

Appendice 3 Émissions de CH₄ dues à des terres inondées : base d'une future méthodologie à développer

Le présent appendice fournit la base d'une future méthodologie à développer ; il ne s'agit pas de recommandations complètes.

Les terres inondées peuvent émettre du CH₄ en quantités significatives, en fonction de diverses caractéristiques comme l'âge, la profondeur du réservoir, l'affectation des terres avant l'inondation, le climat et les pratiques de gestion. Au contraire des émissions de CO₂, les émissions de CH₄ sont très variables spatialement et temporellement. Les mesures actuelles des flux de CH₄ des terres inondées ne sont pas assez complètes pour permettre de développer des facteurs d'émissions par défaut exacts (surtout pour les émissions par ébullition et les émissions de dégazage). En outre, dans certains pays dont une vaste superficie de surface est couverte de réservoirs, comme l'Inde, la Chine et la Russie, on ne dispose pas de données.

Selon les études de mesures, le temps écoulé depuis l'inondation n'a pas d'influence particulière sur les flux de CH₄ des réservoirs tempérés et boréaux. Pourtant, le contraire est vrai dans les régions tropicales, où le temps écoulé depuis l'inondation peut avoir une influence significative sur les émissions de CH₄ de diffusion, ébullition ou dégazage. Cette tendance n'a été observée qu'au réservoir Petit-Saut en Guyane Française (Abril *et al.*, 2005) ; pourtant certains vieux réservoirs tropicaux présentent des émissions élevées par ébullition (Duchemin *et al.*, 2000 ; Stallard et Keller, 1994). Le modèle développé au réservoir Petit-Saut prédisait très bien les concentrations de CH₄ dissout d'un réservoir de Côte d'Ivoire (Galy-Lacaux *et al.*, 1998).

Les recherches tendent à prouver que dans les terres inondées, le CH₄ est généralement produit de manière exclusive par les sols inondés ; la production de ce gaz pouvait soutenir des flux mesurés à l'interface eau-air (Houel, 2003 ; Duchemin, 2000 ; Abril *et al.*, 2005).

3a.1 Terres inondées restant terres inondées

La présente section fournit des informations sur la manière d'estimer les émissions de CH₄ des *terres inondées restant terres inondées*. Elle se nourrit des études publiées et cherche à être utile aux pays souhaitant élaborer des estimations préliminaires des émissions de CH₄ de cette source. Les pays où il y a des émissions significatives de CH₄ des terres inondées et cherchant à inclure ces émissions dans leurs rapports devront réfléchir au développement de facteurs d'émissions spécifiques au pays permettant de réduire l'incertitude générale. Des recommandations sur le calcul de ces facteurs sont fournies à l'appendice 2, encadré 2a.1.

3A.1.1 ÉMISSIONS DE CH₄ DES TERRES INONDEES RESTANT TERRES INONDEES

QUESTIONS METHODOLOGIQUES

Les émissions de CH₄ post-inondations peuvent avoir lieu des manières suivantes :

- Émissions de diffusion, dues à la diffusion moléculaire sur l'interface eau-air ;
- Émissions par ébullition, ou émissions gazeuses provenant du sédiment passant par la colonne d'eau sous forme de bulles ; il s'agit d'une voie très importante pour les émissions de CH₄, surtout dans les régions tempérées et tropicales ;
- Émissions de dégazage, ou émissions résultant de modifications soudaines de la pression hydrostatique, et de l'augmentation de la surface d'échange air/eau après que l'eau des réservoirs est passée par une turbine et/ou un déversoir (Hélie, 2004 ; Soumis *et al.*, 2004 ; Delmas *et al.*, 2005) ; il s'agit d'une voie très importante pour les émissions de CH₄ des réservoirs tropicaux jeunes.

L'approche de niveau 1 ne couvre que les émissions de diffusion. Au niveau 2, on a un terme permettant d'estimer les émissions par ébullition de CH₄, et, le cas échéant, on sépare les périodes de couverture de glace des périodes sans couverture de glace. Les méthodes de niveau 3 sont toutes les approches basées sur des mesures précises, y compris des estimations de tous les flux pertinents de CH₄ des terres inondées, c'est-à-dire aussi les émissions de dégazage, en prenant en compte la profondeur, la situation géographique et la température de l'eau du réservoir pendant toute sa durée de vie. Les méthodes de niveau 3 ne sont pas expliquées en détail dans le présent chapitre ; toutefois les pays pourront se référer à l'encadré 2a.1 pour savoir comment dériver des facteurs d'émissions spécifiques au pays servant de ressource pour mettre en place le niveau 3. Le tableau 3a.1 présente un résumé de la portée des trois niveaux et des voies d'émissions de CH₄.

