

Les gaz à
effet de serre



Systeme automatisé de mesure des gaz à effet de serre (SAGES)

La problématique des gaz à effet de serre (GES) est mondiale et assez bien connue du public. Plusieurs gaz peuvent contribuer au réchauffement atmosphérique, dont le dioxyde de carbone (CO_2) et le méthane (CH_4). Ces gaz ne sont pas seulement issus de l'activité humaine, ils font également partie de la dynamique normale des écosystèmes.

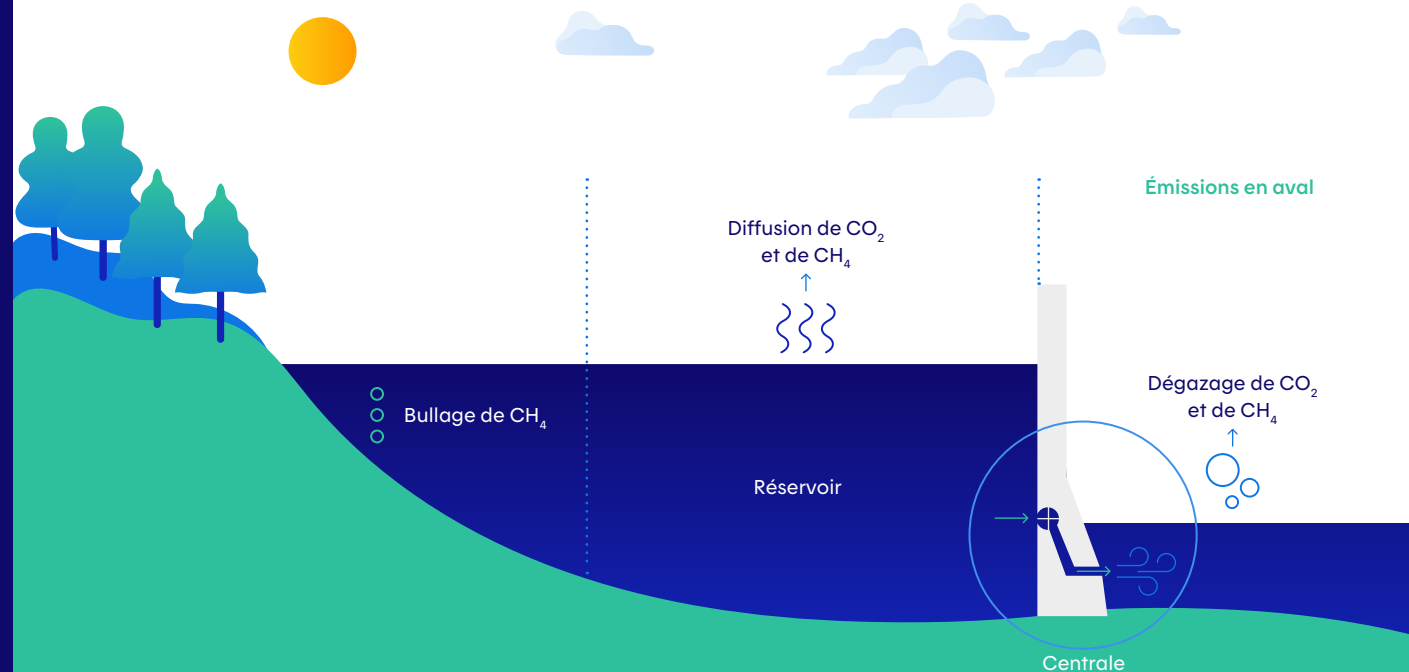


Les réservoirs hydroélectriques produisent temporairement plus de GES que les milieux naturels qu'ils remplacent. Il est donc important de mesurer les GES pour suivre l'ampleur des impacts de la production d'énergie hydroélectrique sur l'environnement. Dans ce contexte, un système mesurant les GES de l'eau turbinée en provenance des réservoirs a été élaboré. Ces mesures, prises même en hiver, servent à estimer l'empreinte carbone de notre électricité, exprimée en équivalent de CO₂ par kWh produit.



