

附录 2 对土地转变为永久性水淹地过程中二氧化碳排放量的可能估测方法：未来方法学的建立基础

淹水之后的时间长短对来自水淹地的温室气体流量及气体组分均有重大影响，有关世界范围内水库的最新统计分析表明，淹水之后水库中排放立即产生了急速增长，此后排放恢复到一个相对稳定的水平。（Tremblay 等，2005；Therrien 等，2005；Soumis 等，2005；和 Huttunen 等，2002，2003）。淹水后排放的减少速率可能取决于水库座落的区域，但是似乎大约 10 年之内会发生变化（Delmas 等，2005；Abril 等，2005；Tremblay 等，2005）。

迹象表明，淹水后大约前十年内的 CO₂ 排放是淹水前土地上一些有机物质衰减的结果。一经淹水，生产者生物即可获取易于降解的碳和营养物，并可进行代谢。这段时间之后，由于来自小流域的有机物质输入转入水淹地，二氧化碳会持续排放（Houel，2003；Hélie，2004；Cole 和 Caraco，2001）。为了避免二氧化碳排放的重复计算（此排放可能已捕获在小流域管理土地的温室气体动态平衡中，亦无淹水对这些排放的长期影响的相关确切证据），缺省方法仅考虑淹水后前十年。

土地利用变化活动自身引起的任何排放（例如，由土地淹水前的土地清垦引起的二氧化碳或非二氧化碳排放），应采用本卷其他地方提供的方法学进行估算。

淹水之前，土地可能被清垦。有机物质可能被烧除或采伐（例，对于木材）。应采用本卷中估算淹水前碳库变化的适合方法来估算所产生的排放。应对这些排放发生的年份进行估算。

淹水和任何土地清垦之后，来自转化为水淹地的土地中的二氧化碳排放可经由下述途径产生：

- 扩散排放，由气-水界面间的分子扩散引起；这是二氧化碳排放的主要途径；
- 气泡排放，即源自沉淀物通过水柱经气泡产生的气体排放；这是二氧化碳排放的一个很次要的途径。
- 脱气排放，即因静水压力突然变化引起的排放，以及水库的水流经涡轮机或泄洪道后增加的气/水交换作用表面所引起的排放。（Duchemin，2000；Hélie，2004；Soumis 等，2004；和 Delmas 等，2005）

此附录列出了复杂性递增的三种方法层级，称作层级 1、2 和 3。

层级 1 和 2 仅估算扩散排放。基于详细测量的层级 3 方法，纳入来自淹水土地中的二氧化碳排放的所有相关流量。层级 3 包括脱气排放，并考虑了水库的年代、地理位置和水温。此附录未深入概述层级 3 方法，但各国应参照关于推导国家特定排放因子的框 2a.1，以作为实施层级 3 的资源。当使用层级 3 时，应估算水库寿命期来自水淹地的所有相关排放。表 2a.1 概述了这三层级方法对于二氧化碳排放途径的覆盖范围。

框 2A.1 国家特定排放因子的推导

推导国家特定排放因子的计划，应认真考虑与其他各部门的可能重复以及排放的适合归属。例如，最终由小流域内肥料施用或污水处理引起的 N₂O 排放，不应报告在水淹地类别。

一般来说，推导国家特定排放因子需要对蓄水表面的温室气体流量进行实际测量。在一国领土上，应建立最主要类别水库的各自排放因子。为使所需步骤最简，应首先将水库分类，考虑各水库间变化性相关的主要因子，尤其是气候带和地质基础（极大影响 pH）。进行此工作，地图和国家生态层可能有用。

在每一水库类别中，如有必要，测量战略的设计应可获取代表性流量值（按水库年代、形态、管理做法、营养物状况和其他相关因子）。最后，在任一单个水库内，应采用严格设计的流量抽样方案，以考虑由深度和水流变化、近岸程度和水生植物存量引起的空间变化性；以及由昼夜和季节循环引起的变化性。流量测量应按全年进行，最好按数年。

有用信息可从下述参考资料中获取：Therrien 等，2005；Duchemin 等，2006；Delmas 等，2005；Abril 等，2005；Rosa 等，2004；Soumis 等，2004；Tavares de lima，2002；Huttunen 等，2002；Duchemin，2000；Duchemin 等，1999；Rosa 等，1996；and Duchemin 等，1995。

