

Berce du Caucase

Stratégies de lutte pour un nouvel
envahisseur en terres agricoles

Rapport d'étape (1^{ère} partie)

Claude Lavoie

2017

Berce du Caucase : stratégies de lutte pour un nouvel envahisseur en terres agricoles (PV-3.2-2014-002)



Photographie : E. Groeneveld

Claude Lavoie, Ph.D., biologiste et professeur titulaire

*École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional (ÉSAD), Université Laval
Coordonateur du groupe de recherche QuéBERCE
Pavillon Félix-Antoine-Savard, 2325, rue des Bibliothèques
Québec, Québec, G1V 0A6
claude.lavoie@esad.ulaval.ca*

Chargée de projet au Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) :

Annie Goudreau, B.Sc., agronome
MAPAQ – région Chaudière-Appalaches
675, rue Cameron, bureau 100
Sainte-Marie, Québec, G6E 3V7
annie.goudreau@mapaq.gouv.qc.ca

Février 2017



**UNIVERSITÉ
LAVAL**

RÉSUMÉ

La **berce du Caucase** est une plante exotique eurasiatique envahissante particulièrement nuisible. La sève de la berce contient des composés qui, au contact de la peau et avec exposition à la lumière du soleil (rayons ultraviolets), provoquent des dermatites sévères. Les feuilles larges de la berce font ombrage et élimineraient aussi le couvert végétal naturel et contribueraient ainsi à dénuder les sols qui deviendraient alors plus susceptibles à l'érosion, particulièrement en bandes riveraines. Naturalisée au Québec depuis 1990, la plante est maintenant très répandue dans le sud du Québec et certaines données suggèrent que l'invasion n'épargnera pas les terres agricoles traversées par des cours d'eau. Une subvention de recherche Prime-Vert (sous-volet 3.2 ; PV-3.2-2014-002) a été accordée à **Claude Lavoie** (Université Laval) et **Jacques Brisson** (Université de Montréal) afin 1) de connaître le patron spatial d'envahissement de la berce en contexte agricole, 2) d'évaluer les conséquences sur la biodiversité végétale de la présence de la berce et 3) de déterminer quelle est la meilleure méthode pour lutter contre la prolifération de cette plante. On explique dans ce rapport d'étape les travaux qui ont été effectués depuis le mois de mai 2014 pour les objectifs 1 et 2. La vitesse de propagation et l'envergure géographique d'une invasion de berce a été étudiée dans le secteur du ruisseau Fourchette (région Chaudière-Appalaches) où la berce a été introduite de manière volontaire. La berce a été recensée de la source du ruisseau jusqu'au fleuve Saint-Laurent, soit sur une distance de 37 km. On a ainsi pu estimer que la berce s'est disséminée sur une vingtaine de kilomètres depuis son introduction au milieu des années 2000. Des tests en laboratoire et sur le terrain ont montré que les graines de berce ont un taux de viabilité atteignant des valeurs moyennes de 75 à 85 %, qu'elles ont la capacité de flotter pendant deux à trois heures et qu'elles peuvent voyager au gré du courant sur quelques centaines de mètres et être à l'origine de nouveaux foyers d'infestation. Un dispositif de suivi a été installé sur des bandes riveraines du ruisseau Fourchette pour évaluer avec plus de certitude l'effet réel de la plante sur la diversité végétale. Le dispositif est formé de 20 sites avec petits plants de berce en croissance (2014) et 20 sites témoins (sans berce). Les sites avec berce et les sites témoins étaient au départ (2014) à peu près identiques (nombre d'espèces, couvert végétal, diversité), mais on présume qu'au fur et à mesure que les berces gagneront en maturité (étés 2014, 2015, 2016 et 2017), elles entreront en compétition avec les autres plantes et auront alors un effet mesurable sur la diversité. Enfin, les membres de l'équipe de travail ont participé à plusieurs activités de diffusion d'informations sur la berce depuis le mois de mai 2014, activités au cours desquelles la contribution du MAPAQ à ses projets de recherche a toujours été mise en évidence. Le projet a notamment permis de bonifier les formations offertes en lutte à la berce par l'Université Laval et l'Université de Montréal.

1. TABLE DES MATIÈRES

1. Table des matières	3
2. Problématique générale	4
2.1. État de situation de l'invasion de berce du Caucase au Québec	4
2.2. Problématique de la berce du Caucase en milieu agricole	4
2.3. Projet de recherche Prime-Vert sur la berce du Caucase	5
3. Objectif no 1 : connaître le patron spatial d'envahissement de la berce du Caucase	6
3.1. Travaux de terrain effectués en 2014	7
3.2. Travaux de terrain et de laboratoire effectués sur les graines en 2014–2016	9
3.3. Résultats : inventaire du ruisseau Fourchette	12
3.4. Résultats : reproduction et dissémination des graines	14
3.5. Travaux à venir	17
3.6. Conclusions	18
4. Objectif no 2 : évaluer les conséquences de la berce du Caucase sur la biodiversité	20
4.1. Travaux de terrain effectués en 2014	20
4.2. Résultats préliminaires (2014)	22
4.3. Travaux à venir	25
4.4. Conclusions préliminaires	25
5. Activités connexes	26
6. Remerciements	27
7. Littérature citée	28

2. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

La **berce du Caucase** (*Heracleum mantegazzianum*; Apiaceae) est une plante exotique eurasiatique envahissante particulièrement nuisible. La sève de la berce contient des composés chimiques (furanocoumarines) qui, au contact de la peau et avec exposition à la lumière du soleil (rayons ultraviolets), provoquent des dermatites sévères qui s'apparentent à des brûlures du second degré (Tiley et al. 1996) et qui peuvent même, dans de rares cas, conduire à une amputation (Klimaszyk et al. 2014). Les feuilles larges de la berce font ombrage et élimineraient aussi le couvert végétal naturel et contribueraient ainsi à dénuder les sols qui deviendraient alors plus susceptibles à l'érosion, particulièrement en bandes riveraines (Pyšek et Pyšek 1995). La plante, qui peut atteindre une taille de 5 m, se reproduit lors de sa troisième, quatrième ou cinquième année de croissance, puis meurt (Pergl et al. 2006). Elle se propage uniquement par graines qu'elle produit en très grand nombre, jusqu'à 50 000 par plant en Europe (Perglová et al. 2007). La berce pousse bien sur sol humide inondé de manière périodique, mais peut aussi proliférer sur des sols bien drainés. La dissémination naturelle des semences sur de grandes distances se fait essentiellement par voie d'eau (les graines flottent). Comme la plante est spectaculaire, elle est aussi propagée volontairement par des horticulteurs amateurs qui apprécient ses qualités ornementales.

2.1 État de situation de l'invasion de berce du Caucase au Québec

La berce du Caucase est une espèce d'introduction relativement récente sur le territoire québécois : les premiers plants ont été mis en terre (horticulture) vers 1982 et les premiers individus ont été observés en nature en 1990 (Estrie). Une cartographie des populations du Québec, financée en partie par le MAPAQ (programme Prime-Vert, sous-volet 11.1), a été réalisée au cours de l'été 2012 (Lavoie et al. 2013). Il y avait en 2012, au Québec, au moins 169 populations de berce, et ce, dans toutes les régions du Québec méridional à l'est de Gatineau et à l'ouest du fjord du Saguenay et du Bas-Saint-Laurent. La grande majorité (79 %) des populations ont été trouvées en nature (hors des jardins) et se sont donc implantées d'elles-mêmes. C'est dans les fossés de drainage, particulièrement en bordure des routes, où l'on trouve le plus de populations de berce. On en trouve aussi beaucoup dans les jardins privés et les champs en friche, ainsi que sur les rives des cours d'eau, des habitats où la plante prolifère rapidement. Les trois quarts des populations observées sur le terrain ont fait l'objet d'une tentative d'éradication, la plupart du temps infructueuse car faite par des personnes peu expérimentées et ne connaissant pas la biologie de la plante. Les 126 propriétaires des terrains avec berce qui ont été interviewés par l'équipe de travail ont signalé 26 cas de dermatite, dont quatre ont nécessité une consultation médicale, parfois même des arrêts de travail de quelques semaines.

2.2 Problématique de la berce du Caucase en milieu agricole

Dans les secteurs avec forte prépondérance de terres agricoles, la plante apparaît dans les fossés de drainage, sur les rives des cours d'eau et en bordure des boisés. Lors de la campagne de terrain effectuée en 2012, l'équipe de travail a rencontré plusieurs producteurs agricoles ayant été victimes (brûlures) de la berce lors d'opérations d'entretien de fossés, particulièrement en Mauricie (Sainte-Anne-de-La-Pérade) où bon nombre de populations sont établies. Le terrain d'un éleveur de chevaux en banlieue de la ville de Québec est si envahi par la berce du Caucase qu'il doit régulièrement excaver, à l'aide d'une tractopelle, de grands volumes de sol pour réduire près des

enclos la quantité de graines susceptibles de produire de nouveaux individus. Un producteur de la région de Québec, dont les terres bordent la rivière du Cap-Rouge, a tenté de contrôler la berce sur les bandes riveraines avec de l'herbicide (glyphosate), avec pour seul résultat une intensification de l'infestation, probablement en raison d'une utilisation inadéquate (mauvais dosage, mauvaise période d'application) du pesticide. Un champ d'un producteur agricole de la région Chaudière-Appalaches (Lévis) est envahi à un point tel qu'il a dû y abandonner la production de fourrage. Il est aussi tenu par sa municipalité de contrôler la berce sur ce terrain, ce qu'il fait de manière plus ou moins efficace (faute d'expertise) à l'aide d'herbicides. Le cas le plus important se trouve aussi en Chaudière-Appalaches (Saint-Isidore), où plusieurs producteurs agricoles ont vu en l'espace de quelques années les rives d'un ruisseau qui traverse leurs terres (le ruisseau Fourchette) se faire largement envahir par la berce. La bande riveraine, composée de plantes rendant des services utiles à la qualité de l'eau du ruisseau (filtration des polluants et stabilisation du sol), était probablement en voie de perdre ses qualités intrinsèques au profit d'un envahisseur redoutable pour la santé humaine et la préservation de la diversité végétale. Le ruisseau Fourchette étant un tributaire de la rivière Le Bras, qui est elle-même un tributaire de la rivière Etchemin, il était aussi à craindre que la berce ne se propage rapidement dans l'ensemble du bassin versant où se trouvent ces rivières, ce qui s'est avéré le cas en 2015 avec la découverte de quelques plants de berce en bordure des rivières Le Bras et Etchemin. Heureusement, depuis la découverte de cette invasion, des mesures ont été prises pour en réduire l'envergure (Brochu 2015).

