

Avis déposé dans le cadre de la consultation publique sur le
Projet de règlement – Boisement et de reboisement sur des terres du
domaine privé admissibles à la délivrance de crédits compensatoires

Présenté par la
Chaire de recherche du Canada en économie écologique
Université du Québec en Outaouais

en collaboration avec
l'Institut des sciences de la forêt tempérée

18 septembre 2021



Institut des Sciences
de la Forêt tempérée



Chaire de recherche du Canada
en économie écologique

Rédaction :

Jérôme Dupras, Ph.D.

Professeur agrégé, Département des sciences naturelles
Titulaire, Chaire de recherche du Canada en économie écologique
Université du Québec en Outaouais

Julie Lafortune, MBA

Directrice adjointe, Chaire de recherche du Canada en économie écologique
Université du Québec en Outaouais

Christian Messier, Ph.D.

Professeur, Département des sciences naturelles
Titulaire, Chaire de recherche du Canada sur la résilience des forêts face aux changements globaux
Université du Québec en Outaouais
Titulaire, Chaire de recherche CRSNG/Hydro-Québec sur le contrôle de la croissance des arbres
Université du Québec à Montréal

Tim Rademacher, Ph.D.

Stagiaire post-doctoral, Chaire de recherche du Canada en économie écologique
Université du Québec en Outaouais

David Rivest, Ph.D

Professeur, Département des sciences naturelles
Université du Québec en Outaouais

Table des matières

Avant-propos	5
Sommaire	6
Volet socio-économique et gouvernance	9
Volet écologique	12
Protocole scientifique	14
Références	16

La Chaire de recherche du Canada en économie écologique

La Chaire de recherche du Canada en économie écologique de l'Université du Québec en Outaouais, constituée d'une équipe de 26 chercheur(e)s, professionnel(le)s et étudiant(e)s gradué(e)s, a pour objectif de mieux comprendre et de mesurer la contribution de la biodiversité et des écosystèmes au bien-être humain.

Dans cette ère de grands bouleversements environnementaux, où les effets des changements climatiques et de l'érosion de la biodiversité constituent des préoccupations majeures à l'échelle mondiale, l'équipe de la Chaire vise, par ses travaux de recherche, à donner de nouveaux éclairages sur diverses questions de société, et faire la démonstration scientifique qu'il est possible de concilier environnement et économie, et le bien-être des communautés.

Les travaux de la Chaire permettent de faire progresser la recherche et les connaissances dans les domaines de l'économie écologique et des services écosystémiques, par la production de savoirs nouveaux, le développement méthodologique et le développement de perspectives nouvelles sur la gestion des écosystèmes. L'originalité de son programme de recherche réside dans une démarche interdisciplinaire qui permet la combinaison des éléments des sciences que sont la géographie, l'écologie, l'aménagement du territoire et l'économie. Les résultats de cette approche hautement intégrative offrent une lecture à la fois pertinente des interactions humains-territoire pour les praticiens de l'interdisciplinarité en sciences et les acteurs de la gouvernance territoriale. Ce programme trouve écho autant dans la littérature scientifique, les applications pratiques, qu'auprès du grand public.

Avant-propos

Le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre (SPEDE) du Québec comprend un volet des crédits compensatoires qui permet la réalisation de projets par des promoteurs, sur une base volontaire. Le ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques peut édicter des règlements portant sur des projets admissibles à la délivrance de crédits compensatoires. Afin d'augmenter l'offre de crédits compensatoires québécois, un projet de règlement pour un nouveau type de projet a été élaboré.

Nous notons que le SPEDE est partagé avec la Californie et que cette dernière a une loi pour des projets similaires. Toutefois, très peu de projets y ont été réalisés à date. Nos commentaires visent à supporter la création d'un règlement qui mènerait à la mise en oeuvre de plus de projets afin de favoriser le recours au carbone forestier et des solutions nature dans la délivrance de crédits compensatoires et la lutte aux changements climatiques.

