

Funded in part by:
Financé en partie par :



Réseau
canadien
de l'eau

FEUILLE DE ROUTE VERS LA CARBONEUTRALITÉ DANS LE SECTEUR DE L'EAU AU CANADA

Recherche de base

MARS 2025

Table des matières

Contexte	4
Qu'est-ce que cette feuille de route vers la carboneutralité ?	4
Thème 1 : Stratégie organisationnelle — Direction, gouvernance et élaboration de l'analyse de rentabilisation	4
Thème 2 : Stratégie organisationnelle — Évitement futur des émissions de carbone	6
Thème 3 : Mesure et surveillance — Réaliser un inventaire des GES	6
Thème 4 : Mesure et surveillance — Émissions de GES des catégories 1 et 2	7
Thème 5 : Mesure et surveillance — Émissions fugitives de GES de catégorie 1	8
Thème 6 : Mesure et surveillance — Émissions de GES de catégorie 3	9
Thème 7 : Mesures d'atténuation — Efficacité énergétique	10
Thème 7a : Production et utilisation de biogaz	11
Thème 8 : Mesures d'atténuation — Récupération des ressources	11
Thème 8a : Transfert d'énergie des eaux usées	11
Thème 8b : Gestion des biosolides	12
Thème 9 : Énergies alternatives	13
Thème 9a : Énergie solaire et éolienne	13
Thème 9b : Production d'hydrogène	13
Thème 10 : Mesures d'atténuation — Optimisation des opérations	14
Thème 10a : Efficacité de l'eau	15
Thème 10b : Électrification de la flotte	15
Thème 10c : Utilisation de l'apprentissage automatique et de l'intelligence artificielle	15
Thème 10d : Intensification des processus d'épuration des eaux usées	16
Thème 10e : Optimisation du réseau	16
Thème 10f : Gestion des actifs	17
Thème 11 : Mesures d'atténuation — Technologies innovantes et émergentes	18
Thème 12 : Compensation	19
Thème 12a : Crédits de GES et marché du carbone	19

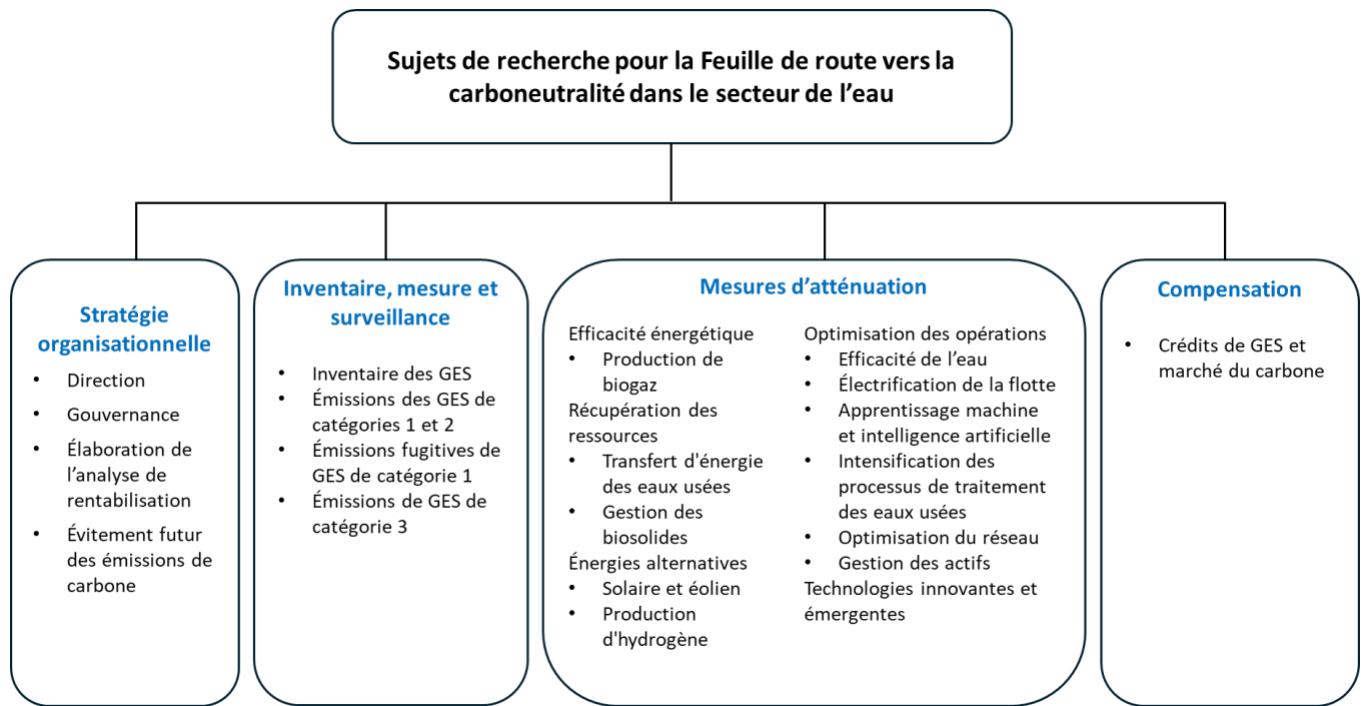


Figure 1 : Sujets et thèmes inclus dans la recherche de base de la Feuille de route

Ce projet est financé en partie par le gouvernement du Canada dans le cadre du [Fonds de préparation à la mise en œuvre](#). Cette subvention soutiendra le projet du RCE intitulé *Tracer la voie vers une eau carboneutre : Mobiliser le secteur municipal de l'eau au Canada pour réduire les émissions de GES dans les services publics d'eau* qui sera axé sur le développement de réseaux et le partage des connaissances. Le projet sera actif jusqu'en mars 2027.