Ces cas sont, pour le moment, anecdotiques – les ressources des travaux de terrain de 2012 ne permettaient pas de faire une étude exhaustive de chaque population – mais ils sont probablement les premiers indices de problèmes qui prendront bientôt une grande envergure si aucune intervention n'est effectuée au cours des prochaines années pour freiner l'invasion. La prolifération de la berce du Caucase pourrait notamment réduire les bénéfices escomptés par les investissements du MAPAQ en agroenvironnement, particulièrement en matière de restauration des bandes riveraines (filtration des polluants, habitat faunique, etc.). Les intervenants du monde agricole et les décideurs municipaux sont de plus en plus sensibilisés au problème de la berce, comme en font foi les invitations faites au groupe QuéBERCE – groupe multi-universitaire de recherche sur la berce du Caucase – à donner des conférences sur le sujet et de la formation en matière d'éradication. Des reportages diffusés à l'été et à l'automne 2013 et au printemps 2014 (ICI Radio-Canada : *Les Années Lumières*, *La Semaine Verte*) et certaines fiches d'information produites, par exemple, par le MAPAQ, le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec (MDDELCC) ou la Ville de Lévis, aident aussi à mettre en garde la population en général et les producteurs agricoles en particulier contre les effets nuisibles de la berce. Malgré cela, les intervenants en matière d'agriculture manquent d'information sur la biologie de la berce et sur les effets d'une infestation, et sont peu au fait des moyens qu'ils peuvent prendre pour, sinon éradiquer, du moins contrôler une invasion de berce. Ils ne sont pas non plus en mesure de bien évaluer les ressources nécessaires pour agir et ne connaissent pas les règles à suivre à moyen et à long terme pour mettre en place un plan d'intervention efficace.

2.3 Projet de recherche Prime-Vert sur la berce du Caucase

L'enquête effectuée au Québec au cours de l'été 2012 suggère (abondance et répartition spatiale des populations, émergence de nouvelles populations) que le Québec serait à l'aube d'une

invasion de berce du Caucase importante, invasion qui n'épargnera pas les terres agricoles traversées par des cours d'eau. Il serait toutefois encore possible d'agir, sinon pour éradiquer la plante, du moins pour réduire de manière substantielle le nombre de populations et confiner celles qui subsisteront à de petits secteurs. En effet, en Europe, où la berce a aussi été introduite mais depuis beaucoup plus longtemps (fin du 19^e siècle), on a observé qu'il peut s'écouler quelques dizaines d'années après l'introduction avant que les populations de berce ne se multiplient de façon exponentielle (Pyšek et al. 2008). Quelques expériences européennes, notamment au Danemark, montrent qu'il est possible d'éradiquer localement une population de berce sur une période de cinq ans, grâce à un usage judicieux de plusieurs moyens de lutte (herbicide, arrachage, etc. ; Nielsen et al. 2007). Dans l'état du New York, où la berce est déjà passablement répandue (plus de 1 300 populations recensées), une action concertée impliquant des agences gouvernementales, des municipalités, des chercheurs et des citoyens montre aussi qu'il est possible d'éradiquer localement la berce (Kraus 2016). Il importe néanmoins d'enrichir les connaissances sur la berce au Québec, car à ce jour, les informations sur cette plante sont presque exclusivement issues de travaux de chercheurs européens et de quelques expériences américaines qui n'ont toutefois pas été validées scientifiquement. Certaines de leurs conclusions s'appliqueront sans doute au contexte québécois, mais il est aussi probable que l'invasion au Québec ait ses caractéristiques propres.

Le groupe QuéBERCE, formé de chercheurs de l'Université Laval, de l'Université de Montréal, de l'Université du Québec à Chicoutimi et de la University of Guelph, a obtenu une subvention Prime-Vert (sous-volet 3.2) du MAPAQ pour travailler sur la lutte à la berce du Caucase en contexte agricole. La subvention (PV-3.2-2014-002) a été accordée à **Claude Lavoie** (Université Laval) et **Jacques Brisson** (Université de Montréal). Les **objectifs** de ce projet de recherche sont 1) de connaître le patron spatial d'envahissement de la berce en contexte agricole et le long de ses principaux corridors de dissémination (cours d'eau ou fossés de drainage), 2) d'évaluer les conséquences sur la biodiversité végétale de la présence de la berce et 3) de déterminer quelle est la meilleure méthode pour lutter contre la prolifération de cette plante. Les deux premiers objectifs sont sous la responsabilité de Claude Lavoie, alors que le troisième est sous la responsabilité de Jacques Brisson. **On trouvera dans ce rapport le bilan d'étape des interventions effectuées par l'équipe de Claude Lavoie (Université Laval)** pour les aspects du projet qui sont sous sa responsabilité directe. Les méthodes de lutte font l'objet d'un rapport distinct remis par l'Université de Montréal.

3. OBJECTIF no 1 : connaître le patron spatial d'envahissement de la berce du Caucase en contexte agricole et le long de ses principaux corridors de dissémination.

MISE EN CONTEXTE : l'objectif de cette partie du projet est d'évaluer la vitesse de propagation et l'envergure géographique d'une invasion de berce du Caucase en milieu agricole. Cela permettra de connaître l'intensité que devrait avoir une campagne ayant pour objectif l'éradication de la berce à l'échelle d'un bassin versant, une dizaine d'années après le début de l'invasion.

Le meilleur endroit au Québec pour étudier la vitesse de propagation et l'envergure géographique d'une invasion de berce du Caucase en contexte agricole est probablement le secteur du **ruisseau Fourchette**, qui traverse notamment les municipalités de Saint-Isidore et de Saint-Henri-de-Lévis,

dans la région Chaudière-Appalaches, près de la Ville de Québec. On sait en effet que la berce a été introduite en un point précis du ruisseau et qu'elle s'est, depuis, passablement répandue en bordure du ruisseau, dans une zone densément couverte de terres en culture.

3.1 Travaux de terrain effectués en 2014

Pour documenter l'invasion par la berce du Caucase, le ruisseau Fourchette a été parcouru sur toute sa longueur, de sa source jusqu'à son exutoire, c'est-à-dire jusqu'à la rivière Le Bras. La section de la rivière Le Bras en aval du ruisseau a aussi été parcourue jusqu'à son propre exutoire (la rivière Etchemin), toujours pour y détecter la présence de la berce. Enfin, une section de la rivière Etchemin a été visitée avec ce même objectif, de la rivière Le Bras jusqu'à la Ville de Lévis (à la hauteur de l'ancienne ville de Saint-Romuald), là où elle se jette dans le fleuve Saint-Laurent. L'équipe de travail a donc parcouru, de la source du ruisseau Fourchette jusqu'au fleuve Saint-Laurent, une distance de 37 km (**Fig. 1**). Grâce à un système d'information géographique (SIG) et des cartes numériques de la région, des points d'échantillonnage distancés de 250 m ont été placés de façon systématique le long du ruisseau Fourchette et de la rivière Le Bras, ainsi que sur chaque rive de la rivière Etchemin (qui est beaucoup plus large). Le but de ce dispositif n'était pas de faire l'inventaire le plus exhaustif possible (détecter tous les plants), mais plutôt d'avoir un aperçu rapide de l'état de l'invasion pour mieux planifier les interventions subséquentes, entre autre au profit d'un organisme (Conseil de bassin de la rivière Etchemin) qui allait se charger de l'éradication de la berce sur l'ensemble du cours du ruisseau. Les points ont été visités du 2 au 19 juin 2014 de la manière suivante. L'équipe de travail (deux personnes) a descendu ou remonté le cours du ruisseau à partir du point présumé d'introduction de la berce, à Saint-Isidore (ci-après, *point zéro*). Le point d'échantillonnage placé sur la carte était repéré sur le terrain grâce à un système de positionnement géographique (SPG). Une fois sur place, l'équipe cherchait la présence de la berce sur une distance de 25 m de part et d'autre du point précis indiqué par le SPG, et ce, sur les deux rives du cours d'eau. Une fois un plant de berce trouvé, alors l'équipe prélevait un ensemble de données sur la population de berces en présence et sur son environnement. En absence de berce, les données environnementales étaient aussi récoltées. Dans tous les cas, des photographies du site étaient prises. Si l'équipe trouvait de la berce, alors le point d'échantillonnage suivant, situé 250 m plus loin, était examiné. Si l'équipe ne trouvait pas de berce sur une distance de 1 km (donc après avoir examiné quatre points d'échantillonnage consécutifs), alors le point suivant était alors situé non pas 250 m, mais plutôt 500 m plus loin, jusqu'à ce que l'on trouve de nouveau de la berce, auquel cas la maille d'échantillonnage était à nouveau resserrée aux 250 m. La même procédure a été utilisée sur les rivières Le Bras et Etchemin, sauf que sur la rivière Etchemin, chaque rive a fait l'objet d'un inventaire particulier, car la distance entre les deux rives ne permettait pas à l'équipe de vérifier la présence de la berce en un seul coup d'œil.

En présence de berce du Caucase, le nombre d'individus a été évalué par deux observateurs en fonction d'une échelle semi-quantitative (1, 2–10, 11–50, 51–100, 101–1 000, 1 001–10 000, > 10 000). La présence de tiges florales desséchées, formées en 2013, a été notée. Lors du passage de l'équipe au mois de juin, la saison n'était pas assez avancée pour statuer sur la présence de nouvelles tiges florales. Les sites avec berce en aval du point avec tiges desséchées le plus éloigné du point zéro ont donc été revisités du 28 juillet au 7 août 2014 pour y recenser les nouvelles tiges et ainsi trouver le point le plus en aval avec indices de reproduction.