Ce sommaire exécutif, préparé par la Chaire de recherche du Canada en économie écologique, en collaboration avec les professeurs Christian Messier (Chaire du Canada sur la résilience des forêts face aux changements globaux) et David Rivest de l'Institut des sciences de la forêt tempérée (ISFORT), s'inscrit dans le cadre de la consultation publique concernant le Projet de règlement relatif aux projets de boisement et reboisement sur des terres du domaine privé admissible à la délivrance de crédits compensatoires. Plus précisément, ce sommaire répond à l'invitation du ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques à partager nos commentaires au sujet de ce projet de règlement.

Le document présente d'abord un résumé qui décrit l'appréciation générale du règlement proposé et un sommaire des recommandations. Ensuite, deux volets sont approfondis, soit les volets socio-économiques et écologiques, ainsi qu'une section sur l'amélioration du règlement scientifique.

Sommaire

Face à l'urgence de la crise climatique, il est impératif que les gouvernements prennent des mesures pour augmenter la séquestration du carbone et réduire les émissions de gaz à effet de serre. En utilisant le système d'échange de droits d'émission existant au Québec et en Californie, ce projet vise à encourager le boisement et le reboisement sur des terres privées afin d'augmenter la séquestration du carbone dans la biomasse et les produits du bois récoltés en fournissant des crédits de carbone équivalents à l'impact climatique réel du carbone séquestré supplémentaire (quantifié comme forçage radiatif). Le projet autorise l'exploitation sylvicole, mais uniquement en contrepartie de la séquestration supplémentaire. Ainsi, le projet incite les gestionnaires forestiers à optimiser la séquestration du carbone dans les projets de boisement et de reboisement en cours ou nouveaux. En utilisant une approche *ex post inconditionnelle* pour compenser les acteurs pour le carbone supplémentaire séquestré en fonction de leur impact réel et livré, le projet de loi contourne élégamment les questions entourant la permanence, réduit les coûts initiaux de participation, mais retarde également la livraison des crédits de carbone.

Bien que nous félicitions le Gouvernement du Québec pour le projet dans son ensemble, la mise en œuvre suggérée n'aborde pas certains aspects socio-économiques et écologiques cruciaux des projets de boisement et de reboisement. Ainsi, par l'entremise de cet avis, nous soulevons certains questionnements et fournissons des recommandations qui, nous l'espérons, aideront à guider le développement futur de ce projet. En particulier, nous critiquons l'accent mis sur la séquestration du carbone au détriment de la biodiversité et de la résilience des écosystèmes. L'emphase mise sur le piégeage du carbone et la mise en œuvre suggérée peuvent avoir des effets particulièrement néfastes dans la zone boréale et dans les bandes riveraines. De manière générale, la mise en œuvre suggérée peut encourager le remplacement des écosystèmes naturels et des multiples services écosystémiques qu'ils fournissent par des plantations à croissance rapide dans le seul but de piéger le carbone. Nous fournissons des recommandations dans le but de réduire le risque d'effets négatifs et de tirer parti du projet de règlement pour inciter à une gestion plus durable des forêts.

Suite à notre analyse, nous avons établi une liste de 12 recommandations

- 1) Élaborer une structure permettant à des intermédiaires de fédérer les projets régionaux;**
- 2) S'assurer de l'additionnalité des crédits carbone forestiers avec les programmes provinciaux liés à la foresterie durable et l'agro-environnement;**
- 3) Ne pas autoriser des projets où des Plans d'aménagements forestiers à visée commerciale ont été émis;**

4) Étudier le potentiel de plus de solutions naturelles (dont les 15 autres proposées par Drever et al 2021), relatives aux écosystèmes agricoles, humides et de prairies, dans le règlement;

5) Appuyer rapidement l'acquisition de connaissances concernant les effets réels des aménagements agroforestiers sur les stocks de carbone dans les arbres et les sols;

6) Adopter d'un règlement dont les modalités permettront d'offrir aux producteurs agricoles du Québec un appui financier significatif pour l'adoption de pratiques agroforestières;

7) Interdire des projets de reboisement qui favorisent la coupe à blanc de systèmes naturels à faible densité pour les remplacer par des plantations à croissance rapide surtout dans la zone boréale;

