Ressources naturelles Canada / Natural Resources Canada
Centre de foresterie des Grands Lacs (CFGL)
Bulletin-électronique
No. 40, juin 2020
Canada

L'importance des petites initiatives : ces projets locaux contribuent à la synthèse des données mondiales

La docteure Aubin et ses collègues ont récemment publié un article sur la façon dont la collaboration dans la gestion des données locales peut aider à répondre aux questions écologiques mondiales.

L'équipe étudie le rôle important, mais négligé, des petites équipes de scientifiques « locales » dans la mobilisation d'intervenants à l'échange de données dans un contexte de collaboration. Les écologistes reçoivent de plus en plus des questions à grande échelle ou de grande ampleur, et pour y répondre efficacement, ils ont besoin d'ensembles de données vastes et interdisciplinaires.

Les projets locaux jouent un rôle important dans l'obtention de données écologiques. Ils sont des éléments de base pour la recherche mondiale. Ils peuvent encourager les pratiques d'excellences de gestion des données et récompenser concrètement les chercheurs qui choisissent d'investir du temps dans une bonne gestion des données. En reliant les générateurs de données aux utilisateurs de données, ces initiatives améliorent la capacité des utilisateurs de données à interpréter avec précision les données accessibles, et informent les générateurs de données au sujet des utilisateurs.

Cette publication contient, à titre d'exemple, trois initiatives locales sur lesquelles les auteurs ont travaillé. Les objectifs, l'étendue de la zone étudiée, la durée des études et les disciplines de ces trois initiatives sont différents. La base de données TOPIC (Traits des plantes au Canada) est un carrefour permettant aux chercheurs canadiens d'intégrer de petits ensembles de données et de les rendre accessibles, tant à l'échelle locale qu'à la communauté scientifique internationale grâce à sa collaboration avec la base de données internationale de traits nommée TRY (en anglais seulement). Dans le projet Co-VITAS (en anglais seulement), 23 groupes de recherche d'un peu partout au Canada collaborent pour étudier la variabilité des traits intraspécifiques à l'échelle sous-continentale. Cette initiative comprend l'échantillonnage systématique de plusieurs traits dans l'aire de répartition d'une espèce, une tâche qui dépasse largement les capacités d'un seul laboratoire. Dans l'essai sur la récolte de la biomasse au Island Lake, lequel porte sur les répercussions écologiques du retrait, à différents degrés, de la biomasse forestière, il était difficile de stimuler les échanges de données entre les scientifiques de différentes disciplines pour traiter les questions interdisciplinaires. Oui, les petites initiatives sont importantes, et les efforts locaux ont un fondement solide.

Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec Isabelle Aubin ou lire « Managing data locally » (en anglais seulement).

Résultats de 20 ans de retrait de biomasse : comment peut-on les utiliser pour en apprendre plus sur l'exploitation par arbres entiers?

Le Service canadien des forêts et le ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario ont, ensemble, mis en place une série d'essais de retrait de biomasse au début des années 1990 sur des sites jugés les plus sensibles à l'augmentation du retrait de nutriments.

Paul Hazlett et Rob Fleming, chercheurs au Centre de foresterie des Grands Lacs (CFGL), ont publié un rapport sur l'état des réserves de carbone et de nutriments du sol 20 ans après la récolte, à partir de 14 essais de retrait de biomasse. L'expérience a été réalisée sur des sites à texture grossière et pauvres en nutriments dans le nord de l'Ontario, dans le cadre de l'expérience nord-américaine sur la productivité à long terme des sols (PLTS), et a servi à évaluer les conditions du sol forestier et des 20 cm supérieurs de sol minéral. Les trois méthodes de récolte sont : tige seule (ébranchée à la souche), arbre entier (fûts et branches enlevés), et arbre entier avec enlèvement du sol forestier (et environ les 5 cm supérieurs de

sol minéral). En général, aucune différence dans les réserves de carbone et de nutriments du sol n'a été observée entre les récoltes des tiges seulement et des arbres entiers après 20 ans. Selon les résultats, il n'est pas nécessaire de restreindre la récolte des arbres entiers pour les produits du bois traditionnels sur les sites pauvres en nutriments. Par contre, il semble prudent à l'heure actuelle de restreindre les récoltes bioénergétiques intensives (durant lesquelles il y a des quantités encore plus importantes de résidus d'exploitation forestière retirées) à des sites profonds à texture fine qui possèdent des réserves importantes de carbone et de nutriments dans le sol. Les peuplements évalués ici arrivaient tout juste à la période de développement de la fermeture du couvert forestier où des limitations en nutriments sont susceptibles de se produire. Par conséquent, une surveillance continue est nécessaire pour déterminer si la croissance et la nutrition foliaire des arbres seront affectées au cours des vingt prochaines années.

