

Bonjour,

Le dossier du carbone forestier étant complexe, je vous fais parvenir un document qui répond aux deux questions complémentaires de la Commission mais qui présente des notions de base sur le carbone forestier pour faciliter la compréhension globale entourant ce nouveau dossier d'intérêt.

Il faut souligner que ce document présente des estimations qui doivent être traitées et interprétées avec prudence. Ces estimations présentent « le pire cas »

Des estimations plus précises pourraient être fournies mais elles exigeraient des informations précises sur le tracé de la ligne de transport d'énergie et sur les peuplements forestiers affectés.

N'hésitez pas à me contacter pour obtenir

Merci

Michel Campagna

Michel Campagna ing.f M.Sc.  
MRNF  
Direction de l'environnement forestier  
(418) 627 - 8646 poste 4161

Québec, le 11 juin 2010

Madame Anne-Lyne Boutin, coordonnatrice  
Bureau d'audiences publiques sur l'environnement  
Édifice Lomer-Gouin  
575, rue Saint-Amable, bureau 2.10  
Québec (Québec) G1R 6A6

**Objet :** Projet d'expansion du réseau de transport en Minganie-Raccordement du complexe de la Romaine *Question complémentaire du 7 juin 2010*

Madame,

Les questions complémentaires qui nous ont été envoyées se lisent comme suit :

1. «Pourriez-vous quantifier les potentiels de stockage de carbone de la végétation arborescente présente dans la région par rapport à la végétation arbustive qui serait tolérée dans l'emprise de lignes?»
2. «Cette perte de puits de carbone serait-elle significative?»

Pour être conforme à la complexité entourant la comptabilisation du carbone forestier, il est requis, avant de dévoiler des chiffres, de bien décrire la méthodologie de calcul et surtout les limites à respecter dans l'interprétation des chiffres qui seront fournis.

Pour ce faire, le texte qui suit présente, par étape, les notions requises pour saisir les impacts sur le carbone forestier d'installer une ligne de transport d'énergie électrique. Ces étapes sont :

- Notions de base sur le carbone forestier
- Le Protocole de Kyoto et le déboisement
- Impact sur le réservoir de carbone d'implanter une ligne de transport en forêt

## 1. Notions de base sur le carbone forestier

### 1.1 La forêt en tant que réservoir, puits et source de carbone

Lors de leur croissance, les plantes captent du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) de l'atmosphère par la photosynthèse et en émettent par leurs activités métaboliques, telle la respiration cellulaire. Le CO<sub>2</sub> retenu est entreposé dans les structures des plantes sous forme de carbone (C). **Le carbone constitue environ 50 % de la biomasse sèche des plantes.** Les arbres entreposent le carbone retenu principalement dans leur tronc, leurs racines, leurs branches et leur feuillage. Ces divers éléments d'entreposage sont des **réservoirs** de carbone. L'écosystème forestier contient plusieurs réservoirs dont certains sont constitués de structures végétales vivantes comme les arbres, alors que d'autres contiennent des tissus végétaux morts comme les chicots ou la matière organique au sol.

Un écosystème forestier est considéré comme un **puits** de carbone lorsqu'il capte plus de CO<sub>2</sub> qu'il n'en rejette ce qui augmente son réservoir. Il devient par contre une **source** de carbone si la quantité de CO<sub>2</sub> rejetée dans l'atmosphère dépasse la quantité captée, ce qui entraîne une réduction de son réservoir. Seule la photosynthèse permet un accroissement du réservoir de carbone, alors que les perturbations naturelles comme le feu, les épidémies d'insectes, les verglas et les perturbations anthropiques, comme la récolte et la préparation du terrain, réduisent ce réservoir. La récolte forestière ne réduit que temporairement le réservoir de carbone, puisque les arbres pousseront de nouveau ce qui permettra au réservoir de carbone de l'écosystème de se reconstituer si on lui en laisse le temps. **De ce fait, l'écosystème forestier est un réservoir de carbone qui est alternativement un puits ou une source de carbone selon l'importance du carbone capté lors de la croissance et du carbone émis lors et après les perturbations naturelles et les activités humaines comme la récolte.** Ces échanges continus de carbone entre la forêt et l'atmosphère expliquent pourquoi l'écosystème forestier est une composante majeure du cycle planétaire du carbone.