TABLEAU 3A.1 RESUME DES METHODES ET DE LA PORTEE DES EMISSIONS COUVERTES	
	CH ₄
Niveau 1	<ul style="list-style-type: none"> Émissions de diffusion
Niveau 2	<ul style="list-style-type: none"> Émissions de diffusion Émissions par bulles
Niveau 3	<ul style="list-style-type: none"> Toutes émissions

La section suivante décrit les approches de niveau 1 et 2 pour les émissions de CH₄.

CHOIX DE LA METHODE

Le méthane peut être émis des terres inondées par l'ébullition, la diffusion ou le dégazage. Le diagramme décisionnel de la figure 2a.1 permet aux compilateurs d'inventaires de choisir l'approche appropriée pour les émissions de CH₄ des terres inondées. Le niveau choisi et le niveau de désagrégation spatiale et temporelle employé par l'agence d'inventaire dépendra de la disponibilité des données sur les activités et des facteurs d'émissions, mais aussi de l'importance des réservoirs dans les émissions de gaz à effet de serre du pays. On préférera toujours des preuves scientifiques spécifiques au pays plutôt que des données par défaut de niveau 1.

Niveau 1

Seules les émissions de diffusion pendant les périodes sans couverture de glace sont incluses à la méthode de niveau 1 d'estimation des émissions de CH₄ des terres inondées. On suppose que les émissions sont nulles pendant la période de couverture de glace. On peut utiliser l'équation 3a.1 avec des mesures des émissions tirées du tableau 3a.2, et la superficie totale des terres inondées spécifique au pays :

ÉQUATION 3A.1 ÉMISSIONS DE CH ₄ DES TERRES INONDEES (NIVEAU 1)
$CH_4 \text{ Emission}_{HHInondées} = P \cdot E(CH_4)_{diff} \cdot S_{Inondées_surface_totale} \cdot 10^{-6}$

Où :

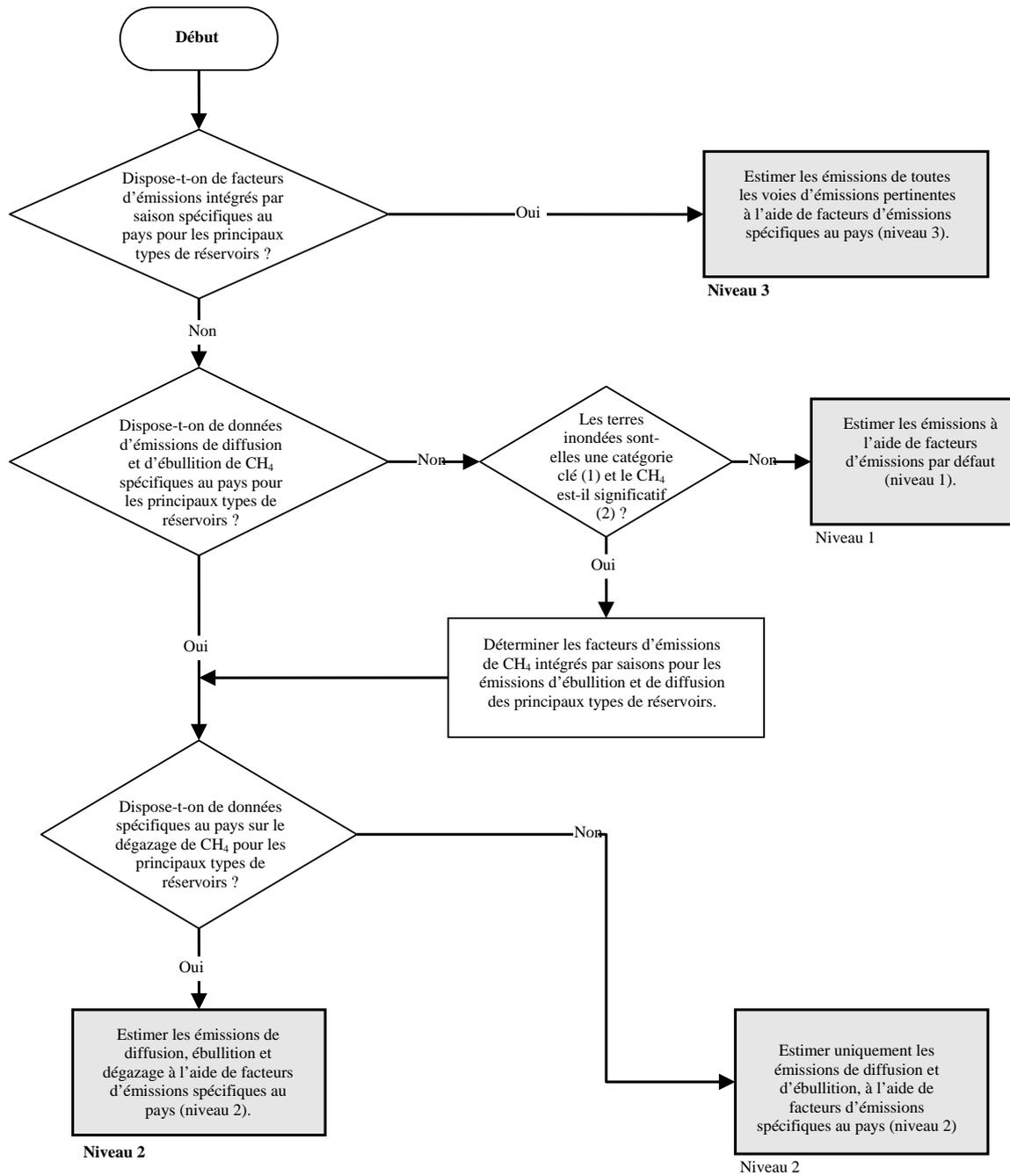
CH₄ émissions_{HH Inondées} = émissions totales de CH₄ des terres inondées, Gg CH₄ an⁻¹