Une publication connexe, dont l'auteur principal est Rob Fleming, présente une évaluation de la réponse de la croissance des peuplements sur 20 ans dans ces essais, et aussi une analyse des effets du creusement de tranchées au moyen de disques, du compactage du sol après le passage de lames et des applications répétées de glyphosate ainsi que les traitements énumérés ci-dessus. Principales constatations : 1) l'enlèvement complet de la couverture morte a légèrement augmenté la survie des arbres plantés, mais a réduit la productivité à long terme du peuplement; 2) le contrôle de la végétation a nettement augmenté la croissance du peuplement au début, mais les effets se sont considérablement atténués avec le temps; 3) la récolte des arbres entiers a eu des effets similaires à la récolte des tiges seulement sur le développement du peuplement; 4) le compactage après l'enlèvement de la couverture morte n'a pas eu d'effets supplémentaires sur le développement du peuplement; et 5) la pénétration de la régénération naturelle a été plus importante avec les traitements de préparation de la récolte/du site qui ont maintenu les rémanents sur place, mais n'a pas été significativement affectée par le contrôle de la végétation. L'importance de cette publication réside dans ses réponses à long terme (20 ans). L'enlèvement du sol forestier sur des sites similaires est susceptible d'avoir des répercussions négatives importantes sur la productivité des peuplements à long terme, malgré le manque de preuves de cela à court terme. En revanche, les effets positifs du contrôle de la végétation sur la productivité future des peuplements de types de sites similaires peuvent être considérablement surestimés lorsqu'ils sont basés sur des résultats à court terme. À ce stade, il n'y a pas non plus de preuves solides indiquant que la récolte des arbres entiers, telle qu'elle était pratiquée sur ces sites, réduit la productivité des peuplements par rapport à la récolte des tiges uniquement.

Les renseignements tirés de cette recherche ont éclairé les politiques de l'Ontario concernant le niveau durable d'exploitation des forêts pour l'énergie de la biomasse. Les résultats ont soutenu un examen et une révision de l'orientation de l'exploitation par arbres entiers dans le cadre des directives de gestion forestière de l'Ontario. Il a été conclu que l'exploitation par arbres entiers n'avait probablement pas de répercussion à long terme sur les nutriments du sol pour les longueurs de rotation typiques en Ontario, et par conséquent les restrictions « non recommandé » et « recommandé sous condition » pour les sols très peu profonds et les sites sableux à texture grossière ont été supprimées dans la version révisée du Guide de gestion forestière pour la sylviculture en Ontario.

Vous trouverez les articles sur les effets sur les sols et le taux de croissance (en anglais seulement) sur notre site Web de publications.

Qu'est-ce qui motive les personnes à planter des arbres?

Les programmes gouvernementaux visant à encourager la plantation d'arbres sont particulièrement efficaces dans les comtés où les terres agricoles sont marginales. Le souci des propriétaires de terrains privés pour la faune et la flore sauvages est un autre facteur important.

Depuis trois ans, Heather MacDonald, Dan McKenney, Emily Hope et d'autres membres du Centre de foresterie des Grands Lacs (CFGL) collaborent avec Forests Ontario pour comprendre pourquoi les propriétaires de terres privées plantent des arbres. Forests Ontario est l'organisme principal d'exécution du Programme 50 millions d'arbres (en anglais seulement) et a récemment reçu des fonds du gouvernement fédéral. Dans une Adoption influences in Ontario's 50 Million Tree Program (en anglais seulement) de 2018, madame MacDonald et ses coauteurs ont constaté que les terres à faible valeur agricole présentaient une augmentation importante du couvert arboré, ce qui démontre le potentiel de la plantation d'arbres au Canada sur des terres d'assolement marginales. Un autre article, qui sera bientôt publié dans *Landscape Online* (en anglais seulement), présente une enquête auprès des propriétaires de terrains privés jusqu'à dix ans après leur participation à un programme de plantation d'arbres de Forests Ontario. Cette enquête a permis de constater que le souci de la faune était l'une des principales motivations pour planter des arbres. Par conséquent, il serait avantageux de mentionner les bénéfices pour la faune comme argument pour motiver les propriétaires de terrains privés à planter des arbres. L'enquête a aussi permis de constater un niveau élevé de satisfaction à l'égard des programmes de plantation d'arbres de Forest Ontario : 67 % des répondants ont déclaré que la plantation d'arbres avait amélioré le bien-être et la jouissance de leur propriété.

