

Université de Montréal

Établissement de couverts végétaux visant à inhiber la germination, la croissance et la survie de la Berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum*)

Par Valérie Teasdale

Institut de recherche en biologie végétale, Département de sciences biologiques, Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de Maîtrise ès Sciences (M.Sc.) en Sciences biologiques

Janvier 2017

©Valérie Teasdale, 2017

RÉSUMÉ

La berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum*) est une espèce envahissante provoquant des photodermatites lors d'un contact avec la sève. Son éradication laisse le sol à nu, facilitant ainsi sa réinfestation. L'objectif de mon projet est d'évaluer l'effet de l'ensemencement d'un couvert végétal pour empêcher l'établissement de la berce par phénomène de compétition. J'ai d'abord effectué une expérience en mésocosme utilisant cinq mélanges d'espèces herbacées afin de tester l'effet de la composition sur la germination, la croissance et la survie de la berce du Caucase. Trois mélanges, incluant ceux contenant *Solidago canadensis*, ont réduit le nombre de semences ayant germé. Tous les mélanges ont réduit la croissance et la survie des semis. Afin de déterminer si l'allélopathie pouvait être le mécanisme responsable de ce phénomène, j'ai testé l'effet de substances allélopathiques, extraites des feuilles et des racines du *S. canadensis*, sur la germination des semences de la berce. Bien qu'elle montre un effet allélopathique sur une espèce modèle (le radis), mon expérience n'a pas permis de détecter d'effet négatif sur la germination de la berce. Étant donné que celle-ci peut se faire dans l'obscurité, un mécanisme autre que la lumière ou l'allélopathie serait la cause de la réduction du taux de germination chez certains mélanges. Par contre, la réduction de la lumière par le couvert végétal serait la cause probable de la diminution de croissance et de la survie des semis. En définitive, un mélange composé majoritairement de graminées et produisant rapidement un couvert végétal dense aurait un meilleur potentiel pour la restauration suite à des travaux de lutte.

MOTS- CLÉS

Substances allélopathiques, *Solidago canadensis*, couvert végétal, Berce du Caucase, *Heracleum mantegazzianum*, compétition, croissance, germination.

ABSTRACT

Giant Hogweed (*Heracleum mantegazzianum*) is an invasive species that causes human skin photodermatitis after contact with the sap. Control techniques of the plant often produced a soil devoid of vegetation cover, which facilitates reinvasion. The objective of my project was to evaluate the effect (competition) of plant seeding on the establishment of Giant Hogweed. First, I conducted a mesocosm experiment using five herbaceous plant mixtures in order to test the effect of composition and associated cover on germination, growth and survival of Giant Hogweed. Three mixtures, especially those with *Solidago canadensis*, reduced germination rate. Every mixture reduced growth and survival of Giant Hogweed seedlings. In order to identify the mechanism responsible for this phenomenon, I tested the effect of allelopathic substances, extracted from leaves and roots of *S. canadensis*, on germination of Giant Hogweed seeds. Although an allelopathic effect on a model species (radish) was detected, the substances did not impede Giant Hogweed germination. Considering germination occurs in darkness, a mechanism other than light or allelopathy would be responsible for the reduction of germination rate in certain plant mixtures. However, the reduction of light through plant cover would likely be the cause for the decrease of growth and survival of Giant Hogweed seedlings. A seed mixture mostly composed of grasses and rapidly producing a dense plant cover has a good potential for restoration following weeding.

KEYS WORDS

Allelopathic substances, *Solidago canadensis*, plant cover, Giant Hogweed, *Heracleum mantegazzianum*, competition, growth, and germination.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	i
MOTS- CLÉS	i
ABSTRACT	ii
KEYS WORDS.....	ii
TABLE DES MATIÈRES.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES ANNEXES.....	ix
REMERCIEMENTS	xi
AVANT-PROPOS	xii
1 Chapitre 1 : Introduction.....	1
1.1 Prévention du rétablissement d’espèces nuisibles suite à une perturbation	1
1.2 Lutte par couvert végétal.....	2
1.2.1 Choix des espèces	2
1.2.2 Substances allélopathiques	6
1.2.3 Moment de l’ensemencement	9
1.3 Connaissances à propos de l’espèce nuisible	9
1.3.1 Biologie de la berce du Caucase (<i>Heracleum mantegazzianum</i>).....	9
1.3.2 Conditions d’établissement et taux de germination au Québec.....	11
1.3.3 Capacité d’envahissement et répartition	12
1.3.4 Méthode de lutte	13
1.4 Expérience de rétablissement végétal pour empêcher la germination de la berce de Sosnowskyi (<i>Heracleum sosnowskyi</i>).	14