Différentes émissions de GES par les réservoirs hydroélectriques

Tout comme dans les plans d'eau naturels, les GES peuvent être émis par diffusion et par bullage dans les réservoirs hydroélectriques, et ce, en quantités plus importantes lors des premières années suivant la mise en eau. Ce phénomène est dû à la décomposition de la végétation ennoyée qui produit temporairement plus d'émissions. Le dégazage en aval des centrales s'ajoute également au bilan des émissions (Tremblay et coll., 2005).



La diffusion à la surface d'un écosystème aquatique survient lorsque la concentration des gaz est plus élevée dans l'eau que dans l'atmosphère. Les gaz s'échappent alors de l'eau pour que les concentrations s'équilibrent.



Le bullage est principalement dû à l'accumulation de méthane dans les sédiments par suite d'une dégradation anaérobie (c'est-à-dire sans oxygène) de la matière organique. Il survient le plus souvent dans les parties peu profondes des plans d'eau, où la pression hydrostatique relativement faible permet aux bulles de s'échapper vers la surface.



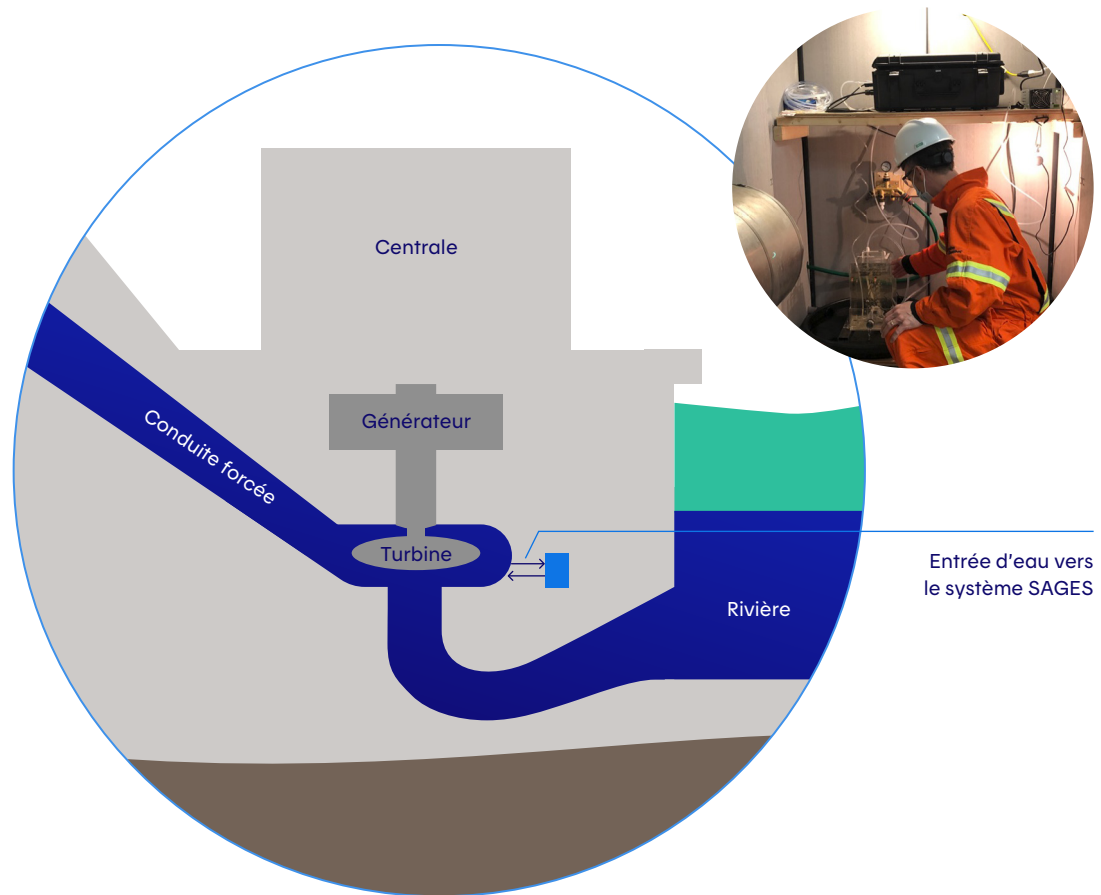
Les émissions par dégazage en aval d'une centrale sont causées, d'une part, par l'écart de pression entre l'entrée et la sortie des turbines et, d'autre part, par la turbulence des eaux en aval, qui force un équilibrage entre l'eau et l'atmosphère, comme dans les rapides.

