



J. Fortier

# LE CULTIVAR DE PEUPLIER HYBRIDE INFLUENCE-T-IL LE MICROCLIMAT ET LA DISPONIBILITÉ DES NUTRIMENTS DANS LE SOL DES SYSTÈMES AGROFORESTIERS?

*Les peupliers hybrides sont des arbres à croissance très rapide. Ils sont plantés pour la production ligneuse et bioénergétique, mais également pour les services environnementaux qu'ils procurent. Par exemple, sur les fermes, les bandes tampons de peupliers peuvent réduire la pollution diffuse des cours d'eau, séquestrer du carbone atmosphérique, réduire l'érosion des berges, contribuer à la régulation hydrologique ainsi que créer des corridors ou des habitats fauniques et floristiques frais, ombragés et moins exposés au vent. Mais, à quel point le choix du cultivar de peuplier hybride peut-il influencer le microclimat et la disponibilité des nutriments dans le sol des systèmes agroforestiers?*

PAR JULIEN FORTIER, PH.D., BENOIT TRUAX, PH.D., DANIEL GAGNON, PH.D. ET FRANCE LAMBERT, M.SC.

## LES BANDES TAMPONS D'ARBRES ET LA POLLUTION AGRICOLE DIFFUSE

L'aménagement de bandes riveraines et de bandes tampons d'arbres en bordure des champs cultivés et des pâturages est une pratique de plus en plus répandue pour diminuer l'érosion des sols, pour améliorer la biodiversité et pour capter les polluants agricoles comme les sédiments, les pesticides, l'azote (N) sous forme de nitrate ( $\text{NO}_3$ ) et d'ammonium ( $\text{NH}_4$ ), ainsi que le phosphore (P).

Or, depuis quelques années déjà, les chercheurs de par le monde remettent en question l'efficacité des bandes herbacées non aménagées, plutôt répandues sur le territoire agricole, comme moyen de lutte contre la pollution diffuse. Puisque la végétation n'est pas récoltée dans ce type de bande tampon, le phosphore et l'azote captés par les plantes herbacées retournent à la surface du sol à l'automne durant la sénescence des plantes. Cette nouvelle matière organique issue des débris végétaux est ensuite transformée par les microorganismes du sol en nutriments comme le

nitrate, l'ammonium et le phosphore. Ces nutriments peuvent éventuellement ruisseler vers les fossés de drainage et les cours d'eau durant la fonte des neiges et après les pluies. Rappelons qu'une surabondance d'azote et de phosphore minéral dans les cours d'eau entraîne une croissance excessive des plantes aquatiques, favorise les blooms de cyanobactéries (algues bleu-vert) et détériore la qualité de l'eau pour la vie aquatique, la consommation et les activités récréatives.

La récolte annuelle des plantes herbacées figure parmi les stratégies pour améliorer l'efficacité de filtration des bandes tampons puisqu'elle permet d'exporter hors du site l'azote et le phosphore contenus dans les végétaux. On peut également planter des arbres puisque ceux-ci accumulent, à long terme, les nutriments dans leurs tissus ligneux (tronc, branches et grosses racines). Parmi les arbres plantés dans les bandes tampons, le peuplier hybride est plutôt intéressant, car sa croissance rapide et sa capacité à concentrer les nutriments dans sa biomasse lui permettent d'accumuler d'importants stocks d'azote et de phosphore en quelques années seulement. Cependant, comme d'autres espèces feuillues, le peu-



plier hybride produit une litière de feuilles très riche en nutriments ce qui peut favoriser l'accumulation de l'azote et du phosphore dans la couche superficielle du sol. Il est donc important d'évaluer dans quelle mesure la disponibilité des nutriments dans le sol de bandes tampons de peupliers diffère de celle de champs en culture, et ce, pour différents cultivars de peupliers hybrides.

## FONCTIONS CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES DES ARBRES SUR LA FERME

À mesure qu'ils poussent, les arbres plantés en zone riveraine ou ailleurs en bordure des cultures ont la capacité de créer un microclimat frais et ombragé qui est important pour la faune aquatique et terrestre. Le bétail peut également profiter d'un tel microclimat particulièrement en temps de canicule. Lorsque plantées perpendiculairement aux vents dominants, les bandes tampons d'arbres peuvent aussi protéger du vent les cultures, le bétail et les sols arables.