Heather MacDonald, scientifique de recherche forestière sociale au CFGL, étudie l'influence de l'humain dans la gestion de ressources.

Garantir un bois d'œuvre sans parasites pour l'exportation

Le bois provenant d'arbres infestés par l'agrile du frêne a été utilisé pour tester les effets de la mouture et du traitement thermique sur la réduction du risque phytosanitaire dans le bois scié.

Dans le cadre d'une collaboration avec des contributeurs fédéraux, provinciaux et industriels, le chercheur Chris MacQuarrie et l'assistante en entomologie forestière Meghan Gray ont testé une approche systémique pour le traitement phytosanitaire du bois d'œuvre provenant d'arbres infestés par l'agrile du frêne. Cette approche tient compte de la manière dont toutes les étapes d'un processus de production agissent pour réduire le risque de présence d'un parasite vivant dans le produit final. Les frênes verts infestés ont servi à : 1) quantifier le changement de la densité de l'agrile du frêne lorsqu'une bille est transformée en bois scié; et 2) quantifier l'effet du traitement thermique sur la mortalité des pupes de l'agrile du frêne présentes dans le bois.

Les résultats ont montré que plus de 90 % des agriles du frêne ont été éliminés lors de l'écorçage. Plus de 99 % des agriles du frêne ont été éliminés avant la transformation d'une bille en bois scié. La chaleur a été efficace pour tuer les coléoptères dans le bois à des températures plus basses que celles exigées par la réglementation actuelle. L'agrile du frêne a été tué à tous ses stades de vie à 56 °C et plus; la réglementation actuelle exige que le bois potentiellement infesté par l'agrile du frêne et destiné à l'exportation soit chauffé à 72 °C. Si les agriles du frêne adultes peuvent être tués ou rendus incapables de se reproduire par le chauffage à des températures plus basses, cela permettrait aux producteurs de bois canadiens de réaliser des économies importantes.

Ces expérimentations fournissent une base scientifique précieuse pour l'élaboration de règles de certification phytosanitaire permettant à l'industrie canadienne d'exporter du bois pouvant provenir d'arbres potentiellement infestés par l'agrile du frêne. Les mêmes principes et normes pourraient également être applicables à d'autres insectes xylophages. S'attaquer à la probabilité de la présence d'organismes nuisibles dans le bois et les produits du bois destinés à l'exportation est une étape essentielle pour réduire le plus possible le risque que les exportations canadiennes de bois puissent entraîner le déplacement, l'introduction et l'établissement d'espèces envahissantes.

Il s'agissait d'un projet de recherche mixte avec nos scientifiques des Centres de foresterie des Laurentides (Robert Lavallée) et du Pacifique (Meghan Noseworthy) et nos partenaires de l'Agence canadienne d'inspection des aliments, du Bois de l'Ontario, du Bureau de promotion des produits du bois du Québec et de l'assistance technique de FPInnovations (Marc Savard) et de Townsend Lumber Inc. de Tillsonburg, ON.

Modélisation et cartographie du climat canadien pour contribuer aux études d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques : cours universitaire

Le scientifique Dan McKenney a donné une conférence à l'université de Winnipeg au début janvier; il a présenté une vue d'ensemble et un historique des travaux de cartographie climatique auxquels son équipe et lui-même participent depuis les 25 dernières années.

Monsieur Dan McKenney travaille en collaboration avec Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), la National Oceanic and Atmospheric Administration des États-Unis et l'Australian National University. Certains de ces modèles font partie de l'Atlas climatique du Canada du Centre climatique des Prairies, hébergé à l'université de Winnipeg (voir aussi (Donneesclimatiques.ca). Ces deux portails Web font partie des efforts d'ECCC pour intégrer les considérations relatives aux changements climatiques dans la société canadienne. La cartographie climatique fait appel à « ANUSPLIN », un outil de pointe originaire d'Australie largement utilisé pour cartographier le climat. Vous pouvez également voir certains de ces travaux sur notre site Web : Modélisation du climat à l'échelle régionale, nationale et internationale. Monsieur McKenney a aussi évoqué certaines des possibilités que ce travail a permis d'offrir pour contribuer aux études sur l'atténuation des changements climatiques et l'adaptation à ceux-ci. Les exemples varient beaucoup : mises à jour des zones de rusticité des plantes, coûts de la lutte contre les incendies de forêt (Wildfire suppression costs for Canada under a changing climate) [en anglais seulement] dans un contexte de changements climatiques, ou encore la modélisation des changements dans les risques/menaces à la santé humaine causés par les changements dans les espèces d'insectes, notamment les moustiques et les tiques.