Dispositif installé en centrale

En centrale, le SAGES est installé dans une armoire aménagée à cet effet et est alimenté en énergie en tout temps, même en cas d'interruption majeure de courant, par une batterie constamment rechargée. Le bulleur est installé au bas du dispositif (zone d'extraction des gaz) et permet d'extraire les gaz de l'eau qui sont ensuite acheminés vers l'analyseur qui se trouve dans une petite valise noire, dans le haut du dispositif (zone d'analyse des gaz) (Deblois et coll., 2021).

Amélioration des mesures

Les données accumulées au fil des ans grâce à des mesures à la surface des réservoirs nous ont permis de constater que les émissions de GES par les réservoirs boréaux du Québec sont généralement comparables à celles qui sont issues des milieux naturels après une période d'environ 15 ans. Afin d'améliorer la précision et d'optimiser les mesures prises directement sur le terrain, nous utilisons des SAGES fiables et performants installés directement dans les centrales, soit dans l'eau du réservoir qui passe dans les turbines. Nos mesures concernent notamment le dioxyde de carbone et le méthane.

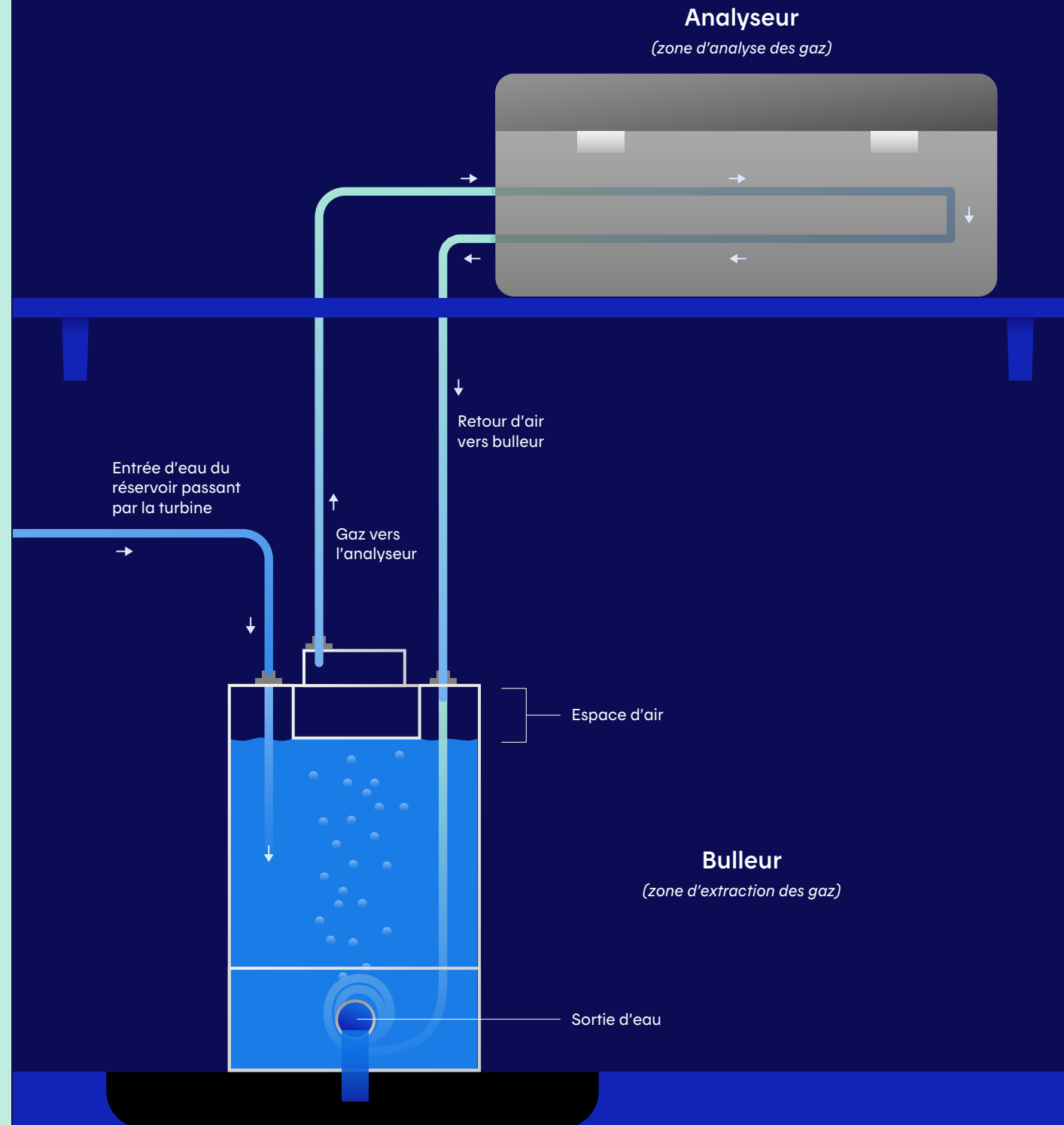


Fonctionnement des SAGES en centrale

Directement installé dans les centrales, le SAGES est composé de deux parties principales :

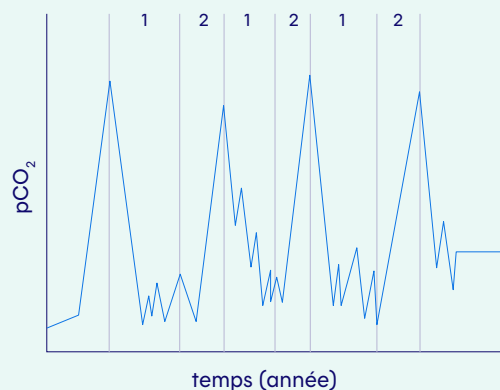
- le *bulleur*, qui favorise un équilibre des concentrations de CO_2 et de CH_4 entre l'eau turbinée et l'espace d'air dans sa partie supérieure en injectant des bulles d'air;
- l'*analyseur*, qui mesure les concentrations des différents gaz contenus dans l'espace d'air du bulleur au moyen de diverses sondes installées dans son circuit.

L'air circule en circuit fermé entre le bulleur et l'analyseur, où la température et les concentrations de CO_2 , de CH_4 et d'oxygène (O_2) sont mesurées.



Atouts du déploiement des SAGES à grande échelle