Contexte

L'objectif de ce document de référence est d'identifier les thèmes et sujets clés qui méritent d'être explorés par le Comité consultatif national et le Comité consultatif technique. Les thèmes et sujets décrits dans ce guide constituent un point de départ pour l'élaboration des éléments clés d'une feuille de route ou d'une démarche que les responsables municipaux canadiens de la gestion de l'eau peuvent utiliser comme éléments de base pour mettre en œuvre des initiatives et des programmes visant la carboneutralité de l'eau dans leurs municipalités.

Ce document présentera le langage et la terminologie à utiliser lors de l'élaboration d'une feuille de route vers la carboneutralité pour le secteur et servira de recherche de base pour ce projet.

Qu'est-ce que cette feuille de route vers la carboneutralité ?

Cette feuille de route vers la carboneutralité est un document d'orientation stratégique qui décrit les actions et stratégies d'un secteur pour parvenir à des émissions carboneutres de gaz à effet de serre (GES) dans un délai précis, lequel est 2050 dans le cas du gouvernement fédéral.

Thème 1 : Stratégie organisationnelle — Direction, gouvernance et élaboration de l'analyse de rentabilisation

Contexte

Pour de nombreux services publics, la gouvernance d'une démarche vers la carboneutralité de l'eau repose sur la détermination d'objectifs et de visions bien définis qui s'alignent sur l'objectif fédéral de carboneutralité d'ici 2050. Les cibles doivent être fixées en collaboration avec la municipalité dans son ensemble afin de s'assurer que toutes les parties prenantes sont impliquées dans l'atteinte de la carboneutralité de l'eau. Les municipalités canadiennes peuvent réduire considérablement leurs émissions de GES en élaborant des programmes détaillés et en priorisant des mesures de réduction des GES¹ dans le cadre d'une direction et d'une gouvernance stratégiques. Les fondements de la gouvernance d'un programme de carboneutralité sont l'instauration de la confiance, la transparence et la reddition de comptes avec la collaboration stratégique des parties prenantes, et l'incorporation de ces éléments dans les cibles municipales et fédérales.

¹ Foresight Canada (2023). *Municipalities: Canada's Climate Battleground*.
<https://foresightcac.com/report/municipalities-canadas-climate-battleground>

Les avantages connexes de la démarche de carboneutralité de l'eau et de la transition énergétique peuvent être intégrés dans les modèles d'économie circulaire et de récupération des ressources, tout comme la résilience et l'adaptation au climat sont intégrées dans la planification à long terme des services publics d'eau.

L'analyse de rentabilisation d'une démarche vers la carboneutralité de l'eau dans les services publics d'eau canadiens consiste généralement en une présentation ou une proposition à un conseil municipal ou, dans le cas d'un service public, à son conseil d'administration, dans le but d'obtenir du financement, une approbation ou les deux pour des initiatives ou des programmes visant l'atteinte de la carboneutralité de l'eau². Bien que ce ne soient pas toutes les mesures de carboneutralité qui exigent une telle analyse, comme c'est le cas pour des décisions relatives à l'état d'entretien, l'analyse de rentabilisation d'une démarche vers la carboneutralité présente une **décision d'investissement proposée** dans un contexte **stratégique**. Elle fournit les informations nécessaires pour prendre des décisions éclairées sur la nécessité et la manière de procéder à des décisions d'entreprise, qu'elles nécessitent ou non un investissement, incluant les coûts potentiels et les économies d'énergie. Pour les services publics d'eau canadiens, il est important d'élaborer un solide dossier d'analyse qui présente bien les initiatives et les programmes de carboneutralité. Pour obtenir un soutien financier et l'adhésion du public aux programmes et aux initiatives de tout service public d'eau ou de toute municipalité, il faut avoir une solide analyse de rentabilisation avec des approches adaptées et pragmatiques pour le parcours vers la carboneutralité.

Objectifs du thème 1

- Identifier les éléments clés de la planification stratégique qui sont nécessaires pour que les services publics de l'eau atteignent leurs objectifs de carboneutralité.
- Explorer comment mieux intégrer les objectifs de carboneutralité dans les plans directeurs à long terme des municipalités et des services publics.
- Mettre de l'avant les possibilités de collaboration interne et externe afin d'accélérer le parcours vers la carboneutralité dans les services publics de l'eau.
- Examiner les éléments nécessaires à l'élaboration d'une analyse de rentabilisation solide pour les programmes, les stratégies et les initiatives de carboneutralité dans les services publics d'eau au Canada.

² Gouvernement du Canada (n.d.), [Guide sur l'analyse de rentabilisation — Canada.ca](https://www.canada.ca/en/department-of-environment-and-climate-change/programs/energy-efficiency-and-climate-change/green-government-canada/green-government-canada.html)

Thème 2 : Stratégie organisationnelle — Évitement futur des émissions de carbone

Contexte

L'évitement futur des émissions de carbone fait référence aux choix qu'une organisation peut faire pour éliminer ou réduire les émissions de GES en adoptant des pratiques plus écologiques et plus durables ou des technologies à faible émission de carbone. L'approche consistant à quantifier les futures émissions de carbone évitées est un concept relativement nouveau, mais elle permet aux services publics d'eau canadiens de faire des choix plus judicieux en matière de développement d'infrastructures, d'acquisition de nouveaux équipements ou de mise à niveau d'équipements. En documentant ces émissions, les services publics d'eau peuvent renforcer leurs analyses de rentabilisation en vue d'acquérir des solutions de remplacement à faible teneur en carbone.

