plus uniforme et ne donnent pas beaucoup d'indications sur l'âge des tuyaux qui devraient être remplacés en premier.

## 5.3. Seuil de taux de rupture pour les remplacements

L'enquête détaillée a demandé aux participants s'ils utilisaient un seuil de taux de rupture au-delà duquel ils entreprennent de remplacer les conduites. Seulement 28 % des participants ont déclaré avoir établi une valeur spécifique. Parmi ceux-ci, la réponse moyenne était un seuil de 7 défaillances/100 km/an (11 défaillances/100 milles/an). La plupart des participants ont mentionné qu'ils n'ont pas de seuil de taux de rupture spécifique. Cependant, les taux de rupture constituent un facteur très important à prendre en compte lors de la localisation de services stratégiques et lors de la reconstruction de routes. Bien que la Figure 26 donne une idée de l'âge auquel des conduites doivent être remplacées, la meilleure mesure à considérer pour prendre cette décision consiste à considérer les taux de rupture dans des sections de conduites fabriquées avec le même matériau de tuyaux et ayant un âge similaire.

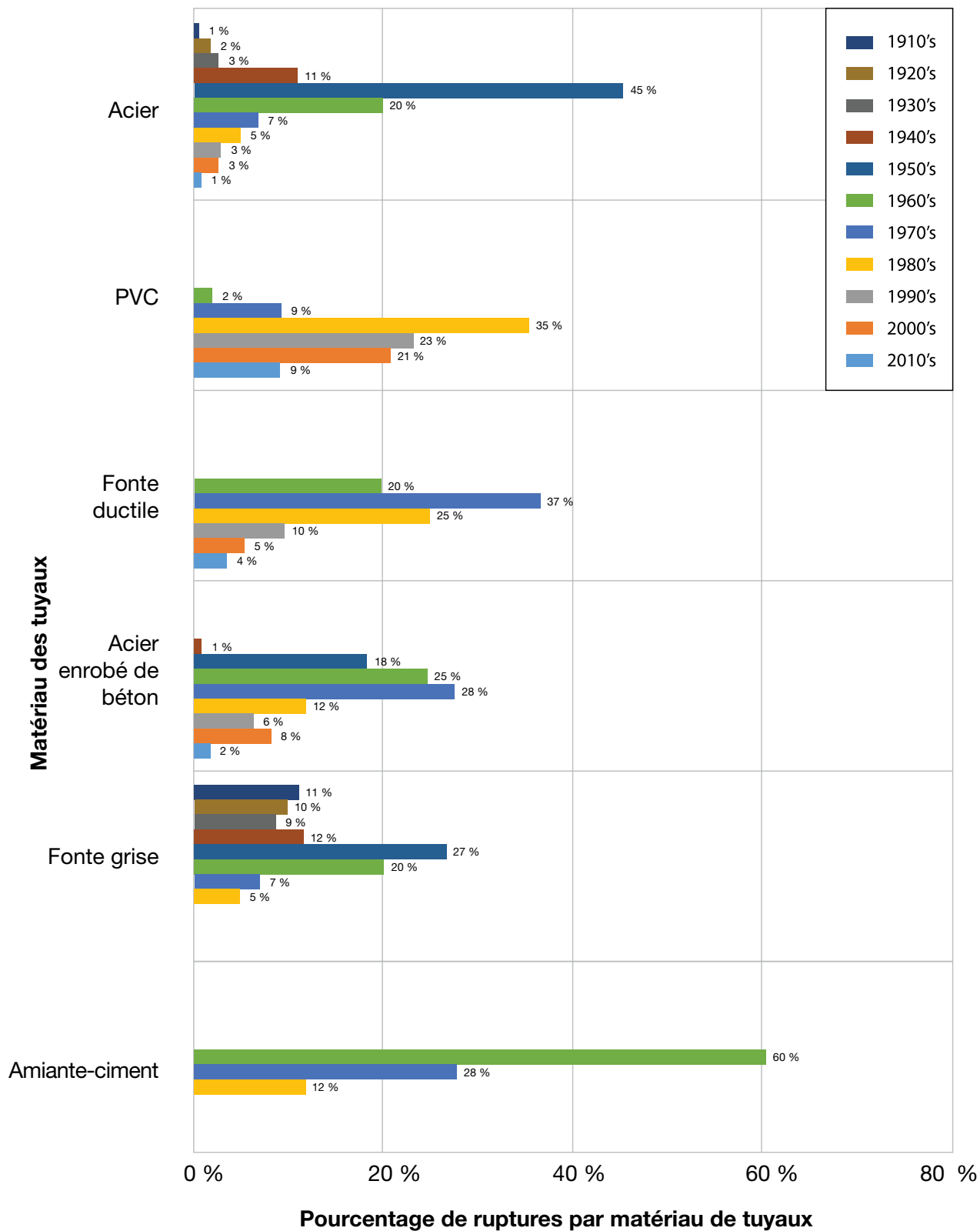
## 5.4. Âge et mode des défaillances les plus courantes

L'enquête détaillée a demandé aux participants l'âge typique de leurs tuyaux ayant fait l'objet d'une défaillance. La réponse moyenne était de 50 ans avec une plage allant de 10 à 100 ans. En 2012, l'âge moyen indiqué des conduites d'eau était de 47 ans. Compte tenu de la nature qualitative de cette question, l'âge typique d'une conduite d'eau défaillante n'a pas beaucoup changé au cours des 6 dernières années.

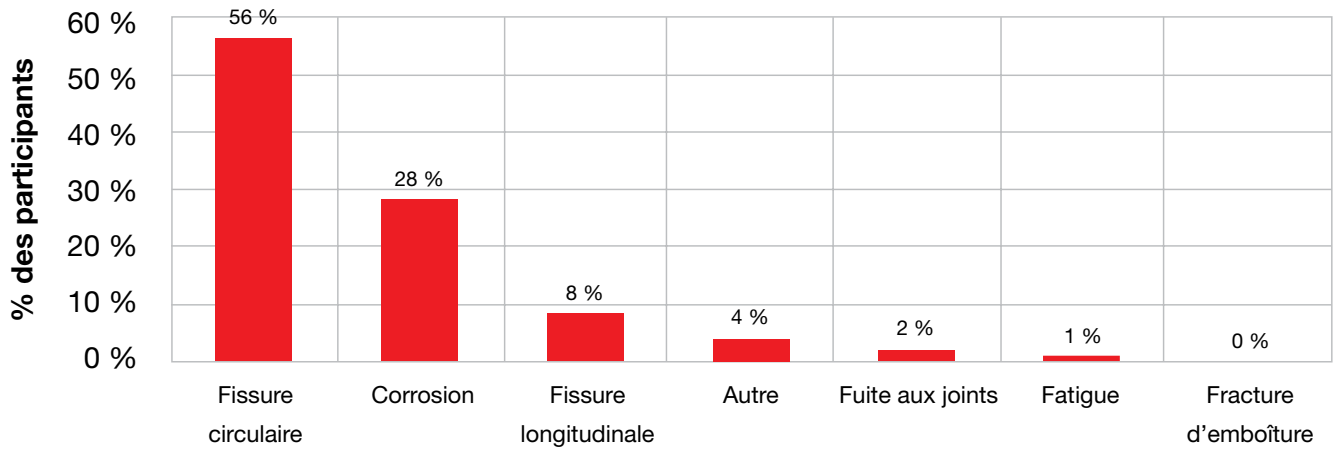
L'enquête détaillée a demandé aux participants de choisir le mode de défaillance le plus courant parmi les options suivantes : corrosion, fracture d'emboîture, fissure circumférentielle, fissure longitudinale, fuite aux joints, fatigue ou autre raison. La Figure 27 montre que 56 % des participants ont indiqué des fissures circumférentielles comme la cause de défaillance la plus courante, suivie par la corrosion à 28 %. Ce sont les modes de défaillance typiques des tuyaux en fonte grise et en amiante-ciment.

Une autre façon d'examiner les modes de défaillance est d'utiliser les données rapportées dans l'enquête de base. Il a été demandé aux participants de fournir une cause de défaillance parmi les options suivantes : fissure circumférentielle, fissure longitudinale, corrosion (interne ou externe), fracture d'emboîture, empiètement par des roches, autre raison ou inconnue. Lorsque plusieurs causes de défaillance étaient présentes, des causes multiples ont été rapportées, chacune avec la même importance. La Figure 28 illustre le pourcentage de chaque mode de défaillance, en ignorant les défaillances dues à une cause inconnue. Une fois de plus, les deux principaux modes de défaillance sont les fissures circumférentielles, puis la corrosion.

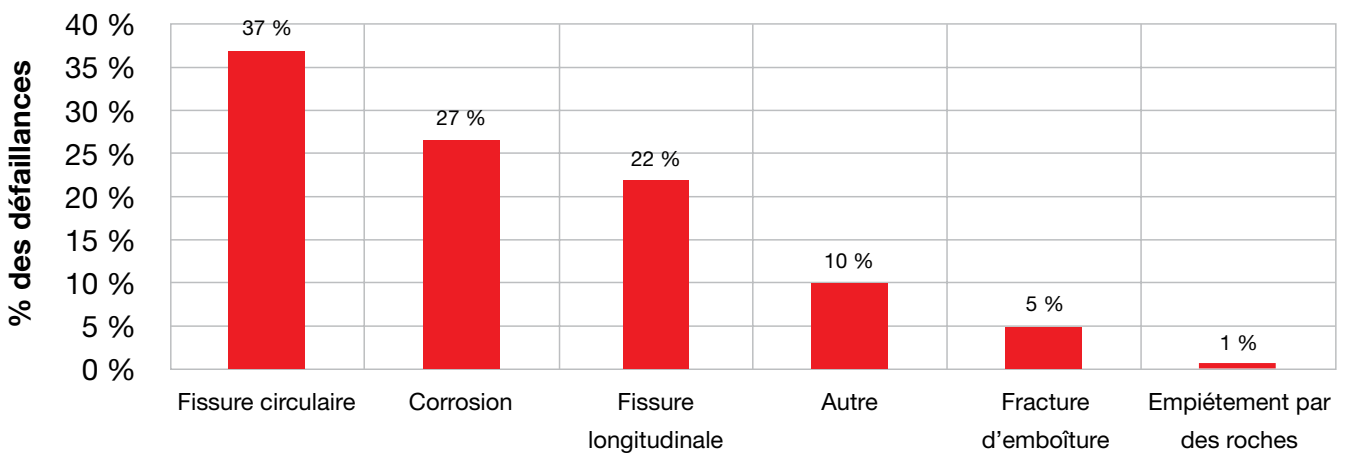
**FIGURE 26 : POURCENTAGE DE DÉFAILLANCES PAR DÉCENNIE DE MATÉRIAUX DE TUYAUX EN SERVICE**



**FIGURE 27 : POURCENTAGE DES PARTICIPANTS AYANT SÉLECTIONNÉ UNE CAUSE DE DÉFAILLANCE LA PLUS FRÉQUENTE**



**FIGURE 28 : RÉPARTITION DES MODES DE DÉFAILLANCE DÉRIVÉS DES RÉPONSES À L'ENQUÊTE DE BASE**



### 5.5. Cohortes et années des tuyaux

Comme mentionné à la section 3.0, l'enquête n'a pas étudié les nombreuses sous-classes de tuyaux utilisés pour les conduites d'eau parce que la plupart des services publics n'ont pas cette information. Les services publics individuels devraient essayer d'enrichir leur base de données le plus possible avec ce que l'on appelle une cohorte de tuyaux et d'autres détails relatifs à leur réseau de distribution. Copeland, et al. (2015) fournit un bon exemple de données à recueillir. Une cohorte de tuyaux est un groupe de tuyaux avec des caractéristiques similaires. Ce concept est utile pour la gestion des infrastructures de distribution d'eau, parce que la définition des différentes cohortes de tuyaux peut être utile pour identifier les conduites qui présentent des caractéristiques de risques différentes (voir Figure 29).