8) Établir des lignes directrices sur les essences appropriées à planter comme semis et encourager des plantations plurispécifiques d'espèces ayant des caractéristiques biologiques (traits fonctionnels) différents afin de favoriser la production d'une diversité de services autres que simplement le carbone et aussi augmenter la résilience de ces plantations face aux menaces climatiques qui sont assez bien connues et aux menaces biotiques (insectes et maladies exotiques qui sont en augmentation) qui sont, elles, relativement inconnues;

9) Ne pas imposer une durée maximale de 100 ans, parce que les gains pour la biodiversité continuent même une fois que le système a atteint la séquestration maximale de carbone;

10) Adresser la permanence des séquestrations. Le règlement pourrait interdire certaines interventions pour une période déterminée après la délivrance des crédits, en particulier les coupes à blanc.

11) Afin d'améliorer les calculs de forçage radiatif, nous recommandons de considérer l'albédo et les composés organiques volatiles explicitement dans les calculs;

12) Pour mieux aborder les incertitudes scientifiques du règlement, nous recommandons d'intégrer une revue des connaissances scientifiques surtout concernant le calcul de forçage radiatif, mais aussi des courbes de croissance, et de procéder à une révision du règlement d'ici 5 ans.

À ces recommandations sur le règlement, nous ajoutons une question qui demeure pour nous sans réponses dans la proposition:

Puisque les terres privées représentent une petite portion des terres propices au boisement et reboisement, nous recommandons l'inclusion du territoire public dans le règlement?

Volet socio-économique et gouvernance

- Notre principale crainte dans la mise en œuvre du règlement se trouve au niveau de la barrière d'entrée économique. Si le bien-fondé scientifique du carbone réel versus le carbone *ex ante* est tout à fait justifié et souhaitable, il entraînera par contre une difficulté notoire d'inclure un grand nombre d'acteurs et de projets de petites ou moyennes tailles. Afin d'éviter que seuls quelques grands promoteurs puissent adhérer au règlement, il faudrait favoriser une certaine flexibilité. Dans l'optique de rendre le règlement accessible à un nombre maximal de participants, nous recommandons d'élaborer une structure permettant à des intermédiaires de fédérer les projets régionaux. En ce sens, considérant la barrière à l'entrée financière du règlement (i.e. carbone réel vs carbone *ex ante*), la facilitation du financement d'organismes sans but lucratif (e.g. fédérations régionales de l'UPA, agences forestières régionales, organismes de bassins versants, conseils régionaux de l'environnement) serait à privilégier. L'élaboration d'une telle structure permettrait de favoriser des projets portés par des organisations autres que privées et qui se fondent sur des structures sans but lucratif ou coopératifs. Aussi, cette approche ouvrirait la porte à des soutien du Gouvernement du Québec pour favoriser une telle gouvernance et qui multiplierait les opportunités de projets à des échelles régionales. Il est à noter que le règlement prévoit la possibilité des agrégations de plusieurs projets, mais que la structure n'est pas claire.
- De plus en plus de soutiens publics et privés voient le jour afin de soutenir la mise en œuvre de pratiques ou d'infrastructures naturelles qui fournissent des bénéfices naturels, les services écosystémiques. À titre d'exemple, le boisement d'une bande riveraine peut à la fois séquestrer du carbone, améliorer la qualité de l'eau, créer de nouveaux habitats pour la biodiversité, favoriser la pollinisation naturelle et diminuer l'érosion éolienne. Un soutien financier unique est bien souvent insuffisant pour justifier le changement de pratique et c'est l'additionnalité des soutiens qui permet d'envisager leur pérennité. En ce sens, nous recommandons de s'assurer de l'additionnalité des crédits carbone forestiers avec les programmes provinciaux liés à la foresterie durable et l'agroenvironnement. Par exemple, des projets de bandes riveraines qui seraient éligibles aux programmes Prime-Vert et au PAD verraient les crédits carbone s'ajouter au financement et non être déduit des soutiens prévus par les autres programmes (principalement les programmes du MFFP, du MAPAQ et du MELCC). Cette additionnalité semble permise dans le projet de règlement, mais le ministère doit s'assurer de laisser le règlement perméable à l'addition de supports publics et privés qui viseraient le soutien à d'autres services écosystémiques pour les projets de boisement et reboisement.
- Dans une perspective de cohérence entre les objectifs d'utilisation de la forêt pour diverses fins, nous recommandons de ne pas autoriser des projets où des Plans d'aménagements forestiers à visée commerciale ont été émis, actuellement ou dans le passé, car cela présuppose que l'objectif premier du bois planté est la récolte et non la séquestration de carbone.