Objectifs du thème 2

- Examiner les possibilités d'évitement futur des émissions de carbone dans le secteur canadien de l'eau.
- Identifier les obstacles et les défis liés à la comptabilisation de l'évitement futur des émissions de carbone.

Thème 3 : Mesure et surveillance — Réaliser un inventaire des GES

Les inventaires de GES prennent en compte les émissions provenant des processus et des activités des services publics d'eau et peuvent servir de bilan du changement climatique³. Les inventaires permettent de comprendre les sources et les quantités d'émissions de GES qui constituent une base de référence pour les services publics d'eau leur permettant de comprendre ce qu'elles émettent et ce qu'elles doivent prioriser dans l'atténuation des GES. Un inventaire des GES est une étape nécessaire pour élaborer des plans d'action sur le climat et des réductions ciblées des émissions de GES dans les services publics d'eau⁴. La Water Research Foundation (WRF) a lancé un projet intitulé *5188 — Establishing Industry-Wide Guidance for Water Utility Life Cycle Greenhouse Gas Emission Inventories* en vue d'élaborer un document d'orientation et une feuille de calcul pour la comptabilisation des GES dans les services publics d'eau d'ici 2026.

³ ICLEI USA, (2022, March 23). [What is a Greenhouse Gas Inventory and Why is it Important? | ICLEI USA](#)

⁴ Water Research Foundation (n.d.). Establishing Industry-Wide Guidance for Water Utility Life Cycle Greenhouse Gas Emissions Inventories. [Establishing Industry-Wide Guidance for Water Utility Life Cycle Greenhouse Gas Emission Inventories | The Water Research Foundation](#)

Objectifs du thème 3

- Identifier les meilleures pratiques pour la réalisation d'un inventaire des émissions de GES dans le cadre d'études de cas dans le contexte canadien.
- Examiner les différents outils de calcul et de comptabilisation des inventaires de GES dans les services publics d'eaux usées, d'eau potable et d'eaux pluviales.

Thème 4 : Mesure et surveillance — Émissions de GES des catégories 1 et 2

Contexte

Dans bon nombre de municipalités, les usines de traitement de l'eau potable et les stations d'épuration des eaux usées (SEEU) comptent parmi les plus importants consommateurs d'énergie et émetteurs de GES⁵. Comme le souligne le GHG Protocol⁶, les émissions de catégories 1 et 2 sont mesurées et surveillées par les services publics d'eau en tant qu'émissions directes et indirectes de GES, respectivement. Le secteur de l'eau est responsable de **1,6 %** des émissions mondiales de GES et de 3 % de la consommation d'énergie, et les émissions fugitives provenant des stations d'épuration représentent jusqu'à 5 % des émissions mondiales de GES autres que le CO₂⁷. Une mesure précise et complète des émissions de GES du secteur municipal de l'eau est nécessaire pour élaborer et mettre en œuvre des plans d'atténuation des GES et décider des objectifs de réduction.

Dans de nombreux inventaires de GES, les émissions de catégorie 1 (émissions directes) comprennent les mesures de méthane et d'oxyde nitreux provenant du traitement des eaux usées et des effluents, de la combustion de combustibles fossiles, de la consommation de biogaz, du brûlage à la torche et de l'incinération⁸. Le CO₂ non biogénique provenant des processus de traitement des eaux usées et des boues contribue aux émissions de type 1 et comprend les

⁵ He, Y. et al. (2023). Net-zero greenhouse gas emission from wastewater treatment: Mechanisms, opportunities and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 184:1135-47.

⁶ Greenhouse Gas Protocol (n.d.). *Standards & Guidance*. <https://ghgprotocol.org/standards-guidance>

⁷ Lu et al. (2018). *Wastewater treatment for carbon capture and utilization*. *Nature Sustainability* 1 : 750-758. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0187-9>

⁸ International Water Association (2022). *The state of knowledge on GHG emissions in the wastewater sector*. <https://iwa-network.org/the-state-of-knowledge-on-ghg-emissions-in-the-wastewater-sector/>

composés organiques du savon, des détergents ou d'autres produits chimiques à base de combustibles fossiles, comme le méthanol^{9,10}.

Les émissions de catégorie 2 proviennent entièrement de la consommation d'électricité et d'énergie. Les méthodes et calculateurs utilisés pour mesurer et comptabiliser les émissions de catégorie 1 ne sont pas normalisés à l'échelle nationale. L'un des aspects de la feuille de route consiste à travailler avec les partenaires du projet pour comparer ces méthodes et calculateurs pour les émissions de catégorie 1 (par exemple, le calculateur de l'OWWA/WAO) et cerner des recommandations pour de meilleures pratiques. Les évaluations du cycle de vie peuvent aider les services publics d'eau à comprendre l'empreinte carbone et les impacts plus larges de leurs activités sur la durabilité, en apportant une approche holistique pour soutenir la prise de décision (IWA, 2022).

Objectifs du thème 4

- Examiner les méthodes de mesure et de déclaration d'émissions des catégories 1 et 2 dans le paysage canadien des services publics d'eau.
- Identifier les meilleures pratiques et les opportunités dans la réalisation d'inventaires de GES dans le cadre d'un parcours vers la carboneutralité de l'eau au Canada.