**FIGURE 29 : ÉVOLUTION DES TECHNOLOGIES UTILISÉES POUR LES CONDUITES D'EAU AUX ÉTATS-UNIS AU 20<sup>e</sup> SIÈCLE**

| Matériau des tuyaux         | Type de joint | Protection contre la corrosion intérieure | Protection contre la corrosion intérieure | 1900 | 1910 | 1920 | 1930 | 1940 | 1950 | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 |
|-----------------------------|---------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Acier                       | Soudé         | Aucune                                    | Aucune                                    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |      |      |      |      |      |      |
| Acier                       | Soudé         | Ciment                                    | Aucune                                    |      |      |      |      | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |
| Fonte grise coulée en fosse | Plomb         | Aucune                                    | Aucune                                    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |
| Fonte grise centrifugée     | Plomb         | Aucune                                    | Aucune                                    |      |      | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |
| Fonte grise centrifugée     | Plomb         | Ciment                                    | Aucune                                    |      |      | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |
| Fonte grise centrifugée     | Leadite       | Aucune                                    | Aucune                                    |      |      | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |
| Fonte grise centrifugée     | Leadite       | Ciment                                    | Aucune                                    |      |      | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |
| Fonte grise centrifugée     | Caoutchouc    | Ciment                                    | Aucune                                    |      |      |      |      |      |      | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |
| Fonte ductile               | Caoutchouc    | Ciment                                    | Aucune                                    |      |      |      |      |      |      |      | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |
| Fonte ductile               | Caoutchouc    | Ciment                                    | PE  |      |      |      |      |      |      |      | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |
| Amiante-ciment              | Caoutchouc    | Aucune                                    | Aucune                                    |      |      |      | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |
| Béton armé                  | Caoutchouc    | Aucune                                    | Aucune                                    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |
| Béton précontraint          | Caoutchouc    | Aucune                                    | Aucune                                    |      |      |      |      | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |
| PVC                         | Caoutchouc    | Aucune                                    | Aucune                                    |      |      |      |      |      | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    | ■    |

- Disponibilité des matériaux de tuyaux
- Périodes d'installation active et d'utilisation courante
- Périodes étendues de lixiviation potentielle des joints à base de plomb des tuyaux en fonte

*Adapté de la Figure 8.3, Sustainable Solutions Corporation, 2017*

Des changements dans la fabrication des tuyaux, tels que l'introduction de nouvelles technologies de fabrication, sont un critère important lors de l'identification des caractéristiques (par exemple, la longévité des tuyaux et les risques de rupture) d'une cohorte de tuyaux. Par exemple, des tuyaux en fonte grise coulée en fosse et des tuyaux en fonte grise coulée par centrifugation de même diamètre devraient probablement être considérés comme appartenant à des cohortes de tuyaux différentes, parce que leurs technologies de fabrication sont très différentes, ce qui peut entraîner des comportements très différents. D'autres facteurs qui peuvent influencer sur la longévité et l'enclin à la rupture des tuyaux sont les méthodes de transport et d'installation (WaterRF, 2013).

Les tuyaux en fonte grise avec des joints en leadite constituent une autre cohorte de tuyaux. Il y a au moins deux raisons pour lesquelles les tuyaux avec des joints en leadite présentent des taux de rupture élevés : « Premièrement, le leadite a un coefficient de dilatation thermique différent de celui de la fonte grise, ce qui provoque des contraintes internes supplémentaires, pouvant résulter en des fentes longitudinales dans l'emboîture des tuyaux. Deuxièmement, le soufre présent dans le leadite peut faciliter la corrosion par piqûres, entraînant des ruptures circonférentielles sur le bout lisse du tuyau, près du joint en leadite. Le taux de rupture dans l'industrie pour les tuyaux avec des joints en leadite est significativement plus élevé que pour les tuyaux avec des joints en plomb, même si les tuyaux ne sont pas aussi vieux. » (EPA, 2002, p3)



# 6.0 Sols corrosifs et méthodes de prévention de la corrosion

L'enquête détaillée a demandé aux participants s'ils avaient une ou plusieurs zones dans leur réseau de distribution dont les sols avaient tendance à être corrosifs. Au total, 75 % des participants ont déclaré avoir au moins une zone avec des sols corrosifs. Ce chiffre est cohérent avec les résultats de l'enquête de 2012. L'enquête leur a également demandé s'ils utilisaient des méthodes de protection contre la corrosion quelconques. Au total, 80 % des participants ont déclaré utiliser des méthodes de protection contre la corrosion. Les participants ont alors été invités à décrire la/les méthode(s) utilisée(s). La réponse la plus courante était l'utilisation de polywrap. Le Tableau 6 répertorie la plupart des méthodes mentionnées, ordonnées de la plus courante (1<sup>re</sup> ligne) à la moins fréquente (5<sup>e</sup> ligne).

Souvent, les services publics de l'eau ne connaissent pas la cause spécifique de la corrosion externe observée sur leurs conduites de distribution d'eau et, par conséquent, la mesure préventive qu'ils choisissent peut ne pas être efficace. Historiquement, ces choix ont été basés sur des données provenant d'autres industries (p. ex., le secteur du gaz et du pétrole) et n'ont pas forcément été adaptés aux conduites de distribution d'eau. La corrosion des conduites métalliques peut être causée par une variété de mécanismes, chacun nécessitant une solution différente. Déterminer le mécanisme de corrosion impliqué n'est pas facile, parce que les dommages impartis aux tuyaux ont tous la même apparence. Ne pas identifier correctement les sources de corrosion peut entraîner l'utilisation de systèmes de prévention qui sont inefficaces ou ne durent pas. Par exemple, il n'est pas efficace d'installer une anode sur une conduite maîtresse qui a un problème de corrosion bactériologique. De même, une enveloppe anodique installée dans le but de réduire la corrosion causée par un courant vagabond imposé serait rapidement épuisée et ne fournirait qu'une protection à court terme. En outre, le polywrap ne protège pas les tuyaux contre tous les types de corrosion et il peut être endommagé lors de l'installation (Romer, 2005).

## 6.1. Effet des sols corrosifs sur les taux de rupture

L'USDA Natural Resources Conservation Service fournit des résultats de sondages de sol à travers les USA. L'un des aspects des prospections pédologiques est l'analyse des « risques de corrosion » résultant d'une action électrochimique ou chimique potentielle provoquée par la nature des sols, qui corrode ou affaiblit l'acier sans revêtement. Un sol est qualifié comme présentant un risque « faible », « modéré » ou « élevé » en fonction de mesures de l'humidité, la taille des particules, l'acidité et la conductivité électrique du sol. Il ne s'agit pas d'une analyse précise et elle ignore peut-être d'autres facteurs. Néanmoins, elle constitue une estimation raisonnable de la corrosivité des sols, en l'absence de données plus robustes. Le site Internet des prospections pédologiques (<https://websoilsurvey.sc.egov.usda.gov/App/>

**TABLEAU 6 : MÉTHODES DE PRÉVENTION DE LA CORROSION TYPIQUES**

| Classement | Méthodes de prévention de la corrosion |
|------------|--|
| 1          | Polywrap                               |
| 2          | Protection anodique ou cathodique      |
| 3          | Polywrap V-bio                         |
| 4          | Courant imposé                         |
| 5          | Revêtements diélectriques              |

[WebSoilSurvey.aspx](#)) permet à l'utilisateur de sélectionner une zone d'intérêt (AOI) et de produire un graphique affichant les zones à faible risque en vert, les zones à risque modéré en jaune et les zones à risque élevé en rouge. La Figure 30 présente une vue d'ensemble des sols dans l'ensemble des États-Unis.

Les risques liés à la corrosivité des sols peuvent différer de manière significative sur de courtes distances. Ceci est illustré à la Figure 31, qui illustre une capture d'écran des couleurs correspondant aux risques liés à la corrosivité des sols dans les limites d'une municipalité de Californie. Cette municipalité recèle les trois catégories de risque : faible (vert), modéré (jaune) et élevé (rouge). Les zones de couleur gris clair indiquent l'absence d'analyse pédologique.

Il a été désiré d'établir une corrélation plus précise entre les taux de rupture de tuyaux et la corrosivité des sols. Comme la plupart des villes présentent une combinaison zones à risques faibles, modérés et élevés, un classement numérique a été développé pour fournir un niveau général de la corrosivité des sols. Pour ce faire, une carte de chaque région desservie chacun des services publics ayant répondu à l'enquête de base a été établie. Ensuite, un programme a été élaboré, permettant de compter le nombre de pixels rouges, verts et jaunes sur chaque carte. Afin de fournir un classement numérique, les pixels correspondant à un risque faible ont reçu une valeur de 1, ceux correspondant à un risque modéré ont reçu une valeur de 2 et ceux correspondant à un risque élevé ont reçu une valeur de 3. Les valeurs des pixels ont ensuite été additionnées puis divisées par le nombre total de pixels rouges, jaunes et verts. La valeur ainsi calculée est appelée l'indice de corrosion. Les villes ayant un index de corrosion proche de 1 ont un faible risque de corrosion, tandis que celles ayant un index de corrosion proche de 3 ont un risque de corrosion élevé. Pour la région illustrée sur la

**FIGURE 30 : CARTE DES SOLS CORROSIFS AUX ÉTATS-UNIS (POTENTIEL DE CORROSION DE L'ACIER DANS LA ZONE CONTINENTALE DES ÉTATS-UNIS)**

