

التذليل 2 مقرب محتمل لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الأراضي المحولة إلى أراضٍ مغمورة بصفة دائمة: أساس للتطورات المنهجية في المستقبل

تؤثر الفترة المنقضية منذ حدث الغمر بشكل هام على تدفقات غازات الاحتباس الحراري من الأراضي المغمورة وكذلك على تقسيم الغازات. وتشير التحاليل الإحصائية الحديثة للخزانات حول العالم إلى وجود تدفق سريع من الانبعاثات بعد الغمر مباشرة، تعود بعده الانبعاثات إلى مستوى ثابت نسبياً (Tremblay *et al.*, 2005; Therrien *et al.*, 2005; Soumis *et al.*, 2005; and Huttunen *et al.*, 2002, 2003). ويعتمد معدل انخفاض الانبعاثات بعد الغمر على المنطقة التي يقع بها الخزان لكن يبدو أنه يتباين في فترة 10 سنوات تقريباً (Delmas *et al.*, 2005; Abril *et al.*, 2005; Tremblay *et al.*, 2005).

ويشير الدليل أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للعشر سنوات الأولى على وجه التقريب بعد الغمر تحدث نتيجة لتحلل بعض المادة العضوية في الأراضي قبل الغمر. ويتاح الكربون والمغذيات سهلة التحلل للكائنات الدقيقة المنتجة نتيجة الغمر وعمليات الأيض. وبعد هذه الفترة، يتم دعم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عن طريق مدخلات المادة العضوية التي يتم نقلها إلى منطقة مغمورة من المجتمعات المائية. ولتفادي الحساب المزدوج لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، والتي قد يكون قد تم تسجيلها بالفعل في رصيد غازات الاحتباس الحراري في الأراضي المدارة في المجتمعات المائية، وفي ظل غياب الدليل القاطع على التأثير طويل المدى للغمر على هذه الانبعاثات، فإن المنهجية الافتراضية تراعي فقط السنوات العشر الأولى بعد الغمر.

وينبغي تقدير أية انبعاثات تنشأ عن نشاط تغير الاستخدام نفسه (مثل، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أو غير ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن إزالة الغطاء النباتي قبل غمر الأراضي) باستخدام المنهجيات المقامة في أماكن أخرى من هذا المجلد.

ففي بعض الحالات يتم إزالة الغطاء النباتي قبل الغمر. ومن ذلك حرق المادة العضوية الميتة أو حصادها (مثل، الخشب). وينبغي تقدير الانبعاثات الناجمة باستخدام المنهجيات المناسبة في هذا المجلد لتقدير التغير في مخزون الكربون قبل الغمر. ومن الأهمية أن يتم تقدير هذه الانبعاثات في العام الذي تقع فيه.

وعقب الغمر، وأية عملية لإزالة الغطاء النباتي، قد تحدث انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الأراضي المحولة إلى أراضٍ مغمورة عبر المسارات التالية:

- الانبعاثات الانتشارية، نتيجة الانتشار الجزيئي عبر واجهة الهواء-الماء، ويعد المسار الأكبر لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون؛
- الانبعاثات الفقاعية، أو الانبعاثات الغازية من الرواسب عبر عمود الماء في صورة فقاعات، ويعد هذا المسار الأصغر لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون؛
- الانبعاثات الناشئة من إزالة الغاز، أو الانبعاثات الناجمة عن التغير المفاجئ في الضغط الهيدروستاتيكي، وكذلك سطح تبادل الهواء/الماء المتزايد بعد تدفق مياه الخزانات عبر المحركات و/أو قناة تصريف (Duchemin, 2000; Hélie, 2004; Soumis *et al.*, 2004; and Delmas *et al.*, 2005).

ويقدم هذا التذليل بنية هرمية من ثلاثة مستويات متدرجة التعقيد تسمى المستويات 1 و2 و3.