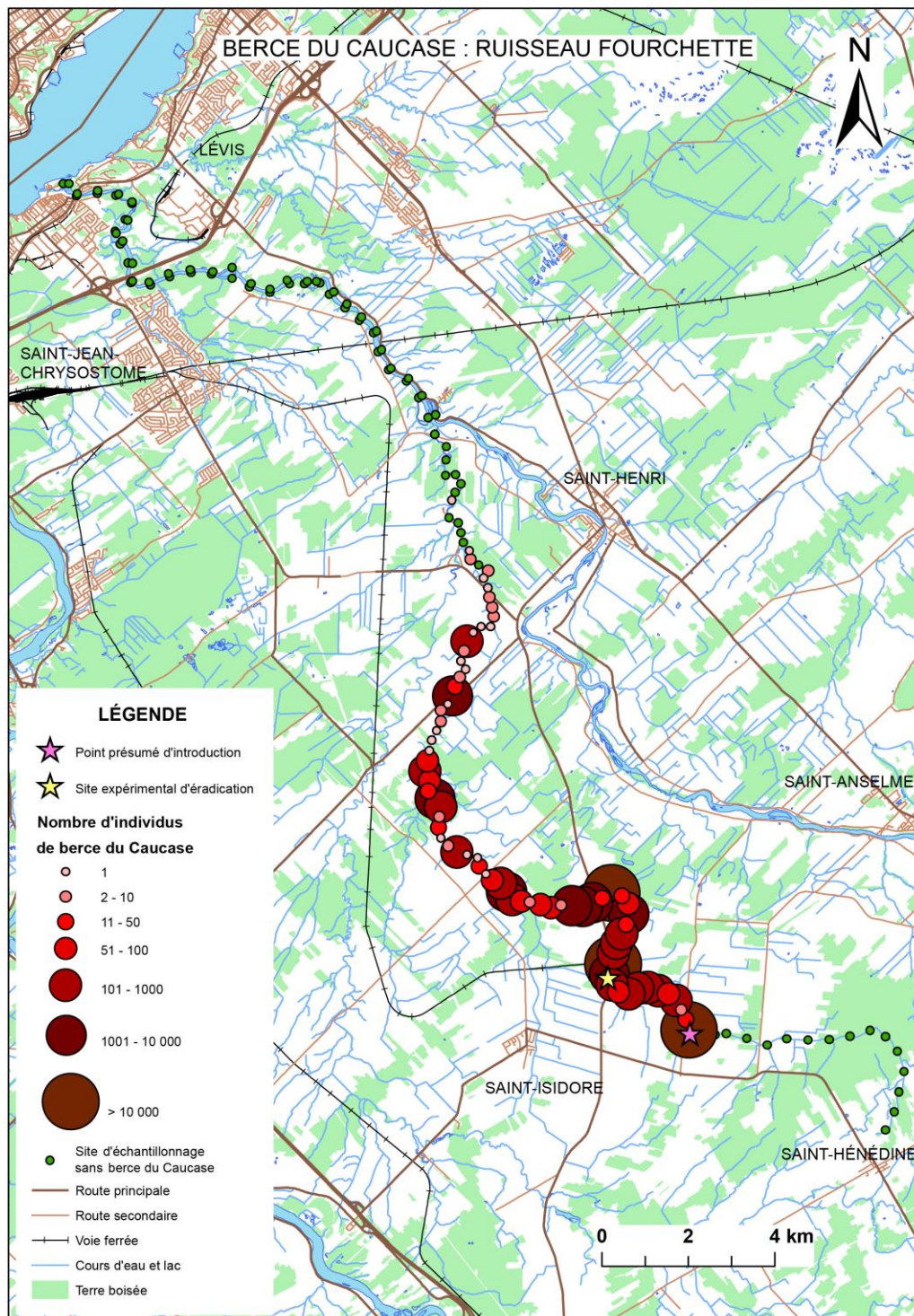


Figure 1 : répartition spatiale des sites d'échantillonnage, avec ou sans berce du Caucase (et nombre d'individus correspondant), inventoriés en juin 2014 en bordure du ruisseau Fourchette, de la rivière Le Bras et de la rivière Etchemin (région Chaudière-Appalaches). Le point présumé d'introduction de la berce est indiqué par une étoile rose ; celui de l'exploitation agricole (Ferme Pieriane) où se font des travaux expérimentaux d'éradication par une étoile jaune.

L'environnement de chaque site d'échantillonnage a été décrit sur place en notant quatre caractéristiques : 1) le type de rive (végétalisée ou pas), 2) la présence de signes d'érosion du sol de la rive, 3) la largeur de la bande riveraine (m), 4) la couverture végétale de la bande riveraine, selon qu'il s'agissait d'arbres, d'arbustes ou de plantes herbacées et en fonction d'une échelle semi-quantitative (0 %, < 1 %, 1–5 %, 6–10 %, 11–25 %, 26–50 %, 51–75 %, 76–100 %) et 5) l'occupation du sol à proximité de la rive (zone agricole, zone résidentielle, zone naturelle). Un échantillon de sol a été prélevé pour analyse chimique ultérieure, dans le cadre d'un autre projet (non subventionné par le MAPAQ).

3.2 Travaux de terrain et de laboratoire effectués sur les graines en 2014–2016

La berce du Caucase se propage dans le paysage de deux manières, soit par la plantation volontaire à des fins horticoles, soit de façon naturelle par la dissémination des graines par le vent ou l'eau. Pour mieux comprendre la dissémination par l'eau (fort probablement le mode prépondérant au ruisseau Fourchette), il est important d'évaluer le nombre de graines produites par un individu à maturité, le taux de viabilité et de germination des graines et leur capacité de flottaison. À l'origine, seule la partie du travail sur la viabilité et la germination était prévue, mais après mûre réflexion, l'étude de la biologie des graines de berce dans son ensemble a été jugée essentielle à la compréhension du processus de dissémination. Le travail additionnel décrit ci-dessous n'a occasionné, par ailleurs, aucun frais supplémentaire, puisque l'étudiant en charge de ce projet a agi à titre bénévole afin de réaliser un essai en recherche en aménagement du territoire et développement régional.

Dans le cadre des travaux expérimentaux d'éradication qui seront traités dans l'autre rapport d'étape, des individus matures, qu'il était nécessaire de conserver tels quels pour les besoins des expériences (parcelles témoins), ont été utilisés comme producteurs de graines. Ces individus se trouvaient sur le site de la Ferme Pieriane (Saint-Isidore), partenaire de ce projet de recherche (**Fig. 1**). Une fois la floraison terminée et les graines formées, l'ombelle centrale de 20 tiges a été enrobée (4 août 2014, 3 août 2015, 28 juillet 2016) d'une toile Agribon AG-19 (2014) ou Agribon AG-15 (2015, 2016) (Polymer Group) qui n'entravait pas le passage de l'air et de 85 % (2014) et 90 % (2015, 2016) de la lumière (**Fig. 2**). À titre comparatif, cinq ombelles ont aussi été enrobées de la toile AG-19 en 2016. Ces toiles permettaient aux graines de poursuivre leur maturation mais empêchaient aussi ces dernières de s'échapper et, par le fait même, d'aggraver l'invasion. Les autres ombelles ont été éliminées avant libération des graines. Une fois la maturité des graines atteintes, c'est-à-dire lorsqu'elles étaient devenues beiges et plutôt sèches et qu'elles commençaient à se détacher du plant (1^{er} septembre 2014, 27 août 2015, 29 août 2016), les ombelles centrales ont été coupées, transportées en laboratoire et secouées pour faciliter la récolte. Les graines récoltées (**Fig. 3**) ont été séchées à l'air libre puis dénombrées.



Figure 2 : individu de berce du Caucase poussant sur les berges du ruisseau Fourchette (région Chaudière-Appalaches) et dont l'ombelle a été enrobée d'une toile permettant de recueillir ses graines avant qu'elles ne se détachent du plant une fois à maturité (photographie : E. Groeneveld).



Figure 3 : graines de berce du Caucase récoltées sur des individus poussant sur les rives du ruisseau Fourchette (région Chaudière-Appalaches) séchées à l'air libre pour des expériences de viabilité, de germination et de flottaison (photographie : E. Groeneveld).

Une partie des graines a été utilisée pour un test de viabilité (graines de 2014), une autre pour un test de germination (graines de 2014, 2015 et 2016) et une troisième pour des tests de flottaison (graines de 2014 et de 2016). Le test de viabilité a impliqué une expérience au sel de tétrazolium. En résumé, on a utilisé un sel qui, après une période d'incubation, réagit avec le processus de respiration cellulaire des graines et colore leurs tissus vivants d'une couleur rouge. Les graines avec tissus colorés sont considérées vivantes et donc viables, ce qui n'implique pas forcément qu'elles auraient bel et bien pu germer en nature (Canadian Food Inspection Agency 2012). Le rapport entre le nombre de graines viables et le nombre total de graines testées fournit le

taux de viabilité. Il n'existe pas de données sur le taux de viabilité des graines de berce du Caucase, mais des études européennes suggèrent qu'il serait de plus de 90 % (Moravcová et al. 2006).

Le test de germination est très simple : 3 000 graines, réparties en nombre égal (30) et sur papier filtre humide dans 100 plats de pétri en plastique avec couvercle, ont été placées au réfrigérateur à une température oscillant entre 4 et 6 °C. Cette procédure permettait de les stratifier, et donc de briser leur dormance physiologique (Moravcová et al. 2007). Des tests effectués en République tchèque (Moravcová et al. 2006) ont montré que ce traitement est aussi adéquat pour faire germer les graines viables, en autant qu'on les laisse dans de telles conditions (froides et humides) pendant au moins 100 jours. Le rapport entre le nombre de graines ayant germé et le nombre total de graines testées fournit le taux de germination.

Pour réaliser les tests de flottaison – l'un en laboratoire, l'autre en nature – il a fallu innover puisqu'il n'existe pas dans la littérature beaucoup d'exemples de ce type de tests (Rouifed et al. 2011). Dans une première série d'expériences, huit béciers d'une capacité de 2 L ont été remplis d'eau. Un générateur de bulles pour aquarium domestique Marina 200 (Hagen) a ensuite été installé dans le bécier pour générer un mouvement de la colonne d'eau, question de simuler le flot qui anime d'ordinaire un ruisseau. On a ensuite placé dans chaque bécier 50 graines. À chaque heure après le début de l'expérience, le générateur de bulles était arrêté, puis le nombre de graines toujours flottantes dénombrées après deux minutes de repos. L'expérience cessait lorsque plus aucune graine ne flottait. La même expérience a été répétée avec huit autres béciers, mais sans générateur de bulles, question de voir si le fait de générer un mouvement de la colonne d'eau avait véritablement une influence sur la durée de flottaison. Dans cette expérience, avant de statuer sur la flottaison des graines, la surface de l'eau était légèrement remuée à l'aide d'une tige pour permettre aux graines en état de couler de le faire sans être entravées par la présence d'autres graines flottantes. En définitive, seules les graines avec endosperme, faciles à différencier à l'œil après une heure de flottaison, ont été conservées pour analyse.

Un test de flottaison et de dissémination a été effectué en conditions réelles, sur le site du ruisseau Fourchette, au même endroit où les graines ont été récoltées. Mille graines récoltées en 2015 et choisies au hasard ont été dévitalisées au four à micro-ondes et colorées à la peinture rose. L'expérience s'est déroulée du 30 juillet au 2 août 2016, des journées sans précipitations. Le jour précédant le lâcher de graines (30 juillet), le ruisseau a été parcouru sur une distance de 1 km. À chaque 50 m de distance parcourue, la largeur du ruisseau (moyenne : 390 cm), la profondeur d'eau au centre du ruisseau (moyenne : 27 cm) et la vitesse du courant à la surface de l'eau (moyenne : 0.33 m s⁻¹) ont été mesurées. Les graines ont été relâchées le 1^{er} août, au point le plus en amont de la section inventoriée. Une équipe de quatre observateurs a ensuite (2 août : journée ensoleillée, sans vent) tenté de retrouver les graines en remontant le cours du ruisseau sur une distance de 1 100 m jusqu'au point de relâchement. Cela s'est fait 17 à 23 heures après le lâcher de graines, c'est-à-dire bien après que les graines avec endosperme auraient normalement dû couler, selon les informations fournies par les expériences de flottaison en laboratoire. Les observateurs ont parcouru le ruisseau de l'aval vers l'amont, étant donné que leur passage remuait les sédiments et réduisait la clarté de l'eau. Lorsqu'une graine était trouvée, son état (flottant, flottant mais accroché à la végétation, coulé) était noté, ainsi que l'heure exacte et la distance du point de relâchement, mesurée à l'aide d'un odomètre à roulette.