Sur le plan hydrologique, les arbres ont la capacité d'assécher les sols en marge des cultures, ce qui permet d'augmenter la capacité de stockage de l'eau dans le sol des agroécosystèmes durant les fortes pluies. Par ailleurs, une portion non négligeable des précipitations est directement interceptée par les arbres et évaporée par la suite. Les racines d'arbre améliorent également la porosité des sols agricoles, souvent compactés par le passage répété de la machinerie aratoire. Ainsi, les arbres plantés en bordure des cultures améliorent l'infiltration de l'eau dans le sol, ce qui diminue le ruissellement de surface. La présence d'arbres en zones inondables permet également de réduire la vélocité du courant lors des crues, de créer des zones de dépôt de sédiment à la base des troncs, et de stabiliser le sol et les berges en profondeur, diminuant ainsi l'érosion. Enfin, lors des inondations, les arbres interceptent des débris qui pourraient finir par obstruer des infrastructures comme les ponceaux. Bref, si de larges bandes tampons d'arbres étaient plantées à grande échelle dans les paysages agricoles, tant en zone riveraine qu'en milieu terrestre, la régulation hydrologique qu'elles procureraient diminuerait sans doute la sévérité des crues et les dommages qu'elles occasionnent. C'est donc dans ce contexte que nous avons mesuré l'effet des bandes tampons de peupliers sur le microclimat du sol à l'échelle d'une ferme.

## LE PROJET DE RECHERCHE

Au printemps 2010, nous avons planté sur 15 m de largeur des peupliers hybrides au bas des pentes des champs de fourrage de l'Abbaye de St-Benoît-du-Lac en Estrie (figure 1). L'objectif initial de ces bandes tampons était de fournir du bois pour alimenter les fournaies à biomasse qui chauffent les bâtiments de l'Abbaye et d'accumuler les nutriments provenant des cultures fourragères adjacentes.

Deux cultivars de peuplier hybride ont été utilisés dans le dispositif expérimental : ❶ le cultivar deltoïde (clone 3570), un hybride entre le peuplier deltoïde et le peuplier noir d'Europe (*Populus deltoides* × *Populus nigra*), et ❷ le cultivar baumier (clone 915311),

un hybride entre le peuplier baumier du Québec et le peuplier baumier japonais (*Populus balsamifera* × *Populus maximowiczii*) (figure 2). Ces deux cultivars ont été sélectionnés puisqu'ils diffèrent dans leur architecture, dans leur physiologie d'assimilation de l'azote et dans leur phénologie, c'est-à-dire les dates de l'apparition et de la chute du feuillage. Comparativement au cultivar baumier, le cultivar deltoïde a une cime moins large et une canopée moins dense, il fourche moins et il alloue moins de biomasse au tronc, aux branches et au feuillage (tableau 1, figure 2). Ses feuilles débourrent également moins hâtivement au printemps et demeurent sur l'arbre plus longtemps à l'automne.

Figure 1 : Bandes tampons de peupliers hybrides (sept ans) ceinturant l'ensemble du bas des champs de l'Abbaye de St-Benoît-du-Lac



J. Fortier

Figure 2 : Les deux cultivars de peuplier étudiés (photo prise le 17 mai, 7<sup>e</sup> saison de croissance)



J. Fortier

À gauche, le cultivar deltoïde, un hybride entre le peuplier deltoïde et le peuplier noir d'Europe (*Populus deltoides* × *Populus nigra*). À droite, le cultivar baumier, un hybride entre le peuplier baumier québécois et le peuplier baumier japonais (*Populus balsamifera* × *Populus maximowiczii*). Une clôture anti-cervidé de 2,5 m a également été érigée.

Tableau 1 : Diamètre à hauteur de poitrine (DHP) et biomasse sèche moyenne de chaque cultivar de peuplier après six saisons de croissance

CULTIVARS	DHP (CM)	TRONC (KG/ARBRE)	BRANCHES (KG/ARBRE)	FEUILLAGE (KG/ARBRE)
Deltoïde	12,4	15,9	5,4	3,2
Baumier	12,3	18,2	9,6	4,1

Deux types de plants ont également été utilisés dans le dispositif expérimental, soit des plançons et des plants à racines nues. Toutefois, le type de plant n'a pas eu d'effet sur le microclimat ou sur la disponibilité des nutriments dans le sol. L'importance du choix du type de plant sera donc discutée dans un prochain article. Au total, 36 parcelles expérimentales de peupliers ont été échantillonnées (2 cultivars × 2 types de plants × 9 blocs de plantation dispersés sur la ferme). Chaque parcelle comptait 15 arbres plantés avec un espacement de 3 m × 2 m (1666 tiges/ha), ce qui a donné des bandes tampons linéaires de 15 m de largeur (avec 5 rangées d'arbres). Cet espacement a été utilisé afin de générer de la biomasse rapidement dans une perspective d'utilisation pour le chauffage.