1.5	Objectifs et hypothèses.....	15
1.5.1	Objectif général.....	15
1.5.2	Objectifs spécifiques et hypothèses	15
1.6	Organisation du mémoire	17
2	Chapitre 2: Establishment of a plant cover to inhibit germination, growth and survival of Giant Hogweed	18
2.1	abstract/Keywords.....	18
2.2	Introduction	18
2.3	Methods	19
2.3.1	Experimental settings	19
2.3.2	Data collection	22
2.3.3	Statistical analysis.....	23
2.4	Results	24
2.4.1	Plots composition.....	24
2.4.2	Impact on Giant Hogweed.....	25
2.5	Discussion.....	30
2.5.1	Impact on germination	30
2.5.2	Impact on survival and growth of seedlings.....	31
2.6	Conclusion.....	32
2.7	Acknowledgments.....	32
3	Chapitre 3: Effect of allelopathic substances produced by <i>Solidago canadensis</i> on Giant hogweed germination	33
3.1	Abstract/Keywords.....	33
3.2	Introduction	33
3.3	Methods.....	35

3.3.1	Allelopathic solution	35
3.3.2	Germination experiment.....	35
3.3.3	Statistical analysis	36
3.4	Results and discussion.....	36
3.4.1	Radish germination rate	36
3.4.2	Giant hogweed germination rate.....	38
3.5	Acknowledgements	40
4	Chapitre 4 : Conclusion générale	41
5	Références.....	43
6	Annexes	53

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Mean percentage of cover per species for each plant mixture in May (a) and in September (b). Because the center of the cover class was used, total cover may be under 100%. Also, cover may be higher than 100% because of overlap in cover between species. ...25

Figure 2: Germination rate of Giant Hogweed according to a set of plant mixtures (see Table 1 for description). Plant mixtures with the same letter were not significantly different ($P < 0.05$).
.....26

Figure 3: Germination rate of Giant Hogweed according to the plant cover in May of a set of five plant mixtures (1–5) and a control (C) with no plants (see Table 1 for description).27

Figure 4: Survival rate of Giant Hogweed seedlings according to a set of plant mixtures (see Table 1 for description). No seedling was present in plant mixture 1. Plant mixtures with the same letter were not significantly different ($P < 0.05$).28

Figure 5: Survival rate of Giant Hogweed seedlings according to the plant cover of a set of five plant mixtures (2–5) and a control (C) with no plants (see Table 1 for description).28

Figure 6: Width of the largest leaf measured on seedlings of Giant Hogweed according to a set of plant mixtures (see Table 1 for description). No seedling was present in plant mixture 1. Plant mixtures with the same letter were not significantly different ($P < 0.01$).29

Figure 7: Median width of the largest leaf measured on seedlings of Giant Hogweed according to the plant cover of a set of five plant mixtures (2–5) and a control (C) with no plants (see Table 1 for description).30

Figure 8: Percentage of germination of radish seeds exposed to different concentrations of a solution made with Canada Goldenrod leaf extract. Concentrations with the same letter are not significantly different at $P < 0.05$37

Figure 9: Percentage of germination of radish seeds exposed to different concentrations of a solution made with Canada Goldenrod root extract. Concentrations with the same letter are not significantly different at $P < 0.05$37

Figure 10: Percentage of germination of Giant Hogweed seeds exposed to different concentrations of a solution made with Canada Goldenrod leaf extract. Concentrations with the same letter are not significantly different at $P < 0.05$38

Figure 11: Percentage of germination of Giant Hogweed seeds exposed to different concentrations of a solution made with Canada Goldenrod root extract. Concentrations with the same letter are not significantly different at $P < 0.05$39

LISTE DES TABLEAUX

Table 1: Composition of seed mixture and their respective seed ratio.22

Table 2: Class chart for cover measures.....23

Table 3: Class chart for growth estimation of Giant Hogweed.23

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Plan du site expérimental	53
Annexe 2 : Données brutes couverts végétaux.....	54
Annexe 3 : Données brutes sur la croissance de la berce du Caucase.....	81
Annexe 4 : Données brutes expériences tests d'allélopathie sur le radis	106
Annexe 5 : Dispositif expérimental de l'expérience de substances allélopathiques sur la berce du Caucase en chambre de croissance.....	109
Annexe 6 : Données brutes expériences de substances allélopathiques sur la germination de la berce du Caucase.....	110

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

FRQNT: Fonds de recherche du Québec - Nature et technologies

HSD: Honest significant difference

SER: Society for Ecological Restoration

REMERCIEMENTS

La réalisation d'un mémoire n'est pas une tâche simple et ne peut s'accomplir seule. Plusieurs personnes ont été présentes durant la réalisation de mon projet de maîtrise et chacun m'a aidé avec différents aspects de celui-ci. J'aimerais offrir des remerciements à toutes ces personnes que ce soit pour leur aide, leur soutien moral ou leur soutien financier.