يعمل المستويان 1 و2 على تقدير الانبعاثات الانتشارية فقط. وتشمل طريقة المستوى 3، التي تستند إلى القياسات المفصلة، كافة التدفقات ذات الصلة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الأراضي المدارة. ويشمل المستوى 3 انبعاثات إزالة الغاز ويراعي العمر والموقع الجغرافي ودرجة حرارة مياه الخزان. ولم يتم في هذا التذليل تقديم مزيد من التحديد حول طريقة المستوى 3، لكن يمكن للبلدان الرجوع إلى الإطار 2-1 فيما يخص اشتقاق المعاملات الخاصة بالبلد كمورد لتطبيق المستوى 3. وعند استخدام المستوى 3، ينبغي تقدير كافة الانبعاثات ذات الصلة من الأراضي المغمورة طوال فترة حياة الخزان. ويلخص الجدول 2-1 تغطية المستويات الثلاثة فيما يتعلق بمسارات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

الإطار 2-1

اشتقاق معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد

ينبغي أن تراعي الطرق المعنية باشتقاق معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد التراكب المحتمل مع القطاعات الأخرى والتوزيع الملائم للانبعاثات. على سبيل المثال، لا ينبغي الإبلاغ عن انبعاثات أكسيد النتروز التي تنتج بصورة نهائية نتيجة إضافة المخضبات أو معالجة مياه الصرف في مستجمعات المياه في فئة الأراضي المغمورة.

وبصفة عامة، يتطلب اشتقاق معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد قياسات فعلية لتدفقات غاز الاحتباس الحراري من أسطح الخزان. وينبغي وضع معاملات انبعاث منفصلة لأنواع السائدة من الخزانات في المناطق الوطنية. وللد من الجهد المطلوب، ينبغي أولاً تجميع الخزانات في فئات تراعي المعاملات الأساسية المسؤولة عن التفاوت بين الخزانات، وبالأخص حسب المنطقة المناخية والأساس الجيولوجي (الذي يؤثر بشدة على درجة الحموضة). كذلك يمكن الاستعانة بالخرائط والتقسيم الجيولوجي الوطني في القيام بذلك.

وفي كل فئة خزان، ينبغي تصميم استراتيجية قياس للحصول على قيم التدفق التمثيلية حسب عمر الخزان والمورفولوجيا ونظام الإدارة وحالة المغذيات والمعاملات الأخرى ذات الصلة إذا لزم. وأخيراً، داخل أي خزان فردي، ينبغي تطبيق برنامج معاينة تدفق لمراعاة التغييرية المكانية نتيجة أشكال التفاوت في العمق ونبار الماء والقرب من الشاطئ ووجود النباتات المائية، والتغييرية الزمنية الناشئة عن الدورات اليومية والموسمية. وينبغي أخذ قياسات التدفق على مدار عام كامل، ويفضل على مدار عدة أعوام.

يمكن الحصول على معلومات مفيدة من المراجع التالية: Therrien *et al.*, 2005; Duchemin *et al.*, 2006; Delmas *et al.*, 2005; Abril *et al.*, 2005; Rosa *et al.*, 2004; Soumis *et al.*, 2004; Tavares de lima, 2002; Huttunen *et al.*, 2002; Duchemin, 2000; Duchemin *et al.*, 1999; Rosa *et al.*, 1996; and Duchemin *et al.*, 1995.

ومن الأهمية أن تراعي عملية وضع معاملات الانبعاث أنواع الانبعاثات السائدة: الانتشارية والفقاعية والناشئة من إزالة الغاز. كما يلزم تسجيل قياسات التركيزات المائية للميثان وثاني أكسيد الكربون عند نقاط متنوعة باتجاه وعكس اتجاه التيار في الخزان من أجل تقدير الانبعاثات الناشئة عن إزالة الغاز.

الجدول 12-1	
المستويات ومسارات انبعاث ثاني أكسيد الكربون من الأراضي المحولة إلى أراضٍ مغمورة	
المستوى 1	• الانبعاثات الانتشارية
المستوى 2	• الانبعاثات الانتشارية
المستوى 3	• كافة الانبعاثات

اختبار الطريقة

يمكن للفائمين بالحصص الاسترشاد بالمخطط في الشكل 2-1 في اختيار المستوى المناسب. ويعتمد اختيار المستوى، وكذلك مستوى التجزيء المكاني والزمني الذي تستخدمه هيئات الحصر، على توافر بيانات معاملات الانبعاث والأنشطة، وعلى أهمية الخزانات كمصادر إسهام في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري على المستوى الوطني.