排放因子的建立应考虑最主要的排放类别：扩散，气泡，和脱气估算排放，需要测量水库上游和下游不同地点的甲烷和二氧化碳浓度，以估算脱气排放。

表 2A.1
转化为水淹地的土地的各层级方法和二氧化碳排放路径

	CO ₂
方法 1	• 扩散排放
方法 2	• 扩散排放
方法 3	• 所有排放

方法的选择

图 2a.1 的流程图引导清单编制者通过选择适合层级的过程。清空间分类水平，将取决于活动数据和排放因子数据的可获性，以及水库作为国家温室气体排放贡献者的重要性。

方法 1

方法 1 提供了估算水库中产生的二氧化碳的简化方法，采用缺省排放因子和高度汇总的面积数据。方法 1 中所包括的唯一的二氧化碳排放途径是无冰期的扩散排放。假设冰覆盖期相关的二氧化碳扩散排放为零。缺省假设为：二氧化碳排放仅限于淹水后的前 10 年，且随后产生的二氧化碳排放来自进入其他土地区域（即上游农业）水库的碳。如果淹水前地上部生物量已被清除，那么由于土地转化为水淹地引起的地上部活生物量的碳库变化，可采用第 2 章中公式 2.16 进行估算。如果地上部生物量被烧除，应采用第 2 章公式 2.14 或 2.27（来自生物量燃烧的排放）。此外，如下文所述，流量公式在任何情况下均应用于估算源自未清除碳的二氧化碳排放。

留在原地的地上部生物量和土壤有机物质的腐败均将引起排放。公式 2a.1 表明了这些二氧化碳排放的层级 1 方法。

公式 2A.1

源自转化为水淹地的土地的二氧化碳排放（层级 1）

$$CO_2 \text{ 排放}_{LWflood} = P \cdot E(CO_2)_{diff} \cdot A_{flood, total_surface} \cdot f_A \cdot 10^{-6}$$

其中：

CO₂ 排放_{LW 淹水} = 源自转化为水淹地的土地的总 CO₂ 排放, Gg CO₂/年

P = 一年中无冰覆盖的天数, 天数/年

E (CO₂)_{扩散} = 平均日扩散排放, kg CO₂/公顷/天

A_{淹水总面积} = 总蓄水表面面积, 包括水淹地、湖泊和江河, 公顷

f_A = 在最近 10 年间淹水所占蓄水总面积的比例

采用公式 2a.1 进行的二氧化碳的排放估算有很高不确定性, 缺省排放因子未考虑淹水后特定地点状况及时间的差异。当与第 2 章公式 2.14, 2.16, 或 2.27 结合使用时, 公式 2a.1 的采用还可能导致高估排放。各国采用方法 2 可更准确地表述淹水后二氧化碳排放的适合时间层。方法 2 的相关指南见下文。

方法 2

在方法 2 中, 国家特定排放因子用于估算二氧化碳扩散排放。在第 2 层方法中, 可根据公式 2a.2 所示方法来估算源自水库的二氧化碳排放。与采用方法 1 相同, 除非另有说明, 采用方法 2 时, 对于源自转化为水淹地土地中产生的二氧化碳排放, 仅应估算淹水后十年间的排放。

扩散排放的估算还可扩展到区分在何时期水库为无冰期和冰覆盖期 (Duchemin 等, 2006)。这对于寒冷气候条件下的各国, 可能是准确性的一个重大改进。水淹地面积可能按照气候带, 地质基础, 或框 2a.1 列出的其他相关参数进一步划分。

公式 2A.1

源自转化为水淹地的土地的二氧化碳排放（层级 2）

$$CO_2 \text{ 排放}_{LW淹水} = \left[\frac{\left((P_f \cdot E_f(CO_2)_{diff}) + (P_i \cdot E_i(CO_2)_{diff}) \right)}{\left(A_{f淹水, 表面} \cdot f_A \cdot 10^{-6} \right)} \right] \cdot$$