3.3 Résultats : inventaire du ruisseau Fourchette

Au total, 174 sites d'échantillonnage ont été visités au mois de juin 2014, soit 92 en bordure du ruisseau Fourchette, 23 en bordure de la rivière Le Bras et 59 sur les rives de la rivière Etchemin (Fig. 1). Soixante-quatorze de ces sites (43 %) étaient bordés de terres en culture ou de pâturages. De toute évidence, le point zéro (Fig. 1 et 4) est véritablement le premier endroit où la berce du Caucase a été implantée en bordure du ruisseau Fourchette (probablement vers 2005), puisqu'aucune berce n'a été détectée en amont de ce point, et ce, sur une distance de 7,5 km (17 sites inventoriés). Par contre, en aval, la quasi-totalité des sites visités sur le cours du ruisseau (73 sur 75) avaient au moins un individu de berce. Ce sont évidemment les sites les plus près du point zéro qui étaient les plus envahis par la berce (Fig. 1 et 5). Trois de ces sites avaient plus de 10 000 individus, quoiqu'il faille interpréter ce nombre avec prudence étant donné la difficulté de repérer les petits plants de berce au mois de juin ; il s'agit donc là d'une estimation minimale, le nombre réel étant probablement beaucoup plus élevé. Un peu plus du tiers (36 %) des sites du ruisseau Fourchette avec berce avaient plus de 100 individus (Fig. 6). Même si le nombre de berce diminue plus l'on s'éloigne du point zéro, il demeure assez élevé (> 100) à 15 km de ce point (Fig. 1 et 7).



Figure 4 : site présumé d'introduction de la berce du Caucase en bordure du ruisseau Fourchette, tel que photographié le 2 juin 2014. Le site se trouve à environ 7,5 km de la source du ruisseau (photographie : N. Trottier).



Figure 5 : exploitation agricole traversée par le ruisseau Fourchette (région Chaudière-Appalaches), située à environ 2 km du point présumé d'introduction de la berce du Caucase et dont les bandes riveraines étaient densément envahies par ce végétal en 2014 (photographie : G. Beaulieu).

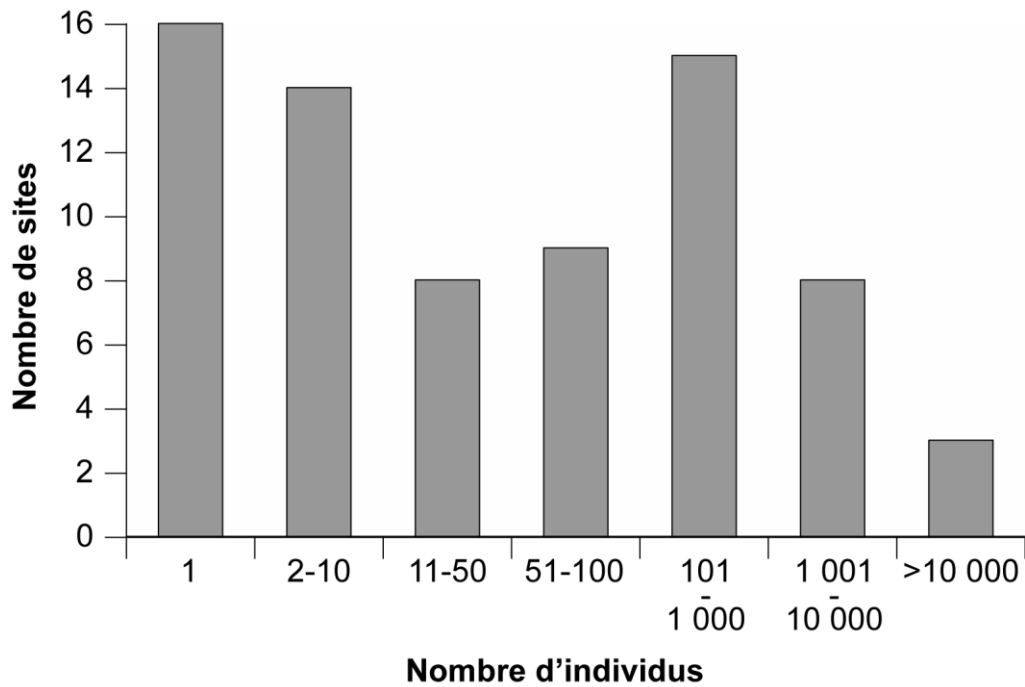


Figure 6 : nombre de sites d'échantillonnage inventoriés en juin 2014 en bordure du ruisseau Fourchette (région Chaudière-Appalaches) avec berce du Caucase, en fonction du nombre d'individus estimé par examen visuel à l'aide d'une échelle semi-quantitative.



Figure 7 : berce du Caucase en fin de floraison (23 juillet 2014) en bordure du ruisseau Fourchette (région Chaudière-Appalaches) à environ 15 km en aval du point présumé d'introduction de l'espèce (photographie : C. Lavoie).

Le site avec berce du Caucase le plus éloigné du point zéro se trouvait à 20 km de ce point, sur la rivière Le Bras (le seul site avec berce sur cette rivière – d'autres ont été trouvés en 2015 ; Brochu 2015). Aucune berce n'a été trouvée en bordure de la rivière Etchemin aux sites d'échantillonnage inventoriés. Par contre, trois individus de bonne taille ont tout de même été observés par hasard sur les rives de cette rivière par l'équipe, soit à 23 et 26 km du point zéro, en dehors des emplacements précis des sites d'échantillonnage prévus au plan. Comme mentionné auparavant, quelques autres plants de berce ont aussi été trouvés en bordure de la rivière Etchemin en 2015 (Brochu 2015).

Enfin, on a trouvé des tiges florales desséchées (produites en 2013) jusqu'à 11 km du point zéro. Fait intéressant, tous les sites avec tiges desséchées avaient au moins 50 individus et la plupart plus de 100, ce qui suggère qu'une nouvelle génération de plants produits sur place était déjà en voie de s'établir. En 2014, le site le plus éloigné avec tiges florales sur le ruisseau Fourchette se trouvait à 18 km du point zéro. Les berces du Caucase de la rivière Etchemin étaient toutes en fleurs en 2014.

3.4 Résultats : reproduction et dissémination des graines

La production totale de graines par un individu de berce du Caucase a beaucoup varié de 2014 à 2016 et entre les individus, d'un minimum de 3 465 à un maximum de 22 853 (**Tableau 1**). La production, le poids et le taux de germination des graines ont été significativement (test de régression multiple : $p < 0,0001$) plus élevés en 2015 et 2016 qu'en 2014, ce qui est probablement en partie le résultat de l'influence négative (trop d'opacité) de la toile AG-19, influence aussi constatée en 2016 (taux moyen de germination AG-15 > AG-19 de 18,4 %). Avec le recul, on peut considérer que les berces du ruisseau Fourchette produisent en moyenne entre 14 000 et 17 000 graines, avec un taux de germination variant de 75 à 85 %.

Tableau 1. Données sur la reproduction et la flottaison des graines de berce du Caucase récoltées en bordure du ruisseau Fourchette (région Chaudière-Appalaches) de 2014 à 2016. Pour récolter les graines, l'ombelle terminale des individus de berce a été enrobée d'une toile Agribon AG-19 (2014, 2016) ou AG-15 (2015, 2016). Les mêmes données récoltées en République tchèque sont fournies à titre comparatif.

Localisation, année et type de toile	Individus échantillonnés (n)	Graines par individu (n) ^a	Poids (g) de 100 graines (moyenne ± É.-T.)	Taux de germination des graines (%)	Taux de viabilité des graines (%)	Temps de flottaison (n heures requises pour que x % des graines avec endosperme coulent) dans de l'eau avec turbulence (T) ou stagnante (S)							
						10 % T	50 % T	90 % T	100 % T	10 % S	50 % S	90 % S	100 % S
Ruisseau Fourchette 2014 AG-19	20	Moyenne 9 511 Minimum 3 465 Maximum 14 842	0,99 ± 0,24	Moyenne 45,6 Minimum 12,0 Maximum 80,7	Moyenne 50,2 Minimum 14,7 Maximum 78,0	2	3	6	8	8	11	13	14
Ruisseau Fourchette 2015 AG-15	20	Moyenne 16 679 Minimum 12 837 Maximum 22 853	1,53 ± 0,18	Moyenne 85,9 Minimum 50,7 Maximum 97,3	nt					nt			
Ruisseau Fourchette 2016 AG-15	20	Moyenne 14 528 Minimum 7 582 Maximum 20 376	1,66 ± 0,46	Moyenne 76,9 Minimum 12,0 Maximum 92,7	nt	1	1	4	5	3	5	9	16
Ruisseau Fourchette 2016 AG-19	5	Moyenne 11 938 Minimum 9 113 Maximum 14 075	1,39 ± 0,43	Moyenne 58,5 Minimum 22,7 Maximum 74,0	nt					nt			
République tchèque 2002 ^b	56	nd	1,62 ± 0,28	Moyenne 90,9	nt					nt			
République tchèque 2002 ^c	100	Moyenne 20 671 Minimum 9 974 Maximum 27 633	nd	nt	nt					nt			

^aSi l'on assume que l'ombelle terminale d'une berce du Caucase représente 45 % du nombre total de graines (Perglová et al. 2006).

^bMoravcová et al. (2005), ombelle terminale seulement.

^cPerglová et al. (2006).

nd : pas disponible ; nt : pas testé.

Les expériences de flottaison en laboratoire ont montré que les graines peuvent flotter jusqu'à 16 heures (Tableau 1, Fig. 8). Mais dans les faits, 100 % de celles-ci coulent en moins de cinq heures lorsqu'il y a de la turbulence dans la colonne d'eau, une condition qui ressemble probablement davantage à la réalité du terrain. Les graines de 2016 ont coulé plus rapidement que celles de 2014 probablement parce qu'elles étaient plus lourdes.