- Dans une récente étude, Drever et al. (2021) recense le potentiel de 24 solutions naturelles pour séquestrer et stocker le carbone au Canada. Parmi celles-ci, la conversion évitée des prairies, la perturbation évitée des tourbières, les cultures de couverture et l'amélioration de la gestion des forêts offrent les plus grandes possibilités d'atténuation. En guise de conclusion, les auteurs stipulent que ces solutions naturelles représentent une contribution potentielle importante au respect de l'Accord de Paris. Qui plus est, ces solutions peuvent également offrir de nombreux co-bénéfices, tels que l'amélioration de la productivité des sols, la pureté de l'air et de l'eau et la conservation de la biodiversité. Leur mise en œuvre actuelle permettrait de fournir jusqu'à 78,2 (de 41,0 à 115,1) MT CO₂e/an d'atténuation annuellement en 2030. Pour le Québec, les solutions naturelles envisagées permettraient de séquestrer et stocker environ 8,5Mt/an en 2030 et 15,9 Mt/an en 2050. Parmi les 24 solutions naturelles envisagées par les auteurs, 20 s'appliquent au Québec. Le règlement actuellement présenté ne couvre que 5 des 20 solutions envisagées pour le Québec, soit la restauration de couverts forestiers, l'amélioration de la gestion des forêts, les cultures inter-calaires arborées (agro-foresterie), le sylvopastoralisme et la plantation d'arbres en zones riveraines. En ce sens, nous recommandons d'étudier le potentiel de plus de solutions naturelles (dont les 15 autres proposées par Drever et al 2021), relatives aux écosystèmes agricoles, humides et de prairies, dans le règlement.

- Dans le même ordre d'idées, le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC, 2019) a identifié l'agroforesterie comme un secteur majeur pour la séquestration du carbone. L'initiative 4 pour 1000 encourage également le développement de l'agroforesterie parmi les pratiques permettant d'accumuler du carbone (4p1000, 2018). Le projet de règlement apparaît comme une opportunité économique sans précédent pour augmenter le taux d'adoption par les producteurs agricoles de systèmes agroforestiers tels que les haies agroforestières (brise-vent et bandes riveraines plantées avec arbres). D'ailleurs, le Plan d'agriculture durable 2020-2030 (objectif 5.1) vise à doubler les superficies agricoles aménagées favorables à la biodiversité, en particulier à l'aide de haies agroforestières. Beaucoup de producteurs agricoles du Québec, bien qu'intéressés à l'implantation d'arbres sur leurs terres cultivées, ont souvent des doutes concernant la rentabilité de tels aménagements, ce qui est un frein à leur adoption. Les données économiques, bien que très limitées, tendent à leur donner raison. La captation de carbone constitue un intérêt économique intéressant pour accroître le taux d'adoption des plantations agroforestières par les producteurs agricoles. Par contre, à la lecture du projet de règlement, nous voyons difficilement comment les mécanismes de compensation pourront se concrétiser en un incitatif économique significatif permettant le déploiement à plus grande échelle des pratiques agroforestières. Nous comprenons qu'il faudra une agrégation à très grande échelle de plusieurs projets individuels et même collectifs pour rentabiliser les coûts de mise en place et de suivi. Cela est dû au fait que les plantations agroforestières ont des caractéristiques biophysiques très différentes de celles des plantations forestières. Par exemple, les densités de