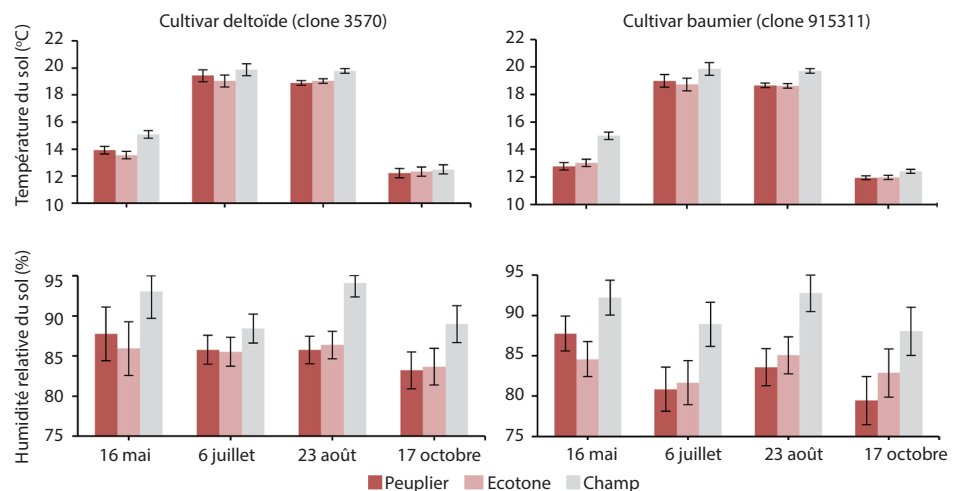
Sur le plan des traitements sylvicoles, le site a été labouré et hersé à l'automne, puis le printemps suivant, les arbres ont été plantés. Les blocs de plantation ont ensuite été clôturés pour en exclure le cerf, très abondant sur le site. Lors des deux premières saisons de croissance, une application localisée de glyphosate a été réalisée par pied d'arbre ( $\pm 1 \text{ m}^2/\text{arbre}$ ), au mois de juin, afin de réprimer la végétation concurrente.

À la fin de la 6<sup>e</sup> saison de croissance, le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) de chaque arbre a été mesuré et des équations allométriques, préalablement développées pour les mêmes cultivars, ont été employées pour estimer la biomasse sèche des différents compartiments (tronc, branches et feuilles). Au cours de la 7<sup>e</sup> saison de croissance, des mesures de température et d'humidité du sol ont été réalisées dans toutes les parcelles et également dans les champs de fourrage bordant celles-ci. Le microclimat du sol a donc été mesuré à quatre reprises à trois positions spatiales dans le système agroforestier : ① en plein milieu des bandes tampons de peupliers (position Peuplier), ② à l'interface entre les bandes de peupliers et les champs, soit un mètre en avant de la première rangée de peuplier, côté champ (position Écotone), et ③ dans les champs de fourrage à 30 m de distance des bandes de peupliers (position Champ). Des membranes échangeuses d'ions (*Plant Root Simulator-Probes*) ont été installées durant trois périodes consécutives d'environ 50 jours selon le patron spatial décrit ci-dessus. Comme le ferait une racine, ces membranes échangeuses d'ions captent les nutriments qui circulent dans le sol. Elles permettent donc d'évaluer les flux de nutriments disponibles dans le sol durant une période donnée.