Un progrès substantiel en matière de précision et de robustesse a été réalisé dans la mesure et le suivi des émissions de GES. Toutefois, il subsiste encore certains obstacles à la création d'un réseau de mesures performant, bien réparti sur le territoire et capable de rendre compte des émissions de l'entièreté du parc d'Hydro-Québec de manière représentative (Demarty et Tremblay, 2019). Les SAGES contribuent grandement à la mise en place d'un tel réseau.



- 1 Saison sans glace
- 2 Saison avec glace

Mesures tout au long de l'année

Les SAGES installés en centrale prennent des mesures cohérentes et stables tout au long de l'année, même en hiver en présence d'une couche de glace à la surface des réservoirs, contrairement aux dispositifs usuels. Il est également possible de consulter les mesures en temps réel (Demarty et coll., 2021).

Entretien simple et minimal

Le déplacement des instruments de mesure sur le terrain dans des endroits isolés nécessite une imposante logistique. Ce qui n'est pas le cas des SAGES, qui s'installent rapidement et qui requièrent une logistique et des règles de santé et de sécurité plus simples et moins coûteuses.

Déploiement facile

Grâce à leur installation rapide, les SAGES peuvent être facilement déployés dans plusieurs centrales.

Coût concurrentiel

Le matériel des SAGES coûte moins cher que celui des systèmes existants et peut intégrer d'autres sondes adaptées à nos besoins.

Polyvalence

Les SAGES peuvent être modifiés de façon à être utilisés à d'autres emplacements sur le terrain (p. ex. par l'installation de poumons ou de panneaux solaires). On peut aussi y intégrer d'autres capteurs.

Reconnaissance par les pairs

La technologie utilisée est reconnue dans la littérature scientifique, ce qui permet de comparer les mesures à grande échelle et non seulement à l'échelle du Québec (Demarty et coll., 2009 ; Deblois et coll., 2021).