其中：

CO₂ 排放_{LW 淹水} = 源自转化为水淹地的土地的总 CO₂ 排放, Gg CO₂/年

P_f = 无冰期, 天数/年

P_i = 冰覆盖期, 天数/年

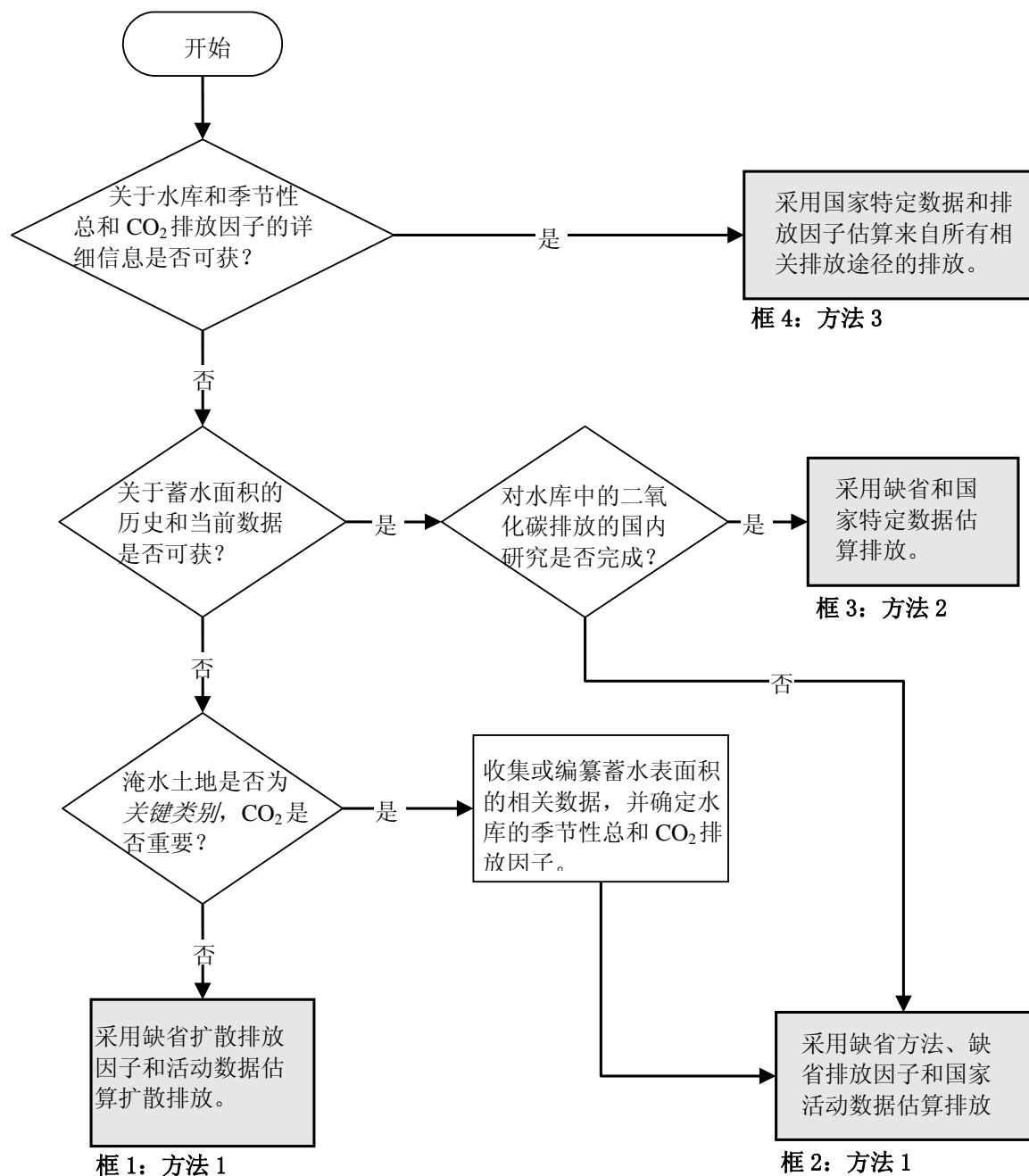
E_f(CO₂)_{扩散} = 无冰期源自水气界面的平均日扩散排放, kg CH₄/公顷/日

E_i(CH₄)_{扩散} = 与冰覆盖期相关的扩散排放, kg CH₄/公顷/日

A_{淹水, 表面} = 总蓄水表面面积, 包括水淹地、湖泊和江河, 公顷

f_A = 最近 10 年间淹水总面积的比例, 无量纲

图 2a.1 选择适合层级的流程图



注：1：关于关键类别和决策树用途的讨论，参见第 1 卷第 4 章“方法学选择与确定关键类别”（参见关于有限资源的 4.1.2 节）。

2:如果亚类排在总类别排放清除中占 30%，那么此亚类很重要。

方法 3

层级 3 方法对二氧化碳排放的估算是全面的，且必须包括所有相关二氧化碳排放途径（如脱气排放）的附加国家特定数据。划分了排放因子以反映时间和空间变化的所有相关源（见框 2a.1）。为避免重复计算，方法 3 还需要划分源自淹水有机物质降解以及源自源于小流域的有机物质腐败产生的排放。

选择排放因子

实施方法 1 所需的关键缺省值是经扩散途径产生的二氧化碳的排放因子。表 2a.2 给出了多种气候带的测量排放值。这些测量排放总合了源自水库排放的已知空间（水库内和区域变化）及时间变化（干/雨及其他季节性变化，年度间变化），以及水库水气界面的流量。仅在无冰期采用方法 1。在完全冰覆盖期，假设二氧化碳排放为零，不过实际上确实产生了排放。通过测量，已获取了水气电力或水库调蓄的所有相关数据。