La conférence a attiré un grand nombre d'étudiants, de membres de la faculté, d'autres ministères fédéraux ainsi que Manitoba Hydro et la Direction des forêts du Manitoba.

Le Centre de foresterie des Grands Lacs (CFGL) célèbre son 75e anniversaire : regard sur certains des scientifiques pionniers

Le Dr Basil Arif s'est penché sur les travaux de certains des premiers scientifiques forestiers fédéraux à Sault Ste. Marie et leurs importantes contributions aux progrès de la lutte biologique contre les insectes.

La recherche en entomologie forestière à Sault Ste. Marie a commencé en 1945 en réponse à une épidémie massive de tordeuse des bourgeons de l'épinette qui provoquait une défoliation importante des forêts. Des scientifiques reconnus mondialement dans leur domaine ont été invités à entamer des recherches dans le domaine en plein essor de la lutte biologique contre les insectes. Cette entreprise était basée sur la connaissance qu'un virus de polyédrose était responsable de l'effondrement d'une infestation de diprion européen de l'épinette.

En 1950, nous avons recruté le Dr Gernot Bergold, virologue de renommée internationale œuvrant à l'université de Tübingen, en Allemagne, pour commencer des recherches sur les virus des insectes. Il s'agissait d'un geste audacieux à l'époque, quelques années seulement après la Deuxième Guerre mondiale. L'équipement de pointe du laboratoire lui a permis de mener des recherches impressionnantes et innovantes sur les virus. Ses publications et ses recherches sont considérées comme fondamentales pour les baculovirus et la virologie des insectes.

Le Dr Ted Bird, considéré comme un pionnier dans le domaine de la pathologie des insectes, a également été recruté au laboratoire en 1950. Il a été l'un des scientifiques qui ont fourni la preuve qu'un virus de polyédrose était responsable de l'effondrement de l'infestation de diprion européen de l'épinette.

Un autre scientifique important était le Dr Gerry Wyatt, venu de l'Université de Cambridge en 1952. Le Dr Wyatt est très bien formé dans le domaine de la biochimie des acides nucléiques. Ses observations sur l'appariement des bases dans l'ADN, tirées de ses recherches sur les virus d'insectes, ont fourni un élément de preuve essentiel pour soutenir la structure en double hélice de l'ADN qui a été proposée par Watson et Crick en 1953. L'article de recherche du Dr Wyatt a été cité dans le célèbre article de Nature qui leur a valu le prix Nobel de médecine en 1962.

À la fin des années 1960, le Dr John Cunningham, de l'université d'Oxford en Angleterre, a été engagé pour étudier l'application potentielle des virus d'insectes dans la lutte contre les lépidoptères et les hyménoptères nuisibles aux forêts. Ses travaux ont conduit au premier produit viral enregistré au Canada en tant qu'agent de lutte biologique en 1983. Le produit, le Lecontvirus, est très efficace contre le diprion de LeConte.

Le Dr Tom Angus a été reconnu pour son travail sur l'endotoxine delta de la bactérie Bacillus thuringiensis. Le B.t. est l'agent de lutte biologique le plus utilisé aujourd'hui dans le monde contre les insectes nuisibles trouvés dans les domaines forestiers et agricoles.

Nous pouvons remercier le Dr Sardar Sohi pour l'élaboration des lignées de cellules d'insectes, essentielles à l'étude des virus et des toxines dans les systèmes de culture tissulaire et encore utilisées aujourd'hui.

Le Dr Basil Arif lui-même a commencé à travailler à Sault Ste. Marie en 1972 et est devenu un expert mondial dans la biologie moléculaire et la génomique des baculovirus et entomopoxvirus d'insectes. Le Dr Arif et son équipe ont mis au point un virus de la tordeuse des bourgeons de l'épinette génétiquement modifié ayant un mode d'action rapide.