### 1.2 Évolution théorique du réservoir de carbone

Une jeune forêt constitue un petit réservoir de carbone qui prend de l'expansion au fil du temps et ce en fonction de la croissance des arbres. Le réservoir de carbone de la forêt ne peut grossir indéfiniment. Théoriquement, ce réservoir atteint un maximum au moment où les arbres de la forêt occupent pleinement la superficie forestière et que ces arbres atteignent leur dimension maximale. Ce réservoir maximum de carbone sera maintenu tant et aussi longtemps que la mortalité des arbres n'affecte pas la forêt. Plusieurs facteurs comme le feu, les épidémies d'insectes et la récolte peuvent empêcher les forêts d'atteindre ce stade de réservoir de carbone maximum.

## 2. Le Protocole de Kyoto et le déboisement

L'article 3.3 du Protocole de Kyoto oblige les Parties signataires à comptabiliser, entre autre, les pertes de carbone liées au déboisement. Le déboisement consiste à éliminer une forêt au profit d'une utilisation non forestière de la superficie touchée. Par ailleurs, le Protocole de Kyoto définit la forêt comme une superficie de 1 hectare où les arbres peuvent atteindre, à maturité, une hauteur de 5 m et une couverture de cime de 25 %. Techniquement, la superficie d'un hectare peut prendre la forme d'un bloc ou d'un tracé linéaire dont la largeur minimale est de 20 mètres d'une souche à l'autre.

Par conséquent, l'installation des lignes de transport d'énergie en milieu forestier va entraîner du déboisement tel que définit par le Protocole de Kyoto.

Le Protocole de Kyoto oblige de comptabiliser les pertes de carbone dès qu'elle se produise et il oblige le suivi du réservoir de carbone sur les superficies touchées par la suite. De plus, ce protocole considère que lorsque des arbres sont coupés et exportés hors de la forêt, tout le carbone qu'ils contiennent est immédiatement émis vers l'atmosphère peu importe si une partie des tiges coupées est transformé en produits forestiers. Par contre, si l'arbre est abattu est laissé en forêt, les émissions de carbone seront le reflet de la vitesse de décomposition du feuillage, des branches et du bois. Dans les deux cas, la majorité sinon la totalité du carbone contenu dans l'arbre sera libéré vers l'atmosphère.

Selon les règles de comptabilisation du Protocole de Kyoto, il faut aussi considérer les émissions de carbone provenant de la décomposition de la matière organique au sol. Par contre, il oblige également à comptabiliser le carbone qui sera capté par la végétation arbustive et arborescente qui va repousser après la coupe des arbres ainsi que le carbone qui va recommencer à s'accumuler dans le sol.

Les estimations des fluctuations du réservoir de carbone présentées dans la section suivante sont établies en suivant les règles de comptabilisation du Protocole de Kyoto.

## 3. Impact sur le réservoir de carbone d'implanter une ligne de transport en forêt

Pour estimer l'impact d'implanter une ligne de transport en forêt sur le réservoir de carbone des superficies touchées, il faut connaître :

- la superficie des peuplements forestiers qui doivent être abattus;
- si le bois abattu est exporté ou laissé sur le site;

- le réservoir de carbone des divers peuplement forestiers présents ce qui exige de connaître :

les espèces d'arbres car la densité anhydre du bois varie selon les espèces d'arbres;

le stade de développement des peuplements forestiers car les jeunes peuplements ont un réservoir de carbone plus petit que les peuplements plus vieux;

la densité des peuplements forestiers car un peuplement forestier très peu dense aura un réservoir de carbone plus petit qu'un peuplement forestier qui occupe de façon optimale la superficie;

- le type de végétation arbustive au sol car ce réservoir de carbone sera initialement différent selon que le sol est couvert de cladonies, de mousses, d'arbustes ou de jeunes arbres et son potentiel d'accumulation du carbone après la disparition du couvert dominant sera également différent;
- le réservoir initial de carbone des horizons organiques du sol car ce sont ces horizons de surface qui seront affectés par la perte du couvert forestier et le passage de la machinerie forestière

La présente analyse doit composer avec l'absence d'information précise sur l'ensemble de ces facteurs. Ceci nous oblige à estimer la quantité maximale de carbone perdu à l'échelle de 1 hectare d'une forêt type déterminée à partir du couvert forestier dominant de la Côte Nord. Il faut aussi estimer combien de carbone sera accumulée par la végétation qui repoussera et qui fera l'objet de travaux d'entretien. Pour ce faire, nous allons considérer uniquement la perte de carbone associée au réservoir de carbone des arbres.