Pour commencer, j'aimerais remercier mon directeur de recherche Jacques Brisson. Il m'a fait confiance avec ce projet et m'a permis de vivre cette expérience très enrichissante. Je veux le remercier particulièrement pour tous ses bons conseils, son soutien académique, ses commentaires toujours pertinents et sa patience envers mes multiples questions. J'aimerais aussi remercier mon codirecteur de recherche, Claude Lavoie, pour ses bons commentaires et ses pistes de réflexion tout au long de mon projet. Cela m'a permis de me détacher du projet et de la voir des yeux de quelqu'un d'externe à celui-ci.

Ensuite, j'aimerais remercier tous les membres du laboratoire Brisson qui ont participé à la mise en place du projet, particulièrement Patrick Boivin et Benoit St-Georges, qui ont aussi été présents du début à la fin pour régler des problèmes techniques et matériels.

Je voudrais remercier ma famille et mes ami(e)s pour leur soutien moral et leur compréhension vis-à-vis de ma disparition de leur vie sociale durant les dernières années. J'aimerais particulièrement remercier ma sœur, qui a récemment terminé sa maîtrise. Elle m'a démontré que malgré tous les obstacles qu'elle a rencontrés pendant son parcours, il est toujours possible de réussir.

Un merci très sincère à Francis Raymond, mon copain depuis plusieurs années. Il m'a toujours encouragée à essayer de nouvelles choses. Il a toujours cru en moi et en mes capacités à réussir ce que j'entreprends. Je souhaite le remercier pour ses encouragements lorsque j'ai décidé de continuer mes études aux cycles supérieurs, son support moral dans les moments faciles et difficiles tout au long de mon projet et pour les heures qu'il a passées à lire mon mémoire pour me donner ses commentaires.

Enfin, j'aimerais remercier le FRQNT pour le soutien financier du projet.

AVANT-PROPOS

Une plante exotique envahissante est une plante qui a été introduite dans un milieu où elle ne se trouvait pas auparavant et qui se propage de façon rapide (Richardson, Pyšek, Rejmánek *et al.*, 2000). Ces plantes sont problématiques pour plusieurs raisons. Leur présence peut être néfaste pour la biodiversité (Blackburn, Cassey, Duncan *et al.*, 2004; Gaertner, Den Breeyen, Hui *et al.*, 2009; Blank, Morgan and Allen, 2015), puisqu'elles vont souvent créer un paysage monospécifique (Hejda, Pyšek and Jarošík, 2009), empêcher l'établissement des espèces indigènes (Blackburn, Cassey, Duncan *et al.*, 2004) et modifier les processus écosystémiques du milieu (Raizada, Raghubanshi and Singh, 2008). Parfois elles peuvent aussi être dangereuses pour la santé humaine (Page, Wall, Darbyshire *et al.*, 2006). Enfin, les espèces envahissantes peuvent être très dommageables pour l'économie, puisque la présence de celles-ci dans un champ agricole peut réduire le rendement des cultures ou nécessiter des interventions coûteuses dans le but d'empêcher leur prolifération (Kettenring and Adams, 2011). La berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum*) est l'une de ces plantes nuisibles au maintien de la biodiversité et ayant un impact sur la santé humaine (Tiley, Dodd and Wade, 1996; Page, Wall, Darbyshire *et al.*, 2006). En effet, la sève de la plante contient des furanocoumarines, des molécules chimiques qui réagissent une fois exposées aux rayons ultraviolets et qui engendrent des dermatites chez les humains (Jakubska-Busse, Śliwiński and Kobyłka, 2013). Il est donc important d'éradiquer l'espèce le plus tôt possible afin d'éviter qu'elle ne cause des nuisances. Pour ce faire, différentes techniques peuvent être utilisées, mais aucune ne permet d'empêcher la réinfestation via une source externe ou via les semences qui se trouvent dans le sol. La revégétalisation des sites à la fin des procédures d'éradication pourrait être une approche prometteuse afin de limiter les chances de réinfestation (D'Antonio and Meyerson, 2002).

Le présent mémoire a pour objectif de trouver le meilleur mélange d'espèces végétales qui pourrait permettre d'inhiber la germination ou d'avoir un effet négatif sur la croissance des semis de la berce du Caucase par phénomène de compétition. Le premier chapitre présentera une revue de littérature concernant la prévention du rétablissement des espèces nuisibles suite à une perturbation, la lutte compétitive par couvert végétal et les connaissances sur l'espèce nuisible ciblée. Le deuxième chapitre, rédigé sous forme d'article, présentera les résultats de l'expérience de couvert végétal servant à déterminer quel mélange d'espèces est susceptible

d'inhiber la germination ou de ralentir la croissance de la berce du Caucase. Le troisième chapitre, aussi rédigé sous forme d'article, présentera l'effet des substances allélopathiques de la verge d'or sur la germination de la berce du Caucase. Enfin, le quatrième chapitre constituera la conclusion générale, faisant la synthèse des objectifs et présentant des recommandations pour des expériences futures.