Thème 5 : Mesure et surveillance — Émissions fugitives de GES de catégorie 1

Contexte

Les émissions fugitives dans le traitement et la collecte de l'eau et des eaux usées comprennent l'oxyde nitreux et le méthane. On estime que les émissions d'oxyde nitreux provenant du traitement des eaux usées, qui sont influencées par les opérations et les processus, représentent de **3 à 7 %** des émissions mondiales d'oxyde nitreux (Song et al., 2024) en raison des processus de traitement biologique, comme dans le cadre de l'épuration des eaux usées. Cependant, on a découvert depuis que les émissions d'oxyde nitreux provenant des stations de récupération des ressources de l'eau (SRRE) peuvent représenter jusqu'à **86 %** des émissions directes totales des émissions de catégorie 1¹¹. Il est donc essentiel de mesurer et d'atténuer les émissions d'oxyde

⁹ Maktabifard, M. et al. (2023). *Net-zero carbon condition in wastewater treatment plants: A systematic review of mitigation strategies and challenges*. Ren. Sus. Energy Rev. 185: 113638. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113638>

¹⁰ Willis, J.L. et al. (2017). *A greenhouse gas source of surprising significance: anthropogenic CO₂ emissions from use of methanol in sewage treatment*. Water Sci Technol 75 (9): 1997-2012. <https://doi.org/10.2166/wst.2017.033>

¹¹ Song, C. et al. (2024). *Oversimplification and misestimation of nitrous oxide emissions from wastewater treatment plants*. Nature Sustainability 7: 1348 –1358. <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01420-9>

nitreux. Une comptabilisation précise de ces émissions facilitera l'élaboration de stratégies d'atténuation efficaces et pratiques et permettra de définir des objectifs de référence pour les services publics d'eau.

L'une des principales raisons poussant les services publics d'eau de passer des SEEU aux SRRE est la réduction des émissions de méthane, dont la valeur est obtenue à partir des déchets générés. À l'instar de l'oxyde nitreux, les émissions de méthane provenant des SEEU représentent environ 5 % des émissions mondiales de méthane¹². D'autre part, les émissions de méthane proviennent de diverses sources, dont certaines n'ont pas été identifiées et peuvent être mesurées à l'aide de nombreux outils. Le méthane est produit par la décomposition biologique des boues d'épuration et d'autres processus biologiques. Cependant, une grande part d'incertitude provient des fuites au cours des processus de traitement anaérobie, des réseaux d'égouts et d'autres parties des SRRE qui peuvent ne pas être prises en compte.

Objectifs du thème 5

- Examiner les méthodes de mesure et de déclaration des émissions fugitives exigées dans l'ensemble du paysage canadien pour les services publics d'eau.
- Évaluer les connaissances actuelles et les lacunes en matière d'émissions fugitives de GES dans les inventaires de GES des services publics d'eau au Canada.
- Identifier les meilleures pratiques et les opportunités dans la réalisation d'inventaires de GES dans le cadre d'un parcours vers la carboneutralité de l'eau au Canada.

Thème 6 : Mesure et surveillance — Émissions de GES de catégorie 3

Contexte

La plupart des services publics d'eau utilisent les principales émissions de catégories 1 et 2 pour établir des niveaux de référence et des cibles, car ils ont le contrôle de ces émissions. En revanche, les émissions de catégorie 3 (émissions indirectes) sont rarement incluses dans la partie des inventaires de GES consacrée à la définition des cibles, car elles échappent au contrôle de nombreuses municipalités. Cependant, on ne saurait trop insister sur le rôle des émissions de catégorie 3, qui comprennent les émissions de carbone intrinsèque, les sources de GES dans les chaînes d'approvisionnement, l'utilisation de produits chimiques et la gestion des biosolides hors site, pour ne citer que quelques exemples. La prise en compte des émissions de catégorie 3 est une occasion de collaborer avec des acteurs autres que les services publics d'eau afin d'élargir

¹² Maktabifard, M. et al. (2023). *Net-zero carbon condition in wastewater treatment plants: A systematic review of mitigation strategies and challenges*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 185:113638.

leur champ d'action en matière d'atténuation des émissions de GES. La mesure et la surveillance des émissions de catégorie 3 permettent également au gouvernement fédéral et aux gouvernements provinciaux et territoriaux de soutenir les efforts des services publics d'eau canadiens pour réduire leurs émissions de GES.

Objectif du thème 6

- Explorer les différentes options de mesure et de surveillance des émissions de catégorie 3.
- Rassembler des exemples d'émissions de catégorie 3 et la façon dont elles sont utilisées dans les inventaires de GES pour justifier les possibilités d'action collective.

Thème 7 : Mesures d'atténuation — Efficacité énergétique

Contexte

L'eau et l'énergie sont inextricablement liées dans le cadre des interactions eau-énergie, car le traitement et la distribution de l'eau consomment beaucoup d'énergie, et la production d'énergie utilise beaucoup d'eau. Outre l'optimisation des opérations, il existe de vastes possibilités pour les services publics d'eau de réduire leur consommation d'énergie, notamment par l'électrification. Au Canada, les émissions de GES provenant de la production d'électricité ont diminué de 59 % entre 2005 et 2022, en grande partie grâce à l'abandon progressif de la production d'électricité à partir de charbon en Ontario¹³. Les services publics d'eau ont encore la possibilité de réduire leurs émissions de GES en électrifiant leurs activités afin de réduire les coûts énergétiques et les émissions de GES liées à l'utilisation de l'énergie.