Définition améliorée de l'empreinte carbone

Un suivi temporel et spatial de nos émissions permet de définir l'empreinte carbone globale de la filière hydroélectrique et de la comparer avec celle des autres filières de production d'électricité.

Déploiement actuel et à venir des SAGES

L'installation des SAGES se fait progressivement dans les différentes centrales d'Hydro-Québec. Plusieurs projets d'installation en cours ont pour objectif de construire un système robuste et représentant le parc hydroélectrique d'Hydro-Québec afin de mieux estimer l'empreinte carbone de l'énergie que nous produisons (Tremblay et coll., 2018 ; Demarty et Tremblay, 2019).

Premières étapes

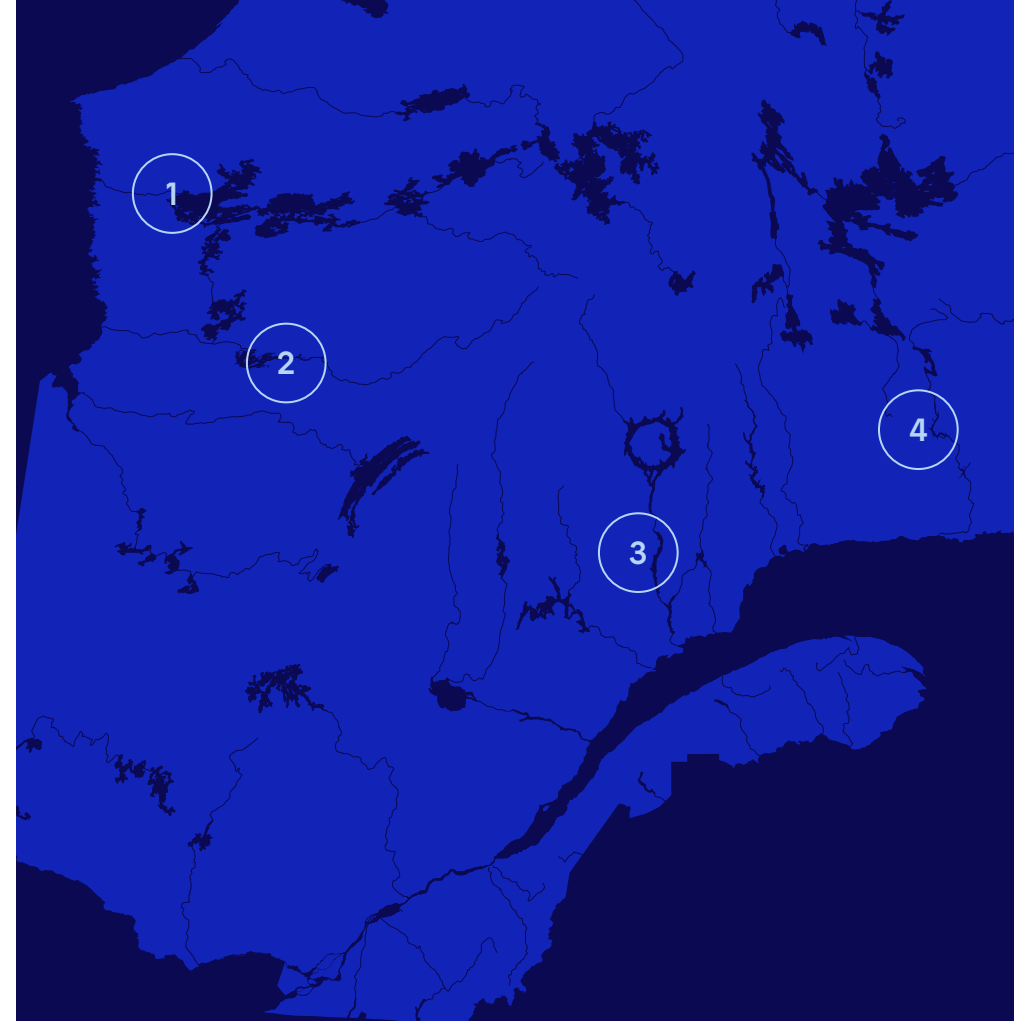
- Étalonnage des instruments
- Validation des mesures en centrale