المستوى 1

يقدم المستوى 1 مقترناً بسيطاً لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الخزانات باختيار معاملات الانبعاث الافتراضية وبيانات المساحة عالية التجزيء. ويتمثل مسار انبعاث ثاني أكسيد الكربون الوحيد الذي يتم تضمينه تحت المستوى 1 في الانتشار أثناء الفترة الخالية من الجليد. ويفترض أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الانتشارية المتصلة بفترة الغطاء الجليدي تساوي الصفر. كما يُفترض أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تقتصر على السنوات العشر الأولى التالية لحدوث الغمر، وأن كافة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التالية من الكربون الذي يدخل إلى الخزان من مناطق الأراضي الأخرى (على سبيل المثال، الزراعة في أعالي الأنهار). ويمكن استخدام المعادلة 11-16 في الفصل 2 لتقدير التغير في مخزون الكربون في الكتلة الحيوية فوق الأرض نتيجة تحويل الأراضي إلى أراضٍ مغمورة في حالة إزالة الكتلة الحيوية فوق الأرض قبل الغمر. وفي حالة حرق الكتلة الحيوية فوق الأرض فينبغي استخدام المعادلة 2-14 أو 2-27 في الفصل 2 (الانبعاثات من حرق الكتلة الحيوية). إضافة إلى ذلك، ينبغي استخدام معادلة التدفق، كما هي موضحة فيما يلي، في كافة الأحوال لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الكربون غير المزال.

ويسهم كل من تحلل الكتلة الحيوية فوق الأرض التي تتترك بالموقع والمادة العضوية في التربة في الانبعاثات. وتوضح المعادلة 2-1 طريقة المستوى 1 لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون هذه.

المعادلة 1-أ2

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الأراضي المحولة إلى أراض مغمورة (المستوى 1)

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

حيث:

$CO_2 Emissions_{LW flood}$ = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الإجمالية من الأراضي المحولة إلى أراض مغمورة، جيجا جرام ثاني أكسيد الكربون في العام

P = عدد الأيام بدون الغطاء الجليدي في العام، أيام في العام

$E(CO_2)_{diff}$ = متوسط الانبعاثات الانتشارية اليومية، كجم ثاني أكسيد كربون لكل هكتار في اليوم

$A_{flood, total_surface}$ = المساحة الإجمالية لسطح الخزان، بما في ذلك الأراضي المغمورة والبحيرات والأنهار، هكتار

f_A = جزء مساحة الخزان الإجمالية التي تعرضت للغمر خلال السنوات العشر الأخيرة

وتتسم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المقدر باستخدام المعادلة 1-أ2 بمستويات عالية من عدم التيقن لكون معامل الانبعاث الافتراضي لا يراعي الاختلافات في الظروف الخاصة بالموقع والوقت منذ الغمر. وقد يفضي استخدام المعادلة 1-أ2 كذلك إلى التقدير المرتفع للانبعاثات عند استخدامها إلى جانب المعادلات 2-14 أو 2-16 أو 2-27 في الفصل الثاني. ويمكن للبلدان التي تستخدم طريقة من المستوى 2 تمثيل التشكيل الزمني المناسب لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون عقب الغمر على نحو أكثر دقة. ويتم تقديم الإرشادات المتعلقة بطرق المستوى 2.

المستوى 2

يتم في هذا المستوى استخدام معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد لتقدير الانبعاثات الانتشارية لثاني أكسيد الكربون. وفي المستوى 2، يمكن تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الخزانات باتباع المقترح الموضح في المعادلة 2-أ2. ومثلما هو الحال مع المستوى 1، ينبغي تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الأراضي المحولة إلى أراض مغمورة للسنوات العشر الأولى بعد الغمر فقط ما لم تشر الأبحاث الخاصة بالبلد إلى غير ذلك.

ويمكن كذلك مد تقدير الانبعاثات الانتشارية بحيث يميز بين الفترات التي تكون فيها الخزانات خالية من الجليد والفترات التي تكون فيها الخزانات مغطاة بالجليد (Duchemin et al., 2006). وقد يمثل هذا أحد الإجراءات الهامة لتحسين الدقة للبلدان التي تقع في مناطق مناخية أكثر برودة. كذلك فإن بالإمكان إجراء مزيد من التجزيء لمساحة الأراضي المغمورة حسب المنطقة المناخية والأساس الجيولوجي، أو حسب أي من البارامترات ذات الصلة المدرجة في الإطار 1-أ2.