P = période sans couverture de glace, jours an⁻¹ (normalement 365 pour les estimations d'inventaires annuels, ou moins dans les pays où existe une période de couverture de glace)

E(CH₄)_{diff} = émissions de diffusion quotidiennes moyennes, kg CH₄ ha⁻¹ jour⁻¹

S_{inondées, surface totale} = superficie totale de surface inondée, y compris terres inondées, lacs et rivières, ha

Figure 3a.1 Diagramme décisionnel pour les émissions de CH₄ des terres inondées restant terres inondées



Note :

(1) Lire le chapitre 4 du volume 1 (*Choix méthodologique – Identification des catégories clés*) et particulièrement la section 4.1.2 traitant des ressources limitées, pour une discussion des *catégories clés* et de l'emploi des diagrammes décisionnels

(2) Une sous-catégorie est significative si elle représente 25 à 30 % des émissions de la catégorie entière.

Niveau 2

Pour les émissions de CH₄, l'approche de niveau 2 requiert des facteurs d'émissions spécifiques au pays pour les émissions de diffusions et d'ébullition, et fait le décompte, le cas échéant, des différents taux d'émissions de diffusion et d'ébullition pendant les périodes de couverture de glace et sans couverture de glace. La superficie des terres inondées pourra aussi être désagrégée par zone climatique ou tout autre paramètre pertinent dont la liste est dressée à l'encadré 2a.1 de l'appendice 2. Cette approche est décrite par l'équation 3a.2.

ÉQUATION 3A.2
ÉMISSIONS DE CH₄ DES TERRES INONDEES (NIVEAU 2)

$$CH_4 Emissions_{HH_Inondées} = \left[\begin{array}{l} (P_f \cdot Ef(CH_4)_{diff} \cdot S_{Inondées,surface}) + \\ (P_f \cdot Ef(CH_4)_{ébul} \cdot S_{Inondées,surface}) + \\ P_i \cdot (E_i(CH_4)_{diff} + E_i(CH_4)_{ébul}) \cdot S_{Inondées,surface} \end{array} \right]$$

Où :

CH₄ émissions_{HH Inondées} = émissions totales de CH₄ des terres inondées par an, kg CH₄ an⁻¹

P_f = période sans couverture de glace, jours an⁻¹

P_i = période avec couverture de glace, jours an⁻¹

Ef(CH₄)_{diff} = émissions de diffusion quotidiennes moyennes dues à l'interface air-eau pendant la période sans glace, kg CH₄ ha⁻¹ jour⁻¹