1 CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

1.1 PRÉVENTION DU RÉTABLISSEMENT D'ESPÈCES NUISIBLES SUITE À UNE PERTURBATION

Les différentes méthodes de lutte ayant pour objectif d'éliminer les plantes indésirables d'un milieu, telles que l'application d'herbicides, le désherbage manuel, le contrôle biologique et le désherbage mécanique, résultent souvent en une quantité importante de sol à nu (Masters and Nissen, 1998; Carlson and Gorchoy, 2004; Hartman and McCarthy, 2004; Mason and French, 2007). Une espèce exotique envahissante est une plante qui, suite à une introduction dans un endroit pour lequel elle n'est pas indigène, s'est bien établit et qui a un impact important sur l'écologie ou sur l'économie et dont l'expansion se fait de façon anormalement rapide. Un sol perturbé est un milieu propice au ré-établissement de ces espèces, puisque la perturbation élimine la compétition pour la lumière qui était présente et augmente la quantité de ressources disponibles pour le réservoir de semences, ce qui favorise les espèces à croissance rapide (Dahlgren and Driscoll, 1994; Baskin and Baskin, 1998; Tardiff and Stanford, 1998; D'Antonio and Meyerson, 2002). De plus, les méthodes de lutte n'éliminent pas les semences présentes dans le sol, ce qui augmente les chances de rétablissement de l'espèce nuisible ciblée par ces méthodes (D'Antonio and Meyerson, 2002).

La revégétalisation du milieu est une méthode complémentaire servant à empêcher les semences des espèces nuisibles de germer ou de s'établir dans le milieu récemment perturbé par phénomène de compétition (D'Antonio and Meyerson, 2002). La revégétalisation est la réintégration de végétation, préférablement indigène au site, après une perturbation (Breed, Stead, Ottewell *et al.*, 2013). L'objectif n'est pas de ramener le site à son état historique d'avant l'introduction des espèces nuisibles (SER, 2004), mais bien d'établir une végétation s'apparentant à ce que l'on trouve dans les milieux environnants, sauf si ceux-ci sont composés d'espèces nuisibles, le tout afin d'empêcher les espèces nuisibles de s'installer dans le milieu. La mise en place d'un couvert végétal devrait toujours être utilisée en accompagnement des méthodes de lutte (D'Antonio and Meyerson, 2002), comme le montre la réussite des

expériences servant à lutter contre *Tamarix ramosissima* et *T. chinensis* (Bay and Sher, 2008) . En effet, dans cette expérience, les données concernant la densité de *T. ramosissima* et *T. chinensi* et des espèces constituant le couvert végétal ont été prises dans plusieurs sites ayant subi une élimination du *T. ramosissima* et *T. chinensi* suivie d'une revégétalisation à des années différentes. Les chercheurs ont utilisé ces données afin d'évaluer la réussite à long terme de la revégétalisation. Elles ont montré que, dans la majorité des cas, le retrait des individus suivi d'un effort de revégétalisation a permis d'empêcher l'espèce envahissante de se rétablir.

1.2 LUTTE PAR COUVERT VÉGÉTAL

1.2.1 Choix des espèces

Une fois que le besoin d'établir un couvert végétal dans un milieu donné est déterminé, il faut par la suite choisir quelles espèces vont servir à faire cette revégétalisation. Il est très important de bien choisir les espèces, puisque cela va avoir un impact sur la réussite de l'opération (Funk, Cleland, Suding *et al.*, 2008). En effet, une série de critères sont à prendre en compte lors de la détermination des espèces et si ceux-ci ne sont pas bien appliqués, alors la réussite de la revégétalisation peut être compromise ou réduite. Dans un cas de revégétalisation servant à empêcher la réinfestation d'un milieu par des espèces envahissantes, les critères de sélections sont simples, mais demandent de la recherche sur les espèces impliquées et le milieu à traiter.