### 3.1 Estimation du réservoir de carbone maximum pour une forêt type de 1 hectare

Pour estimer le réservoir de carbone des arbres pour 1 hectare de forêt type, les hypothèses suivantes sont utilisées :

- le peuplement est résineux et il est composé d'épinette noire et son volume marchand maximal est de 120 m<sup>3</sup>/ha;

le volume marchand nous permet d'estimer la quantité de carbone dans la portion commerciale des troncs seulement (c'est-à-dire de la souche jusqu'à au point où la tige a un diamètre de 9 cm). Notre objectif est d'obtenir la quantité totale de carbone dans le peuplement. Pour y arriver, il faut partir du volume marchand du peuplement puis estimer le volume total du peuplement (c'est-à-dire de la souche jusqu'à l'extrémité de la tige). Pour obtenir le volume total du peuplement, le volume marchand est multiplié par 1,15 ce qui donne un volume total de 138 m<sup>3</sup>/ha.

Ce volume total du peuplement est transformé en tonne de carbone en utilisant les formules suivantes :

- Volume total soit  $138 \text{ m}^3/\text{ha} \times \text{densité anhydre du bois d'épinette noire}$  soit  $445 \text{ kg}/\text{m}^3 = 61 \text{ tonnes de bois anhydre}$
- Le bois anhydre soit  $61 \text{ tonnes} \times 50 \%$  (le carbone compose 50 % du bois sec) = 31 tonnes de carbone

De ce fait, les tiges de ce peuplement contiennent 31 tonnes de carbone. Pour compléter, il faut ajouter la quantité de carbone contenu dans les branches et le feuillage. À partir des données présentées par Morrison *et al* (1993), les branches, le feuillage et les fruits représentent 22 % de la quantité de carbone contenue dans la tige. **Donc le réservoir de carbone maximal de la forêt type est de 38 tonnes de carbone.** Ce chiffre est cohérent avec les données de Morrison *et al* (1993) présentées en annexe.

### 3.2 Estimation du réservoir de carbone de la végétation qui repoussera sous les lignes de transport d'énergie

L'estimation du réservoir de carbone de la végétation qui repousse après la récolte du peuplement forestier se base sur les hypothèses suivantes :

- la végétation qui repousse après la perte du couvert dominant est immédiate et elle se développe pendant 10 ans avant que les travaux d'entretien débutent et se répètent à chaque 10 ans;
- la composition de la végétation qui repousse est représentée par la régénération résineuse en épinette noire ce qui vise à établir de façon approximative un juste milieu entre un couvert de cladonies dont la croissance est presque nulle à celle d'une régénération d'arbres feuillus comme le peuplier faux-tremble dont la croissance est rapide;
- **la croissance juvénile de l'épinette noire étant modeste, un réservoir de carbone maximal de 2 tonnes de carbone constitue une estimation raisonnable.** En effet, si on considère que la forêt type a accumulé 38 tonnes de carbone en 100 ans, le taux annuel moyen d'accumulation serait de 3,8 tonnes par an et l'on sait que la croissance des premières années est inférieure à la croissance moyenne.

Il faut noter que cette donnée est très approximative car plusieurs facteurs qui influencent la croissance initiale de la végétation après la récolte ne sont pas connus, par exemple, la fertilité des sols, le type de végétation (résineuse, feuillue ou arbustive). Par ailleurs, la période de 10 ans est très courte pour laisser croître des espèces comme l'épinette noire qui ont des accroissements en hauteur d'environ 15

cm par an. Des données sur la hauteur maximale de la végétation qui est tolérée sur les lignes auraient permis une meilleure estimation.

### 3.3 Estimation de la perte de carbone associée à l'établissement d'une ligne de transport d'énergie

Le réservoir maximal de carbone de 38 tonnes de la forêt type représente la perte maximale de carbone. Cette perte pourrait être amoindrie par la croissance subséquente de la végétation. Toutefois, cette accumulation du carbone estimée à 2 tonnes de carbone est très faible.

Donc les réponses aux questions initiales suivantes sont :

«Pourriez-vous quantifier les potentiels de stockage de carbone de la végétation arborescente présente dans la région par rapport à la végétation arbustive qui serait tolérée dans l'emprise de lignes?»

La réponse est :

Le stockage de carbone de la végétation arborescente pour une forêt type dont le volume marchand est de 120 m<sup>3</sup>/ha est de 38 tonnes de carbone.