Objectifs du thème 7

- Établir des liens avec l'Association canadienne du biogaz afin d'accroître l'utilisation du biogaz dans les stations d'épuration des eaux usées.
- Étudier le rôle du biogaz dans la réduction des émissions de GES et les possibilités d'atténuation lors du passage au biogaz.
- Identifier les différentes études de cas et les exemples d'efficacité énergétique par l'électrification pour les services publics d'eau au Canada.
- Examiner les possibles avantages connexes de l'électrification et de l'optimisation des processus pour les services publics d'eaux usées, d'eau potable et d'eaux pluviales au Canada.

¹³ Régie de l'énergie du Canada (n.d.). *Profils énergétiques des provinces et des territoires*, <https://www.cerc.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/profils-energetiques-provinces-territoires/>

Thème 7a : Production et utilisation de biogaz

Contexte

La production et l'utilisation de biogaz sont des méthodes dominantes par lesquelles les stations de récupération des ressources de l'eau (SRRE) peuvent récupérer de l'énergie. L'utilisation efficace du biogaz permet également de réduire les émissions de méthane provenant des boues d'épuration et des processus de traitement des eaux usées, car l'Association canadienne du biogaz a constaté que les installations municipales de traitement des eaux usées n'utilisent que 20 % de leur potentiel de biogaz¹⁴. Le biogaz peut être converti en énergie grâce à la production combinée de chaleur et d'électricité (PCCE), également appelée cogénération, qui peut constituer une solution fiable et rentable pour la gestion des coûts énergétiques dans les SEEU¹⁵. Le biogaz provenant du digesteur anaérobio est utilisé comme combustible pour produire de l'électricité pour la station et peut être utilisé pour l'incinération des boues d'épuration. Les gaz d'échappement sont capturés dans une unité de récupération de chaleur où ils sont utilisés pour les charges thermiques du digesteur et le chauffage des locaux. En fin de compte, le biogaz, en tant que source d'énergie renouvelable, est avantageux pour les services publics d'eau en ce qu'il remplace les sources d'énergie conventionnelles.

Thème 8 : Mesures d'atténuation — Récupération des ressources

Les possibilités d'atténuation permettant de réaffecter les déchets des SEEU pour en faire des stations de récupération des ressources de l'eau (SRRE), grâce à des systèmes en boucle fermée, sont identifiées comme des mesures de **récupération des ressources** dans cette feuille de route. La récupération des ressources offre la possibilité d'utiliser des biosolides, des produits et de l'énergie renouvelable à partir des déchets produits par les services publics d'eau¹⁶.

Thème 8a : Transfert d'énergie des eaux usées

Contexte

¹⁴ Association canadienne du biogaz (mars 2022). [Atteindre les cibles climatiques du canada grâce au biogaz et au GNR](#)

¹⁵ Bachman, N. (2015). *Sustainable biogas production in municipal wastewater treatment plants*. IEA Bioenergy. https://task37.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/32/2022/02/Wastewater_biosolids_grey_web-1.pdf

¹⁶ Water Research Foundation (n.d.) *Resource Recovery*. [Resource Recovery](#)

Les eaux usées contiennent de l'énergie thermique qui peut être récupérée à différentes échelles : au niveau des composants, des bâtiments, des égouts et des stations d'épuration¹⁷. Les systèmes de récupération de la chaleur des égouts tirent l'énergie thermique des eaux usées au lieu de brûler du gaz naturel. Le système de transfert d'énergie des eaux usées est installé au point de sortie des eaux usées et fonctionne en extrayant et en transférant la chaleur des eaux usées ou vers celles-ci¹⁸. La récupération de chaleur au niveau du réseau d'égouts est une source idéale de chauffage ou de refroidissement pour les pompes à chaleur, car les eaux usées s'écoulent abondamment et continuellement dans le système. Tout comme la production de biogaz, en bouclant la boucle, la récupération de la chaleur des égouts permet de réduire les émissions de GES provenant de la combustion de carburants à base de carbone.

Thème 8b : Gestion des biosolides

Contexte

La gestion des biosolides (traitement et utilisation), du point de vue des émissions de catégorie 1, est un sujet qui concerne la santé publique puisque l'on traite des contaminants préoccupants (comme les PFAS) dans les biosolides et l'on cherche à en améliorer la gestion pour éviter les risques pour le climat et la santé¹⁹. Une façon efficace de gérer les biosolides peut inclure des procédés thermiques pour transformer ces biosolides en biochar par pyrolyse pour la récupération d'énergie et la réduction du volume. Toutefois, cette option est encore limitée par la disponibilité commerciale des technologies pour ce processus. Grâce aux recherches émergentes, l'amélioration de la gestion des biosolides constitue une opportunité d'atténuation pour les SEEU à mesure que de nouvelles technologies deviennent disponibles. L'épandage des biosolides est avantageux pour l'économie et la gestion des déchets, car on réduit la demande en ressources non renouvelables, on réduit la demande en engrains synthétiques, tout en assurant la séquestration du carbone et en préservant de l'espace de décharges²⁰.

Thème 8 — Objectifs

¹⁷ Nagpal, H. et al. (2021). *Heat Recovery from Wastewater – A Review of Available Resource*. Water 13:1274. <https://doi.org/10.3390/w13091274>

¹⁸ McCormick, L. (n.d.) Wastewater Energy Transfer: The benefits and uses of wet systems

¹⁹ Australian and New Zealand Biosolids Partnership (n.d.). *Biosolids and PFAS: Responsible management of emerging contaminants*. <https://www.biosolids.com.au/wp-content/uploads/ANZBP-PFAS-Biosolids-Factsheet-1.pdf>

²⁰ Elgarahy, A.M. et al. (2024). *Biosolids management and utilization: A review*. Journal of Cleaner Production 451:141974. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141974>.