المعادلة 2-أ2

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الأراضي المحولة إلى أراض مغمورة (المستوى 2)

$$CO_2 Emissions_{LW flood} = \left[\left((P_f \cdot E_f(CO_2)_{diff}) + (P_i \cdot E_i(CO_2)_{diff}) \right) \cdot \left(A_{flood, surface} \cdot f_A \cdot 10^{-6} \right) \right]$$

حيث:

$CO_2 emissions_{LW flood}$ = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الإجمالية من الأراضي المحولة إلى أراض مغمورة، جيجا جرام ثاني أكسيد الكربون في العام

P_f = الفترة الخالية من الجليد، أيام في العام

P_i = الفترة المغطاة بالجليد، أيام في العام

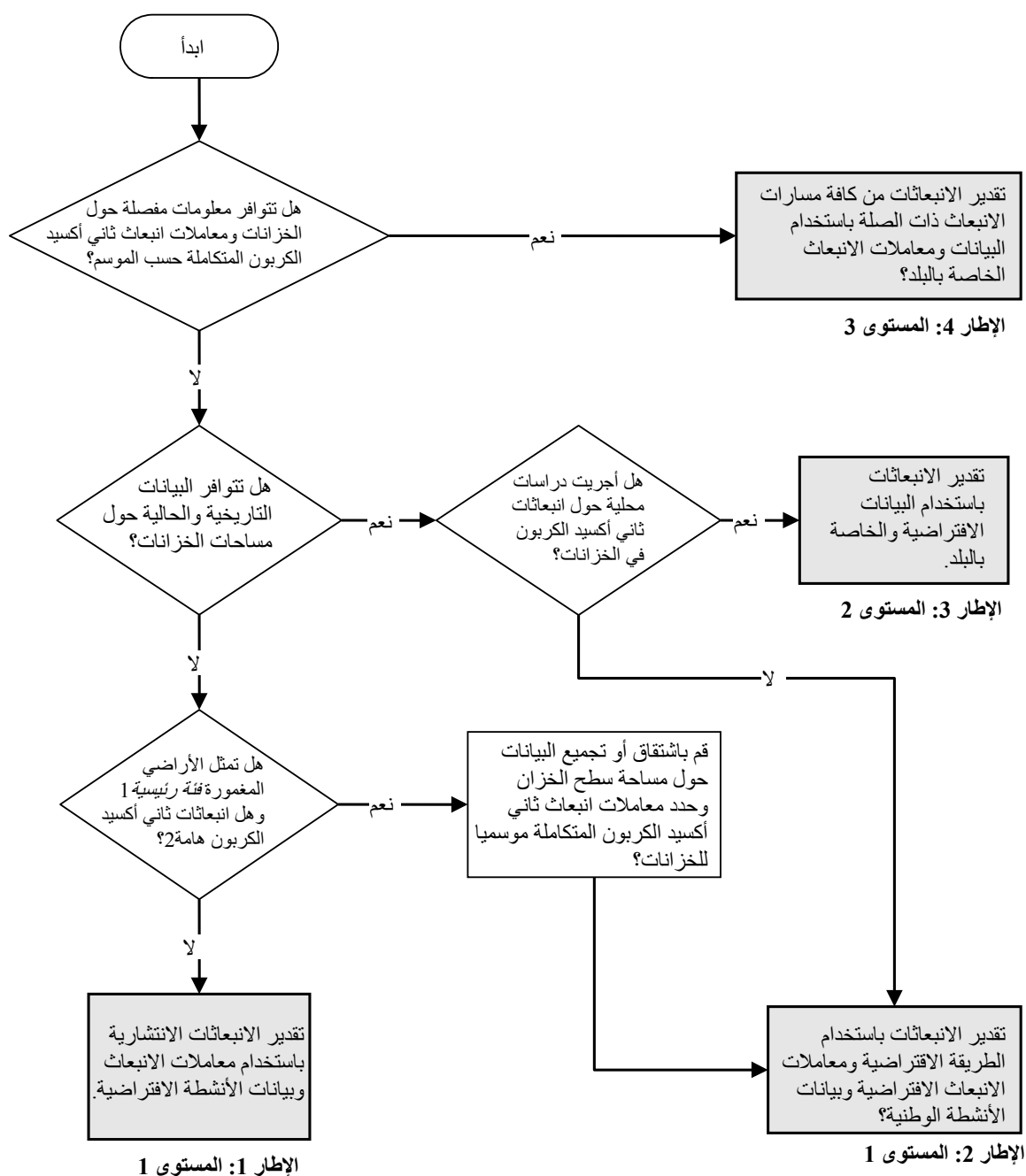
$E_f(CO_2)_{diff}$ = متوسط الانبعاثات الانتشارية اليومية من واجهة الماء-الهواء أثناء الفترة الخالية من الجليد، كجم ثاني أكسيد كربون لكل هكتار في اليوم