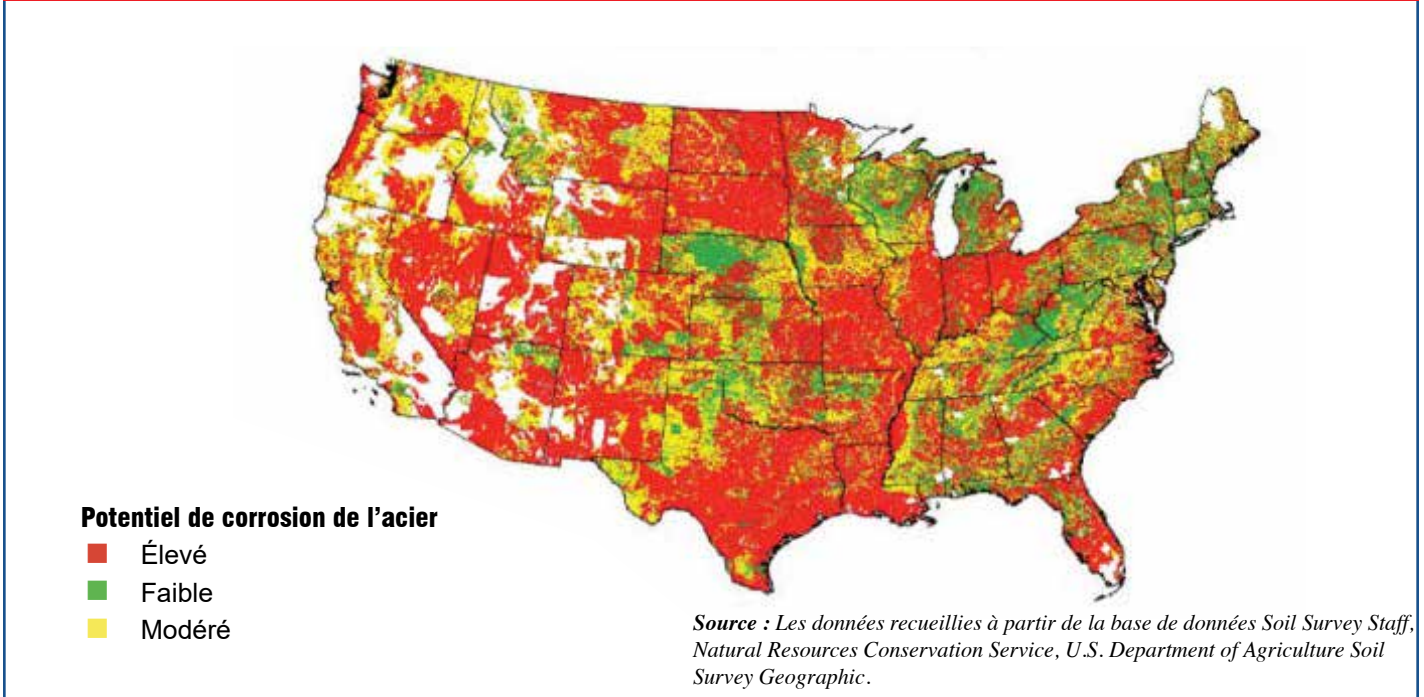
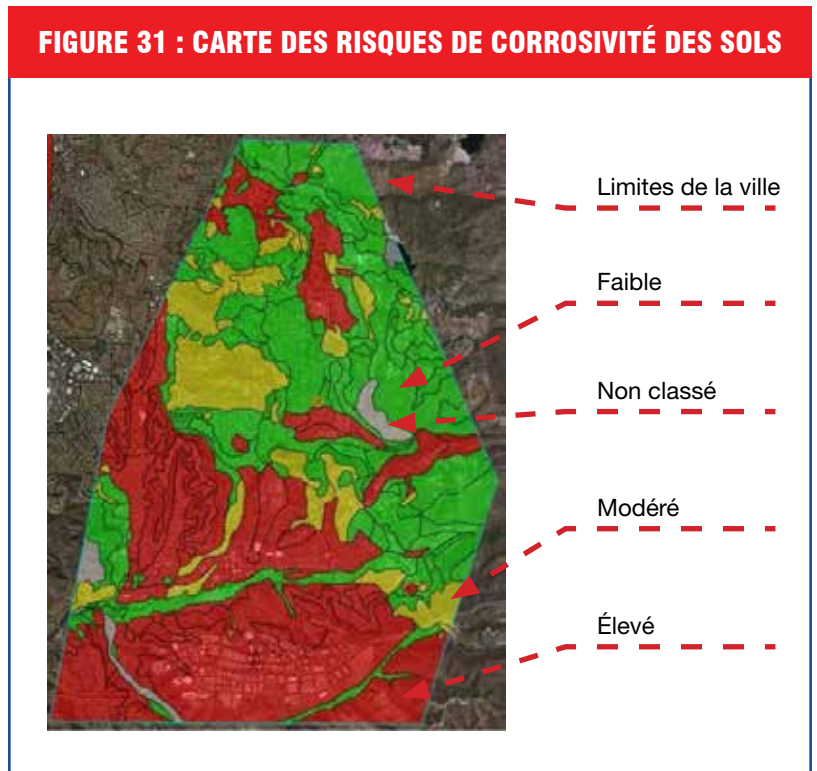


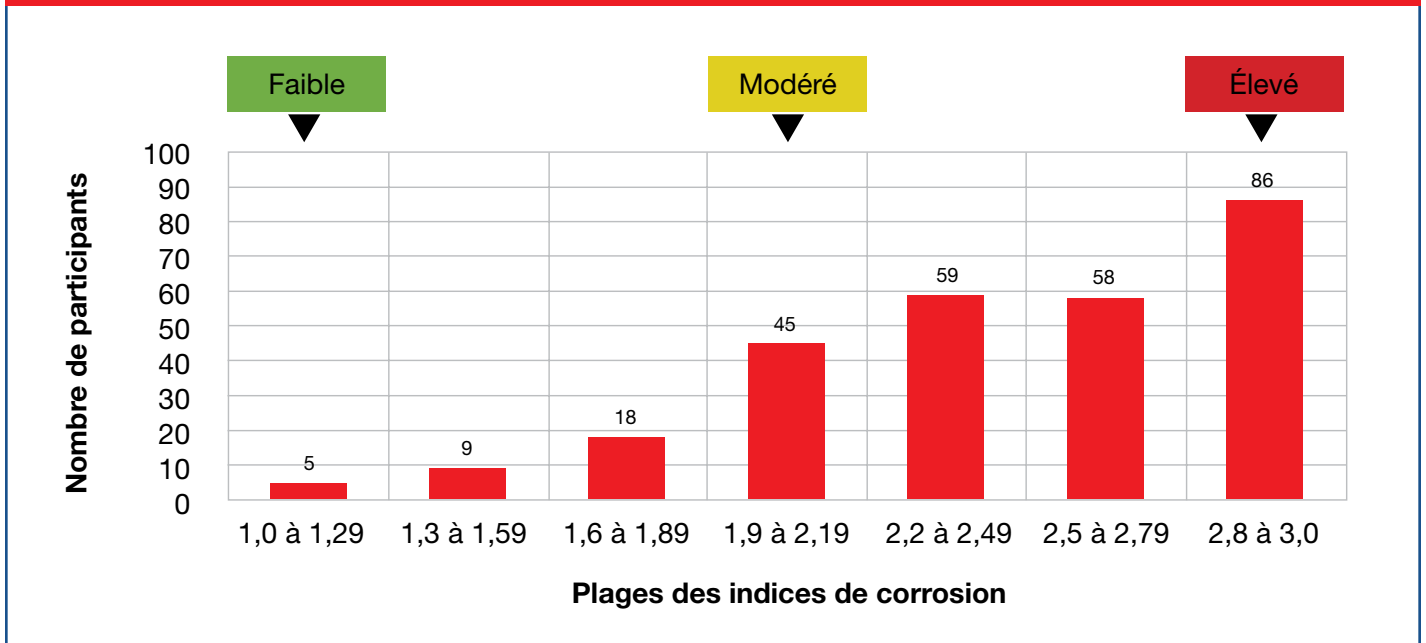
Figure 31, le risque de corrosion calculé est de 2,1, soit légèrement au-dessus d'un niveau modéré.

Les valeurs de l'indice de corrosion ont été calculées pour 281 villes des États-Unis. Certaines villes des États-Unis ont peu ou pas de données concernant les sols à l'intérieur de leurs limites, ne permettant pas de calculer leur indice de corrosion. À des fins d'analyse, les valeurs de l'indice de corrosion ont été réparties en sept plages. La Figure 32 montre le nombre de services publics correspondant à chaque plage. L'indice de corrosion moyen pour tous les services publics des États-Unis ayant répondu à l'enquête de base était de 2,4, à mi-chemin entre un risque de corrosion modéré et un risque élevé. En d'autres termes, la plupart des services publics des États-Unis ont des sols présentant un risque de corrosion modéré à élevé, ce qui est conforme au rapport de l'enquête détaillée, qui a montré que 75 % des services publics avaient au moins une zone avec des sols corrosifs.

**FIGURE 31 : CARTE DES RISQUES DE CORROSIVITÉ DES SOLS**



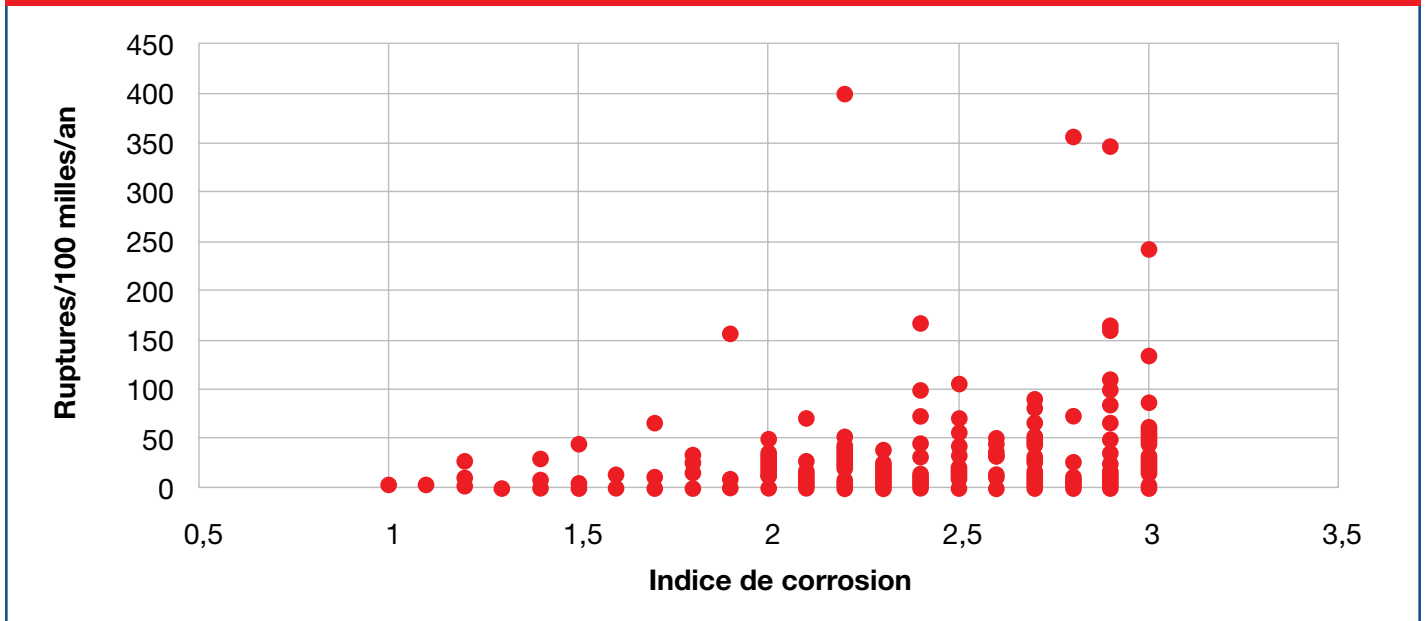
**FIGURE 32 : NOMBRE DE SERVICES PUBLICS EN FONCTION DE LEUR INDICE DE CORROSION**



34

Il est raisonnable de s'attendre à ce que les taux de rupture augmentent lorsque les tuyaux sont installés dans des sols corrosifs. Pour cela, nous avons représenté graphiquement l'indice de corrosion des services publics par rapport à leur taux de rupture. La Figure 33 illustre le résultat pour les tuyaux en fonte. Il est manifeste que les taux de rupture augmentent avec l'indice de corrosion, mais la grande dispersion des données rend leur analyse difficile. Les taux de rupture élevés sur la Figure 33 sont associés à de petits services publics qui ont un petit réseau de conduites. Considérez par exemple un service public ayant 1,6 km de tuyaux en fonte et 2 ruptures au cours de l'année dernière. Cela se traduirait par un taux de ruptures de 125 défaillances/100 km/an. Si ce service public n'a pas de rupture l'année suivante, le taux de rupture tomberait à zéro.