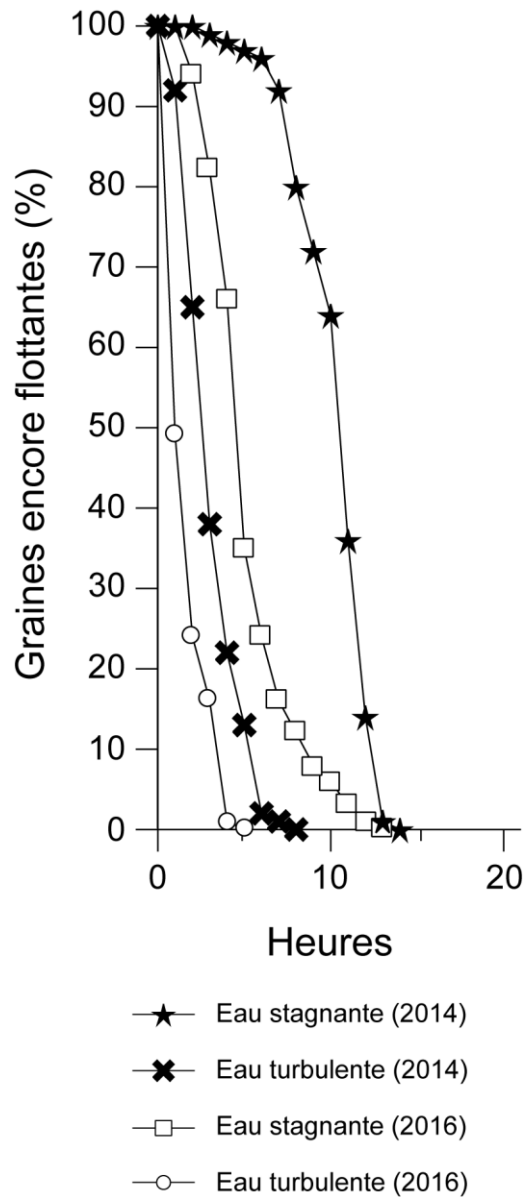


Figure 8 : flottaison de graines de berce du Caucase avec endosperme récoltées en 2014 et 2016 en bordure du ruisseau Fourchette (région Chaudière-Appalaches), selon qu'il y ait mouvement ou pas de la colonne d'eau lors des tests. Le résultat des différents tests de flottaison sont exprimés en pourcentage de graines qui sont encore en état de flottaison en fonction du temps écoulé depuis le début de l'expérience.

Plus de 60 % des 1 000 graines relâchées (605) lors de l'expérience de dissémination en ruisseau ont été retrouvées 17 à 23 heures plus tard. Environ 81 % étaient coulées au fond du ruisseau, 15 % flottaient encore au moment où elles ont été vues, alors que leur progression était stoppée par un obstacle, et 4 % flottaient librement au gré du courant. La plupart (72 %) des

graines flottantes ont été retrouvées dans les 30 premiers mètres du point de départ (Fig. 9). Environ 61 % des graines ont été retrouvées à moins de 40 m du point de départ, 24 % entre 100 et 300 m, et seulement quatre graines à plus de 300 m (position la plus éloignée : 480 m).

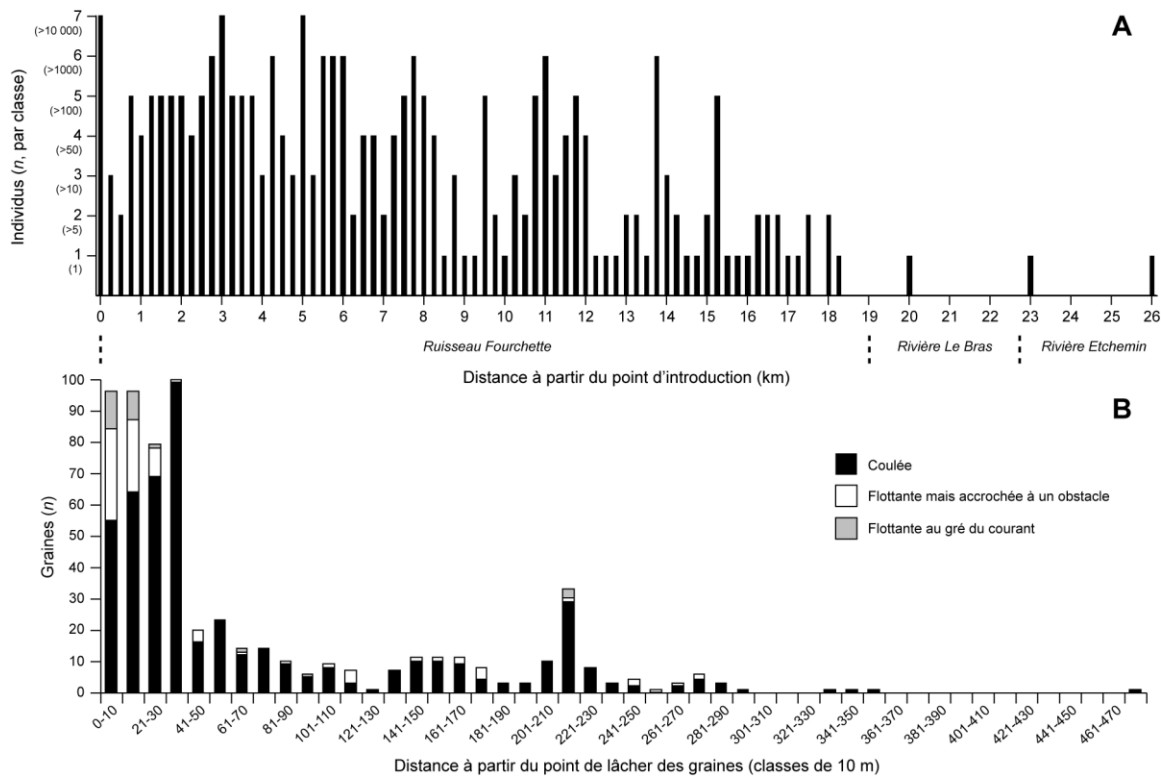


Figure 9 : abondance en 2014 des plants de berce du Caucase (A) en bordure du ruisseau Fourchette, de la rivière Le Bras et de la rivière Etchemin (région Chaudière-Appalaches), situation mise en parallèle avec la distance de dissémination de graines de berce récoltées en 2015 (B), selon leur état au moment où elles ont été retrouvées par une équipe d'observateurs lors d'une expérience dans le même ruisseau tenue les 1^{er} et 2 août 2016.

3.5 Travaux à venir

Les travaux sur la reproduction de la berce du Caucase et la dissémination de ses graines sont terminés (voir conclusions dans l'encadré orangé). Il était prévu au départ faire une analyse de régression logistique qui devait mettre en lumière les caractéristiques environnementales et de l'occupation du sol qui seraient les plus propices, localement, à l'établissement massif de berces du Caucase. Malheureusement, les tests qui ont été effectués indiquent que le seul prédicteur valable de la présence d'une berce en un point donné du ruisseau Fourchette est la présence d'autres berces un peu en aval, tellement le patron d'autocorrélation spatiale est fort (voir Fig. 1 et Fig. 9). Exprimé autrement, aucun élément environnemental (nature du sol, occupation du sol, couvert végétal, etc.) du contexte du ruisseau Fourchette n'est à lui seul assez influent pour empêcher la berce du Caucase de s'établir, du moins selon les données dont on dispose à l'heure actuelle et au regard du patron d'établissement de la plante en 2014. Cela ne veut pas dire qu'il n'y ait pas de facteur environnemental non propice à l'établissement de la plante, mais soit qu'il n'existe pas en bordure du ruisseau Fourchette, soit qu'il ne se s'est pas encore manifesté, ou soit que les données recueillies n'ont pas la finesse nécessaire pour le mettre en lumière. Je serais enclin à favoriser cette dernière hypothèse : il eut fallu, par exemple, récolter des données beaucoup plus précises sur la répartition et l'abondance de la berce et sur, par exemple, la nature

exacte du couvert végétal, pour parvenir à des conclusions plus satisfaisantes. Malheureusement, il n'était pas possible de le savoir au démarrage du projet, puisque nous ne disposions alors que d'informations très fragmentaires sur la répartition de la berce.

3.6 CONCLUSIONS :

Au ruisseau Fourchette, un individu de berce du Caucase produit entre 14 000 et 17 000 graines par année (jusqu'à 23 000) et de 75 à 85 % de celles-ci sont viables. Cela représente un nombre très considérable de diaspores, largement suffisant pour engendrer une invasion. D'un autre côté, presque toutes les graines qui tombent dans l'eau coulent en moins de cinq heures, et en bordure d'un petit cours d'eau comme le ruisseau Fourchette, la plupart sont probablement disséminées sur une distance n'excédant pas 40 m, au plus 100 à 300 m dans la très grande majorité des cas.

Pendant l'expérience de dissémination en conditions réelles, quelques graines ont peut-être été transportées par l'eau au-delà d'une distance de 300 m ; après tout, 39 % des graines n'ont pas été retrouvées. Considérant une vitesse du courant de $0,33 \text{ m s}^{-1}$ (la réalité du ruisseau lors de l'expérience) et le fait que les graines peuvent flotter cinq heures, quelques-unes ont pu atteindre une distance de 6 km après le lâcher dans le ruisseau. Quoique théoriquement possible, cette hypothèse me semble très improbable : aucune graine n'a été détectée au-delà d'une distance de 480 m du point de lâcher et l'abondance d'obstacles (végétation, rochers, branches d'arbre, etc.) au fil du trajet du ruisseau rend difficile le transport des graines sur de très longues distances. Les graines non retrouvées étaient probablement dissimulées sous la végétation riveraine ou enfouies dans les sédiments.

Le succès d'établissement de la berce du Caucase en bordure du ruisseau Fourchette s'explique probablement par l'abondance d'habitats de haute qualité pour cette espèce (berges perturbées sans couvert arbustif faisant compétition, abondance d'éléments nutritifs associée au contexte agricole) et par la présence d'un cours d'eau facilitant le transport des graines. Toutefois, une berce du Caucase ne peut se reproduire qu'une seule fois à l'âge adulte, vers trois à cinq ans. Seule une toute petite fraction des graines produites par les individus riverains tombe dans l'eau aux mois d'août et de septembre, puisque les ombelles ne surplombent pas la plupart du temps les cours d'eau. Une fraction encore plus faible parvient, après un court trajet, à un site de germination favorable. En conséquence, si la dissémination des graines ne se faisait qu'à la fin de l'été et au début de l'automne, l'invasion progresserait probablement à un rythme très lent, soit peut-être de 300 à 500 m par génération de plants, du moins si l'on se fie à l'expérience de terrain. Ce scénario ne correspond pas à celui observé en bordure du ruisseau Fourchette où la berce a envahi les rives par dizaines de milliers d'individus sur une distance de 18 km en une dizaine d'années.

Mon équipe (Nicolas Trottier, Elisabeth Groeneveld et moi-même) proposons un scénario alternatif pour expliquer la prolifération très rapide de la berce du Caucase au ruisseau Fourchette. Nous suggérons que les graines de berce se disséminent surtout à la fin de l'automne et encore davantage au printemps, c'est-à-dire au moment où le débit du ruisseau Fourchette est neuf fois plus élevé qu'au cours de l'été (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec 2017). Les crues peuvent transporter les milliers de graines qui se trouvent au sol près des plants dont elles sont issues, et sur une distance bien plus grande que le ruisseau l'été puisque le courant est alors beaucoup plus fort. La flottabilité des graines de berce est faible, mais cela ne constitue pas un frein à leur dissémination en période de crues (Truscott et al. 2006).