$E_i(CO_2)_{diff}$ = الانبعاثات الانتشارية المرتبطة بالفترة المغطاة بالجليد، كجم ثاني أكسيد كربون لكل هكتار في اليوم

$A_{flood, surface}$ = المساحة الإجمالية لسطح الخزان، بما في ذلك الأراضي المغمورة والبحيرات والأنهار، هكتار

f_A = جزء المساحة الإجمالية المغمورة خلال السنوات العشر الأخيرة، بلا أبعاد

الشكل 1-أ2 مخطط انسيابي لاختيار المستوى المناسب



ملاحظة:

1: راجع الفصل 4 من المجلد 1 "الاختيار المنهجي وتحديد الفئات الرئيسية" (مع ملاحظة القسم 4-12 حول المصادر المحدودة) للحصول على مناقشة حول الفئات الرئيسية واستخدام شجرات القرار.

2: كقاعدة عامة، تكون الفئة الفرعية هامة إذا كانت تسهم بنسبة 25-30% أو أكثر من الانبعاثات/عمليات الإزالة للفئة الكلية.

المستوى 3

تتسم طرق المستوى 3 لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بالشمول ويجب أن تتضمن بيانات إضافية خاصة بالبلد حول كافة مسارات انبعاث ثاني أكسيد الكربون ذات الصلة، مثل الانبعاثات من إزالة الغاز. وتعمل على تجزئة بيانات الانبعاث بما يعكس كافة المصادر ذات الصلة للتغيرية الزمنية والمكانية (راجع الإطار 1-2). ولتفادي الحساب المزدوج، يتطلب المستوى 3 تقسيم الانبعاثات من تفكك المادة العضوية المغمورة ومن تحلل المادة العضوية الناشئة من مستجمع المياه.

اختيار معاملات الانبعاثات

تتمثل القيم الافتراضية الرئيسية المطلوبة لتطبيق طريقة المستوى 1 في معاملات الانبعاث الخاصة بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون عبر المسارات. ويقدم الجدول 2-2 الانبعاثات المقاسة للمناطق المناخية المختلفة. وتتضمن هذه الانبعاثات التباينات المكانية (بين الخزانات والتباينات الإقليمية) والزمنية (جافة/مطيرة والتباينات الموسمية الأخرى، التباينات بين السنوات) المعروفة في الانبعاثات من الخزانات، وكذلك التدفقات في واجهة الماء-الهواء للخزانات. وينطبق المستوى 1 على الفترة الخالية من الجليد فقط. وخلال الفترات المغطاة بالجليد، يفترض أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تساوي الصفر، على الرغم من أن الواقع يشهد حدوث انبعاثات. وتجدر الإشارة إلى أن كافة البيانات تم الحصول عليها من القياسات في الخزانات الكهرومائية أو خزانات التحكم في الغمر.

وفيما يتعلق بالمستوى 2، ينبغي استخدام معاملات الانبعاث بالبلد، إلى الحد الممكن، إلى جانب الانبعاثات في فترة الشتاء (المغطاة بالجليد). وقد تم مناقشة وضع معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد في الإطار 2-1. وينبغي توثيق المعاملات الخاصة بالبلد على نحو واضح، ونشرها على نحو نموذجي في الدراسات التي تمت مراجعتها من قبل النظراء. كما تنطبق الإرشادات الواردة في الإطار 1-2 على اشتقاق معاملات الانبعاث للمستوى 3.

اختيار بيانات الأنشطة

قد يلزم توافر عدة أنواع مختلفة من بيانات الأنشطة لتقدير انبعاثات الأراضي المغمورة، استناداً إلى المستوى الذي يجري تطبيقه والمصادر المحتملة للتعبيرية المكانية والزمنية داخل المنطقة الوطنية.