## EFFETS DU CULTIVAR SUR LE MICROCLIMAT DU SOL

Comparativement aux champs de fourrage, les bandes tampons de peupliers ont la capacité de créer un microclimat plus frais, comme en témoignent les températures du sol au milieu des bandes de peupliers ainsi qu'à leur bordure (écotone) (figure 3). De plus, on voit que le cultivar baumier, avec sa cime dense et étalée, et son débourrement hâtif, crée tout au long de la saison de croissance un microclimat légèrement plus frais que le cultivar deltoïde qui laisse davantage de lumière pénétrer en sous-bois. Par ailleurs, bien que le sol sous les peupliers et à leur bordure soit plus sec que dans les champs adjacents, c'est dans les parcelles du cultivar baumier que les plus faibles contenus en humidité du sol ont été observés. Ce cultivar possède une forte biomasse ligneuse et foliaire. Il est donc possible qu'il stocke davantage d'eau dans ses tissus, qu'il intercepte plus de précipitations et qu'il transpire davantage que le cultivar deltoïde.

Figure 3 : Température et humidité relative moyennes mesurées dans le sol du système agroforestier durant la 7<sup>e</sup> saison de croissance



Pour une date donnée, les moyennes, dont les barres d'erreur ne se chevauchent pas, sont statistiquement différentes.

Ces résultats mettent en lumière la rapidité avec laquelle les peupliers peuvent transformer le microclimat en milieu agricole. Ils suggèrent également que le choix du cultivar est important pour influencer la température et le régime hydrique du sol. En favorisant le stockage et l'utilisation de l'eau, les systèmes agroforestiers de peupliers pourraient diminuer l'impact des pluies torrentielles sur les crues s'ils sont implantés à grande échelle dans un bassin versant agricole.

De plus, avec le réchauffement climatique, il sera important de minimiser l'augmentation des températures dans les ruisseaux afin de protéger des espèces sensibles au stress thermique comme l'omble de fontaine (truite mouchetée). Dans ce contexte, il est impératif de rapidement créer des corridors forestiers avec une canopée dense, particulièrement le long des petits cours d'eau et des fossés qui drainent le territoire agricole. Cela pourrait être réalisé en plantant les différents hybrides de peupliers baumiers. Toutefois, les sols plus secs observés sous le cultivar baumier pourraient éventuellement limiter sa croissance en période de sécheresse et sur les sites plus arides.

## EFFETS DU CULTIVAR SUR LA DISPONIBILITÉ DES NUTRIMENTS

Dans le sol sous le cultivar baumier, nous avons observé une très forte abondance de nitrate ( $\text{NO}_3$ ) au début de la 7<sup>e</sup> saison de croissance, ce qui n'a pas été le cas dans les parcelles où poussait le cultivar deltoïde ni dans les champs de fourrage. Cela suggère une faible assimilation du nitrate en début de saison par le cultivar baumier qui préfère assimiler l'ammonium du sol ( $\text{NH}_4$ ). Dans les régions tempérées froides et boréales, les peupliers baumiers colonisent naturellement les sites humides ou mal drainés en bordure des rivières et des milieux humides. Ainsi, ils ont évolué de manière à assimiler préférentiellement l'ammonium du sol plutôt que le nitrate, car la transformation de



l'ammonium en nitrate par les microorganismes du sol requiert des températures élevées et une bonne oxygénation du sol.

Toutefois, pour ce qui est du phosphore disponible dans le sol, nos résultats suggèrent que le cultivar baumier l'assimile davantage que le cultivar deltoïde, possiblement en raison de sa plus forte croissance en biomasse (tableau 1). Le cultivar baumier était également le seul à maintenir une plus faible disponibilité du phosphore dans le sol comparativement aux champs de fourrage. À la lumière de ces résultats, il pourrait être avantageux de planter les deux cultivars, sur différentes rangées d'une bande tampon afin d'optimiser l'assimilation du nitrate et du phosphore du sol.

En comparaison avec le sol des champs, il y avait toujours moins d'ammonium disponible à la bordure ou dans les bandes de peupliers (figure 4). Cela n'est pas surprenant puisque les plantes fourragères assimilent majoritairement le nitrate du sol pour combler leurs besoins en azote, alors que les peupliers ont la capacité d'assimiler les deux formes d'azote. Toutefois, malgré la croissance très rapide des peupliers sur le site, le phosphore et le nitrate du sol n'étaient pas nécessairement moins disponibles dans le sol sous les peupliers et en bordure de ceux-ci, par rapport aux champs de fourrage.