- Établir des liens avec l'Association canadienne du biogaz afin d'accroître la production de biogaz dans les SEEU.
- Explorer le rôle du biogaz dans la réduction des émissions de GES et les possibilités d'atténuation lors du passage au biogaz.
- Identifier les défis et les solutions liés à l'utilisation de la récupération de la chaleur des réseaux d'égouts dans les stations d'épuration des eaux usées (SEEU), incluant les nouvelles technologies et les équipements novateurs.
- Étudier les possibilités d'utiliser la chaleur des égouts pour réduire les émissions de GES dans les stations d'épuration.
- Explorer les options de gestion des biosolides sur place, dans les SEEU, y compris les nouvelles technologies, les équipements novateurs et les réglementations associées à l'utilisation des biosolides dans les services publics d'eau au Canada.
- Identifier les technologies émergentes et les meilleures pratiques de gestion des biosolides dans les stations d'épuration.

Thème 9 : Énergies alternatives

En adoptant des sources d'**énergie** à faible teneur en carbone et des **énergies alternatives**, il est possible de réduire considérablement la dépendance énergétique à l'égard des sources de combustibles fossiles et, par conséquent, les émissions de gaz à effet de serre.

Thème 9a : Énergie solaire et éolienne

Contexte

Les énergies alternatives, comme l'énergie éolienne et l'énergie solaire, sont des sources d'énergie à faible teneur en carbone qui peuvent aider les services publics d'eau à renforcer leur résilience. Elles ont été identifiées comme une importante mesure d'atténuation, car elles réduisent directement les émissions de GES²¹.

Thème 9b : Production d'hydrogène

Contexte

La production d'hydrogène est un domaine émergent qui explore l'électrolyse de l'eau, le reformage du méthane à la vapeur au cours du processus de production de biogaz et la conversion des boues d'épuration en hydrogène au cours des processus de traitement des eaux usées afin

²¹ Rani, A. et al. (2022). *Pathways to a net-zero-carbon water sector through energy-extracting wastewater technologies*. Npj: Clean Water 49.

de fournir une énergie propre à utiliser dans les stations de récupération des ressources de l'eau (SRRE). Avec les technologies et les recherches émergentes, la production d'hydrogène peut être une méthode efficace pour atténuer les émissions de GES provenant des processus d'épuration des eaux usées.

Objectifs du thème 9

- Explorer comment l'énergie solaire, l'énergie éolienne et d'autres formes d'énergie compensent les coûts énergétiques et les émissions de GES.
- Identifier comment ces formes d'énergie sont priorisées par rapport aux autres formes d'énergie dans les SRRE en termes de coûts et de disponibilité des ressources.
- Explorer les technologies et les procédés émergents pour la production d'hydrogène dans le cadre des procédés d'épuration des eaux usées.
- Offrir la possibilité aux services publics d'eau du Canada de partager leurs connaissances sur la production d'hydrogène et tirer des renseignements de la recherche avancée.

Thème 10 : Mesures d'atténuation — Optimisation des opérations

Contexte

Il existe de nombreuses façons pour les services publics d'eau d'optimiser leurs opérations afin de réduire les émissions de GES et de les aider à atteindre leurs objectifs de carboneutralité. Les services publics d'eau en cours de modernisation mettent à niveau leur matériel, exploitent et analysent les données, et optimisent les réseaux pour que les processus de traitement soient plus efficaces. Ils réduisent les fuites en utilisant des données en temps réel pour ajuster les réseaux de pompage et de distribution, et réagissent mieux aux situations d'urgence. Les émissions de GES peuvent être réduites en faisant fonctionner les pompes à un taux constant, en réduisant la vitesse dans les canalisations, la consommation d'énergie et les coûts globaux²². Ces nombreux processus d'optimisation permettent aux Services publics d'eau d'adapter les solutions d'atténuation afin de réduire leurs émissions de GES directement en garantissant l'efficacité de leurs systèmes et, indirectement, en réduisant les coûts énergétiques. En investissant dans une main-d'œuvre avec des connaissances techniques et un savoir-faire approprié, cette main-d'œuvre constitue un élément essentiel de l'optimisation des opérations. L'importance de l'optimisation des opérations réside dans le fait qu'elle s'applique facilement à l'ensemble du secteur de l'eau, non seulement aux eaux usées, mais aussi aux eaux pluviales et à l'eau potable.

²² Luna, T. et al. (2019). *Improving energy efficiency in water supply systems with pump scheduling optimization*. Journal of Cleaner Production 213: 342-356.

Thème 10a : Efficacité de l'eau

L'impact carbone et les émissions de GES provenant des fuites non gérées de systèmes de distribution défaillants sont directement liés aux coûts énergétiques des pertes d'eau²³. La réduction des pertes d'eau est une mesure nécessaire qui s'inscrit non seulement dans le cadre de l'objectif de carboneutralité, mais qui permet également d'économiser de l'énergie et de réduire les coûts financiers tout en améliorant l'efficacité du système. Comme pour le bilan carbone de l'inventaire des GES, il est important de comprendre le bilan hydrique de tout service public d'eau afin de réduire les pertes d'eau. Le bilan carbone peut également être calculé parallèlement aux pertes d'eau afin de tenir compte des émissions de GES dues aux pertes d'eau²³.