plantation des aménagements agroforestiers sont généralement nettement inférieures (pour maintenir une agriculture productive) à celles des boisements en plein sur des friches agricoles. Par ailleurs, les connaissances actuelles permettant d'évaluer le potentiel de séquestration du carbone des plantations agroforestières sur les terres agricoles productives du Sud Québec, à l'échelle d'une grande région où l'agrégation aurait lieu (eg. Montérégie), en considérant à la fois les stocks de carbone dans la biomasse des arbres et ceux dans le sol, demeurent très limitées. Nous craignons fortement que l'agrégation nécessaire à très grande échelle des projets en agroforesterie constitue une limite importante de ce projet de règlement. Nous recommandons que le Gouvernement du Québec appuie rapidement l'acquisition de connaissances concernant les effets réels des aménagements agroforestiers sur les stocks de carbone dans les arbres et les sols, ce qui va permettre de mieux évaluer le potentiel des projets hâtifs (implantés après 1989) ou les projets futurs impliquant des systèmes agroforestiers dans le cadre du présent règlement. Nous souhaitons voir l'adoption d'un règlement dont les modalités permettront d'offrir aux producteurs agricoles du Québec un appui financier significatif pour l'adoption de pratiques agroforestières.

À la lumière de ces considérations, nous proposons les recommandations suivantes:

- 1) Élaborer une structure permettant à des intermédiaires de fédérer les projets régionaux;**
- 2) S'assurer de l'additionnalité des crédits carbone forestiers avec les programmes provinciaux liés à la foresterie durable et l'agro-environnement;**
- 3) Ne pas autoriser des projets où des Plans d'aménagements forestiers à visée commerciale ont été émis;**
- 4) Étudier le potentiel de plus de solutions naturelles (dont les 15 autres proposées par Drever et al 2021), relatives aux écosystèmes agricoles, humides et de prairies, dans le règlement;**
- 5) Appuyer rapidement l'acquisition de connaissances concernant les effets réels des aménagements agroforestiers sur les stocks de carbone dans les arbres et les sols;**
- 6) Adopter d'un règlement dont les modalités permettront d'offrir aux producteurs agricoles du Québec un appui financier significatif pour l'adoption de pratiques agroforestières.**

Volet écologique

- **Biodiversité et résilience des forêts aux changements environnementaux:** La convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques a adopté un cadre pour les projets qui visent à réduire les émissions imputables au déboisement et au dépérissement des forêts à Warsaw en 2013. Ce cadre adresse clairement le besoin de considérer les forêts comme étant plus que de simples entrepôts de carbone. Malheureusement, le projet de règlement dans sa forme actuelle ne vise qu'à optimiser la séquestration de carbone. Le focus sur le piégeage du carbone peut avoir des conséquences néfastes sur d'autres services écosystémiques tels que la biodiversité. Or, la diversité et la résilience sont des éléments primordiaux à prendre en considération dans le cadre de ce projet de règlement. Dans sa forme actuelle, le programme est susceptible d'encourager l'établissement de monocultures à croissance rapide qui se ferait au détriment du maintien de la diversité, de la résilience et de la provision de plusieurs autres services écosystémiques.
- Alors que les boisés doivent faire partie intégrante des solutions face à la crise climatique, ils sont eux-mêmes mis en péril par les changements globaux, de façon ponctuelle et chronique, d'autant plus lorsque l'on considère que les perturbations naturelles, tels que les feux de forêts, sont susceptibles d'être plus fréquentes dans le future (Kloster & Lasso, 2017; Seidl et al., 2017). Dans ce contexte, le règlement pourrait **encourager et même prescrire une diversité d'essences d'arbres pouvant fournir et parfois même améliorer les rendements sylvicoles** (Forrester & Bauhus, 2016; Huang et al., 2018) et qui sont reconnus pour augmenter la résilience des forêts aux insectes nuisibles et aux pathogènes (Hildebrandt & Knoke, 2011; Jactel et al., 2021) et de façon générale (Messier et al., 2019; 2021).
- **D'autres réserves de carbone sont exclues:** Le règlement a été conçu pour minimiser les barrières à la participation. En conséquence, les inventaires initiaux ne considèrent pas les chicots et débris ligneux. Pourtant, les chicots et débris ligneux constituent, avec environ 8% du carbone stocké dans les forêts globales (Pan et al., 2011), une proportion importante des réserves de carbone. En plus, les chicots et débris ligneux jouent un rôle important pour la biodiversité et d'autres services écosystémiques (Seibold et al., 2021).
- De plus, le carbone du sol est seulement inclus dans l'inventaire initial. Surtout dans les projets d'agroforesterie, l'évolution du carbone du sol peut être majeure.