Ef(CH₄)_{ébul} = émissions par bulles quotidiennes moyennes dues à l'interface air-eau pendant la période sans couverture de glace, kg CH₄ ha⁻¹ jour⁻¹

E_i(CH₄)_{diff} = émissions de diffusion liées à la période de couverture de glace, kg CH₄ ha⁻¹ jour⁻¹

E_i(CH₄)_{ébul} = émissions d'ébullition liées à la période de couverture de glace, kg CH₄ ha⁻¹ jour⁻¹

S_{Inondées, surface} = superficie totale de surface inondée, y compris terres inondées, lacs et rivières, ha

CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSIONS**Niveau 1**

Les principales valeurs par défaut nécessaires à la méthode de niveau 1 sont les facteurs d'émissions du CH₄ par voie de diffusion. Le tableau 3a.2 présente les émissions mesurées pour différentes zones climatiques. Dans la mesure du possible étant données les recherches disponibles, ces émissions mesurées intègrent les variations spatiales (intra-réservoir et régionales) et temporelles (sec/pluvieux et autres variations saisonnières, variations interannuelles) connues dans les émissions des réservoirs. Au niveau 1, on utilisera les facteurs d'émissions par défaut uniquement pour la période sans couverture de glace. On suppose que les émissions de CH₄ sont nulles pendant la période de couverture de glace complète. Si les pays ne disposent pas de données par défaut, ils devront utiliser les valeurs des facteurs d'émissions les plus proches (émissions d'une région climatique similaire).

Niveau 2

Au niveau 2, il faudra utiliser autant que faire se peut des facteurs d'émissions spécifiques au pays au lieu de facteurs par défaut. Il faudra aussi disposer d'estimations supplémentaires des émissions hivernales et des émissions de CH₄ par bulles, pour lesquelles il faudra développer des facteurs d'émissions spécifiques au pays. Un mélange de valeurs par défaut et de facteurs d'émissions spécifiques au pays sera certainement utilisé si les facteurs spécifiques au pays ne permettent pas de couvrir toute la plage de conditions environnementales et de gestion. L'encadré 2a.1 de l'appendice 2 présente le développement de facteurs d'émissions spécifiques au pays. Le calcul de facteurs spécifiques au pays devra être documenté clairement, et publié dans des publications révisées par des spécialistes.

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

On pourra avoir besoin de différents types de données sur les activités pour estimer les émissions des terres inondées, en fonction du niveau mis en place et des sources connues de variabilité spatiale et temporelle sur le territoire national. Ces types de données sur les activités correspondent aux données requises pour les émissions de CO₂, décrites à la section 7.3.2.

Superficie de terres inondées

À tous les niveaux, il faudra disposer de données spécifiques au pays sur les superficies de terres inondées afin d'estimer les émissions de diffusion et d'ébullition. Autre solution : les pays peuvent obtenir une estimation de leur superficie de terres inondées à partir d'analyses de la couverture des bassins-versants, de bases de données nationales sur les barrages, des données de la Commission internationale des grands barrages (ICOLD, 1998) ou du rapport de la Commission mondiale des grands barrages (WCD, 2000). Puisque la superficie de terres inondées peut changer rapidement, les pays devront utiliser des données récentes et mises à jour. Les approches de niveau 2 ou 3 préféreront utiliser des bases de données nationales permettant de suivre les superficies de surface des réservoirs. Ces bases de données devront également inclure d'autres paramètres comme la profondeur des réservoirs, l'année de l'inondation et la situation géographique du réservoir (voir encadré 2a.1 à l'appendice 2).

Période sans couverture de glace/période de couverture de glace

Aux niveaux 2 et 3, il faudra connaître les périodes pendant lesquelles les réservoirs ne sont pas couverts de glace ou sont couverts de glace, afin d'estimer les émissions de CH₄. On pourra obtenir ces données auprès des services météorologiques nationaux.

Volume d'écoulements/déversements

Au niveau 3, le volume d'écoulements/déversements des terres inondées devra être connu afin d'estimer les émissions de dégazage de CH₄.

Concentrations de CH₄ en aval et en amont des barrages

Au niveau 3, il faudra disposer des données relatives aux concentrations de CH₄ en amont et en aval des barrages, afin d'estimer les émissions de dégazage. Les informations relatives aux techniques de mesures pourront être obtenues en lisant les références citées à l'encadré 2a.1 de l'appendice 2.