1.2.1.1 Tolérance aux conditions du milieu

Tout d'abord, il faut s'assurer que les espèces choisies soient adaptées au milieu qui doit être traité (Broadhurst, Lowe, Coates *et al.*, 2008; Leimu and Fischer, 2008; Breed, Stead, Ottewell *et al.*, 2013). Pour ce faire, il faut commencer par déterminer le type de milieu à revégétaliser. S'agit-il d'un milieu boisé, d'une rive ou d'un champ ? Est-ce que le milieu est humide, xérique ou mésique ? Une fois que cela est déterminé, il faut aller choisir une espèce qui se trouve normalement dans ce type de milieu (Leimu and Fischer, 2008). En effet, si une espèce représentative d'un milieu humide est utilisée dans un milieu xérique, les chances d'établissement de la plante seront faibles. Par contre, si les espèces choisies sont bien adaptées au milieu, les chances d'établissement à long terme du couvert seront meilleures. Il faut toutefois faire attention, puisqu'il y a toujours une chance que l'espèce ne s'établisse pas correctement à l'endroit choisi. Cela peut s'expliquer soit par la présence de bactéries dans le sol qui peut varier

beaucoup d'un endroit à l'autre malgré leur proximité (Ranjard and Richaume, 2001), soit par le fait que même si les milieux semblent identiques, il est impossible d'avoir deux milieux pareils (Hutchings, John and Wijesinghe, 2003) ou soit parce que les caractéristiques du milieu ont changé, dû à la présence de plantes envahissantes ou en réponse aux changements climatiques (Davis and Shaw, 2001; Parmesan, 2006). Au moment de faire la caractérisation du milieu, il faut aussi prendre en compte le niveau de perturbation de celui-ci. Dans certains cas, un milieu ayant subi de grandes perturbations serait plus propice à l'établissement de graminées et donc ces espèces seraient de meilleurs choix pour la revégétalisation (Thomson, 2005; Biggerstaff and Beck, 2007). Toutefois, cela ne veut pas dire que l'utilisation de graminées est le meilleur choix pour tous les milieux ayant subi d'importantes perturbations.

1.2.1.2 Cycle de vie

Il faut aussi choisir s'il est préférable d'utiliser des espèces vivaces ou annuelles. Les espèces vivaces seront préférées lorsqu'un établissement à long terme est désiré (Broadhurst, Lowe, Coates *et al.*, 2008). Elles sont plus robustes, s'adaptent mieux au changement de stade de succession et leur couvert varie beaucoup moins d'une année à l'autre que chez les espèces annuelles (Grime, Hodgson and Hunt, 2014). En ce qui concerne les espèces annuelles, elles s'établissent généralement bien et rapidement dans un milieu contenant beaucoup de ressources (Dyer and Goldberg, 2001). Elles seront préférées comme espèces de transition, entre le moment où le contrôle a été effectué et le moment où les espèces environnantes, non envahissantes, s'installent dans le milieu. Il est aussi possible d'utiliser une combinaison des deux types dans le mélange d'espèces, afin de le rendre plus efficace. Les annuelles vont s'établir en premier et ainsi empêcher l'envahissement des espèces nuisibles jusqu'à ce que les espèces vivaces, aussi présentes dans le mélange, s'installent et prennent leur place, offrant ainsi une protection à long terme contre les envahisseurs (Kotanen, 2004).

1.2.1.3 Compétition

Il va aussi falloir choisir des espèces qui sont plus compétitrices pour les ressources que l'espèce cible. En effet, dans le cas d'une revégétalisation effectuée suite au retrait d'une espèce envahissante, ce choix est encore plus important, puisque les plantes envahissantes sont généralement de bonnes compétitrices (Šutovská, Capek, Kocmálová *et al.*, 2013). Afin de maximiser les résultats, choisir une espèce qui utilise une bonne partie des ressources

nécessaires à l'établissement ou à la survie de l'espèce nuisible est une bonne façon de fonctionner (Vilà and Weiner, 2004). Il faut tout d'abord connaître l'espèce nuisible et ses besoins. Les besoins de base des plantes sont généralement l'accès aux nutriments, à l'eau, à la lumière et à l'espace (Bewley, 1997; Narwal and Haouala, 2013). Par contre, chaque espèce a besoin d'une quantité différente de ces éléments. Il existe des espèces possédant des caractéristiques leur permettant d'avoir un meilleur accès à certaines de ces ressources et cela fait donc de ces plantes de bonnes compétitrices pour celles-ci (Garcia-Serrano, Sans and Escarré, 2007). Par exemple, les plantes ayant des feuilles très larges ou une croissance vraiment rapide sont généralement de bonnes compétitrices pour la lumière (Narwal and Haouala, 2013). Les feuilles larges vont pouvoir empêcher les autres espèces d'avoir accès à cette lumière (Schwinning and Weiner, 1998). Aussi, les plantes ayant un système racinaire très profond ou étendu sont souvent mieux adaptées pour extraire les nutriments et l'eau du sol (Schenk and Jackson, 2002), ce qui en fait de bonnes compétitrices pour ces ressources. La majorité des espèces de plantes sont capables de faire des relations symbiotiques avec des champignons se trouvant dans le sol. Ces mycorhizes permettent à la plante d'avoir un meilleur accès à ce nutriment et augmentent ses capacités compétitives. Enfin, outre la qualité compétitive d'une espèce en lien avec sa capacité à extraire les ressources et à les rendre peu disponibles aux autres, certaines espèces libèrent des composés chimiques pouvant avoir un impact, le plus souvent négatif, sur les autres espèces végétales à proximité. L'impact a souvent été observé en laboratoire, mais l'effet réel en nature est moins clair. Ces substances sont appelées allélopathiques (Cheema, Farooq and Wahid, 2012) et elles seront discutées plus en détail dans la section 1.2.2.