À la lumière de ces considérations, nous proposons les recommandations suivantes:

7) Interdire des projets de reboisement qui favorisent la coupe à blanc de systèmes naturels à faible densité pour les remplacer par des plantations à croissance rapide surtout dans la zone boréale;

8) Établir des lignes directrices sur les essences appropriées à planter comme semis et encourager des plantations plurispécifiques d'espèces ayant des caractéristiques biologiques (traits fonctionnels) différents afin de favoriser la production d'une diversité de services autres que simplement le carbone et aussi augmenter la résilience de ces plantations face aux menaces climatiques qui sont assez bien connues et aux menaces biotiques (insectes et maladies exotiques qui sont en augmentation) qui sont, elles, relativement inconnues. De fait, il faudrait utiliser ces plantations ou la régénération de terrain en friche avec des espèces d'arbres ayant des traits fonctionnels complémentaires aux forêts adjacentes afin d'augmenter le pool d'espèces d'arbres présent sur un certain territoire, ce qui favoriserait la possibilité que les forêts adjacentes puissent se régénérer, suite à des perturbations, avec des espèces d'arbres mieux adaptées aux conditions environnementales futures;

9) Ne pas imposer une durée maximale de 100 ans, parce que les gains pour la biodiversité continuent même une fois que le système a atteint la séquestration maximale de carbone;

10) Adresser la permanence des séquestrations. Le règlement pourrait interdire certaines interventions pour une période déterminée après la délivrance des crédits, en particulier les coupes à blanc.

Protocole scientifique

- **Forçage radiatif:** La réalité des effets climatiques d'un projet de boisement ou reboisement est plus compliquée que le carbone absorbé. Malheureusement, le calcul de forçage radiatif dans le projet de règlement n'inclut pas d'autres facteurs clés pour quantifier tous les impacts en terme de changements climatiques tel que l'albédo (Myhre et al., 2013) ou les composés organiques volatiles (Covey et al., 2012; Unger, 2014), qui peuvent déterminer la réponse nette dans certains écosystèmes (Luyssaert et al., 2018) et qui sont connus pour être particulièrement importants pour les forêts boréales (Thomas & Rowntree, 1992; Betts et al., 2000). De plus, le calcul du forçage radiatif de chaque tonne de CO_{2eq} dépend fortement des caractéristiques de la troposphère. Le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a révisé l'estimation de forçage radiatif d'une tonne de CO₂ de 15% (GIEC, 2018). Considérant que les connaissances sur ce sujet évoluent encore rapidement, il nous semble impératif de prévoir comment ces nouvelles connaissances seront intégrées dans le règlement.
- **Scénario de référence:** Pour établir la supplémentarité en termes de carbone, le protocole sur lequel se base le règlement suggère la comparaison d'un scénario de projet avec un scénario de référence. La détermination du scénario de référence est très importante, car elle détermine la supplémentarité et, en fin de compte, la rentabilité d'un projet. Pourtant, le protocole offre peu de lignes directrices pour déterminer le scénario de référence. Le protocole ne décrit pas explicitement comment ce scénario sera établi dans le cas des projets hâtifs. La sélection du lot équivalent pour les inventaires initiaux dans le cadre des projets hâtifs devrait s'appuyer sur des photographies aériennes analogiques ou numériques ou sur des images satellitaires. Ni la méthodologie de comparaison entre le lot du projet et le lot équivalent, ni le niveau de confiance nécessaire pour les analyses ne sont élaborés dans le protocole. Généralement, le scénario de référence est basé sur l'inventaire initial et des courbes de croissance. Les équations allométriques pour déterminer les courbes de croissance des scénarios de référence et du projet n'incluent pas les effets des changements environnementaux sur la croissance d'arbre. Même si ces équations empiriques fonctionnent bien pour les estimations de croissance à court terme (Chojnacky et al., 2014) et sont généralement reconnues dans le milieu de la foresterie, la survie et la croissance de semis plantés seront affectées par les changements climatiques et environnementaux. Pour bien établir l'additionnalité des courbes de croissance, l'incorporation des effets environnementaux devra être recherché, de façon minimale pour les essences clés (eg. érable à sucre, bouleau jaune, sapin baumier, épinette noire, pin gris).