**FIGURE 33 : TAUX DE RUPTURE DES SERVICES PUBLICS POUR LES TUYAUX EN FONTE GRISE EN FONCTION DE LEUR INDICE DE CORROSION**

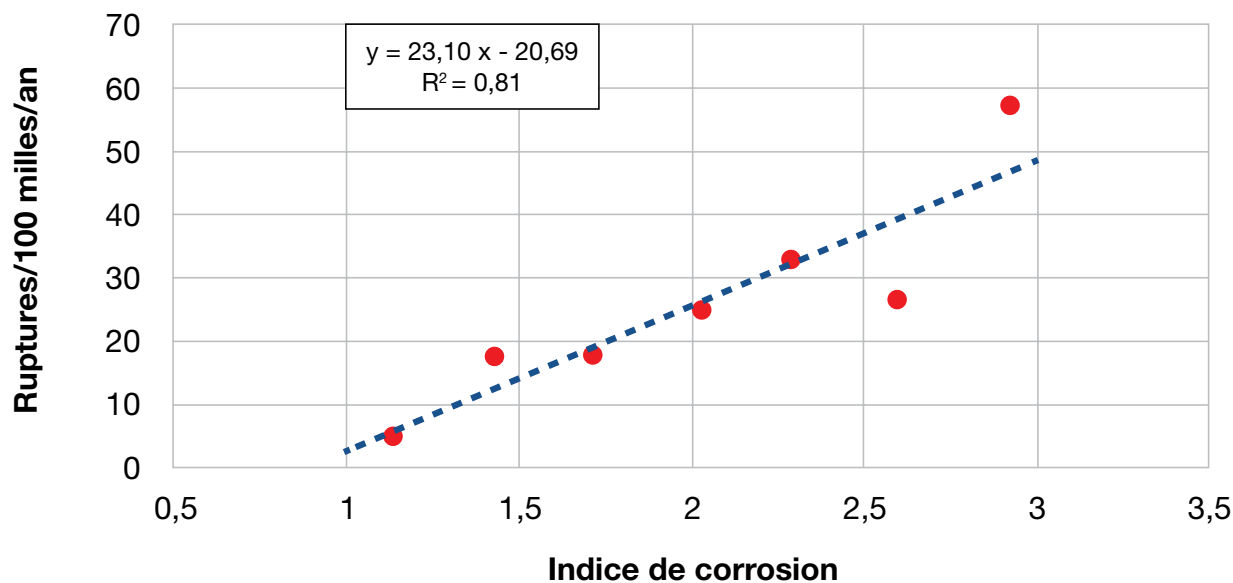


Pour obtenir une estimation réaliste du taux de rupture pour un type de tuyaux, nous devons ajouter le nombre de ruptures correspondant à ce type de tuyaux rapportées par plusieurs services publics et le diviser par la somme des longueurs de conduites utilisant ce type de tuyaux dans les mêmes services publics. Les données de l'indice de corrosion ont été divisées dans les mêmes sept catégories que celles utilisées à la Figure 32. Les résultats sont indiqués dans le Tableau 7. La Figure 34 et la Figure 35 montrent les taux de rupture en fonction des indices de corrosion pour, respectivement, les tuyaux en fonte grise et les tuyaux en fonte ductile. Les figures présentent également une droite de régression et le coefficient de corrélation correspondant. Un coefficient de corrélation proche de 1,0 indique une excellente corrélation, tandis qu'un coefficient de corrélation proche de 0,0 indique une absence de corrélation. Les résultats correspondant à la fonte grise et à la fonte ductile indiquent une corrélation assez importante.

**TABLEAU 7 : RÉPARTITION DES VALEURS DES INDICES DE CORROSION DANS LES SEPT CATÉGORIES**

| Catégorie | Plage des indices de corrosion | Nombre de services publics | Indice de corrosion moyen | Taux de rupture (ruptures/100 milles/an) |               |
|-----------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|--|---------------|
|           |                                |                            |                           | Fonte grise                              | Fonte ductile |
| 1         | 1,0 à 1,29                     | 5                          | 1,14                      | 4,93                                     | 0,57          |
| 2         | 1,3 à 1,59                     | 9                          | 1,43                      | 17,59                                    | 2,89          |
| 3         | 1,6 à 1,89                     | 18                         | 1,72                      | 17,76                                    | 3,27          |
| 4         | 1,9 à 2,19                     | 45                         | 2,03                      | 24,96                                    | 3,09          |
| 5         | 2,2 à 2,49                     | 59                         | 2,29                      | 32,79                                    | 6,63          |
| 6         | 2,5 à 2,79                     | 58                         | 2,60                      | 26,39                                    | 4,09          |
| 7         | 2,8 à 3,0                      | 86                         | 2,93                      | 57,20                                    | 7,69          |

**FIGURE 34 : TAUX DE RUPTURE DES TUYAUX EN FONTE GRISE EN FONCTION DE L'INDICE DE CORROSION**

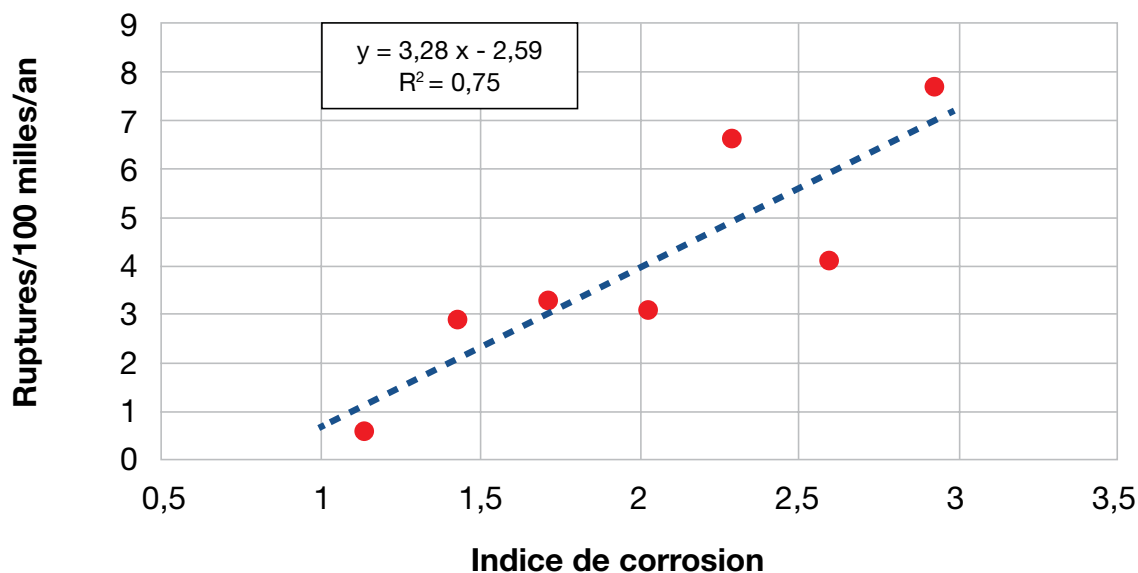






En utilisant l'équation de la Figure 34 avec  $x=1$ , correspondant à un risque de corrosion faible, et  $x=3$ , correspondant à un risque de corrosion élevé, on peut constater que le taux de rupture des tuyaux en fonte grise dans un sol présentant une corrosion élevée est plus de 20 fois supérieur à celui des mêmes tuyaux dans un sol présentant une corrosion faible. De même, les tuyaux en fonte ductile ont un taux de rupture 10 fois plus élevé dans les sols très corrosifs que dans les sols faiblement corrosifs. L'analyse des résultats de l'enquête pour les autres matériaux de tuyaux a produit des taux de corrélations très faibles entre les taux de rupture et les indices de corrosion.

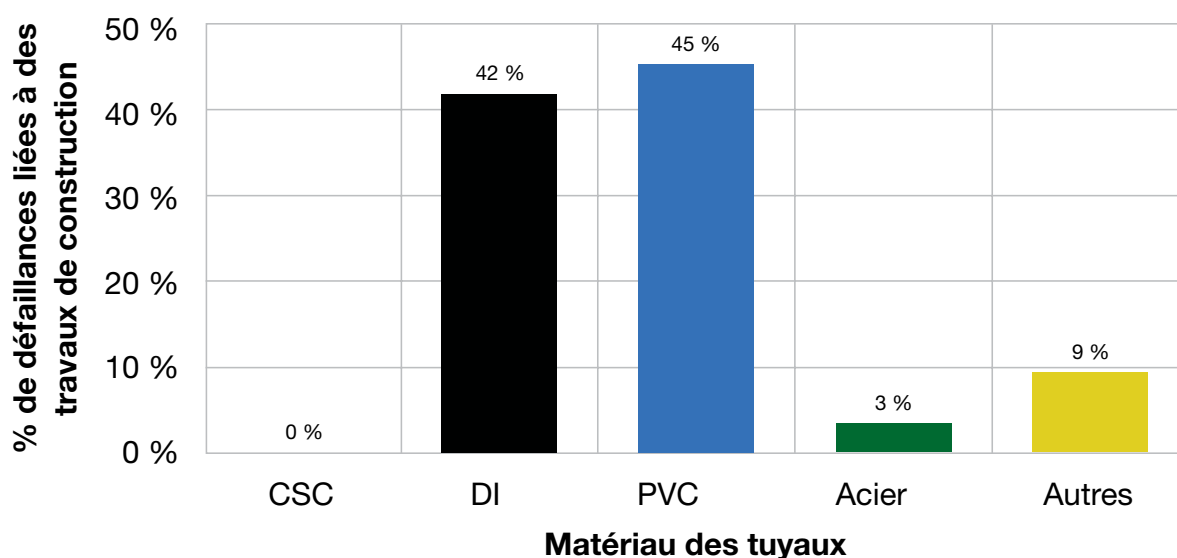
**FIGURE 35 : TAUX DE RUPTURE DES TUYAUX EN FONTE DUCTILE EN FONCTION DE L'INDICE DE CORROSION**



## 7.0 Défaillances liées aux travaux de construction

L'enquête détaillée a demandé aux participants de rapporter les défaillances liées à des activités de construction. La Figure 36 montre le pourcentage de défaillances liées à des travaux de construction par type de matériaux de tuyaux. Les tuyaux en fonte ductile et les tuyaux en PVC représentent la majorité des défaillances liées à des travaux de construction, avec une fréquence comparable. La Figure 14 montre que la fonte ductile et le PVC sont les deux matériaux de tuyaux qui sont les plus fréquemment utilisés de nos jours pour les conduites d'eau neuves. Cela souligne la nécessité d'améliorer les pratiques de construction d'infrastructures souterraines en termes d'installation, de localisation et d'inspection.

**FIGURE 36 : POURCENTAGE DU NOMBRE TOTAL DE DÉFAILLANCES LIÉES À DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION À PARTIR DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE DÉTAILLÉE**



## 8.0 Méthodes d'évaluation de l'état

L'enquête détaillée a demandé aux services publics s'ils utilisaient des méthodes d'évaluation de l'état pour surveiller l'état de leurs conduites de distribution d'eau. 45 % des participants ont déclaré qu'ils utilisent un processus d'évaluation de l'état, mais qu'ils limitent normalement cet effort aux conduites de grand diamètre de leurs réseaux de transmission. Un grand pourcentage de ces services publics ont rapporté utiliser une évaluation visuelle avec des dispositifs électromagnétiques, acoustiques, de prise d'échantillon et autres.