Tous ces scientifiques ont joué un rôle important dans la lutte biologique contre les insectes. Les premières recherches qu'ils ont menées ont eu des résultats significatifs et positifs dans le domaine de la

sylviculture et de la lutte antiparasitaire au Canada. Vous trouverez beaucoup de ces articles scientifiques sur le site Web des publications du Service canadien des forêts.

Publications

Aubin, I.; Cardou, F.; Boisvert-Marsh, L.; Garnier, E.; Strukelj, M.; Munson, A.D.; Gachet, S. 2020. Managing data locally to answer questions globally: the role of collaborative science in ecology. Journal of Vegetative Science: https://doi.org/10.1111/jvs.12864.

Blackburn, G.S.; Bilodeau, P.; Cooke, T.; Cui, M.; Cusson, M.; Hamelin, R.C.; Keena, M.A.; Picq, S.; Roe, A.D.; Shi, J.; Wu, Y.; Porth, I. 2020. An Applied Empirical Framework for Invasion Science: Confronting Biological Invasion Through Collaborative Research Aimed at Tool Production. Annas of the Entomological Society of American 229: https://doi.org/10.1093/aesa/saz072.

Bouwer, M.C.; MacQuarrie,C.J.K.; Gil, O.J.; Slippers, B.; Allison, J.D. 2020. Impact of intercept trap type on plume structure: a potential mechanism for differential performance of intercept trap designs for Monochamus species. Journal of Pest Science: https://doi.org/10.1007/s10340-020-01204-y.

Bush, A.; Compson, Z.; Monk, W.; Porter, T.M.; Steeves, R.; Emilson, E.; Gagne, N.; Hajibabaei, M.; Roy, M.; Baird, D.J. 2019. Studying ecosystems with DNA metabarcoding: lessons from aquatic biomonitoring. Methods in Ecology and Evolution.

Cardou, F.; Aubin, I.; Bergeron, A.; Shipley, B. 2020. Functional markers to predict forest ecosystem properties along a rural-to-urban gradient. Journal of Vegetation Science 31(3): 416-428.

Carleton, R.D.; Owens, E.; Blaquière, H.; Bourassa, S.; Bowden, J.J.; Candau, J.-N.; DeMerchant, I.; Edwards, S.; Heustis, A.; James, P.M.A.; Kanoti, A.M.; MacQuarrie, C.J.K.; Martel, V.; Moise, E.R.D.; Pureswaran, D.S.; Shanks, E.; Johns, R.C. 2020. Tracking insect outbreaks: a case study of community-assisted moth monitoring using sex pheromone traps. FACETS 5: 91–104.

Edge, C.B.; Baker, L.F.; Lancot, C.M.; Melvin, S.D.; Gahl, M.K.; Kurban, M.; Navarro-Martin, L.; Kidd, K.A.; Trudeau, V.L.; Thompson, D.G.; Mudge, J.F.; Houlahan, J.E. 2020. Compensatory indirect effects of an herbicide on wetland communities. Science of the Total Environment 718: 137254.

Emilson, C.E.; Bélanger, N.; Brais, S.; Chisholm,C.E.; Diochon, A.S.; Joseph, R.; Markham, J.; Morris,D.; Van Rees, K.; Rutherford, M.; Venier, L.A.; Hazlett, P.W. 2020. Short-term growth response of jack pine and spruce spp. to wood ash amendment across Canada. GCB Bioenergy 12(2): 158-167.

Erbilgin, N.; Klusch, J.G.; Najeeb, H.; Cale, J.A.; Ishangulyyeva, G.; Rajabzadeh, R.; Boone, C.; Bozic, T.; Jansson, G.; Haapanen, M.; Hughes. C.; MacQuarrie, C.J.K.; Schroeder, M.; Seppo, R. 2020. Chemical similarity between introduced and native populations of Scots pine can facilitate transcontinental expansion of mountain pine beetle in North America. Biological Invasions 22: 1067-1083.

Erni, S.; Wang, X.; Taylor,S.; Boulanger, Y.; Swystun,T.; Flannigan,M.; Parisien,M.-A. 2020. Developing a two-level fire regime zonation system for Canada. Journal of Forest Research 50(3): 259-273.

Hope, E.; Gagnon, B.; Avdi´c, V. 2020. Assessment of the Impact of Climate Change Policies on the Market for Forest Industrial Residues. MDPI: Sustainability 12(5): 1787.