Les graines, lors des périodes de crues, peuvent être déposées en des positions plus élevées le long de la rive (Kaproth et McGraw 2008) ou sur les plaines inondables, en des sites plus favorables à la survie des individus qui sont alors moins exposés aux inondations qui peuvent survenir à la fin du printemps, lorsque les plants sont en émergence et donc plus fragiles. Lors de l'inventaire effectué en 2014, plusieurs individus de berce du Caucase ont été détectés sur la plaine inondable du ruisseau Fourchette, souvent à plus de 10 m du cours d'eau (Fig. 7). Nous émettons en conséquence l'hypothèse que ce sont surtout les crues qui sont responsables de la dissémination des graines de berce sur de longues distances et qui sont à l'origine des fortes concentrations d'individus trouvés à plusieurs kilomètres du front d'invasion, comme entre les km 10,75 et 12, au km 13,75 et au km 15,25, sans mentionner les individus trouvés aux km 20, 23 et 26 (Fig. 9).

Équipe de réalisation (Université Laval) :

Élaboration du SIG : Marie-Claude Duquette (professionnelle de recherche)

Travaux de terrain : Noémie Blanchette-Forget (étudiante au 1^{er} cycle), Catherine Dubois (étudiante au 2^e cycle), Félix Gagnon (étudiant au 2^e cycle), Elisabeth Groeneveld (professionnelle de recherche), Claude Lavoie (professeur titulaire), Michaël Leblanc (étudiant au 2^e cycle), Benjamin Lelong (professionnel de recherche), Nicolas Trottier (étudiant au 2^e cycle)

Travaux de laboratoire : Elisabeth Groeneveld, Nicolas Trottier

Compilation et analyse préliminaire des données : Claude Lavoie, Nicolas Trottier

Rédaction de la section du rapport : Claude Lavoie, Nicolas Trottier

4. OBJECTIF no 2 : évaluer les conséquences de la présence de la berce du Caucase sur la biodiversité végétale des bandes riveraines.

MISE EN CONTEXTE : l'objectif de cette partie du projet est d'évaluer les conséquences, pour la diversité végétale, d'une invasion de berce du Caucase dans les bandes riveraines qui bordent les champs en culture. Les feuilles larges de la berce font en effet ombrage et élimineraient le couvert végétal naturel formé par les autres plantes, ce qui contribuerait à dénuder les sols qui deviendraient alors susceptibles à l'érosion. Il n'y a toutefois que très peu de données à l'appui de cette hypothèse et aucune en provenance de l'Amérique du Nord.

Encore ici, le meilleur endroit au Québec pour étudier les conséquences sur la diversité végétale des bandes riveraines d'une invasion de berce du Caucase est le **ruisseau Fourchette**, et plus précisément la section du ruisseau qui est la plus fortement envahie, à environ 2 km du point zéro de l'invasion. Cette section traverse, pour l'essentiel, la propriété de la Ferme Pieriane, partenaire de ce projet de recherche (Fig. 1).

4.1 Travaux de terrain effectués en 2014

Les études de terrain sur l'impact d'un envahisseur végétal sur la biodiversité sont controversées car il est difficile de savoir si l'envahisseur a peu à peu éliminé ses compétiteurs ou s'il s'est plutôt installé là où les compétiteurs étaient moins nombreux ou occupaient un couvert moins important. L'équipe de QuéBERCE a longuement discuté de la question pour le cas précis de la berce du Caucase, après avoir pris connaissance de la réalité de terrain du ruisseau Fourchette. Pour contourner ce problème, l'équipe met à profit la croissance rapide de la berce et utilise un protocole pouvant fournir une réponse plus claire quant à l'impact réel de cette plante sur la diversité. Les 27 et 28 mai 2014, l'équipe a sélectionné 20 sites, sur la bande riveraine le long du ruisseau, là où l'on trouvait au moins deux plants de berce qui, pour autant qu'on puisse en juger à la fin mai, n'étaient pas sur le point de parvenir à maturité au cours de l'été 2014 (plants d'un an d'âge). On a donc supposé que ces plants n'avaient pas encore eu d'impact sur la composition en espèces et sur le couvert des autres plantes au voisinage immédiat. Par contre, au fur et à mesure que ces plants prendront de la vigueur (étés 2014, 2015, 2016 et 2017), ils entreront assurément en compétition avec les autres plantes et auront donc probablement un effet mesurable sur la diversité.

À chacun des sites, on a délimité un quadrat de 2 × 2 m centré sur les plants de berce du Caucase. Les quadrats ont été bordés aux quatre coins par de grands piquets de bois solides facilement repérables (Fig. 10). La coordonnée géographique d'un des coins du quadrat a ensuite été enregistrée à l'aide d'un SPG. À chaque quadrat fut associé un autre quadrat témoin sans berce (ni même avec plantules de l'année), situé le plus près possible du quadrat avec berce. Pour que le travail soit valable, les différences entre les quadrats avec et sans berce devaient (en 2014) être minimales quant à la richesse en espèces et la diversité des plantes.

Le premier inventaire de la végétation s'est déroulé du 15 au 31 juillet 2014. Un ruban à mesurer a été installé sur deux côtés opposés du quadrat (ceux parallèles au ruisseau). Un autre ruban a été placé dans le quadrat de façon perpendiculaire aux autres rubans (et donc au ruisseau) pour rejoindre, d'un côté à l'autre (vis-à-vis), les positions (en cm) 25, 50, 75, 100, 125,

150 et 175. Le long de ce ruban perpendiculaire, une tige de 2 cm de diamètre a été enfoncée dans le sol aux positions (en cm) 25, 50, 75, 100, 125, 150 et 175 (Fig. 11). Chaque plante touchant la tige de bois, peu importe la hauteur, a été identifiée à l'espèce (ce qui correspond ici à un *touché*). Il y avait donc au total, pour chaque quadrat, 49 points d'échantillonnage, ce qui fait 980 points pour les quadrats avec berce du Caucase et 980 points pour les quadrats sans berce. Les plantes qu'il n'était pas possible d'identifier sur le terrain ont été récoltées pour identification ultérieure en laboratoire (sans, bien sûr, les déraciner).



Figure 10 : quadrat d'échantillonnage ayant pour but de mesurer, en bordure du ruisseau Fourchette (région Chaudière-Appalaches) l'impact de la berce du Caucase sur la diversité végétale d'une bande riveraine en contexte agricole (photographie : E. Groeneveld).



Figure 11 : tige de bois utilisée pour mesurer, en bordure du ruisseau Fourchette (région Chaudière-Appalaches), la diversité végétale d'une bande riveraine en contexte agricole (photographie : E. Groeneveld).

4.2 Résultats préliminaires (2014)

Au total, 69 espèces de plantes vasculaires ont été recensées en 2014 dans les quadrats installés dans la bande riveraine du ruisseau Fourchette, soit 31 espèces indigènes et 38 espèces exotiques (**Tableau 2**). Les principales espèces recensées sont toutes des graminées exotiques et ont été (par ordre décroissant du nombre total de touchés) *Alopecurus pratensis* (vulpin des prés : 1 011 touchés), *Bromus inermis* (brome inerme : 975), *Phalaris arundinacea* (alpiste roseau : 455) et *Elymus repens* (chiendent commun : 360). On trouvait dans les quadrats témoins (sans berce du Caucase) 12 espèces en moyenne (minimum : 6 ; maximum : 22) et le nombre moyen de touchés – qui donne une bonne idée du couvert végétal – était de 126 (minimum : 62 ; maximum : 198). Dans les quadrats avec berce, on trouvait 14 espèces en moyenne (minimum : 9 ; maximum : 22), ce qui inclut bien sûr la berce, et le nombre moyen de touchés était de 125 (minimum : 76 ; maximum : 191). L'indice de diversité de Shannon-Wiener (Magurran 1988) des deux types de quadrats (pris dans leur ensemble) était presque identique (témoin sans berce : 1,78 ; avec berce : 1,99). Au moment de la rédaction de ce rapport, les tests statistiques permettant de confirmer l'absence de différence significative entre les quadrats témoins et ceux avec berce n'avaient pas encore été effectués, mais les données préliminaires suggèrent fortement qu'il n'y a pas de différence, ce qui est évidemment attendu : selon l'hypothèse de travail, ce n'est que plus tard, lorsque les berces auront pris de l'envergure, que les différences deviendront manifestes.

Tableau 2 : espèces de plantes vasculaires (avec nombre de touchés correspondants) recensées en 2014 dans les quadrats avec ou sans berce du Caucase utilisés pour un suivi de la diversité végétale des bandes riverains du ruisseau Fourchette (région Chaudière-Appalaches).

Espèce ^a	Famille	Statut ^b	Touchés (n total) : quadrats témoins	Touchés (n total) : quadrats avec berce du Caucase	Touchés (N total) : tous les quadrats
<i>Achillea millefolium</i> Achillée millefeuille	Asteraceae	indigène	0	4	4
<i>Agrimonia gryposepala</i> Aigremoine à sépales crochus	Rosaceae	indigène	6	14	20
<i>Agrostis capillaris</i> Agrostide fine	Poaceae	exotique	1	5	6
<i>Agrostis gigantea</i> Agrostide blanche	Poaceae	exotique	2	4	6
<i>Alopecurus pratensis</i> Vulpin des prés	Poaceae	exotique	466	545	1 011
<i>Angelica atropurpurea</i> Angélique pourpre	Apiaceae	indigène	0	1	1
<i>Arctium minus</i> Petite bardane	Asteraceae	exotique	63	45	108
<i>Artemisia vulgaris</i> Armoise vulgaire	Asteraceae	exotique	52	48	100
<i>Barbarea vulgaris</i> Barbarée vulgaire	Brassicaceae	exotique	1	3	4
<i>Bromus inermis</i> Brome inerme	Poaceae	exotique	465	510	975
<i>Calamagrostis canadensis</i> Calamagrostide du Canada	Poaceae	indigène	0	1	1
<i>Cerastium arvense</i> Céraiste des champs	Caryophyllaceae	exotique	0	1	1