Contrairement aux champs dont le fourrage est récolté deux ou trois fois par an, aucune récolte de biomasse n'a eu lieu dans les bandes de peupliers au fil des années. Des quantités importantes d'azote et de phosphore sont donc exportées hors des champs lors des récoltes alors que les nutriments assimilés par les peupliers demeurent sur le site. Une portion importante de l'azote et du phosphore captés par les arbres en croissance retourne d'ailleurs à la surface du sol avec la chute des feuilles à l'automne. L'été suivant, la litière de feuilles de peuplier, particulièrement riche en azote et en phosphore, est rapidement transformée en nutriments par les arthropodes, vers de terre et microorganismes, ce qui a un effet fertilisant notable sur le sol. Puisque les peupliers ont des racines profondes et étalées qui puisent les nutriments à diverses profondeurs dans le sol et sous les cultures adjacentes, il se pourrait bien

qu'en l'absence de récolte de biomasse, ces arbres finissent par concentrer certains nutriments à la surface du sol. Soulignons enfin que des résultats potentiellement différents auraient été obtenus si les bandes de peupliers avaient été comparées à des cultures intensives de maïs ou de soya plutôt qu'à une culture fourragère faiblement fertilisée avec du fumier.



J. Fortier

Mesure de l'humidité et de la température du sol à l'aide d'une sonde, et de la disponibilité des nutriments à l'aide de membranes échangeuses d'ions



## aiglon indigo

Végétaux et  
semences indigènes

Des milliers de végétaux indigènes pour les besoins  
des producteurs forestiers d'ici depuis plus de 50 ans.

Feuillus nobles: chênes, noyers, caryers, érables...  
Essences résineuses: pins, épinettes, mélèzes...  
Et de nombreuses espèces compagnes arbustives.

Le tout en nombreux formats allant des multi-cellules  
forestières aux pots de 1-3-5-7 et 10 gallons.

Consultez notre Guide technique  
en ligne ici: [aiglonindigo.com](http://aiglonindigo.com)

819.385.4509



[aiglonindigo.com](http://aiglonindigo.com)



[info@aiglonindigo.com](mailto:info@aiglonindigo.com)