对于方法 2，国家特定排放因子应尽可能使用且应包括冬季（冰覆盖期）排放。建立国家特定排放因子的相关讨论见框 2a.1。国家特定因子的推导应明确记录，并最好在同行审阅的文献中发表。框 2a.1 的指南亦适用于推导方法 3 排放因子。

选择活动数据

估算水淹地中的排放可能需要几种不同类别的活动数据，这取决于所执行的方法以及在一国领域内空间和时间变量的潜在来源。

水淹地面积

对于方法 1，需要总蓄水面积，以及最近十年的淹水比例（ f_A ）。在更高层级，采用更详细的长期排放状况，这将需要淹水土地年代分布的相应信息。此外，各国获取的淹水土地面积可源自：排水流域覆盖分析，国家水坝数据库，国际大坝委员会（ICOLD，1998），或世界水坝委员会报告（WCD，2000）。由于淹水土地面积可迅速变化，也因为十年时间的限制，各国应采用蓄水表面积的更新和最新数据。在方法 2 中，此活动数据应按相关类别进行分类（参见框 2a.1）。对于方法 2 和方法 3，各国应制定一个国家水库数据库，应包含下列相关数据或信息：水库名称、类别、地理坐标、蓄水年份、表面积、深度、流出量、以及其他相关参数（如框 2a.1 所描述）。

无冰覆盖期/冰覆盖期

在所有层级方法中，需要估算无冰期或完全冰覆盖期水库的二氧化碳排放。此信息可从国家气象服务部门获取。

排水/泄洪量

在方法 3 中，需要水淹地的排水和泄洪量以估算甲烷的扩散排放。

大坝上游和下游的二氧化碳浓度

在方法 3 中，将需要大坝上游和下游的二氧化碳浓度，以估算脱气排放。测量技术的相关信息可从框 2a.1 引用的参考文献中获取。

表 2A.2
水淹地的二氧化碳测量排放

气候	扩散排放 (无冰期) $E_f(\text{CO}_2)$ 扩散 ($\text{kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$)					参考文献
	只值	最小值	最大值	$N_{\text{测量}}$	$N_{\text{水库}}$	
极带/北温带, 湿	11.8	0.8	34.5	1011	20	Bergström 等, 2004; Åberg 等, 2004; Huttunen 等, 2002
寒温带, 湿	15.2	4.5	86.3	633	20	Duchemin, 2000; Schellhase 等, 1994; Duchemin 等, 1999; Duchemin 等, 1995; Tremblay 等, 2005
暖温带, 湿	8.1	-10.3	57.5	507	33	Duchemin, 2000; Duchemin, 2002a; St-Louis 等, 2000; Smith and Lewis, 1992; Tremblay 等, 2005
暖温带, 干	5.2	-12.0	31.0	390	43	Soumis 等, 2004; Therrien, 2005
热带, 湿	44.9	11.5	90.9	642	7	Keller and Stallard, 1994; Galy-Lacaux 等, 1997; Galy-Lacaux, 1996; Duchemin 等, 2000; Pinguelli Rosa 等, 2002; Tavares de lima 等, 2002; Tavares de lima, 2005
热带, 干	39.1	11.7	58.7	197	5	Pinguelli Rosa 等, 2002; Dos Santos, 2000

第二栏中各值表述文献报告的 CO_2 排放的中值, 其自身为各水库上方测量的流量的算术平均数。因为基本流量测量的频率分布不正常, 且其算术平均数已被极值扭曲, 因此采用了中值, 最小和最大值分别为特定气候区域内所有独立测量的最低和最高值; 这些值仅用于表明变化性。 N_m = 测量的数目; $N_{\text{水库}}$ = 抽样水库数目。

这些测量可能包括非人为排放 (例如, 源自上游流域的碳排放), 以及可能的人为排放的重复计算 (例如, 源自水库区域内城市地区的废水), 因此可能评价过高的排放。

不确定性评估

估算水库中产生的温室气体排放时，两个最大的不确定性来源为：源自各途径的排放因子（扩散、气泡和脱气）以及蓄水表面积的估算。

排放因子

表 2a.2 所示的二氧化碳扩散排放在寒温带差异为 1-2 量级，在热带为 1-3 量级。因此，采用从表 2a.2 中求出的任一排放因子均将导致高不确定性。由于水库年代对于前 10 年间的二氧化碳流量有着显著影响，此方法可能会导致对二氧化碳排放的低估。