TABLEAU 3A.2
ÉMISSIONS MESUREES DE CH₄ DES TERRES INONDEES

Climat	Émissions de diffusion (période sans couverture de glace) $E_f(\text{CH}_4)_{\text{diff}}$ (kg CH ₄ ha ⁻¹ jour ⁻¹)					Références
	Valeur médiane	Min	Max	N _m	N _{res}	
Polaire/boréal pluvieux	0,086	0,011	0,3	253	13	Blais 2005 ; Tremblay <i>et al.</i> 2005 ; Therrien, 2004 ; Therrien, 2005 ; Huttunen <i>et al.</i> , 2002 ; Lambert, 2002 ; Duchemin, 2000
Froid tempéré, humide	0,061	0,001	0,2	233	10	Tremblay <i>et al.</i> , 2005 ; Therrien, 2004 ; Blais, 2005 ; Lambert, 2002 ; Duchemin <i>et al.</i> , 1999
Chaud, tempéré, humide	0,150	- 0,05	1,1	416	16	Tremblay <i>et al.</i> , 2005 ; Soumis <i>et al.</i> , 2004 ; Duchemin, 2000 ; Smith et Lewis, 1992
Chaud tempéré, sec	0,044	0,032	0,09	135	5	Therrien <i>et al.</i> , 2005 ; Therrien, 2004 ; Soumis <i>et al.</i> , 2004
Tropical, pluvieux	0,630	0,067	1,3	303	6	Tavares de lima, 2005 ; Abril <i>et al.</i> , 2005 ; Therrien, 2004 ; Rosa <i>et al.</i> , 2002 ; Tavares de lima <i>et al.</i> , 2002 ; Duchemin <i>et al.</i> , 2000 ; Galy-Lacaux <i>et al.</i> , 1997 ; Galy-Lacaux, 1996 ; Keller et Stallard, 1994
Tropical, sec	0,295	0,070	1,1	230	5	Rosa <i>et al.</i> , 2002 ; Dos Santos, 2000

Les valeurs de la deuxième colonne représentent la valeur médiane des émissions de CH₄ indiquées dans les études publiées, qui sont elles-mêmes des moyennes arithmétiques de flux mesurés au dessus de réservoirs individuels. On utilise les valeurs moyennes parce que les distributions de fréquence des mesures des flux sous-jacents ne sont pas normales, et que leur moyenne arithmétique est déjà faussée par des valeurs extrêmes. Les valeurs min et max sont respectivement les mesures les moins et les plus élevées de toutes les mesures individuelles d'une région climatique donnée ; elles sont fournies uniquement comme indication de la variabilité. N_m = nombre de mesures ; N_{res} = nombre de réservoirs échantillonnés.

Ces mesures peuvent inclure des émissions non anthropiques (par exemple, des émissions du carbone dans le bassin en amont) et donc un double comptage des émissions anthropiques est possible (par exemple pour l'eau d'égouts de zones urbaines dans la région du réservoir), entraînant par suite une surestimation des émissions.

ÉVALUATION DES INCERTITUDES

Les deux principales sources d'incertitude pour l'estimation des émissions de CH₄ des terres inondées sont la qualité des facteurs d'émissions de diverses voies (de diffusion, ébullition et dégazage) et les superficies de terres inondées.

Facteurs d'émissions

Les émissions de diffusion moyennes présentées au tableau 3a.2 varient selon un ordre de grandeur dans les régions boréales et tempérées, et de un à trois dans les régions tropicales. On observe la même variabilité des émissions par bulles dans toutes les régions (environ un ordre de grandeur). L'utilisation de facteurs d'émissions par défaut présente donc des incertitudes élevées.

Les émissions de dégazage de CH₄ sont également une source d'incertitude importante. Les émissions de dégazage sont un élément important des émissions de GES des terres inondées tropicales (Galy-lacaux *et al.*, 1997), formant plus de 40 % des émissions totales de GES pour un réservoir âgé de neuf ans (Delmas *et al.*, 2005). Néanmoins, pour de nombreux réservoirs les émissions de dégazage sont faibles et négligeables

(Duchemin, 2000 ; Soumis *et al.*, 2004). Il faudra en conséquence effectuer les estimations du CH₄ au cas par cas, en attendant de disposer d'informations supplémentaires sur la dynamique des émissions de dégazage du CH₄.