Thème 10b : Électrification de la flotte

Le secteur des transports est le deuxième plus grand émetteur de GES, avec des émissions estimées à 156,3 mégatonnes de CO₂e en 2022 (22 % des émissions de GES du Canada)²⁴. Les émissions de GES de ce secteur sont principalement dues à la dépendance des transports aux combustibles fossiles, et l'électrification du parc de véhicules permet de réduire considérablement les émissions de GES de ce secteur. L'électrification du parc de véhicules dans le secteur de l'eau est un aspect important de la lutte contre les émissions de catégorie 1 et une occasion pour les grandes municipalités de réduire immédiatement leurs émissions de GES. Bien que la transition vers un parc de véhicules électriques présente des avantages économiques, l'adoption réussie d'une telle mesure dépend de politiques gouvernementales favorables, de la disponibilité d'infrastructures de recharge et de la mise en place de services²⁵.

Thème 10c : Utilisation de l'apprentissage automatique et de l'intelligence artificielle

Les progrès de l'intelligence artificielle (IA) et de l'apprentissage machine (AM) devenant de plus en plus courants, il est possible d'intégrer ces avancées technologiques dans le secteur de l'eau afin d'optimiser les opérations. Le recours à l'IA et de l'AM dans les services publics d'eau a permis d'améliorer les résultats en matière de détection des fuites, de diagnostic de la qualité de l'eau, de modélisation des polluants, de contrôle des processus et d'analyse de l'utilisation par les

²³ International Water Association Water Loss Working Group (2023, April 21). *Leakage Emissions Initiative: Establishing a Standard Carbon Balance for Drinking Water Utilities*. <https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2023/06/Water-Loss-SG-White-Paper-on-Leakage-Emissions-Initiative.pdf>

²⁴ Gouvernement du Canada (2024). [Émissions de gaz à effet de serre — Canada.ca](#)

²⁵ PricewaterhouseCoopers (2024 March). *Electrification of fleet operations*. <https://www.pwc.com/m1/en/publications/documents/2024/electrification-of-fleet-operations.pdf>

clients, entre autres avantages²⁶. Lorsque les opérations sont optimisées, la réduction des émissions de GES est directement liée aux économies d'énergie et de coûts. L'utilisation de l'IA et de l'AM n'est pas limitée à l'optimisation des opérations, mais peut être utilisée pour développer un cadre de priorisation soutenant la démarche de carboneutralité dans les services publics et fournir une analyse détaillée des mesures de réduction des GES et des incidences au sein du système.

Thème 10d : Intensification des processus d'épuration des eaux usées

L'intensification des processus peut contribuer à l'optimisation des opérations si l'on utilise de nouvelles technologies dans les processus d'épuration existants afin d'en améliorer l'efficacité et l'efficience. Cette approche peut améliorer les processus biologiques de façon directe en ayant recours à des bioréacteurs à membrane et d'autres technologies, ainsi qu'à de meilleures pratiques de gestion, comme la pyrolyse et d'autres procédés qui maximisent l'activité microbienne et l'élimination des nutriments²⁷. Les émissions fugitives étant liées à des processus biologiques, l'intensification des processus peut avoir pour effet d'augmenter ou de diminuer les émissions de GES de catégorie 1, mais cela permet de mieux comprendre comment l'intensification peut avoir un impact sur les émissions fugitives. Un autre avantage de l'intensification des processus est lié à l'efficacité de l'eau, car cela peut permettre la réutilisation de l'eau pour l'irrigation et d'autres procédés industriels²⁷.

Thème 10e : Optimisation du réseau

Aux fins de ce projet, il est important d'optimiser les réseaux de distribution d'eau afin de préserver les ressources en eau et de réduire les pertes d'eau²⁸. Dans les services publics d'eau potable, l'optimisation du réseau réduit la consommation d'énergie opérationnelle²⁹. En exploitant de façon optimale le réseau de distribution et de traitement de l'eau, il est possible de réduire les émissions de GES. Certaines études ont montré que l'optimisation du réseau peut

²⁶ Rapp, A. H et al. (2023). *Adoption of artificial intelligence in drinking water operations: A survey of progress in the United States*. Journal of Water Resources Planning and Management. 149(7).

<https://doi.org/10.1061/JWRMD5.WRENG-5870>

²⁷ Wastewater Digest (2024, December 18). *What is wastewater intensification?* <https://www.wwdmag.com/what-is-articles/article/55248805/what-is-wastewater-intensification>

²⁸ Sangroula, U. et al. (2022). Optimization of Water Distribution Networks Using Genetic Algorithm Based SOP-WDN Program. *Water* 14 (6), 851. Doi <https://doi.org/10.3390/w14060851>

²⁹ Cardene, I. et al. (2020). Multi-objective optimization of energy and greenhouse gas emissions in water pumping and treatment. *Water Sci Technology* 82 (12): 2745-2760.

permettre de réaliser des économies d'énergie de l'ordre de 5 à 25 %, tout en réduisant les coûts liés aux émissions de GES au sein du système²⁶Error! Bookmark not defined.

L'optimisation du réseau est une mesure d'atténuation des GES nécessaire pour les services publics d'eau potable, car elle représente une grande partie de leurs émissions de GES de catégorie 1.