作为温带和热带地区典型重要排放源的二氧化碳脱气排放，对于方法 3 来说，是不确定性的重要来源。研究证明这些二氧化碳排放占源自温带干旱地区水库中的所有温室气体排放的 100%，但在温带潮湿地区，最多达到 30%。在寒温带地区，CO₂ 脱气排放在水库总温室气体排放中占不到 5%

为减少排放因子中的不确定性，各国应建立适合的，统计有效的抽样策略，此策略应考虑基于所研究生态系统时间和空间变化的各因子（见框 2a.1）。

水淹地面积

应可获得大坝后面保留的水淹面积的相关国家统计信息，并且很可能准确到 10% 以内。如果不能获得关于水坝的国家数据库，可使用其它信息，大坝后面保留的水淹面积的不确定性很可能会大于 50%，特别是在淹水面积较大的国家。小型水坝的位置，类型和作用的相关详细信息亦可能很难获取，不过统计推论很可能基于水库（数据可获）的大小分布。水库因多种原因建造，这影响数据的可获性，因此，表面积的不确定性取决于国家特定条件。

参考文献

- Åberg, J., Bergström, A.K., Algesten, G., Söderback, K. and Jansson, M. (2004). A comparison of the carbon balances of a natural lake (L. Östräsket) and a hydroelectric reservoir (L. Skinnmuddset) in northern Sweden, *Water Research*, **28**, 531-538.
- Abril, G., Guérin, F., Richard, S., Delmas, R., Galy-Lacaux, C., Gosse, P., Tremblay, A., Varfalvy, L., dos Santos, A.M. 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* (in press).
- Bergström, A.K., Algesten, G., Sobek, S., Tranvik, L. and Jansson, M. (2004). Emission of CO₂ from hydroelectric reservoirs in northern Sweden, *Arch. Hydrobiol.*, **159**, 1, 25-42.
- Cole, J.J. and Caraco, N.F. (2001). Carbon in catchments: connecting terrestrial carbon losses with aquatic metabolism. *Marine and Freshwater Research*, **52**:101-110
- 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.
- Fearnside, P.M. (2002). Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí dam) and the energy policy implications, *Water Air and Soil Pollution* **133**, 1-4, 69-96.
- 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.
- 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., Alm, J., Liikanen, A., Juutinen, S., Larmola, T., Hammar, T., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (2003). Fluxes of methane, carbon dioxide and nitrous oxide in boreal lakes and potential anthropogenic effects on the aquatic greenhouse gas emissions, *Chemosphere*, **52**, 609-621
- 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.
- Rosa, L.P., Schaeffer, R. and Santos, M.A. (1996). Are hydroelectric dams in the Brazilian Amazon significant sources of greenhouse gases? *Environmental Conservation*, **66**, No. 1: 2-6. Cambridge University Press.
- Rosa, L.P., Santos, M.A., Matvienko, B., Santos, E.O. and Sisar, E. (2004). Greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical Regions, *Climatic Change*, **66**: 9-21.
- Rosa, L.P., Matvienko Sikar, B., dos Santos, M.A., 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.
- Schlellhase, H.U. (1994). B.C. Hydro Strategic R&D; Carbon project - Reservoir case study, Powertech Labs inc., Final Report, 1-57.
- 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., Lucotte, M., Duchemin, É., Canuel, R., Weissenberger, S., Houel, S. and Larose, C. (2005). Hydroelectric reservoirs as anthropogenic sources of greenhouse gases. In *Water Encyclopedia*. Volume 3: Surface and agricultural water, sous la dir. de J. H. Lehr et J. Keeley. p. 203-210. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- 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.
- St-Louis, V., Kelly, C.A., Duchemin, É., Rudd, J.W.M. and Rosenberg, D.M. (2000). Reservoir surfaces as sources of greenhouse gases: A global estimate, *Bioscience*, **50**, 9, 766-775.
- Tavares de Lima, I. (2005). Biogeochemical distinction of methane releases from two Amazon hydroreservoirs, *Chemosphere*, In Press

- Tavares de Lima, I. (2002). Emissao de metano em reservatorio hidreletricos amazonicos atraves de leis de potencia (Methane emission from Amazonian hydroelectric reservoirs through power laws), PhD Dissertation, Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil, 119 p.
- Therrien, J. (2005). Aménagement hydroélectrique de l'Eastmain-1 – Étude des gaz à effet de serre en milieux aquatiques 2003-2004. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil Inc. à la Société d'énergie de la Baie James. 48 p. et annexes.
- 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.