Pour réduire les incertitudes des facteurs d'émissions, les pays devront développer des stratégies d'échantillonnage appropriées et statistiquement valides, prenant en compte la variabilité naturelle de l'écosystème étudié (voir encadré 2a. de l'appendice 2). Le cas échant, on pourra améliorer l'exactitude en faisant la distinction entre les périodes de couverture de glace et les périodes sans couverture de glace (Duchemin *et al.*, 2005). Ces stratégies d'échantillonnage devront inclure un nombre de sections d'échantillonnage suffisant par réservoir, et un nombre de réservoirs et de périodes d'échantillonnage suffisant. Le nombre de sections d'échantillonnage devra être déterminé à l'aide d'une approche statistique reconnue. En outre, les pays devront prendre en compte les facteurs inclus à l'encadré 2a.1 de l'appendice 2.

Superficie de surface des terres inondées

Des informations devraient exister sur les superficies inondées et retenues par de grands barrages (> 100 km²) ; celles-ci seront probablement inexactes dans une plage de 10 %, surtout dans les pays disposant de grands barrages et de réservoirs hydroélectriques. Pour les pays dont les territoires présentent de nombreuses terres inondées et qui ne disposent pas de bases de données nationales, les superficies inondées et retenues par des barrages seront probablement incertaines dans une plage de plus de 50 %. Il pourra aussi être difficile d'obtenir des informations précises sur l'emplacement, le type et la fonction de barrages plus petits ; néanmoins on pourra effectuer des déductions statistiques en fonction de la distribution des tailles des réservoirs pour lesquels on dispose d'informations. Par ailleurs les réservoirs sont créés à diverses fins, qui influencent la disponibilité des données ; en conséquence l'incertitude relative à la superficie de surface dépendra des conditions spécifiques au pays.

3a.2 Terres converties en terres inondées

Dans l'état des connaissances actuelles sur les *terres converties en terres inondées*, il est préférable d'utiliser les émissions mesurées présentées au tableau 3a.2. Les compilateurs d'inventaires devront utiliser les méthodes de niveau 1, 2 ou 3 décrites à la section 3a.1 afin d'estimer les émissions de CH₄ des *terres converties en terres inondées*.

Références

- Abril, G., Guérin, F., Richard, S., Delmas, R., Galy-Lacaux, C., Gosse, P., Tremblay, A., Varfalvy, L., dos Santos, M.A. and Matvienko, B. (2005). Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-years old tropical reservoir (Petit-Saut, French Guiana), *Global Biogeochemical Cycle*, **19**, doi:10292005GB002457.
- Blais, A.-M. (2005). Étude des gaz à effet de serre en milieux aquatiques Relevés de terrain 2005. Rapport d'Environnement Illimité à Hydro-Québec Production. 30 p. and annexes.
- Delmas, R., Richard, S., Guérin, F., Abril, G., Galy-Lacaux, C., Delon, C. and Grégoire, A. (2005). Long Term Greenhouse Gas Emissions from the Hydroelectric Reservoir of Petit Saut (French Guiana) and Potential Impacts. In Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm and M. Garneau (Eds.). Greenhouse gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. Environmental Science Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 293-312.
- dos Santos, M.A. (2000). Inventário emissões de gases de efeito estufa derivadas de Hidrelétricas, PhD. Dissertation, University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 154p.
- Duchemin, E., Lucotte, M., Canuel, R. and Soumis, N. (2006). First assessment of CH₄ and CO₂ emissions from shallow and deep zones of boreal reservoirs upon ice break-up, Lakes and Reservoirs: *Research and Management*, **11**:9-19.
- Duchemin, É. (2000). Hydroelectricity and greenhouse gases: Emission evaluation and identification of biogeochemical processes responsible for their production, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 321 p (available on CD-ROM).
- Duchemin, É., Lucotte, M., Canuel, R. and Chamberland, A. (1995). Production of the greenhouse gases CH₄ and CO₂ by hydroelectric reservoirs of the boreal region, *Global Biogeochemical Cycles*, **9**, 4, 529-540.