## 9.0 Pertes d'eau dues aux fuites

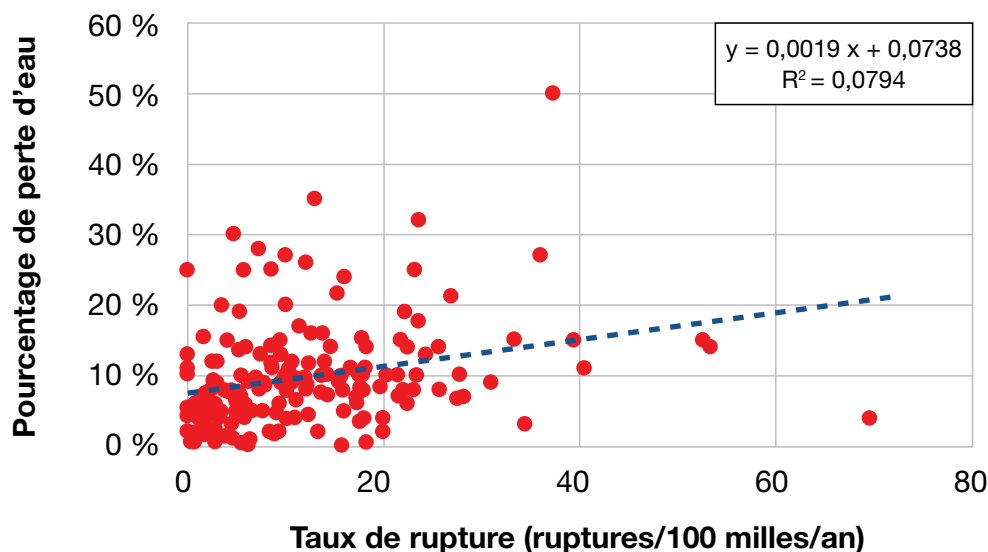
Les pertes d'eau dues aux fuites atteignent des niveaux critiques, avec dans certains cas 20 à 30 % de l'eau fuyant des réseaux de distribution d'eau (New Jersey 101.5, 2017). L'enquête de base a demandé aux participants quel pourcentage du volume d'eau entrant dans le système de distribution d'eau est en fin de compte perdu (à cause de fuites). Au total, 201 services publics ont été en mesure de fournir une estimation de leurs pertes d'eau. Selon l'enquête de base, les pertes d'eau moyennes dues aux fuites étaient de 10 %, avec un écart type de 7,7 %. Il est reconnu qu'il existe plusieurs façons d'exprimer et de comptabiliser les pertes d'eau (voir Taylor, 2008). Les pertes d'eau peuvent résulter de la consommation autorisée mais non facturée (comme le rinçage de conduites maîtresses et la lutte contre les incendies), de la consommation non autorisée et des pertes dues aux fuites. Le terme eau non génératrice de revenu englobe l'ensemble de ces pertes. Il n'était pas attendu que la plupart des participants disposent d'un rapport d'audit détaillé récent identifiant la quantité d'eau perdue attribuable uniquement aux fuites. Ainsi, la valeur de 10 % inclut vraisemblablement des pertes autorisées. Par exemple, une étude récente des services publics de l'État de l'Indiana, qui avait un taux de participation de 100 %, a montré que l'eau non génératrice de revenu représentait en moyenne 19 à 24 % de l'eau potable fournie. L'étude a également noté qu'un grand nombre de conduites de distribution d'eau de l'état étaient proches de leur fin de vie utile (Indiana Finance Authority, 2017). Des rapports d'audit plus précis concernant l'utilisation de l'eau seraient bénéfiques pour comprendre les pertes d'eau et leur cause.

L'idée a été avancée qu'il pourrait exister une corrélation entre les taux de rupture de conduites d'eau et les pertes d'eau. La Figure 37 montre les taux de rupture globaux individuels (défaillances/100 milles/an) en fonction du taux

de perte rapporté par les services publics. Une régression linéaire des données produit l'équation indiquée sur la figure, illustrée par la ligne pointillée sur la Figure 37. Ce graphique ne tient pas compte de quelques petits services publics avec des taux de défaillance supérieurs à 100, qui fausseraient considérablement l'équation. Les données sont très dispersées et le coefficient de corrélation est très faible, indiquant qu'il n'existe pratiquement pas de corrélation. Cependant, il est possible d'inférer une tendance à des valeurs de fuite plus élevées avec l'augmentation des taux de rupture. Une meilleure corrélation pourrait être obtenue si des valeurs de fuite plus précises étaient utilisées.

Des fuites peuvent se produire lorsque des conduites sont endommagées par des tiers ou par la corrosion des tuyaux, ainsi que par des joints dans le système de distribution. Il existe deux façons pour les services publics de distribution de l'eau d'évaluer les fuites. Une façon consiste à réaliser un audit de l'eau à l'échelle du système de distribution complet, afin d'estimer la consommation d'eau et les pertes d'eau. Le processus permet aux services publics de distribution d'eau d'élaborer des indicateurs de rendement, afin d'évaluer leurs pertes d'eau, de se comparer avec d'autres services publics de distribution d'eau et de définir des paramètres de rendement. Une autre façon dont les services publics de distribution d'eau peuvent évaluer leurs fuites, constitue à effectuer des examens approfondis des fuites dans l'ensemble ou une partie de leur réseau d'alimentation en eau, en utilisant des technologies pour trouver les fuites. Certaines de ces technologies peuvent suivre le son d'une fuite, ce qui permet au service public d'identifier le point exact de la fuite et d'effectuer les réparations nécessaires. Il existe également de plus en plus de « technologies intelligentes » diverses, généralement liées aux « nouveaux compteurs intelligents », qui peuvent aussi aider à identifier les fuites (WaterRF, 2013).

**FIGURE 37 : POURCENTAGE DE PERTES D'EAU EN FONCTION DES TAUX DE RUPTURE**



# 10.0 Plans pour le remplacement de conduites d'eau

L'enquête détaillée a également posé aux participants des questions au sujet de la durée de vie prévue des tuyaux et sur leur remplacement. Les réponses sont résumées dans le Tableau 8. L'âge typique des conduites d'eau défectueuses était en moyenne de 50 ans (contre 47 ans en 2012), ce qui est bien en dessous de ce que la plupart des fabricants avaient prévu. La durée de vie moyenne des tuyaux nouvellement installés est de 84 ans (contre 79 ans en 2012). Compte tenu de la nature quantitative de ces questions, l'âge typique d'une conduite d'eau défectueuse et la durée de vie moyenne des conduites n'ont pas beaucoup changé au cours des 6 dernières années. L'enquête de base a demandé aux services publics s'ils avaient un programme de remplacement de leurs conduites et 77 % ont répondu par l'affirmative. Cependant, l'étude détaillée a demandé aux services publics s'ils avaient un programme de remplacement des conduites et seulement 58 % des participants ont déclaré qu'ils en avaient un. Parmi ces participants, la quantité moyenne de tuyaux remplacée chaque année représente 0,8 % de la longueur totale de conduites en service. Il a été demandé aux participants quel était le pourcentage de leurs conduites de distribution d'eau qui avaient dépassé leur durée de vie utile, mais qui n'étaient pas remplacées, faute de budget. La réponse moyenne a été que 16 % des conduites d'eau en service ont dépassé leur durée de vie utile. La même question avait été posée dans l'enquête de 2012 et la réponse avait été

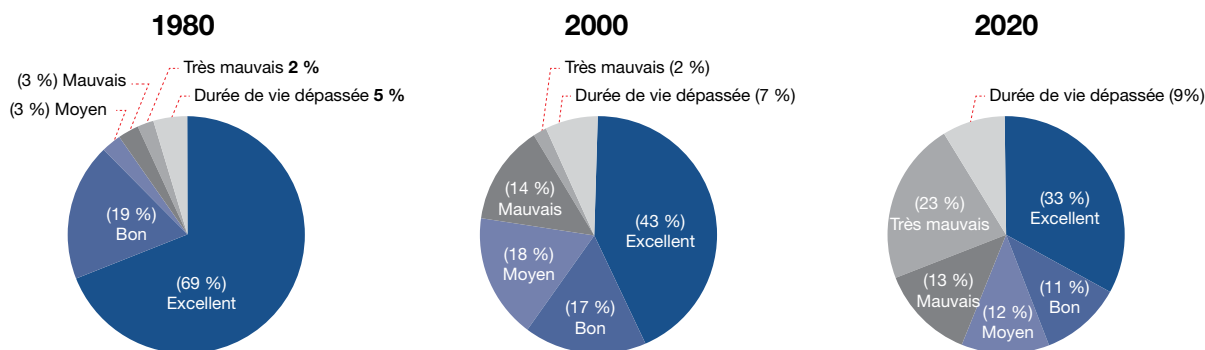
de 8,4 %. Cela indique que la quantité de conduites d'eau ayant besoin d'être remplacées est en hausse.

Il est intéressant de comparer ces résultats avec une étude réalisée par l'EPA (EPA, 2002). Le rapport avait classé l'état des conduites de distribution d'eau en 6 catégories : « Excellent », « Bon », « Moyen », « Mauvais », « Très mauvais » et « Durée de vie dépassée ». L'étude a examiné les données relatives aux années 1980 et 2000 et a fourni des prévisions pour 2020. La Figure 38 ci-dessous est reproduite à partir du rapport de l'EPA. Elle estime que 9 % des conduites de distribution d'eau seraient classées dans la catégorie d'état « Durée de vie dépassée » et 23 % dans la catégorie « Très mauvais » d'ici 2020. Il est à noter la croissance prévue de la catégorie d'état « Très mauvais » au cours de cette période, comme le montre la Figure 38. Ces prévisions sont cohérentes avec les résultats de la présente enquête. Étant donné le taux de croissance rapide des tuyaux entrant dans la catégorie d'état « Très mauvais », il sera très difficile pour les services publics de suivre le rythme et de les remplacer avant qu'ils n'atteignent leur fin de vie prévue ou qu'ils n'entrent dans la catégorie d'état « Durée de vie dépassée ». Une étude de l'AWWA (AWWA, 2012) fait écho à cette tendance, comme le montre le Tableau 9. Le Tableau 9 montre les coûts globaux couvrant à la fois le remplacement et l'expansion des conduites de distribution d'eau aux États-Unis.

**TABLEAU 8 : QUESTIONS SUR LE REMPLACEMENT DES CONDUITES D'EAU DÉFAILLANTES**

| Questions   | Moyenne ou réponse |
|---|--------------------|
| Âge typique des conduites d'eau défectueuses  | 50 ans             |
| Durée de vie prévue des nouvelles conduites d'eau   | 84 ans             |
| Pourcentage prévoyant le remplacement de conduites d'eau  | 77 %               |
| Pourcentage remplaçant régulièrement des conduites d'eau  | 58 %               |
| Pourcentage de la longueur totale de conduites d'eau remplacées par an  | 0,8 %              |
| Pourcentage des conduites d'eau ayant dépassé leur durée de vie utile, mais qui n'ont pas été remplacées, faute de budget | 16 %               |

**FIGURE 38 : ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES TUYAUX AVEC LE TEMPS (ÉTUDE DE L'EPA, 2002)**



**TABLEAU 9 : BESOINS GLOBAUX D'INVESTISSEMENT DANS LES CONDUITES DE DISTRIBUTION D'EAU D'ICI 2035 ET 2050 PAR RÉGION DES ÉTATS-UNIS (AWWA, 2012) \***

| Région   | Total de 2011 à 2035 |            |              | Total de 2011 à 2050 |            |              |
|----------|----------------------|------------|--------------|----------------------|------------|--------------|
|          | Remplacement         | Expansion  | Total        | Remplacement         | Expansion  | Total        |
| Nord-Est | 92 218 \$            | 16 525 \$  | 108 744 \$   | 155 101 \$           | 23 200 \$  | 178 301 \$   |
| Midwest  | 146 997 \$           | 25 222 \$  | 172 219 \$   | 242 487 \$           | 36 755 \$  | 279 242 \$   |
| Sud      | 204 357 \$           | 302 782 \$ | 507 139 \$   | 394 219 \$           | 492 493 \$ | 886 712 \$   |
| Ouest    | 82 866 \$            | 153 756 \$ | 236 622 \$   | 159 476 \$           | 249 794 \$ | 409 270 \$   |
| Total    | 526 438 \$           | 498 285 \$ | 1 024 724 \$ | 951 283 \$           | 802 242 \$ | 1 753 525 \$ |

\* (2010, en millions \$)

Le Tableau 9 donne une estimation de l'investissement en tuyaux (en millions de dollars) qui est nécessaire dans chaque région selon un rapport de l'AWWA (AWWA, 2012). Les investissements sont nécessaires dans deux domaines : le remplacement (où les utilisateurs actuels doivent payer pour le remplacement des tuyaux à la fin de leur vie utile) et l'expansion (où l'expansion du système est nécessaire en raison de la croissance de la population). Ces deux aspects affectent chaque région différemment. Au cours des 40 prochaines années, d'ici 2050, ces besoins dépasseront 1,7 billion de dollars. Au niveau national, les besoins liés au remplacement représenteront environ 54 % du total, tandis que les autres 46 % seront liés à la croissance de la population et aux migrations.

Les besoins d'investissement dans les conduites d'eau en Amérique impactent les diverses régions de manière

différente. Le Sud et l'Ouest devront faire face à de grands défis en matière d'investissement, mais ces défis seront financés par la croissance, contrairement au Nord-Est et à d'autres parties du pays, subissant un déclin de la population ou une croissance modeste, ce qui signifie qu'il sera difficile pour ces régions de payer pour les mises à niveau nécessaires (AWWA, 2012).