Espèce ^a	Famille	Statut ^b	Touchés (n total) : quadrats témoins	Touchés (n total) : quadrats avec berce du Caucase	Touchés (N total) : tous les quadrats
<i>Chenopodium album</i> Chénopode blanc	Amaranthaceae	exotique	7	1	8
<i>Cirsium arvense</i> Chardon des champs	Asteraceae	exotique	30	4	34
<i>Clematis virginiana</i> Clématite de Virginie	Ranunculaceae	indigène	49	50	99
<i>Echinocystis lobata</i> Concombre grim pant	Cucurbitaceae	indigène	2	17	19
<i>Elymus repens</i> Chiendent commun	Poaceae	exotique	228	132	360
<i>Equisetum arvense</i> Prêle des champs	Equisetaceae	indigène	58	85	143
<i>Erigeron annuus</i> Vergerette annuelle	Asteraceae	indigène	5	0	5
<i>Erysimum cheiranthoides</i> Vélar fausse-giroflée	Brassicaceae	exotique	0	2	2
<i>Euthamia graminifolia</i> Verge d'or à feuilles de graminée	Asteraceae	indigène	7	42	49
<i>Eutrochium maculatum</i> var. <i>maculatum</i> Eupatoire maculée	Asteraceae	indigène	2	4	6
<i>Fallopia convolvulus</i> Renouée liseron	Polygonaceae	indigène	1	2	3
<i>Festuca rubra</i> Fétuque rouge	Poaceae	exotique	41	66	107
<i>Fragaria virginiana</i> Fraisier des champs	Rosaceae	indigène	0	6	6
<i>Galeopsis tetrahit</i> Galéopside à tige carrée	Lamiaceae	exotique	10	23	33
<i>Galium palustre</i> Gaillet palustre	Rubiaceae	indigène	20	17	37
<i>Galium mollugo</i> Gaillet mollugine	Rubiaceae	exotique	0	1	1
<i>Geum aleppicum</i> Benoîte d'Alep	Rosaceae	indigène	0	1	1
<i>Glechoma hederacea</i> Lierre terrestre	Lamiaceae	exotique	10	1	11
<i>Heracleum mantegazzianum</i> Berce du Caucase	Apiaceae	exotique	0	218	218
<i>Hypericum perforatum</i> Millepertuis commun	Hypericaceae	exotique	3	3	6
<i>Impatiens capensis</i> Impatiente du Cap	Balsaminaceae	indigène	3	33	36
<i>Lapsana communis</i> Lapsane commune	Asteraceae	exotique	0	3	3
<i>Linaria vulgaris</i> Linaire vulgaire	Plantaginaceae	exotique	12	8	20
<i>Lolium pratense</i> Fétuque des prés	Poaceae	indigène	0	3	3
<i>Lotus corniculatus</i> Lotier corniculé	Fabaceae	exotique	56	34	90
<i>Lysimachia ciliata</i> Lysimaque ciliée	Primulaceae	indigène	0	3	3
<i>Medicago sativa</i> Luzerne cultivée	Fabaceae	exotique	5	1	6

Espèce ^a	Famille	Statut ^b	Touchés (n total) : quadrats témoins	Touchés (n total) : quadrats avec berce du Caucase	Touchés (N total) : tous les quadrats
<i>Oxalis stricta</i> Oxalide d'Europe	Oxalidaceae	exotique	7	6	13
<i>Persicaria hydropiper</i> Renouée poivre-d'eau	Polygonaceae	indigène	0	2	2
<i>Persicaria lapathifolia</i> Renouée à feuilles de patience	Polygonaceae	indigène	1	0	1
<i>Persicaria maculosa</i> Renouée persicaire	Polygonaceae	indigène	3	1	4
<i>Persicaria sagittata</i> Renouée sagittée	Polygonaceae	indigène	17	14	31
<i>Phalaris arundinacea</i> Alpiste roseau	Poaceae	exotique	178	277	455
<i>Phleum pratense</i> Fléole des prés	Poaceae	exotique	33	37	70
<i>Plantago major</i> Plantain majeur	Plantaginaceae	exotique	1	2	3
<i>Poa palustris</i> Pâturin des marais	Poaceae	indigène	4	3	7
<i>Poa pratensis</i> Pâturin des prés	Poaceae	exotique	80	42	122
<i>Polygonum aviculare</i> Renouée des oiseaux	Polygonaceae	exotique	1	0	1
<i>Prunus virginiana</i> Cerisier de Virginie	Rosaceae	indigène	4	3	7
<i>Rubus allegheniensis</i> Ronce des Alléghanys	Rosaceae	indigène	12	0	12
<i>Rubus idaeus</i> Framboisier rouge	Rosaceae	indigène	21	40	61
<i>Rumex crispus</i> Patience crépue	Polygonaceae	exotique	0	1	1
<i>Setaria pumila</i> subsp. <i>pumila</i> Sétaire glauque	Poaceae	exotique	1	0	1
<i>Solidago canadensis</i> Verge d'or du Canada	Asteraceae	indigène	6	12	18
<i>Solidago rugosa</i> Verge d'or rugueuse	Asteraceae	indigène	2	2	4
<i>Sonchus arvensis</i> Laiteron des champs	Asteraceae	exotique	0	4	4
<i>Stachys pilosa</i> Épiaire poilue	Lamiaceae	indigène	32	37	69
<i>Stellaria graminea</i> Stellaire à feuilles de graminées	Caryophyllaceae	exotique	71	73	144
<i>Symphotrichum lanceolatum</i> Aster à feuilles lancéolées	Asteraceae	indigène	135	38	173
<i>Symphotrichum puniceum</i> Aster ponceau	Asteraceae	indigène	0	3	3
<i>Taraxacum officinale</i> Pissenlit officinal	Asteraceae	exotique	85	43	128
<i>Thalictrum pubescens</i> Pigamon pubescent	Ranunculaceae	indigène	1	0	1
<i>Thlaspi arvense</i> Tabouret des champs	Brassicaceae	exotique	1	0	1
<i>Tripleurospermum inodorum</i> Matricaire inodore	Asteraceae	exotique	1	0	1

Espèce ^a	Famille	Statut ^b	Touchés (n total) : quadrats témoins	Touchés (n total) : quadrats avec berce du Caucase	Touchés (N total) : tous les quadrats
<i>Tragopogon pratensis</i> Salsifis des prés	Asteraceae	exotique	16	11	27
<i>Trifolium pratense</i> Trèfle rouge	Fabaceae	exotique	3	1	4
<i>Vicia cracca</i> Vesce jargeau	Fabaceae	exotique	127	80	207

^aNomenclature : Brouillet et al. (2016).

^bSelon Lavoie et al. (2012).

4.3 Travaux à venir

L'année 2014 a permis de mettre en place le dispositif de suivi de la diversité végétale et de connaître l'état de cette diversité. Il a fallu ensuite laisser les berces du Caucase poursuivre leur croissance. Les interventions au cours des étés 2015 et 2016 se sont limitées à l'entretien des quadrats (remplacement des poteaux), à l'élimination des plants de berce qui se sont installés dans les quadrats témoins et à la coupe des ombelles une fois en fruits (quadrats avec berce) pour éviter qu'elles ne propagent leurs graines et aggravent ainsi l'invasion. Le nouvel inventaire de la végétation, qui donnera une excellente idée de l'impact réel des berces sur la diversité végétale en bande riveraine, sera réalisé au cours de l'été 2017 et sera fait exactement de la même manière qu'en 2014. Les données seront utilisées pour calculer un indice de diversité (Shannon). Les résultats seront comparés (2017 par rapport à 2014) avec les analyses statistiques appropriées pour déceler les différences les plus significatives. La richesse spécifique et l'indice de diversité seront comparés (parcelles avec ou sans berce) à l'aide d'un test de Student pour échantillons appariés (Sokal et Rohlf 1994).

4.4 CONCLUSIONS PRÉLIMINAIRES :

Il est encore trop tôt pour confirmer que la berce du Caucase a un impact sur la diversité végétale d'une bande riveraine en contexte agricole, quoique les observations de terrain, là où la berce est déjà bien établie, suggèrent que ce soit bel et bien le cas (sol nu sous les berces). Le dispositif installé au cours de l'été 2014 permettra de statuer avec exactitude sur l'impact de la berce, en évitant la controverse associée à la nature du point de départ de l'invasion, les quadrats témoins et avec berce étant apparemment très similaires.

Équipe de réalisation (Université Laval) :

Élaboration du design expérimental : Elisabeth Groeneveld (professionnelle de recherche), Claude Lavoie (professeur titulaire)

Travaux de terrain : Marie-Claude Duquette (professionnelle de recherche), Elisabeth Groeneveld (professionnelle de recherche), Nicolas Trottier (étudiant au 2^e cycle)

Identification des plantes en laboratoire : Elisabeth Groeneveld

Compilation et analyse préliminaire des données : Elisabeth Groeneveld

Rédaction de la section du rapport : Claude Lavoie

5. ACTIVITÉS CONNEXES

Les membres du groupe QuéBERCE ont participé à plusieurs activités de diffusion d'informations sur la berce du Caucase depuis le mois de mai 2014, activités au cours desquelles la contribution du MAPAQ à ses projets de recherche a été mise en évidence. Un **reportage** sur la berce tourné en 2013 par l'équipe de l'émission de télévision *La semaine verte* (Radio-Canada) et auquel **Claude Lavoie** a participé, a été rediffusé (avec commentaires à jour) les 24 et 25 mai 2014. **Claude Lavoie** a donné plusieurs **entrevues aux médias** au cours de l'été 2015, particulièrement à Radio-Canada à Montréal, Ottawa-Gatineau et Québec (*Médium large, Première heure, Radio-Canada cet après-midi*), mais aussi à Radio Ville-Marie (*La grande équation*) et au journal *L'Acadie Nouvelle* du Nouveau-Brunswick. **Claude Lavoie**, **Elisabeth Groeneveld** (professionnelle de recherche, Université Laval) et **Patrick Boivin** (professionnel de recherche, Université de Montréal) ont participé à une **rencontre d'échanges** sur la situation de la berce en Chaudière-Appalaches qui a réuni 30 personnes à la municipalité de Saint-Isidore le 19 septembre 2014. Cette réunion, organisée par **Annie Goudreau** (agronome au MAPAQ), s'est terminée par une visite de terrain au site expérimental de la Ferme Pieriane.

Claude Lavoie a donné une **formation créditée** (par l'Université Laval) de deux heures sur les bonnes pratiques en matière d'éradication de la berce du Caucase, formation qui a accueilli 31 personnes au Jardin botanique de Montréal (3 novembre 2014) et 25 personnes au campus de l'Université Laval, à Québec (11 novembre 2014). Une formation similaire a aussi été donnée aux gestionnaires municipaux du Bas-Saint-Laurent (21 participants). Cette formation, donnée par **Claude Lavoie**, a eu lieu en région (Rimouski) le 14 avril 2015 ; une mise à jour de cette formation a été donnée à Trois-Pistoles le 29 octobre 2015. Une autre formation en région a été donnée à Sherbrooke (35 participants) le 20 avril 2016. Deux autres formations créditées, d'une journée complète chacune, ont eu lieu le 21 septembre 2015 et le 11 mai 2016 à Lévis. Elle a encore une fois été donnée par **Claude Lavoie** mais avec l'aimable participation de **Jérôme Carrier**, technicien dans cette municipalité. La formation comportait une démonstration terrain (à la ferme Pieriane) donnée par **Patrick Boivin**, **Guillaume Beaulieu**, de la firme Acéri-For, et **Benoît Saint-Georges** (technicien, Université de Montréal). Elles ont rassemblé au total 27 participants. Enfin, une **visite de terrain** destinée aux agronomes du MAPAQ, organisée par **Annie Goudreau** et avec **Claude Lavoie** pour un des guides, a eu lieu sur le site de la ferme Pieriane le 14 septembre 2015.