مساحة الأراضي المغمورة

يحتاج المستوى 1 إلى بيانات المساحة الإجمالية للخزان وكذلك النسبة التي تعرضت للغمر خلال السنوات العشر الأخيرة (f_A). ويتطلب استخدام تشكيلات انبعاثات أكثر تفصيلاً بمرور الوقت، في مستوى أعلى، معلومات مناظرة حول توزيع العمر للأراضي المغمورة. ويمكن للبلدان الحصول على مساحة الأراضي المغمورة بها من تحليل غطاء حوض التصريف بها أو من إحدى قواعد البيانات الوطنية الخاصة بأحد السدود أو من اللجنة الدولية المعنية بالسدود الكبرى (ICOLD, 1998) أو من تقرير اللجنة العالمية المعنية بالسدود (WCD, 2000). ونظراً لأن مساحة الأراضي المغمورة قد تتغير بسرعة، وكذلك بسبب حد السنوات العشر الأخيرة، فينبغي على البلدان استخدام البيانات المحدثة والحديثة فيما يتعلق بمساحة سطح الخزان. وفي المستوى 2، ينبغي تجزئة بيانات الأنشطة هذه حسب الفئات ذات الصلة (راجع الإطار 1-2). وفيما يتعلق بالمستويين 2 و3، ينبغي أن تقوم البلدان بإعداد قاعدة بيانات وطنية للخزانات تشمل على بيانات أو معلومات ذات صلة فيما يخص أسماء الخزانات، وأنواعها، والإحداثيات الجغرافية، وعام التخزين، ومساحة السطح، والعمق، ومعدل التدفق الخارج والبارامترات الأخرى ذات الصلة على النحو الموضح في الإطار 2-1.

الفترة الخالية من الجليد/الفترة المغطاة بالجليد

تحتاج كافة المستويات إلى بيانات الفترات التي تكون فيها الخزانات خالية من الجليد أو مغطاة تماماً بالجليد من أجل تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ويمكن الحصول على هذه المعلومات من الهيئات الوطنية المعنية بالأحوال الجوية.

حجم التدفق الخارج/الفائض المصرف

يحتاج المستوى 3 إلى حجم التدفق الخارج للمياه وكذلك حجم المياه الفائضة المصرفة عبر القنوات من أجل تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إزالة الغاز.

تركيزات ثاني أكسيد الكربون قبل السدود وبعدها

تكون هناك حاجة في المستوى 3 إلى تركيزات ثاني أكسيد الكربون قبل السدود وبعدها من أجل تقدير الانبعاثات من إزالة الغاز. ويمكن الحصول على معلومات حول أساليب القياس من المراجع المذكورة في الإطار 2-1.

الجدول 2-أ2 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المقاسة للأراضي المغمورة						
المراجع	الانبعاثات الانتشارية (الفترة الخالية من الجليد) $E_f(\text{CO}_2)_{\text{diff}}$ (كجم ثاني أكسيد كربون للهكتار في اليوم)					المناخ
	N_{res}	N_m	أقصى	أدنى	متوسط	
Bergström <i>et al.</i> , 2004; Åberg <i>et al.</i> , 2004; Huttunen <i>et al.</i> , 2002	20	1011	34.5	0.8	11.8	قطبية / شمالية مطيرة
Duchemin, 2000; Schellhase <i>et al.</i> , 1994; Duchemin <i>et al.</i> , 1999; Duchemin <i>et al.</i> , 1995; Tremblay <i>et al.</i> , 2005	20	633	86.3	4.5	15.2	معتدلة باردة، رطبة
Duchemin, 2000; Duchemin, 2002a; St-Louis <i>et al.</i> , 2000; Smith and Lewis, 1992; Tremblay <i>et al.</i> , 2005	33	507	57.5	10.3-	8.1	معتدلة دافئة، رطبة
Soumis <i>et al.</i> , 2004; Therrien <i>et al.</i> , 2005	43	390	31.0	12.0-	5.2	معتدلة دافئة، جافة
Keller and Stallard, 1994; Galy-Lacaux <i>et al.</i> , 1997; Galy-Lacaux, 1996; Duchemin <i>et al.</i> , 2000; Pinguelli Rosa <i>et al.</i> , 2002; Tavares de lima <i>et al.</i> , 2002; Tavares de lima, 2005	7	642	90.9	11.5	44.9	استوائية، مطيرة
Pinguelli Rosa <i>et al.</i> , 2002; Dos Santos, 2000	5	197	58.7	11.7	39.1	استوائية، جافة
تمثل القيم الواردة في العمود الثاني قيم متوسطة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تم الإبلاغ عنها في المؤلفات المنشورة، والتي تمثل نفسها متوسطات حسابية للتدفق المقاس لخزانات فردية. وتستخدم المتوسطات نظراً لأن توزيعات التكرار لقياسات التدفق الأساسية غير طبيعية، وتعاني متوسطاتها الحسابية بالفعل من الانحراف بقيم متطرفة. تعتبر القيم الدنيا والقصوى، على التوالي، الأقل والأعلى بين كافة القياسات الفردية في منطقة مناخية معينة، وهي مقدمة هنا كدليل على التغييرية فقط. $N_m =$ عدد القياسات، $N_{\text{res}} =$ عدد الخزانات التي خضعت للمعاينة. قد تشمل هذه القياسات انبعاثات غير بشرية (مثل، الانبعاثات من الكربون في الحوض أعلى النهر) واحتمال بالازدواج في حساب الانبعاثات البشرية (على سبيل المثال مياه الصرف من المناطق الحضرية في منطقة الخزان) ولذا فقد تؤدي إلى التقدير المرتفع للانبعاثات.						