Thème 10f : Gestion des actifs

La gestion des actifs est un terme général qui concerne de nombreuses autres mesures d'atténuation, mais qui devient de plus en plus important à mesure que les impacts du changement climatique deviennent extrêmes et plus fréquents. La maintenance des actifs ne consiste plus seulement à entretenir les actifs existants tout en construisant de nouveaux actifs pour répondre à la croissance de la population, mais aussi à répondre aux urgences qui découlent des impacts négatifs du changement climatique au fur et à mesure qu'ils se produisent. La mise en œuvre de pratiques de gestion des infrastructures dépend des données, de la formation, des avantages, de la planification, des réglementations et des mécanismes de financement disponibles et devrait être de plus en plus adoptée par l'ensemble de l'organisation³⁰.

D'autre part, il est possible de mettre en place une gestion naturelle des actifs au sein des services publics d'eau afin de réduire les émissions de GES. Cela ne se limite pas au secteur des eaux usées, mais inclut également la mise en œuvre d'infrastructures vertes dans la gestion des eaux pluviales. Les avantages de l'infrastructure verte et des actifs naturels comprennent les économies d'énergie et la réduction de la charge en nutriments, qui réduisent les émissions des catégories 1 et 2³¹.

Objectifs du thème 10

- Identifier les diverses possibilités d'atténuation pour les services publics d'eau canadiens dans leurs opérations de gestion des eaux usées, de l'eau potable et des eaux pluviales.
- Explorer comment le cadre des personnes, des processus et des technologies (PPT) peut être utilisé dans le processus d'optimisation des opérations dans le secteur canadien de l'eau.

³⁰ CH2MHILL (n.d.) Water infrastructure asset management: Adopting best practices to enable better investments. <https://www.newea.org/wp-content/uploads/2014/11/Water-Infrastructure-Asset-Management-SMR-2013.pdf>

³¹Source Water Protection Toolkit (n.d.). Natural assets and green infrastructure. <https://sourcewaterprotectiontoolkit.ca/tools/natural-assets-and-green-infrastructure/>

- Identifier les avantages connexes transversaux de l'optimisation des opérations dans le secteur de l'eau et dans le contexte municipal plus large.

Thème 11 : Mesures d'atténuation — Technologies innovantes et émergentes

Contexte

Le rôle des technologies peut être intégré aux mesures d'atténuation et de captage, d'utilisation et de stockage du carbone (CUSC) comme système de compensation, mais ce thème explore les besoins spécifiques en matière de progrès technologique tout en abordant les obstacles à l'adoption des technologies. Les technologies actuelles et innovantes sont **absolument nécessaires** pour décarboner rapidement, car le [GIEC](#) reconnaît que l'innovation est un moteur essentiel de la croissance économique et qu'elle peut introduire de nouvelles façons de fournir des services essentiels³².

Le CUSC est un bel exemple d'innovation technologique pouvant servir à réduire les émissions de GES. Les efforts de captage, d'utilisation et de stockage du carbone (CUSC) sont encore en cours de développement et gagnent du terrain grâce à des recherches avancées³³. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) les définit comme le captage du CO₂ à partir de grandes sources ponctuelles. Le problème du CUSC en tant que possibilité de compensation est que son potentiel d'atténuation du dioxyde de carbone est faible et qu'il ne s'attaque pas à l'oxyde nitreux, qui représente une part importante des émissions des stations d'épuration. Il sera possible de compenser les émissions de GES avec le CUSC au fur et à mesure que la recherche et les technologies se développent.

Objectifs du thème 11

- Évaluer les technologies innovantes et émergentes avec l'aide du Comité consultatif technique afin d'étudier les possibilités d'adoption par les services publics d'eau.
- Rassembler les connaissances sur les technologies disponibles pour les services publics d'eau au Canada pour la bibliothèque de ressources du projet.

³² Intergovernmental Panel on Climate Change (2022). IPCC Sixth Assessment Report Working Group III: Mitigation of Climate Change. Chapter 16: Innovation, technology development and transfer from <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/chapter-16/>

³³ International Energy Agency (n.d.) Carbon Capture, Utilization and Storage. <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage>

- Identifier les rôles et opportunités du CUSC dans la compensation des émissions de GES provenant des services publics d'eau au fur et à mesure que la recherche et les technologies se développent.

Thème 12 : Compensation

L'augmentation rapide des niveaux de GES dans l'atmosphère due à des causes anthropiques a imposé la nécessité de commencer à compenser les émissions de GES. Pour ce faire, on attribue une valeur monétaire au carbone afin de responsabiliser les organisations à l'égard des émissions de GES dont elles sont responsables.

Thème 12a : Crédits de GES et marché du carbone

Contexte

Le Canada est l'un des rares pays à avoir fixé une tarification de la pollution par le carbone et à avoir instauré un marché du carbone à l'échelon fédéral. Au niveau provincial, le système de crédits de GES varie et est déterminé par les gouvernements provinciaux et territoriaux. Les crédits de GES et les marchés du carbone constituent un élément essentiel pour tenir les entités responsables de la surveillance, de la mesure et de la compensation de leurs émissions en cas de dépassement. Le rôle de la gestion des actifs naturels dans la compensation des émissions de GES ne doit pas être sous-estimé, car les SEEU commencent à intégrer des éléments de circularité dans leurs opérations.

Objectifs du thème 12a

- Explorer les différents crédits de GES et marchés du carbone en fonction des réglementations fédérales et provinciales dans le paysage canadien.
- Partager les connaissances sur le fonctionnement des marchés du carbone entre les services publics d'eau du Canada.
- Identifier le rôle de la gestion des actifs naturels dans la compensation des émissions de GES dans le secteur de l'eau.