À la lumière de ces considérations, nous proposons les recommandations suivantes:

11) Afin d'améliorer les calculs de forçage radiatif, nous recommandons de considérer l'albédo et les composés organiques volatiles explicitement dans les calculs;

12) Pour mieux aborder les incertitudes scientifiques du règlement, nous recommandons d'intégrer une revue des connaissances scientifiques surtout concernant le calcul de forçage radiatif, mais aussi des courbes de croissance, et de procéder à une révision du règlement d'ici 5 ans.

Références

4 pour 1000. <https://www.4p1000.org/fr>

Gouvernement du Québec. Agir, pour une agriculture durable - Plan 2020-2030. (2020)

Silvia Kloster, Gitta Lasslop. Historical and future fire occurrence (1850 to 2100) simulated in CMIP5 Earth System Models, *Global and Planetary Change*, Volume 150, 2017, Pages 58-69, ISSN 0921-8181, <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.12.017>.

Seidl, R., Thom, D., Kautz, M. *et al.* Forest disturbances under climate change. *Nature Clim Change* 7, 395–402 (2017). <https://doi.org/10.1038/nclimate3303>

Drever et al. 2021 Natural climate solutions for Canada. *Science Advances*, 7(23): DOI: [10.1126/sciadv.abd6034](https://doi.org/10.1126/sciadv.abd6034)

Messier, C., Bauhus, J., Doyon, F. *et al.* The functional complex network approach to foster forest resilience to global changes. *For. Ecosyst.* 6, 21 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0166-2>

Messier, C, Bauhus, J, Sousa-Silva, R, et al. For the sake of resilience and multifunctionality, let's diversify planted forests! *Conservation Letters*. 2021;e12829. <https://doi.org/10.1111/conl.12829>

Pan, Yude; Birdsey, Richard A.; Fang, Jingyun; Houghton, Richard; Kauppi, Pekka E.; Kurz, Werner A.; Phillips, Oliver L.; Shvidenko, Anatoly; Lewis, Simon L.; Canadell, Josep G.; Ciais, Philippe; Jackson, Robert B.; Pacala, Stephen W.; McGuire, A. David; Piao, Shilong; Rautiainen, Aapo; Sitch, Stephen; Hayes, Daniel. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*. 333: 988-993. <https://doi.org/10.1126/science.1201609>

Seibold, S., Rammer, W., Hothorn, T. *et al.* The contribution of insects to global forest deadwood decomposition. *Nature* 597, 77–81 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03740-8>

Myhre, G. et al. in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (ed Stocker, T. F. et al.) Ch. 8, (IPCC, Cambridge Univ. Press, 2013)

Covey, K. R., Wood, S. A., Warren, R. J., Lee, X., and Bradford, M. A. (2012), Elevated methane concentrations in trees of an upland forest, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L15705, doi:10.1029/2012GL052361.

Unger, N. Human land-use-driven reduction of forest volatiles cools global climate. *Nature Clim Change* 4, 907–910 (2014). <https://doi.org/10.1038/nclimate2347>

Luysaert, S., Marie, G., Valade, A. *et al.* Trade-offs in using European forests to meet climate objectives. *Nature* 562, 259–262 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0577-1>

Thomas, G. and Rowntree, P.R. (1992), The Boreal Forests and Climate. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 118: 469-497. <https://doi.org/10.1002/qj.49711850505>

Betts, R. Offset of the potential carbon sink from boreal forestation by decreases in surface albedo. *Nature* 408, 187–190 (2000). <https://doi.org/10.1038/35041545>

Radiative Forcing of Climate Change. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/TAR-06.pdf>

David C. Chojnacky, Linda S. Heath, Jennifer C. Jenkins, Updated generalized biomass equations for North American tree species, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, Volume 87, Issue 1, January 2014, Pages 129–151, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpt053>