1.2.1.4 Indigène ou exotique

Il faut choisir si les espèces seront des espèces indigènes ou si l'utilisation d'espèces exotiques pourrait être envisagée. Il y a plusieurs avantages à utiliser des espèces indigènes. Le plus important est qu'elles ne possèdent souvent pas les propriétés envahissantes des espèces exotiques et sont moins susceptibles de devenir nuisibles. Cela va aussi permettre de rétablir l'intégrité du milieu et de lui fournir une plus grande valeur écologique. En effet, les espèces indigènes forment des habitats et constituent une source de nourriture connue et utilisée par la faune environnante, qui va pouvoir venir s'y installer. Elles répondent aussi à des besoins

présents dans l'environnement, tels que la filtration de l'eau et la stabilisation des sols, auxquels les plantes exotiques ne répondraient pas nécessairement.

Les espèces indigènes sont déjà habituées au climat de la région et sont normalement adaptées au milieu (Gould and Lewontin, 1979; McKay, Christian, Harrison *et al.*, 2005; Leimu and Fischer, 2008; Hereford, 2009), ce qui augmente leur chance d'établissement. Par contre, dans le cas de la revégétalisation après le contrôle d'une espèce envahissante, il est possible que les caractéristiques du sol aient été grandement modifiées (Witkowski, 1991; Stock, Wienand and Baker, 1995; Adler, D'Antonio and Tunison, 1998). En effet, il arrive que les plantes envahissantes modifient l'environnement dans lequel elles se trouvent, par exemple en acidifiant le sol ou en modifiant les ressources disponibles dans le sol, et ainsi empêchent les espèces indigènes de s'établir dans le milieu après leur élimination (Broadhurst, Lowe, Coates *et al.*, 2008). Dans un cas où le sol a subi trop de perturbations, il est parfois plus intéressant d'utiliser des espèces exotiques, puisqu'elles peuvent potentiellement être de meilleures compétitrices pour une ressource, ce qui fait qu'elles devraient être privilégiées dans certaines situations (Bell, 1997). Par exemple, l'ivraie multiflore (*Lolium multiflorum*) est utilisée dans certains mélanges commerciaux, puisqu'il établit un couvert rapide pouvant limiter l'établissement des espèces nuisibles tout en n'empêchant pas les autres espèces indigènes de s'établir par la suite. En plus, elle n'est pas connue comme étant nuisible au Québec (Lavoie, Guay and Joerin, 2014).

1.2.1.5 Ensemencement monospécifique ou mélange

Il faut déterminer si un semencement monospécifique ou un mélange d'espèces est à privilégier. L'ensemencement monospécifique pourrait paraître un bon choix pour son côté pratique. En effet, elle pourrait faciliter l'accès aux semences et réduire le temps de préparation associé à la confection d'un mélange, puisqu'il n'y a pas de mélange à faire. Par contre, l'utilisation d'un mélange est pratiquement toujours recommandée. En premier lieu, l'utilisation de plusieurs espèces va potentiellement offrir une meilleure résistance biotique au milieu (Levine, Adler and Yelenik, 2004; Von Holle, 2005; Byun, de Blois and Brisson, 2013). Comme les études de Tilman (1997) et de Vilà and Weiner (2004) le montrent, la compétition engendrée par un nombre élevé d'espèces indigènes va être plus importante et les chances d'établissement des envahisseurs seront donc réduites. En second lieu, les milieux n'offrent généralement pas des conditions homogènes sur l'ensemble de la surface à revégétaliser (Jackson and Caldwell,

1993; Ettema and Wardle, 2002). En effet, lorsqu'un milieu est sélectionné, il y aura des dépressions plus humides ainsi que des endroits plus secs. Une diversité d'espèces d'affinités variées va donc assurer la présence d'un couvert végétal continu sur un milieu hétérogène. En troisième lieu, une plus grande diversité d'espèces va permettre au milieu d'éviter les aléas de perturbations supplémentaires (van Ruijven and Berendse, 2010). En effet, si une seule espèce est présente et qu'elle est victime, par exemple, d'une épidémie d'insectes, le milieu va se retrouver à nouveau grandement perturbé et une nouvelle fenêtre d'opportunités sera alors créée pour les envahisseurs (Jactel, Brockerhoff and Duelli, 2005). En définitive, un milieu restauré avec un mélange d'espèces va fournir un meilleur habitat, plus résistant aux nuisances et aux perturbations et pouvant éventuellement accueillir une plus grande diversité d'espèces animales, fongiques et autres. L'utilisation de plusieurs espèces permet donc d'augmenter la valeur écologique du milieu (Worm, Barbier, Beaumont *et al.*, 2006).