- Duchemin, É., Lucotte, M., Canuel, R., Almeida Cruz, D., Pereira, H.C., Dezincourt, J. and Queiroz, A.G. (2000). Comparison of greenhouse gas emissions from an old tropical reservoir and from other reservoirs worldwide, *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **27**, 3, 1391-1395.
- Duchemin, É., Canuel, R., Ferland, P. and Lucotte, M. (1999). Étude sur la production et l'émission de gaz à effet de serre par les réservoirs hydroélectriques d'Hydro-Québec et des lacs naturels (Volet 2), Scientific report, Direction principal Planification Stratégique - Hydro-Québec, 21046-99027c, 48p.
- Galy-Lacaux, C. (1996). Modifications des échanges de constituants mineurs atmosphériques liées à la création d'une retenue hydroélectrique. Impact des barrages sur le bilan du méthane dans l'atmosphère, PhD dissertation, Université Paul Sabatier, Toulouse (France), 200 p.
- Galy-Lacaux, C., Delmas, R., Jambert, C., Dumestre, J.-F., Labroue, L., Richard, S. and Gosse, P. (1997). Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: a case study in French Guyana, *Global Biogeochemical Cycles*, **11**, 4, 471-483.
- Galy-Lacaux, C., Delmas, R., Kouadio, G., Richard, S. and Gosse, P. (1998). Long-term greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions, *Global Biogeochemical Cycles*, **13**, 2, 503-517.
- Hélie, J.F. (2004). Geochemistry and fluxes of organic and inorganic in aquatic systems of eastern Canada: examples of the St-Lawrence River and Robert-Bourassa reservoir: Isotopic approach, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 205p.
- Houel, S. (2003). Dynamique de la matière organique terrigène dans les réservoirs boréaux, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 121p.
- Huttunen, J.T., Väisänen, T.S., Hellsten, S.K., Heikkinen, M., Nykänen, H., Jungner, H., Niskanen, A., Virtanen, M.O., Lindqvist, O.V., Nenonen, O.S. and Martikainen, P.J. (2002). Fluxes of CH₄, CO₂, and N₂O in hydroelectric reservoir Lokka and Porttipahta in the northern boreal zone in Finland, *Global Biogeochemical Cycles*, **16**, 1, doi:10.1029/2000GB001316.
- International Commission on Large Dams (ICOLD) (1998). World Register of Dams 1998. Paris. International Committee on large Dams (Ed.). Metadatabase.
- Keller, M. and Stallard, R.F. (1994). Methane emission by bubbling from Gatun lake, Panama, *J. Geophys. Res.*, **99**, D4, 8307-8319.
- Lambert, M. (2002). Campagne d'échantillonnage sur les émissions de gaz à effet de serre des réservoirs et des lacs environnants - Rapport de terrain 2001. Rapport présenté à la Direction Barrage et environnement par la Direction Environnement, Hydro-Québec, 108 p and appendix.
- Rosa, L.P., Matvienko Sikar, B., dos Santos, M.A., and Matvienko Sikar, E. (2002). Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidroelétricos brasileiros, Relatório de referência – Inventário brasileiro de emissões antropicas de gás de efeito de estufa, Ministério da Ciência e tecnologia, Brazil, 199p.
- Smith, L.K. and Lewis, W.M. (1992). Seasonality of methane emissions from five lakes and associated wetlands of the Colorado Rockies, *Global Biogeochemical Cycles*, **6**, 4, 323-338
- Soumis, N., Duchemin, É., Canuel, R. and Lucotte, M. (2004). Greenhouse gas emissions from reservoirs of the western United States, *Global Biogeochem. Cycles*, **18**, GB3022, doi:10.1029/2003GB002197.
- Tavares de Lima, I. (2005). Biogeochemical distinction of methane releases from two Amazon hydroreservoirs, *Chemosphere*, (in press)
- Tavares de Lima, I. (2002). Emissão de metano em reservatório hidrelétrico amazônico através de leis de potência (Methane emission from Amazonian hydroelectric reservoirs through power laws), PhD Dissertation, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil, 119 p.
- Therrien, J. (2004). Flux de gaz à effet de serre en milieux aquatiques - Suivi 2003. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil Inc. présenté à Hydro-Québec. 52 p. et annexes.
- Therrien, J., Tremblay, A. and Jacques, R. (2005). CO₂ Emissions from Semi-arid Reservoirs and Natural Aquatic Ecosystems. In Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm et M. Garneau (Eds.). Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. Environmental Science Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 233-250.
- Tremblay, A., Therrien, J., Hamlin, B., Wichmann, E. and LeDrew, L. (2005). GHG Emissions from Boreal Reservoirs and Natural Aquatic Ecosystems. In Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm and M. Garneau

- (Eds.). Greenhouse gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. Environmental Science Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 209-231.
- WCD (2000). Dams and Development a New Framework for Decision-Making, The report of the World Commission on Dams, Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA, 356 p.