Le rapport de la Conférence des maires des États-Unis de 2013 intitulé « Municipal Procurement: Procurement Process Improvements Yield Cost-Effective Public Benefits » (Processus d'approvisionnement des municipalités : l'amélioration des processus d'approvisionnement produit des avantages économiques pour le public), fournit des conseils d'expert sur l'élaboration d'une analyse de rentabilisation pour la sélection des matériaux de tuyaux lors de l'évaluation des stratégies de remplacement des conduites d'eau. Le rapport indique :

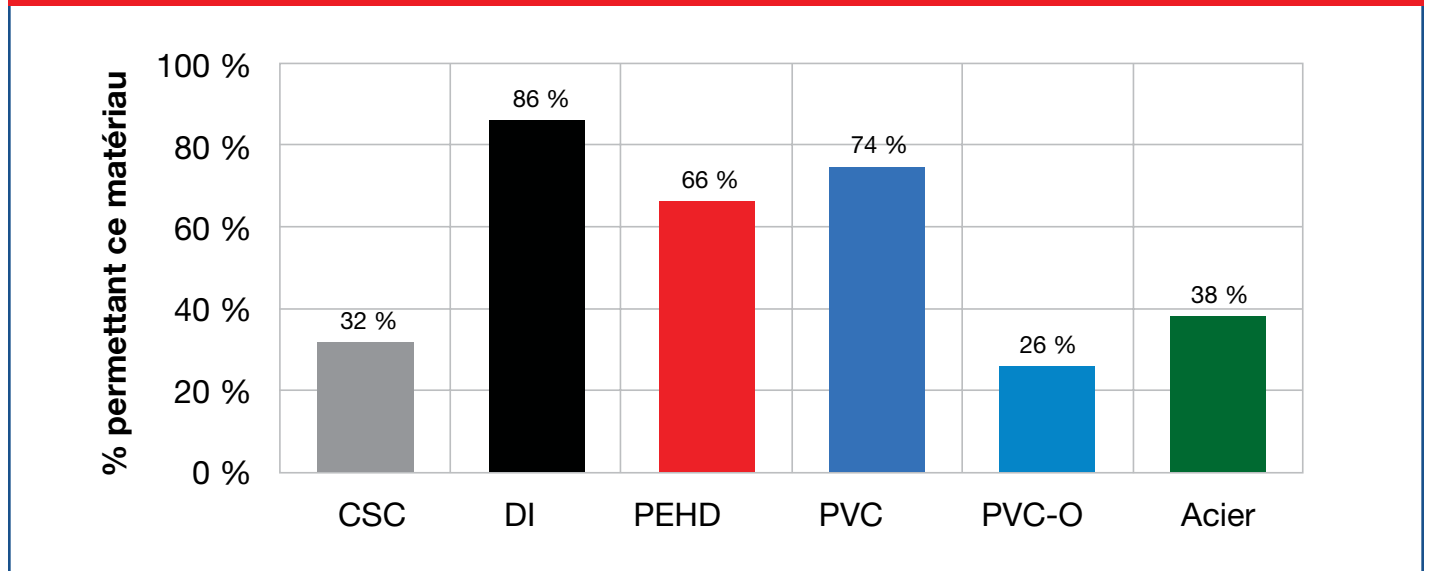
« L'approche classique de la prise de décision concernant le remplacement de conduites d'eau a été de simplement remplacer les tuyaux avec des produits sensiblement les mêmes, basés sur les recommandations du fabricant, indépendamment du coût. En fait, cette idéologie et tradition en matière de remplacement est encore fortement imprimée dans la façon de penser des ingénieurs, même celle des nouvelles générations. Aux États-Unis, il y a un siècle, les collectivités utilisaient des tuyaux en fonte grise épais qui présentent maintenant des défaillances fréquentes. La plupart de ces tuyaux présentent des défaillances pour une simple raison de base : la corrosion. Ne pas reconnaître ce problème systémique de performance avec les tuyaux métalliques a laissé les pratiques d'approvisionnement traditionnelles prendre des décisions d'approvisionnement sous-optimales concernant les matériaux de tuyaux... »

« Une étape importante dans la gestion efficace des infrastructures de distribution d'eau est de créer un processus d'approvisionnement et de sélection ouvert, qui permet de prendre en considération tous les matériaux appropriés et d'effectuer des comparaisons précises et justes. Toute amélioration dans ce domaine peut représenter des économies importantes pour les contribuables, étant donné le coût toujours élevé du remplacement des infrastructures souterraines. L'accoutumance de l'approvisionnement envers la sélection des matériaux, combinée à un refus de tirer parti des processus d'appel d'offres ouverts, ne permet pas de réaliser les économies de coûts offerts par les processus concurrentiels. Les processus d'approvisionnement fermés mènent à des coûts inutiles et peuvent diminuer la confiance du public dans la capacité du gouvernement local à fournir des services efficaces. »

Source : Conférence des maires des États-Unis de 2013

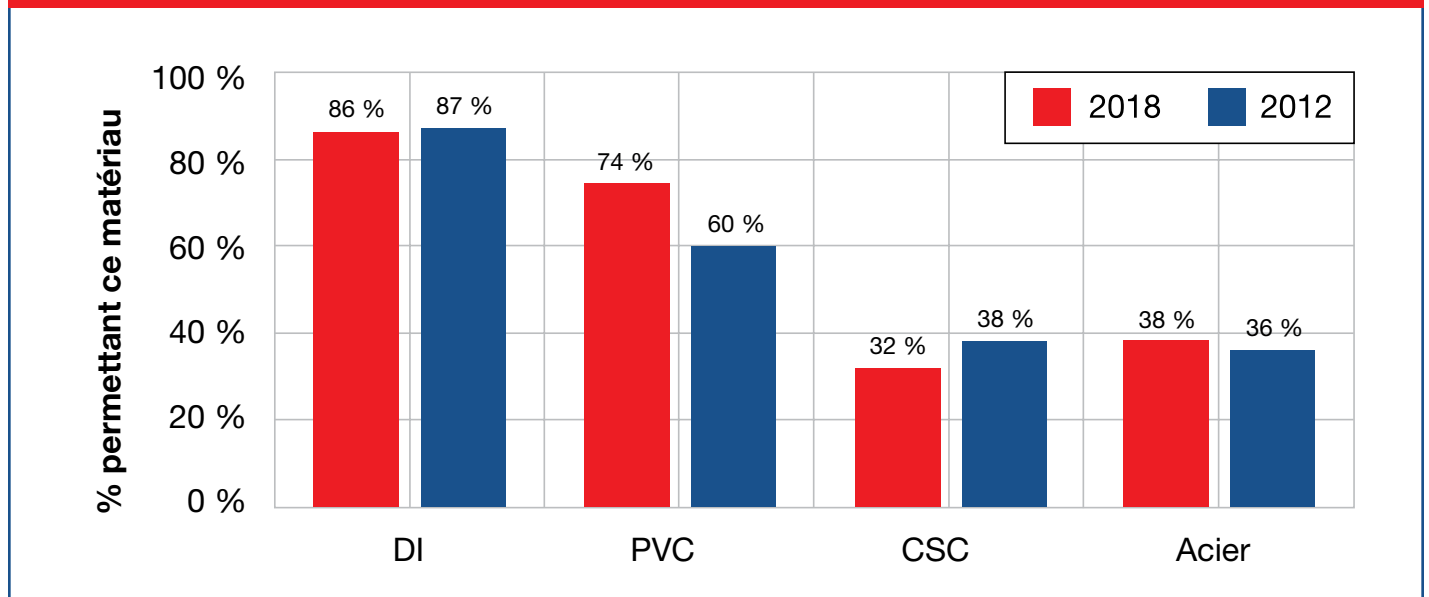
# 11.0 Matériaux de tuyaux approuvés

**FIGURE 39 : MATÉRIAUX DE CONDUITES D'EAU AUTORISÉS PAR LES PARTICIPANTS**



L'enquête détaillée a également demandé aux participants quels matériaux de tuyaux étaient actuellement approuvés par leur service public de distribution d'eau. La Figure 39 montre le pourcentage de participants qui permettent l'installation d'un type particulier de matériau de tuyaux. Son usage étant approuvé dans 66 % des systèmes de distribution d'eau, le PEHD jouit d'un niveau d'acceptation élevé pour les applications sans tranchées (techniques d'éclatement et de forage directionnel), tandis que pour les installations avec tranchée à ciel ouvert, les tuyaux en PVC et en fonte ductile sont les principaux matériaux acceptés (voir Tableau 10). La Figure 40 compare les matériaux de tuyaux approuvés par les services publics lors de l'enquête de 2018 avec les données obtenues lors l'enquête de 2012. La Figure 40 montre une augmentation de 23 % depuis 2012 de l'acceptation du PVC pour les tuyaux de conduites par les services publics de distribution d'eau d'Amérique du Nord. Plus précisément, en 2012, 60 % des services publics de distribution d'eau ayant répondu à l'enquête approuvaient l'utilisation de tuyaux en PVC. En 2018, ce chiffre est passé à 74 %. Le nombre de services de distribution d'eau approuvant l'utilisation de la fonte ductile, l'acier et l'acier enrobé de béton dans les systèmes de distribution d'eau demeure essentiellement inchangé.

**FIGURE 40 : COMPARAISON DES MATÉRIAUX DE TUYAUX APPROUVÉS AVEC L'ENQUÊTE DE 2012**



# 12.0 Préférences pour l'installation de tuyaux

L'enquête détaillée a demandé aux participants quelle était leur expérience avec trois techniques utilisées pour les réparations, le remplacement et l'installation de conduites d'eau. Plus précisément, les techniques visées par les questions étaient le regarnissage des tuyaux détériorés, le remplacement de tuyaux à l'aide d'une technique d'éclatement et l'installation de nouveaux tuyaux en utilisant une technique de forage directionnel. Le Tableau 10 résume leurs réponses. L'échelle de satisfaction dans le Tableau 10 va de 1 à 5, avec 1 correspondant à « Pas satisfait » à 5 « Très satisfait ». De nombreux participants ont déjà utilisé une technique d'éclatement, mais un nombre croissant s'intéressent au regarnissage des tuyaux et aux techniques d'éclatement. Une majorité de participants ont déjà utilisé le forage directionnel et ont été très satisfaits par les résultats, mais ils l'ont généralement utilisé seulement lorsqu'un remplacement avec une tranchée à ciel ouvert aurait posé un problème. Les remplacements avec une tranchée à ciel ouvert demeurent la méthode la plus couramment utilisée pour le remplacement de tuyaux.



**TABLEAU 10 : QUESTIONS SUR LE REMPLACEMENT DES CONDUITES D'EAU DÉFAILLANTES**

|  | Regarnissage de tuyaux  | Technique d'éclatement  | Forage directionnel  | Tranchée à ciel ouvert          |
|--|---|---|--|---------------------------------|
| % de participants qui ont utilisé cette technique            | 35 %  | 10 %  | 62 %   | 100 %                           |
| Matériaux utilisés le plus couramment                        | PEHD, CIPP, revêtement intérieur en mortier de ciment, époxy  | PVC, PEHD, DI   | PEHD, PVC, DI  | PVC, DI, CSC, acier             |
| Échelle de satisfaction (entre 1 et 5)                       | 3,8   | 3,8   | 4,4  | 4,7                             |
| % de participants qui utiliseront cette technique à l'avenir | 58 %  | 44 %  | 93 %   | 100 %                           |
| Commentaires   | Coût élevé, utilisé lorsqu'une tranchée à ciel ouvert n'est pas possible, seulement pour les tuyaux de grand diamètre, beaucoup d'utilisateurs ne sont pas satisfaits par cette technique | Coût élevé, utile dans certains cas, excavation nécessaire pour les branchements latéraux | Particulièrement efficace pour la traversée de cours d'eau et de rues, plus cher | Méthode d'installation standard |



# 13.0 Gestion des infrastructures de distribution d'eau

La gestion des infrastructures de distribution d'eau est une approche qui peut aider les services publics à se familiariser avec les concepts, les outils et les techniques permettant de gérer leurs infrastructures d'eau à un niveau de service acceptable au coût du cycle de vie le plus bas. Des pratiques de gestion des infrastructures de distribution d'eau appliquées aux infrastructures souterraines aident les services publics à comprendre les délais et les coûts associés aux activités de remplacement. Les connaissances obtenues de ces efforts contribuent également à l'élaboration de mesures efficaces de sélection des matériaux de tuyaux avec une analyse financière comparative appelée « détermination des coûts du cycle de vie » dans le cadre de stratégies de remplacement et de planification budgétaire. Comprendre la longévité d'un tuyau améliore la capacité de la direction à prendre de meilleures décisions concernant les investissements dans l'infrastructure, avec pour conséquence une amélioration de l'accessibilité pour les clients.