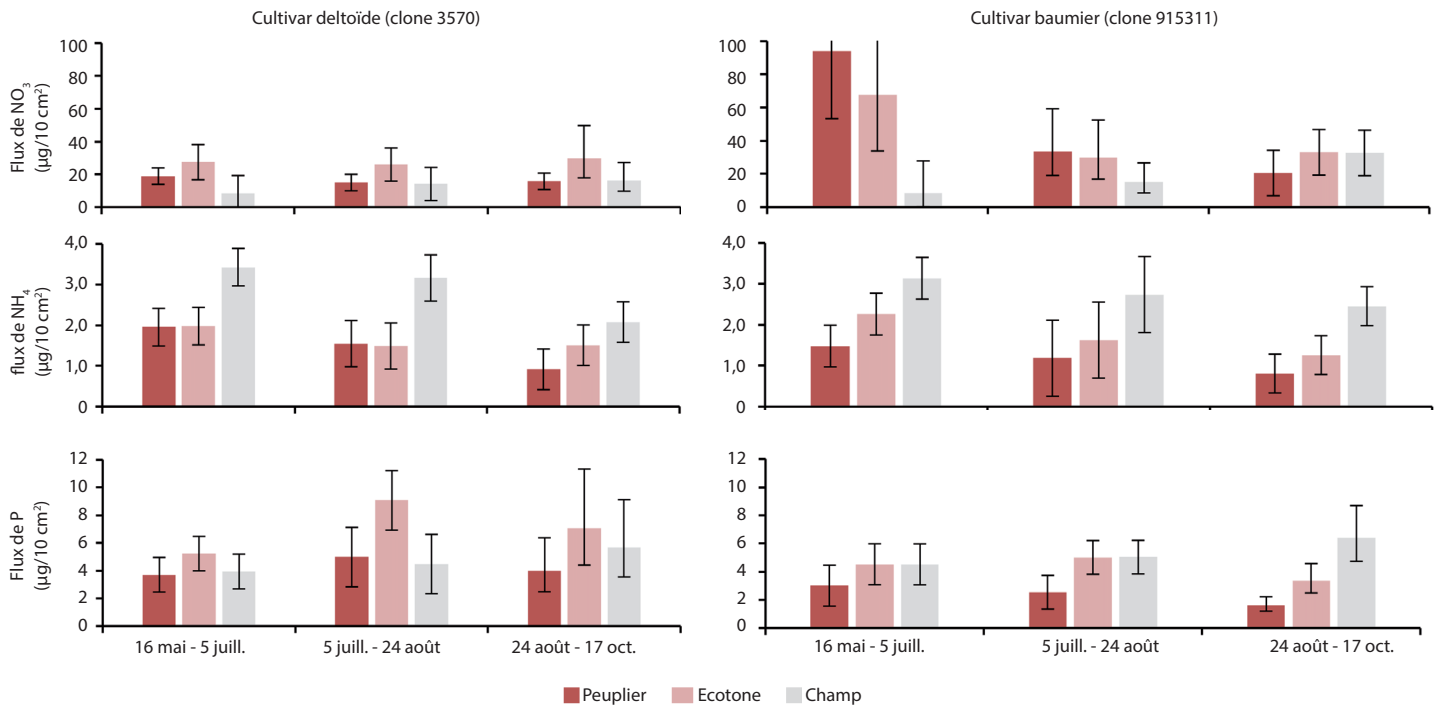


332, rang Saint-Joseph  
Lourdes (Québec) G0S 1T0



Résistance naturelle.  
Avantages essentiels.

Figure 4 : Flux d'azote sous forme nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) et ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et flux de phosphore (P) mesurés dans le sol du système agroforestier durant la 7<sup>e</sup> saison de croissance



Pour une date donnée, les moyennes, dont les barres d'erreur ne se chevauchent pas, sont statistiquement différentes.

## DES SCÉNARIOS DE RÉCOLTE À ENVISAGER

Sans récolte de biomasse, il sera difficile de réaliser des aménagements, comme des bandes riveraines, capables de réellement réduire la charge en azote et surtout en phosphore qui migre du milieu agricole vers le milieu aquatique. Contrairement au nitrate qui peut être transformé en azote atmosphérique par les microorganismes présents dans les sols saturés en eau, seule la récolte de biomasse permet d'exporter le phosphore hors d'un site. La récolte de biomasse en zone riveraine agricole a également fait ses preuves pour réduire les teneurs en nitrate du sol.

Des travaux de recherche sont donc nécessaires pour comprendre l'effet de différents scénarios de récolte (coupe totale, coupe par trouées ou coupe partielle répartie de manière homogène) sur la dynamique des nutriments dans le sol des systèmes agroforestiers. Il faudra également évaluer dans quelle mesure ces différents scénarios de récolte auront un impact sur les autres services environnementaux fournis par les systèmes agroforestiers (régulation microclimatique et hydrologique, séquestration du carbone dans la biomasse et dans le sol, habitats et corridors fauniques, esthétique du paysage, etc.).

## REMERCIEMENTS

Nous remercions la communauté Bénédictine de St-Benoît-du-Lac qui a accueilli ce projet sur ses terres et qui a fourni un soutien technique. Les organismes subven-

tionnaires suivants sont également remerciés : Agriculture et Agroalimentaire Canada (*Programme de lutte contre les gaz à effet de serre en agriculture*), Ressources Naturelles Canada, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (Chantier sur la forêt feuillue), la CRÉ-Estrie (Volet 2) et Arbres Canada. Un grand merci aux planteurs et aides terrain (O. Dubuc, J. D. Careau, L. Godbout, Frère L. Lamontagne, Y. Lauzière, J. Lemelin, M.A. Pétrin et C. Truax) ainsi qu'à la pépinière de Berthier (MFFP) pour avoir gracieusement fourni les plants de peuplier.



Récolte de biomasse (14 novembre 2017) dans des bandes tampons de peupliers de sept ans pour chauffer les bâtiments de l'Abbaye de St-Benoît-du-Lac.

## EN SAVOIR PLUS

Consultez l'article scientifique publié en accès libre dans la revue *Ecological Engineering* au [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857420302834](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857420302834)

Contactez les auteurs par courriel ou par téléphone :

Julien Fortier : [fortier.ju@gmail.com](mailto:fortier.ju@gmail.com)

Benoît Truax : [btruax@frfce.qc.ca](mailto:btruax@frfce.qc.ca), Tél. 819 821-8377

Daniel Gagnon : [daniel.gagnon@uregina.ca](mailto:daniel.gagnon@uregina.ca)

France Lambert : [france.lambert@frfce.qc.ca](mailto:france.lambert@frfce.qc.ca)