1.2.1.6 Aspects pratiques

Il y a d'autres critères qui peuvent parfois influencer le choix des espèces, mais ceux-ci ne sont pas directement liés aux caractéristiques de l'espèce, mais plutôt aux aspects pratiques reliés à l'utilisation de ces espèces. En effet, un budget souvent modeste est associé aux différents projets de revégétalisation d'un milieu et il peut influencer le choix des espèces à utiliser (Schirmer and Field, 2002). De plus, certaines espèces peuvent parfois être très difficiles à se procurer en grande quantité. Le temps associé à un projet est aussi un aspect limitant et si le temps d'attente pour avoir accès à des semences est trop long, une autre espèce devra être sélectionnée pour la remplacer (SER, 2004).

1.2.2 Substances allélopathiques

L'allélopathie est un phénomène impliquant une interaction chimique entre deux individus d'espèces différentes se trouvant à proximité l'une de l'autre. Ce phénomène peut souvent être confondu avec la compétition. Toutefois, comme le démontre Nilsson (1994), il s'agit bel et bien de deux mécanismes différents. La compétition se produit lorsque les ressources sont limitées et que les deux espèces en ont besoin (Casper et Jackson, 1997), tandis que l'allélopathie se produit lorsqu'une des espèces libère une molécule chimique qui a un impact sur les espèces voisines (Cheema, Farooq and Wahid, 2012). La substance allélopathique est le composé chimique impliqué dans cette interaction (Macias, Molinillo, Oliveros-Bastidas *et al.*,

2004; Cheema, Farooq and Wahid, 2012). Les espèces impliquées dans celle-ci peuvent être des microorganismes, des algues ou, dans le cas présent, des plantes vasculaires (Cheema, Farooq and Wahid, 2012). Il a été démontré qu'au moins 111 espèces de plantes produisent des métabolites secondaires ayant des effets allélopathiques observés en laboratoires et/ou en mésocosmes (Qasem, 2013). La composition précise des molécules à l'origine de ce phénomène n'a pas encore été identifiée à ce jour. Cela est aussi le cas chez plusieurs autres espèces ayant des substances allélopathiques (Müller, 2009). Ces composés sont habituellement des métabolites secondaires servant à la défense de la plante qui les produit (Qasem, 2013) et ils peuvent se situer dans les différents organes de la plante (Butcko and Jensen, 2002). Elles peuvent se trouver en contact avec les espèces environnantes de sept façons différentes (Halbrendt, 1996; Rice, 1984): via 1) volatilisation à partir des feuilles, 2) lessivage par la pluie à partir des feuilles, 3) décomposition de la litière, 4) lessivage de la litière, 5) décomposition des tissus racinaires, 6) exsudation à partir des racines ou enfin 7) transformation des exsudats de la plante en substances allélopathiques par le microorganisme du sol. Tous ces mécanismes agissent de façon passive, ce qui implique que la molécule allélopathique n'est pas relâchée seulement en réaction à un stimulus, mais bien constamment durant la vie de l'individu (Reigosa, Sánchez-Moreiras and González, 1999). Une fois la molécule transmise, elle peut agir de façon positive sur les espèces environnantes, en favorisant leur établissement, ou elle peut agir de façon négative en inhibant leur établissement (Cheema, Farooq and Wahid, 2012). L'action négative est celle qui est étudiée dans la majorité des cas et donc celle pour laquelle le mode d'action est le mieux connu. Celui-ci consiste soit à inhiber la croissance des racines, soit à empêcher l'absorption des nutriments ou soit à inhiber la symbiose de la plante cible avec un microorganisme lui permettant d'avoir accès à certains nutriments et ainsi les rendre inaccessibles (Cheema, Farooq and Wahid, 2012). Les substances allélopathiques d'une plante en particulier n'agissent pas de la même façon avec chacune des espèces qui se trouvent à proximité (Sun, Tan, Wan *et al.*, 2006). Elle peut même être inhibitrice pour une espèce, mais augmenter la capacité d'établissement d'une autre. Enfin, la substance allélopathique libérée peut n'avoir aucun effet sur certaines plantes (Abhilasha, Quintana, Vivanco *et al.*, 2008). Les capacités allélopathiques des espèces sont d'abord testées en laboratoire et par la suite en nature. Par contre, ce dernier test n'a pas été effectué pour l'ensemble des espèces. Pour ce qui est des espèces dont la capacité allélopathique a été testée en nature, il y a différentes façons de tester