Traditionnellement, il y a eu un manque d'analyse combinant les performances et le coût des conduites souterraines. Les pratiques actuelles ont tendance à ne pas tenir compte de l'effet des conditions environnementales sur les différents matériaux de tuyaux. Pourtant, tous les ingénieurs comprennent comment la complexité de l'infrastructure souterraine a augmenté avec l'éventail des choix disponibles. La capacité de changer les vieilles habitudes et d'envisager de nouveaux matériaux nécessite des analyses supplémentaires, et de meilleures pratiques de conception et d'installation. Ce renforcement de l'analyse de la conception des conduites d'eau, de la sélection et de l'installation détermine la durée et les coûts sur l'ensemble du cycle de vie, influant de manière cruciale l'accessibilité pour les services publics de distribution d'eau et la durabilité pour les 100 à 200 ans à venir.

De nombreuses études ont été réalisées sur les taux de défaillance des conduites d'eau aux États-Unis, au Canada, en Australie et en Europe au cours des trente dernières années. Ces études se sont généralement contentées de comparer le nombre de ruptures de tuyaux par le grand type de tuyau et par longueur de tuyaux en service. Tandis que ces études ont été très utiles à l'industrie de l'eau, un nouveau facteur s'est avéré essentiel, à savoir la nécessité de prendre en considération la réduction des coûts de réparation et de remplacement et l'amélioration de l'accessibilité dans les décisions liées à des conduites souterraines. Ce nouveau niveau de responsabilité financière et la demande d'une gestion plus transparente des services publics envers leurs propriétaires et les parties

prenantes a accru le besoin de preuves supplémentaires pour démontrer l'amélioration de la prise de décisions. Les rapports de fouilles et les études de performances et de longévité de conduites de distribution d'eau constituent les éléments de preuve supplémentaires, nécessaires pour corroborer les enquêtes et les études sur les ruptures de conduites d'eau. La formule pratique simple d'un référentiel des coûts du cycle de vie est en substance qu'« un tuyau qui a une longue durée de vie et un coût faible est le plus abordable ». Les ingénieurs se doivent d'analyser toutes les alternatives qui peuvent répondre aux simples questions de longévité et de coût à chaque point de décision concernant un approvisionnement en eau par réseau souterrain. Une question clé dans le référentiel des coûts du cycle de vie est celle de la durée de vie prévue des tuyaux.

Disposer d'estimations précises sur la durée de vie des tuyaux et les performances du cycle de vie est essentiel à la gestion efficace d'infrastructures souterraines de distribution d'eau. La présente étude fournit des données précises sur les ruptures de conduites d'eau, utilisables pour améliorer l'analyse des coûts du cycle de vie de conduites d'eau. Les taux de rupture de conduites d'eau présentés sont fondés sur des données quantitatives qui peuvent aider à évaluer avec précision la durabilité, les performances et la longévité des réseaux de conduites de distribution d'eau. Les taux de rupture de conduites d'eau constituent un indicateur quantitatif crucial pour la prise de décisions utilisé dans la gestion des infrastructures de distribution d'eau, pour les réparations et la planification des remplacements. Cependant, certaines données fournies dans la présente étude, telles que l'âge moyen des conduites d'eau défaillantes et la durée de vie moyenne des conduites, sont de nature qualitative, c.-à-d. subjective, car elles sont basées sur une perception plutôt que sur des données quantitatives telles que les taux de rupture. Bien que ces données puissent être utiles pour les services publics, elles n'offrent pas la précision nécessaire. Un problème similaire existe avec le rapport *Buried No Longer* (Elles ne sont plus enterrées) de l'AAWWA daté de 2012, car il présente des estimations durées de vie utile pour différents matériaux utilisés dans la fabrication de tuyaux d'eau en se fondant sur un mélange de données qui inclue aussi bien des perceptions de durée de vie utile que des données quantitatives. Par conséquent, ce rapport n'a qu'une valeur limitée pour la comparaison de matériaux de tuyaux, la gestion des infrastructures et la planification des remplacements, les projections de coûts du cycle de vie et les estimations de la durée de vie utile des tuyaux.

**Il existe une grande quantité d'informations sur l'importance de la gestion des infrastructures, en particulier en ce qui concerne les réseaux de distribution d'eau. Le lecteur est invité à se reporter aux documents d'excellente qualité suivants :**

- ▶ *Asset Management for Water and Wastewater Utilities* <https://www.epa.gov/sustainable-water-infrastructure/asset-management-water-and-wastewater-utilities>
- ▶ *What is Asset Management?* [https://www.michigan.gov/documents/deq/deq-ess-mfs-formsguidance-DWassetmngmntguide\\_426744\\_7.pdf](https://www.michigan.gov/documents/deq/deq-ess-mfs-formsguidance-DWassetmngmntguide_426744_7.pdf)
- ▶ *Life Cycle Assessment of PVC Water and Sewer Pipe and Comparative Sustainability Analysis of Pipe Materials* <http://www.sustainablesolutionscorporation.com/paper-unibell.html>



### 13.1. Analyse des coûts du cycle de vie et analyse du cycle de vie

Selon le Dr Sunil Sinha, professeur d'ingénierie civile et environnementale, et directeur du Centre des infrastructures de distribution d'eau durable (SWIM) de l'université de Virginia Tech, « afin de répondre aux grands défis du XXI<sup>e</sup> siècle, un nouveau paradigme pour la planification, la conception, la construction et la gestion des infrastructures de distribution d'eau est nécessaire, qui tient compte des objectifs contradictoires de divers milieux économiques et environnementaux, et des intérêts de la société ». (Sinha, 2018) Le nouveau paradigme doit inclure l'analyse des coûts du cycle de vie (ACCV). L'ACCV permet de justifier le processus de sélection d'un système particulier, d'un produit particulier ou d'une activité particulière, en se basant sur le coût total du cycle de vie plutôt que sur les seuls coûts de conception initiale et d'installation. Il permet un processus de sélection transparent. L'analyse des coûts du cycle de vie permet d'identifier des périodes à coût élevé au cours du cycle de vie de l'actif et aide à minimiser les coûts. L'attribution des coûts à chaque phase du cycle de vie d'un actif et la compréhension de la totalité des coûts de prestation de services sont importantes pour déterminer les coûts de différents niveaux de service, l'entretien, la prise de décisions de renouvellement et la tarification. Par exemple, dans un modèle utilisant des données sur les coûts des services d'eau, il a été déterminé que le PVC présentait le

coût total d'exploitation le plus faible, parce que chaque élément de coût (coût initial des tuyaux, coût d'installation, coût d'évaluation de l'état, coût de réparation des tuyaux, coût de réadaptation, coût de remplacement, coûts indirects et récurrents, coût d'élimination) pour les tuyaux en PVC était inférieur à l'élément de coût correspondant pour les tuyaux en fonte ductile (Khurana, 2017).

L'analyse du cycle de vie (ACV) est un outil utilisé pour mesurer les incidences environnementales de divers produits ou systèmes au cours de leur cycle de vie. En mesurant les incidences environnementales tout au long du cycle de vie, l'analyse du cycle de vie fournit une image complète quant à la durabilité et aide à fournir de véritables compromis concernant l'environnement lors de la sélection de produits. Par exemple, dans une étude de 2017 à la suite d'un référentiel de l'ISO, il a été déterminé que le PVC présentait une empreinte carbone plus faible que la fonte ductile (Sustainable Solutions, 2017).

L'analyse des coûts du cycle de vie (ACCV) fournit une justification du point de vue économique, permettant de prendre de meilleures décisions d'investissement, tandis que l'analyse du cycle de vie (ACV) fournit une justification du point de vue durabilité. Il est important d'intégrer l'analyse des coûts du cycle de vie et l'analyse du cycle de vie, afin de fournir une image globale au responsable des prises de décisions.

## 14.0 Conclusion

Le présent rapport de 2018 sur les ruptures de conduites d'eau est très complet. Il a recueilli des données auprès d'un nombre statistiquement significatif de services publics, y compris des données sur leurs infrastructures souterraines. L'étude était axée sur les matériaux utilisés dans les conduites d'eau à travers les États-Unis et le Canada. 281 participants ont répondu à une enquête de base et 98 participants ont répondu à une enquête détaillée. Le but principal était d'obtenir des valeurs moyennes concernant les taux de rupture de conduites d'eau en Amérique du Nord. Les résultats ont été présentés à la Figure 20 et repris à la Figure 41. Le PVC présente le taux de rupture le plus faible parmi tous les matériaux de tuyaux considérés. Un taux de rupture plus faible signifie des coûts d'exploitation moindre et une plus grande longévité. Comparés aux résultats de l'enquête de 2012, les taux de rupture des tuyaux en amiante-ciment et des tuyaux en fonte ont considérablement augmenté, ce qui devrait être cause de préoccupations pour les responsables de décisions budgétaires et de services publics.

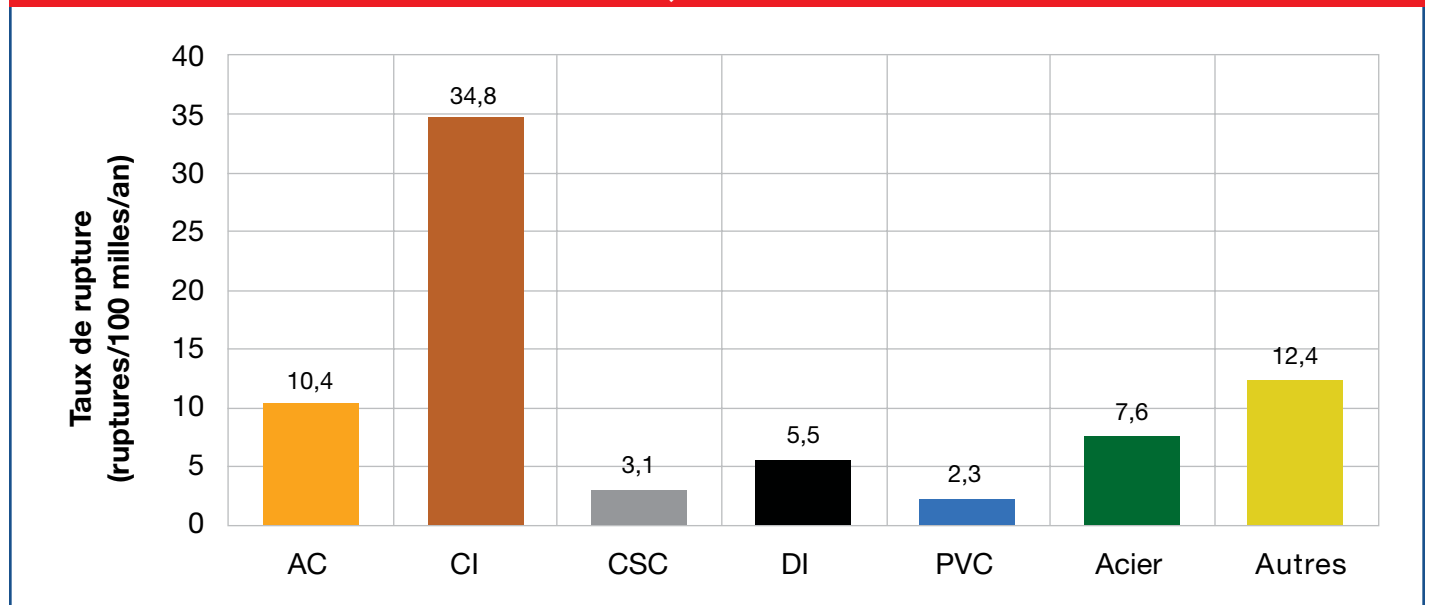
Cette étude devrait être utile aux gestionnaires de services publics qui peuvent comparer leur expérience avec les résultats de l'enquête et ainsi prendre de meilleures décisions concernant des changements possibles dans leur gestion d'infrastructures d'eau et leurs pratiques d'approvisionnement en eau. Une meilleure compréhension des risques et des enjeux entourant la performance de leurs infrastructures de distribution d'eau souterraine permettra aux services publics d'être mieux en mesure de gérer leurs réseaux de distribution d'eau et d'optimiser leur rapport coût-efficacité et leur durabilité.