Johnston, L.M.; Wang, X.; Erni, S.; Taylor, S.W.; McFayden, C.B.; Oliver, J.A.; Stockdale, C.; Christianson,A.; Boulanger, Y.; Gauthier, S.; Arsenault, D.; Wotton, M.; Parisien, M.-A.; Flannigan, M.D. 2020. Wildland fire risk research in Canada. Environmental Reviews: https://doi.org/10.1139/er-2019-0046.

Kattge, J. et al. 2020. TRY plant trait database – enhanced coverage and open access. Global Change Biology 26(1): 119-188.

Lupardus, R.C.; Azeria, E.T.; Santala,K.; Aubin, I.; McIntosh, A.C.S. 2020. Uncovering traits and recovering grasslands: A functional assessment of oil and gas well pad reclamation. Ecological Engineering: X 5: 100016.

MacDonald, H.; McKenney, D.W.; McLaven, K.; Perry, S. 2020. Realizing Expectations from Planting Trees on Private Land in Ontario,Canada. Landscape Online 78: https://doi.org/10.3097/LO.202078.

MacQuarrie, C.J.K.; Gray, M.; Lavallée, R.; Noseworthy, M.K.; Savard, M.; Humble,L.M. 2019. Assessment of the Systems Approach for the Phytosanitary Treatment of Wood Infested With Wood-Boring Insects. Journal of Economic Entomology 113(2): 679-694.

Morris, D.M.; Fleming, R.L.; Hazlett, P.W.2020. Ontario, Canada's LTSP experience: Forging Lasting Research Partnerships and the Adaptive Management cycle in Action. Journal of Forestry: fvaa002.

Musetta-Lambert, J.L.; Kreutzweiser, D.P.; Sibley, P.K. 2020. Assessing the influence of wildfire on leaf decomposition and macroinvertebrate communities in boreal streams using mixed-species leaf packs. Freshwater Biology: https://doi.org/10.1111/fwb.13488.

Parker, K.; Ryall, K.; Auema, B.H.; Silk, P. 2020. Early detection of *Agrilus planipennis*: investigations into the attractive range of the sex pheromone (3*Z*)-lactone. Entomologica Experimentalis et Applicata 168(2): 166-173.

SamkovÁ, A.; Jansta, P.; Huber,J.T. 2020. Illustrated key to European genera, subgenera and species groups of Mymaridae (Hymenoptera), with new records for the Czech Republic. Zootaxa 4722(3): 201-233.

Tanentzap, A.J. Fitch, A.; Orland, C.; Emilson, E.J.S.; Yakimovich, K.M.; Osterholz, H.; Dittmar, T. 2019. Chemical and microbial diversity covary in fresh water to influence ecosystem functioning. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 116(49): 24689-24695.

Watt, G.A.; Stocks, B.J.; Fleming, R.A.; Smith, S.M. 2020. Stand breakdown and surface fuel accumulation due to spruce budworm (*Choristoneura fumiferana*) defoliation in the boreal mixedwood forest of central Canada. Canadian Journal of Forest Research: https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0076.

Weigand, A.; Abrahamczyk, S.; Aubin, I.; Bita-Nicolae, C.; Bruelheide, H.; Carvajal-Hernández, C.I.; Cicuzza, D.; Nascimento da Costa, L.E.; Csiky, J.; Dengler, J.; de Gasper, A.L.; Guerin, G.R.; Haider, S.; Hernández-Rojas, A.; Jandt, U.; Reyes-Chávez, J.; Karger, D.N.; Khine, P.K.; Kluge, J.; Krömer, T.; Lehnert, M.; Lenoir, J.; Moulatlet, G.M.; Aros-Mualin, D.; Noben, S.; Olivares, I.; Quintanilla, L.G.; Reich, P.B.; Salazar, L.; Silva-Mijangos, Tuomisto, H.; Weigelt, P.; Zuquim, G.; Kreft, H.; Kessler, M. 2019. Global fern and lycophyte richness explained: How regional and local factors shape plot richness. Journal of Biogeography 47(1): 59-71.

Pour obtenir de plus amples renseignements sur les droits de reproduction, veuillez communiquer avec Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC) par téléphone au 613-996-6886, ou par courriel à l'adresse suivante : droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2020 ISSN 1715-8036 Centre de foresterie des Grands Lacs, e-Bulletin