À venir

- Déploiement des SAGES dans d'autres installations au Québec pour obtenir un portrait provincial
- Partenariats hors Québec

Vision à long terme

- Combiner les mesures de flux prises sur le terrain avec celles prises par les SAGES afin de les comparer.
- Établir une relation entre les deux mesures et réduire la dépendance aux campagnes de mesures sur le terrain, souvent très onéreuses, tout en assurant un suivi optimal des émissions.
- À long terme, faire des SAGES l'outil de mesure de référence.
- Les SAGES nous permettraient de voir en temps réel les émissions issues de la filière hydroélectrique au Québec et de les comparer avec celles d'autres filières énergétiques, dans le but de :
 - sensibiliser nos clients et clientes à l'empreinte carbone de leur consommation ;
 - favoriser la vente de notre énergie sur les marchés externes.



Instruments installés dans les aménagements hydroélectriques du Québec

- 1 La Grande 1
La Grande 2
- 2 Paix des Braves
- 3 Manic 2
Manic 5
- 4 Romaine 1
Romaine 2
Romaine 3
Romaine 4

Mise en perspective des SAGES



Les SAGES permettent de mesurer les concentrations de GES dans l'eau. Ils représentent donc une très bonne solution pour comparer les émissions de GES de nos réservoirs avec les mesures de flux prises directement à la surface de ces derniers :

- Leur entretien est simple et minimal.
- L'intégration de capteurs multiples précis et bien fixés demeure facile.
- Ils permettent la prise en continu de mesures de GES et un suivi temporel des émissions.
- Ce type d'instruments favorise les déploiements multiples dans les parcs hydroélectriques et améliore ainsi l'estimation de l'empreinte carbone de ceux-ci.

Photos

Couverture : Réservoir Romaine-1 au premier plan et tourbières et lignes de transport au second plan.

Page 2 : Centrale et réservoir de Romaine-1.

Page 4 : Entretien du système installé dans la centrale de Manic-2.

Page 8 : Entretien des sondes de mesure de l'exutoire de la tourbière des Bouleaux au nord de Romaine-1 en collaboration avec l'Université du Québec à Montréal.

Références

Deblois, C., M. Demarty et A. Tremblay. Janvier 2021. *Système automatique de mesure de gaz à effet de serre (SAGES)*, Hydro-Québec, Centre de documentation Environnement et collectivités, HQ-2020-042.

Demarty, M., J. Bastien, A. Tremblay, R. H. Hesslein et R. Gill. 2009. « Greenhouse gas emissions from boreal reservoirs in Manitoba and Québec, Canada, measured with automated systems ». *Environmental Science and Technology*, 43(23), p. 8908-8915.

Demarty, M. et A. Tremblay. 2019. « Long term follow-up of pCO₂, pCH₄ and emissions from Eastmain 1 boreal reservoir, and the Rupert diversion bays, Canada ». *Ecohydrology & Hydrobiology*, vol. 19, p. 529-540.

Demarty, M., C. Deblois, F. Bilodeau et A. Tremblay. 2021. *Complexe Eastmain-Sarcelle-Rupert - Étude des émissions de gaz à effet de serre du réservoir de la Paix des Braves - Résultats de la campagne de l'été 2020*. Sommaire produit par Aqua-Consult, Englobe Corp. et Hydro-Québec, direction - Environnement. 13 p.

Tremblay, A., P. del Giorgio, M. Demarty, F. Bilodeau, F. Rust et S. Poliquin. 2018. *Greenhouse gas emissions from the newly created Romaine-1, Romaine-2 and Romaine-3 reservoirs in boreal Québec (Canada)*. Vienna, 20th Intern. Seminar on Hydropower Plants - Celebrating 40 Years of Industry-Academic Engagement.

Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm et M. Garneau (dir.). 2005. *Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments*. Berlin, Heidelberg et New York, Springer. 732 p.



Produite par :

Yann Chavailleaz, climatologue, Ph. D.

Alain Tremblay, biologiste, Ph. D.

François Bilodeau, chimiste, M. Sc.

Direction – Environnement – Expertises et soutien aux projets majeurs (2022G797F – Janvier 2023)

ISBN : 978-2-550-93556-8 PDF

Dépôt légal – 4^e trimestre 2022

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

This publication is also available in English.