## 14.1. Résultats importants de cette étude

Les faits saillants du présent rapport sur les ruptures de conduites d'eau comprennent également :

- ▶ Données sur les taux de défaillance de tuyaux pour sept matériaux couramment utilisés pour les conduites d'eau
- ▶ Taux de rupture des tuyaux en fonction de la taille des services publics d'eau
- ▶ Données sur la distribution des défaillances de tuyaux en fonction de l'âge pour chaque matériau
- ▶ Données sur la distribution des modes de défaillance pour chaque matériau
- ▶ Analyse de l'impact de la corrosivité des sols sur les taux de rupture
- ▶ Calcul d'une valeur de l'indice de corrosion national pour les services publics d'eau
- ▶ Valeur révisée du nombre de personnes approvisionnées par km (mille) de conduite d'eau en service
- ▶ Demande quotidienne en eau moyenne et maximale en fonction de la population
- ▶ Matériaux actuellement utilisés pour les tuyaux de conduites d'eau avec une ventilation par région
- ▶ Distribution de l'âge et du diamètre des conduites d'eau
- ▶ Données sur les pressions d'alimentation en eau moyenne et maximale
- ▶ Âge et mode des défaillances les plus courantes
- ▶ Pourcentage de services publics d'eau qui permettent l'installation de certains matériaux de tuyaux
- ▶ Données sur les taux de remplacement de conduites d'eau et sur l'évaluation de l'état
- ▶ Pertes d'eau moyennes et corrélation avec les taux de rupture
- ▶ Préférences concernant les méthodes de remplacement de tuyaux

**FIGURE 41 : TAUX DE RUPTURE EN FONCTION DU MATÉRIAU DES TUYAUX DÉRIVÉS DES RÉPONSES À L'ENQUÊTE DE BASE**



## 14.2. Remerciements

Ce travail a été réalisé avec le soutien de l'Uni-Bell PVC Pipe Association et de la Water Finance Research Foundation. L'Université d'État de l'Utah tient à remercier les plus de 300 services publics de l'eau qui ont participé à cette enquête.

# 15.0 Références

- ASCE, “2009 Infrastructure Report Card”, disponible sur le site : [https://www.infrastructurereportcard.org/2009/sites/default/files/RC2009\\_drinkwater.pdf](https://www.infrastructurereportcard.org/2009/sites/default/files/RC2009_drinkwater.pdf), dernière visite le 28/2/2018.
- ASCE, “2017 Infrastructure Report Card”, disponible sur le site : <http://www.asce.org/reportcard/>, dernière visite le 28/2/2018.
- ASCE, “Grand Challenge”, disponible sur le site : <http://www.asce.org/grand-challenge/>, dernière visite le 28/2/2018.
- AWWA Partnership for Safe Water, “Distribution System Optimization Program (Overview),” AWWA, 2011.
- AWWA, “2017 State of the Water Industry Report,” AWWA, 2017, disponible sur le site : <https://www.awwa.org/publications/opflow/abstract/articleid/65762696.aspx>, dernière visite le 28/2/2018.
- AWWA, “Buried No Longer: Confronting America’s Water Infrastructure Challenge,” Denver, CO, 2012.
- AWWA, “Dawn of the Replacement Era: Reinvesting in Drinking Water Infrastructure,” AWWA, Denver, CO, 2001.
- Burn, S. et. al., “Long-Term Performance Prediction for PVC Pipes,” AWWARF Report 91092F, May 2006.
- CDC, “Drinking Water,” <https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/index.html>, dernière visite le 28/2/2018.
- Copeland, B., Weinle, J., and Calder, B., “Evaluation of Water Main Replacement Program Helps Greater Cincinnati Water Works Achieve Asset Management Goals,” 2015, disponible sur le site : <https://c.ymcdn.com/sites/oawwa.org/resource/collection/C5F0B813-925C-4E91-865A-D564B5814256/2015%20Spring%20Newsletter.pdf>, dernière visite le 28/2/2018.
- Deb, A. K., Grablutz, F. M., Hasit, Y. J., Snyder, J. K., Loganathan, G. V., and Agbenowisi, N., “Prioritizing Water Main Replacement and Rehabilitation,” AWWA Research Foundation, Denver, CO, 2002.
- Eidinger, J., “Replacing Seismically-Weak and Aging Water Pipes,” Proceeding of The 2nd Japan and US Workshop on Seismic Measures for Water Supply, 2001.
- EPA, “The Clean Water and Drinking Water Infrastructure Gap Analysis,” EPA-816-R-02-020, 2002.
- EPA, “Deteriorating Buried Infrastructure Management Challenges and Strategies,” préparé par : American Water Works Service Co., Inc., 2002.
- EPA, “Distribution System Inventory, Integrity and Water Quality,” January 2007, disponible sur le site : <https://pdfs.semanticscholar.org/637e/02c28f3ee45b3c1f138fcbcec97e3bb3e008.pdf>, dernière visite le 28/2/2018.
- EPA, “Condition Assessment of Ferrous Water Transmission and Distribution Systems,” EPA/600/R-09/05, June 2009.
- EPA, “Science Matters: Aging Water Infrastructure,” April 2010, disponible sur le site : <https://www.epa.gov/sciencematters/epa-science-matters-newsletter-volume-1-number-1>, dernière visite le 28/2/2018.
- EPA, “Primer on Condition Curves for Water Mains,” EPA/600/R-13/080, 2013.
- Folkman, S., “Water Main Break Rates In the USA and Canada: A Comprehensive Study April 2012”, disponible sur le site : [http://digitalcommons.usu.edu/mae\\_facpub/171/](http://digitalcommons.usu.edu/mae_facpub/171/), dernière visite le 28/2/2018.
- Folkman, S., “Validation of the Long Life of PVC Pipes,” Proceedings of the 17th Plastic Pipes Conference PPXVII, Chicago, IL, Sep. 22, 2014.
- Grigg, N. S., “Main Break Prediction, Prevention and Control,” AWWA Research Foundation, Denver, CO, 2007.
- Grigg, N. S., and Hess, J., “Collecting Failure Data to Improve Asset Management,” Advances in Water Research, July-September 2017.
- Indiana Finance Authority, “Evaluation of Indiana’s Water Utilities: An analysis of the state’s aging infrastructure,” Nov. 2016, disponible sur le site : <http://www.in.gov/ifa/files/IFA-Evaluation%20of%20Indiana%27s%20Water%20Utilities%20Report-11-18-2016.pdf>, dernière visite le 28/2/2018.

Khurana, K., "A Framework for Holistic Life Cycle Cost Analysis for Drinking Water Pipelines," Master of Science Thesis, Civil Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, 2017.

Kirmeyer, G. J., Richards, W., and Smith, C. D., "An Assessment of Water Distribution Systems and Associated Research Needs," AWWA Research Foundation, Denver, 1994.

Kleiner, Y., and Rajani, B., "Forecasting Variations and Trends in Water-Main Breaks," Journal of Infrastructure Systems, ASCE, 8(4):122-131, 2002.

New Jersey 101.5, "Why NJ Utilities Lose 130 Million Gallons of Drinking Water a Day", disponible sur le site : <http://nj1015.com/why-nj-utilities-lose-130-million-gallons-of-drinking-water-a-day/>, dernière visite le 28/2/2018.

Romer, A. E., Bell G. E. C., Duranceau, S. J., and Foreman, S., "External Corrosion and Corrosion Control of Buried Water Mains," American Water Works Association, Jan. 5, 2005.

Sinha, S., "Virginia Tech leads efforts to develop national water pipeline database", disponible sur le site : <https://vtnews.vt.edu/articles/2018/02/eng-pipedwaterinfrastructuredatabase.html#.WpVTvk2fNO0.email>, dernière visite le 28/2/2018.

Sergeant, D., "PVC Water Distribution Pipe; EPCOR's Continuing Success," Uni-Bell Annual Meeting, Newport Beach, CA, April 2013.

Stone, S. J., Dzuray, E., Meisegeier, D., Dahlborg, A., and Erickson, M., "Decision-Support Tools for Predicting the Performance of Water Distribution and Wastewater Collection Systems," prepared for U.S. EPA National Risk Management Research Laboratory, EPA/600/R-02/029, Edison, NJ, 2002.

Sustainable Solutions Corporation, "Life Cycle Assessment of PVC Water and Sewer Pipe and Comparative Sustainability Analysis of Pipe Materials," 2017, disponible sur le site : <http://www.sustainablesolutionscorporation.com/paper-unibell.html>, dernière visite le 28/2/2018.

Taylor, R., "What is the Infrastructure Leakage Index (ILI) and How Did Waitakere City Council Manage to Achieve and ILI of 1.0?" 3rd International Conference on Sustainability Engineering and Science, 2008, New Zealand, disponible sur le site : <http://www.thesustainabilitysociety.org.nz/conference/2008/papers/Taylor.R.pdf>, dernière visite le 28/2/2018.

US Conference of Mayors, "National City Water Survey 2007," US Mayors Water Council, Washington, DC, 2007.

US Conference of Mayors, "Municipal Procurement: Process Improvements Yield Cost-Effective Public Benefits," US Mayors Water Council, Washington, DC, 2013.

Walton, B., "Infographic: The Age of U.S. Drinking Water Pipes – From Civil War Era to Today," Circle of Blue, 2016, disponible sur le site : <http://www.circleofblue.org/2016/world/infographic-the-age-of-u-s-drinking-water-pipes-from-civil-war-era-to-today/>, dernière visite le 28/2/2018.

Water Infrastructure Network (WIN), 2002, "Water Infrastructure Now; Recommendations for Clean and Safe Water in the 21st Century", disponible sur le site : [https://www.iatp.org/sites/default/files/Water\\_Infrastructure\\_NOW\\_Recommendations\\_for\\_C.htm](https://www.iatp.org/sites/default/files/Water_Infrastructure_NOW_Recommendations_for_C.htm), dernière visite le 28/2/2018.

Water Research Foundation (WaterRF), "Asset Management; Breaks & Leaks," 2017, disponible sur le site : <http://www.waterrf.org/knowledge/asset-management/breaks-leaks/Pages/faqs.aspx>, dernière visite le 28/2/2018.

Water Research Foundation (WaterRF), "Knowledge Portals: Asset Management: Breaks and Leaks: FAQ's," 2017, disponible sur le site : <http://www.waterrf.org/knowledge/asset-management/FactSheets/AssetMgt-BreaksLeaks-FactSheet.pdf>, dernière visite le 28/2/2018.



---

4130 Old Main Hill  
Logan, UT 84322 4130, États-Unis