La végétation arbustive qui sera tolérée dans l'emprise de lignes pourrait accumuler environ 2 tonnes de carbone.

«Cette perte de puits de carbone serait-elle significative?»

La réponse est :

La présente analyse a permis d'estimer que chaque hectare d'une forêt type a un réservoir de carbone maximal de 38 tonnes de carbone. Une façon très simple mais fautive d'estimer l'impact total du présent projet serait de multiplier le nombre d'hectare déboisée dans le tracé de la ligne de transport d'énergie par 38 tonnes de carbone.

L'utilisation du réservoir de carbone maximal ne représente pas la réalité car la ligne de transport d'énergie n'entraînera pas le déboisement de peuplements denses et matures uniquement. Des forêts plus jeunes et moins denses seront également touchées. **De ce fait, les estimations présentées ici représentent le pire cas.**

Seule la superposition du tracé de la ligne sur la carte écoforestière permettra d'identifier les peuplements forestiers touchés. Ceci permettra de raffiner l'estimation des pertes de carbone sans toutefois les rendre exactes ni exhaustives car le réservoir

de carbone dans les sols ne fera pas partie de ces nouvelles estimations faute de données.

Par ailleurs, la forêt, à l'échelle provinciale, contribue à la lutte aux changements climatiques car elle maintient hors de l'atmosphère le carbone qu'elle maintient dans son réservoir malgré que l'ampleur de celui-ci fluctue en fonction de la croissance et des perturbations naturelles. La forêt fournit également des produits forestiers qui conservent le carbone tant qu'ils ne sont pas décomposés ou incinérés. Par ailleurs, les produits forestiers peuvent remplacer des matériaux de construction dont la fabrication entraîne des émissions de GES. La biomasse forestière peut aussi remplacer des combustibles fossiles qui sont la principale cause des émissions de GES.

De ce fait, conserver la superficie des forêts est très importante. Toutefois, on ne peut pas se prononcer sur l'impact associé au carbone perdu lors de la perte de superficies forestières sans considérer le bilan GES de l'activité qui a mené au déboisement. Dans le cas d'une ligne de transport d'énergie, il faut comptabiliser les GES évités par l'utilisation de l'hydroélectricité au lieu des combustibles fossiles, le cas échéant. La prise en compte du carbone forestier s'inscrit donc dans le cadre de l'analyse du cycle de vie du projet.

De ce fait, il est impossible d'affirmer à ce stade-ci si la perte du carbone est significative.

Michel Campagna ing.f M.Sc.



Annexe Contenu en carbone des diverses composantes qui constituent les arbres et les sols forestiers pour trois peuplements différents

Composantes	Contenu en carbone (kg/ha)		
	Pinède à pins gris	Pessière noire	Érablière
<b>Arbres en vie</b>			
Feuillage	2 200	4 600	1 800
Fruits	500	1 700	200
Branches vivantes	4 800	7 800	22 300
Branches mortes	1 200	3 000	900
Bois de tige	48 000	44 500	61 000
Écorce de tige	4 900	7 000	9 500
Souches et racines	10 000	20 400	16 100
<b>TOTAL (arbres en vie)</b>	<b>71 600</b>	<b>89 000</b>	<b>111 800</b>
<b>(a)</b>			
Végétation au sol (b)	400	700	600
Arbres morts, tronc au sol (c)	19 800	1 800	5 400
Horizons organiques du sol ( <i>Forest floor</i> )	20 300	69 600	16 100
Sol minéral	48 900	90 200	214 300
<b>TOTAL (pour les peuplements)</b>	<b>161 000</b>	<b>251 300</b>	<b>348 200</b>

1- Adapté de Morrison *et al.*, 1993

Un aperçu de l'importance de divers réservoirs de carbone pour des peuplements forestiers communs au Québec est présenté au Tableau 1. Les peuplements présentés sont :

- une pinède à pins gris non perturbée issue d'un feu, située dans la région de Chapleau (62 ans);
- une pessière noire non perturbée issue d'un feu, située dans la région du lac Nipigon (110 ans);

- une érablière inéquienne composée principalement d'érables à sucre et d'un peu de bouleaux jaunes, située dans la région de Sault Sainte-Marie (> 250 ans).

MORRISON, I.-K., N.-W. FOSTER et P.-W. HAZLETT, 1993. « Carbon Reserves, Carbon Cycling, and Harvesting Effects in Three Mature Forest Types in Canada » dans *New Zealand Journal of Forestry Science*, 23(3), p. 403-412.