Le groupe QuéBERCE a procédé, au début du mois de septembre 2014, à la mise en ligne de son **site internet** (une contribution en nature de la Faculté d'aménagement, d'architecture, d'art et de design de l'Université Laval). On fait bien sûr état, dans ce site, des travaux de recherche subventionnés par le MAPAQ, mais on trouve aussi une foule d'informations sur la berce du Caucase, comme par exemple sur son identification et sur les soins à donner en cas de brûlure. QuéBERCE a aussi contribué à la mise à jour de la page internet du Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec traitant de la berce du Caucase, page dont la version initiale comportait beaucoup d'erreurs. Le groupe a organisé à Québec son tout premier **atelier de travail** (8 et 9 juin 2015) où ont participé non seulement les membres de QuéBERCE et leurs collaborateurs, mais aussi, à titre d'invités, **Petr Pyšek** et **Jan Pergl**, de l'Institut botanique de l'Académie des sciences de la République tchèque, et **Naja Kraus**, du Département de l'Environnement et de la Conservation de l'État du New York. Petr Pyšek et Jan Pergl sont les plus

éminents spécialistes de la berce dans le monde, ayant travaillé sur cette espèce pendant de nombreuses années et ayant notamment été en partie responsables de la publication de l'ouvrage intitulé *Ecology and management of giant hogweed*, publié en 2007 par CAB International. Naja Kraus coordonne pour sa part le programme d'éradication de la berce dans l'état du New York, programme qui connaît un véritable succès (plusieurs centaines de populations éradiquées). Les échanges entre ces chercheurs et cette professionnelle et l'équipe de QuéBERCE ont été très fructueux et ont permis de mettre à jour les connaissances de tous et chacun. Le deuxième atelier de QuéBERCE a pour sa part eu lieu à Québec le 10 mai 2016.

Le tout premier **article scientifique** issu des travaux du groupe QuéBERCE et subventionné en bonne partie par le MAPAQ a été soumis le 22 janvier 2017 pour évaluation à la revue internationale *River Research and Applications* par **Nicolas Trottier**, **Elisabeth Groeneveld** et **Claude Lavoie**. Il porte essentiellement sur les résultats de l'objectif numéro 1 de ce rapport et s'intitule *Giant hogweed at its northern distribution limit in North America: experiments for a better understanding of its dispersal dynamics along rivers*.

Enfin, **Claude Lavoie** a été invité à plusieurs reprises à donner des **conférences** sur la berce du Caucase, notamment à la Société des établissements de plein-air du Québec (Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier ; 30 octobre 2014), par webinaire au portail Québec Municipal (21 mai 2015), à la municipalité de Saint-Augustin-de-Desmaures (9 juin 2015), au parc national du Bic (11 juillet 2015), à la municipalité de L'Islet (9 septembre 2015), au Département de biologie de l'Université de Moncton (12 novembre 2015), au Forum régional sur l'eau en Chaudière-Appalaches (Saint-Agapit ; 10 décembre 2015) et au Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent (Témiscouata-sur-le-lac ; 20 avril 2016).

6. REMERCIEMENTS

Ce rapport a pu être réalisé grâce à l'excellent travail d'étudiants et de professionnelles de recherche sans lesquels la tâche aurait été beaucoup plus ardue. Je remercie de façon particulière les employés et étudiants de l'Université Laval qui ont contribué à la collecte des données, à leur compilation et à leur analyse préliminaire, soit **Noémie Blanchette-Forget**, **Catherine Dubois**, **Marie-Claude Duquette**, **Félix Gagnon**, **Elisabeth Groeneveld**, **Michaël Leblanc**, **Benjamin Lelong** et **Nicolas Trottier**. Toutes ces personnes sont méritoires car le travail de terrain, lorsqu'il est question de berce du Caucase, est dangereux et difficile, surtout lors des journées chaudes de l'été qui peuvent rapidement devenir exténuantes en raison de l'équipement de sécurité obligatoire qu'il est nécessaire de porter. Heureusement, aucun incident malheureux n'est venu perturber le cours des travaux. L'accueil réservé à l'équipe QuéBERCE par la Ferme Pieriane (**Guillaume Couture**) a été fortement apprécié, d'autant plus que l'équipe a pu bénéficier de certains équipements de ferme lorsque les circonstances l'exigeaient. Les discussions toujours riches et plaisantes que j'ai eues avec mon collaborateur **Jacques Brisson**, professeur titulaire à l'Université de Montréal, et son professionnel de recherche **Patrick Boivin**, tous deux membres de QuéBERCE, ont contribué non seulement à l'élaboration du devis de recherche qui a été proposé au MAPAQ, mais aussi à sa bonification pour tenir compte des réalités du terrain. Enfin, je ne peux passer sous silence l'appui indéfectible de la chargée de projet au MAPAQ, **Annie Goudreau**, qui a grandement facilité la tâche de l'équipe sur de multiples aspects du travail.

7. LITTÉRATURE CITÉE

- Brochu, V. 2015.** *Inventaire et traitements de la berce du Caucase le long des rivières Le Bras et Etchemin. Rapport 2015.* Conseil de bassin de la rivière Etchemin Lévis-Est, Saint-Henri.
- Brouillet, L., F. Coursol, S.J. Meades, M. Favreau, M. Anions, P. Bélisle et P. Desmet. 2016.** VASCAN, la base de données des plantes vasculaires du Canada. En ligne: <http://data.canadensys.net/vascan/> (consulté le 25 mars 2016).
- Canadian Food Inspection Agency. 2012.** *Canadian methods and procedures for testing seed.* Canadian Food Inspection Agency, Ottawa.
- Kaproth, M.A. et J.B. McGraw. 2008.** Seed viability and dispersal of the wind-dispersed invasive *Ailanthus altissima* in aqueous environments. *Forest Science* 54 : 490–496.
- Klimaszyk, P., D. Klimaszyk, M. Piotrowiak et A. Popiołek. 2014.** Unusual complications after occupational exposure to giant hogweed (*Heracleum mantegazzianum*): a case report. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 27 : 141–144.
- Kraus, N. 2016.** *Giant hogweed program. 2015 annual report.* Division of Lands and Forests, New York State Department of Environmental Conservation, Albany.
- Lavoie, C., B. Lelong, N. Blanchette-Forget et H. Royer. 2013.** La berce du Caucase : à l'aube d'une invasion au Québec ? *Naturaliste canadien* 137 (2) : 5–11.
- Lavoie, C., A. Saint-Louis, G. Guay et E. Groeneveld. 2012.** Les plantes vasculaires exotiques naturalisées : une nouvelle liste pour le Québec. *Naturaliste canadien* 136 (3) : 6–32.
- Magurran, A. E. 1998.** *Ecological diversity and its measurement.* Princeton University Press, Princeton.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec. 2017.** Station 023305: Fourchette, sur la branche 52. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec : www.cehq.gouv.qc.ca/depot/historique_donnees_som_mensuels/023305_Q_MOY.txt.
- Moravcová, L., I. Perglová, P. Pyšek, V. Jarošík et J. Pergl. 2005.** Effects of fruit position on fruit mass and seed germination in the alien species *Heracleum mantegazzianum* (Apiaceae) and the implications for its invasion. *Acta Oecologica* 28 : 1–10.
- Moravcová, L., P. Pyšek, L. Krinke, J. Pergl, I. Perglová et K. Thompson. 2007.** Seed germination, dispersal and seed bank in *Heracleum mantegazzianum*. Dans : Pyšek, P., M.J.W. Cock, W. Nentwig et H.P. Ravn (rédacteurs). *Ecology and management of giant hogweed (Heracleum mantegazzianum)*. CAB International, Wallingford, p. 74–91.
- Moravcová, L., P. Pyšek, J. Pergl, I. Perglová et V. Jarošík. 2006.** Seasonal pattern of germination and seed longevity in the invasive species *Heracleum mantegazzianum*. *Preslia* 78 : 287–301.
- Nielsen, C., I. Vanaga, O. Treikale et I. Priekule. 2007.** Mechanical and chemical control of *Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*. Dans : Pyšek, P., M.J.W. Cock, W. Nentwig et H.P. Ravn (rédacteurs). *Ecology and management of giant hogweed (Heracleum mantegazzianum)*. CAB International, Wallingford, p. 226–239.
- Pergl, J., I. Perglová, P. Pyšek et H. Dietz. 2006.** Population age structure and reproductive behavior of the monocarpic perennial *Heracleum mantegazzianum* (Apiaceae) in its native and invaded distribution ranges. *American Journal of Botany* 93 : 1018–1028.

- Perglová, I., J. Pergl et P. Pyšek. 2006.** Flowering phenology and reproductive effort of the invasive alien plant *Heracleum mantegazzianum*. *Preslia* 78 : 265–285.
- Perglová, I., J. Pergl et P. Pyšek. 2007.** Reproductive biology of *Heracleum mantegazzianum*. Dans : Pyšek, P., M.J.W. Cock, W. Nentwig et H.P. Ravn (éditeurs). *Ecology and management of giant hogweed (Heracleum mantegazzianum)*. CAB International, Wallingford, p. 55–73.
- Pyšek, P., V. Jarošík, J. Müllerová, J. Pergl et J. Wild. 2008.** Comparing the rate of invasion by *Heracleum mantegazzianum* at continental, regional and local scales. *Diversity and Distributions* 14 : 355–363.
- Pyšek, P. et A. Pyšek. 1995.** Invasion by *Heracleum mantegazzianum* in different habitats in the Czech Republic. *Journal of Vegetation Science* 6 : 711–718.
- Rouifed, S., S. Puijalon, M.-R. Viricel et F. Piola. 2011.** Achene buoyancy and germinability of the terrestrial invasive *Fallopia × bohemica* in aquatic environment: a new vector of dispersion? *Écoscience* 18 : 79–84.
- Tiley, G.E.D., F.S. Dodd et P.M. Wade. 1996.** Biological flora of the British Isles no 190. *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier. *Journal of Ecology* 84: 297–319.
- Truscott, A.-M., C. Soulsby, S.C.F. Palmer, L. Newell et P.E. Hulme. 2006.** The dispersal characteristics of the invasive plant *Mimulus guttatus* and the ecological significance of increased occurrence of high-flow events. *Journal of Ecology* 94 : 1080–1091.