تقدير عدم التيقن

يعتبر أكبر مصدرين لعدم التيقن في تقدير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من الخزانات معاملات الانبعاثات من المسارات المتعددة (الانتشارية والفعاية والناشئة من إزالة الغاز) وتقديرات مساحات سطح الخزانات.

معاملات الانبعاثات

تتباين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الانتشارية الموضحة في الجدول 2-أ2 برتبة كمية واحد إلى اثنين في المناطق الشمالية والمعتدلة، وواحد إلى ثلاثة في المناطق الاستوائية. لذلك فإن استخدام أي معاملات انبعاث مستمدة من الجدول 2-أ2 من شأنه أن يؤدي إلى مستوى عالٍ من عدم التيقن. ونظراً لأن عمر الخزان تأثيراً هاماً على تدفقات ثاني أكسيد الكربون خلال السنوات العشر الأولى، فقد تفضي الطريقة إلى التقدير المنخفض لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

وتعد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إزالة الغاز، وهي تمثل قدراً هاماً في المناطق المعتدلة والاستوائية، مصدرها هاماً لعدم التيقن في المستوى 3. وتؤكد الأبحاث أن كافة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون هذه تتضمن كافة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من الخزان في منطقة معتدلة جافة، وما يصل إلى 30% في المناطق المعتدلة الرطبة. وفي المناطق المعتدلة الباردة، فإن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إزالة الغاز تتضمن أقل من 5% من إجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من الخزان (Duchemin, 2000; Hélie, 2003).

وللحد من أوجه عدم التيقن في معاملات الانبعاث، ينبغي على البلد وضع استراتيجيات معاينة مناسبة وصالحة إحصائياً تراعي العوامل الأساسية للتغيرية الزمنية والمكانية للنظام الحيوي موضع الدراسة (راجع الإطار 1-2).

مساحة سطح الأراضي المغمورة

يجب توافر المعلومات الإحصائية الوطنية حول المساحة المغمورة الموجودة خلف السدود الكبرى (< 100 كم مربع) ويرجح أن تكون صحيحة ضمن نطاق 10 بالمائة. وفي حالة عدم توافر قواعد بيانات وطنية حول السدود، واستخدام معلومات أخرى، فإن مساحات الأراضي المغمورة المحتجزة خلف السدود يرجح أن تكون ذات مستوى عدم تيقن يزيد عن 50 بالمائة، وبالأخص بالنسبة للبلدان التي تشتمل على مساحات مغمورة كبيرة. كذلك، قد يصعب الحصول على معلومات مفصلة فيما يتعلق بمواقع وأنواع ووظائف السدود الأصغر، رغم أنه قد يمكن الحصول على المرجع الإحصائي استناداً إلى حجم توزيع الخزانات التي تتوافر لها البيانات. ويتم إنشاء الخزانات لمجموعة متنوعة من الأسباب تؤثر على توافر البيانات وبالتالي يتوقف عدم التيقن المتعلق بمساحة السطح على الظروف الخاصة بالبلد.

المراجع

- 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. Skinnmuddsetlet) 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). Emissão de metano em reservatório hidroelétricos amazônicos 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. (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.