leur efficacité selon l'utilisation qui veut en être faite. En effet, si le chercheur cherche à s'en servir comme herbicide naturel, il va tester de hautes concentrations qui ne représenteront pas la concentration normale rejetée dans l'environnement par la plante. Les tests en nature sont nombreux et souvent très concluants dans ces cas-là (Qasem, 2013). Dans d'autres cas, comme dans le cas de revégétalisation, les tests en nature sont moins fréquents et nécessitent de prendre en compte beaucoup de facteurs, puisque la substance relâchée par la plante est beaucoup moins concentrée que dans le cas précédent et la quantité est aussi plus difficile à contrôler. Toutefois, quelques études ont tout de même réussi à observer des impacts positifs et négatifs dus à la présence de substances allélopathiques dans le sol (Zackrisson and Nilsson, 1992; Pisula and Meiners, 2009; Zhang, Zhu, Wang *et al.*, 2011). Parmi les cas les plus reconnus d'impact allélopathique d'une espèce végétale sur une autre, l'espèce possédant des capacités allélopathiques était souvent une espèce exotique envahissante dans un milieu où les autres espèces végétales n'étaient pas adaptées à la présence de ces substances chimiques dans leur environnement (Sun, Tan, Wan *et al.*, 2006). Les capacités allélopathiques peuvent donc fournir une meilleure capacité d'envahissement.

Dans le cadre d'une opération de revégétalisation suite à l'éradication d'une espèce envahissante, l'utilisation d'espèces produisant des substances allélopathiques pourrait augmenter les chances d'inhiber le rétablissement des espèces nuisibles (Narwal and Haouala, 2013), mais pourrait aussi entraîner des complications concernant l'établissement des espèces désirées. Pour éviter les effets indésirables, il faut choisir les espèces en fonction de celle qui est nuisible, puisque les substances des espèces peuvent être plus ou moins spécialisées (Qasem, 2013). Si l'espèce est bien choisie, la présence de ces substances pourrait inhiber la germination des semences de l'envahisseur qui se trouvent dans le réservoir de semences du sol (Qasem, 2013). Enfin, il est possible d'optimiser la revégétalisation en combinant des espèces compétitrices pour les ressources et des espèces possédant des capacités allélopathiques (Narwal and Haouala, 2013). Au Québec, la verge d'or du Canada (*Solidago canadensis*) fait partie des espèces possédant des capacités allélopathiques. Selon Werner, Gross and Bradbury (1980) et Abhilasha, Quintana, Vivanco *et al.* (2008), les molécules aux propriétés allélopathiques présentes chez cette espèce feraient partie de la famille des diterpénoides et des polyacétylènes et se retrouveraient dans le sol suite à la chute des feuilles ou par exsudation des racines.

1.2.3 Moment de l'ensemencement

Il existe un effet de priorité entre les différentes espèces lorsqu'il s'agit de coloniser un nouveau milieu ou de recoloniser un milieu fraîchement perturbé. La phénologie des espèces exotiques envahissantes est souvent caractérisée par une production et une germination hâtive des semences (Stuble and Souza, 2016). Les espèces exotiques sont donc avantagées par l'effet de priorité, surtout les espèces qui ont une germination très tôt au printemps (Stuble and Souza, 2016). En effet, la présence hâtive de ces espèces souvent très compétitives nuirait aux espèces ayant une germination plus tardive (Kardol, Souza and Classen, 2013). Il est donc important, de s'assurer que le couvert végétal soit déjà en place avant la période de germination des semis des plantes exotiques envahissantes. Pour ce faire, l'établissement du couvert végétal devrait être fait à la saison précédant la période de germination de l'espèce nuisible. Ainsi, les plantes vivaces ensemencées auront une meilleure croissance la deuxième année, et seront donc en mesure de mieux compétitionner avec la plante envahissante. D'autre part, la végétation de la première année aura formé une litière qui pourra nuire à l'établissement de l'espèce nuisible, la saison suivante.

1.3 CONNAISSANCES À PROPOS DE L'ESPÈCE NUISIBLE

Afin de pouvoir faire les bons choix concernant les espèces à utiliser pour la revégétalisation et de pouvoir faire l'ensemencement du mélange compétitif au bon moment, il est important d'avoir des connaissances sur l'espèce nuisible qui doit être éradiquée. Pour ce faire, il faut connaître la biologie de l'espèce, sa répartition actuelle, sa capacité d'envahissement et ses conditions d'établissement dans le milieu.

1.3.1 Biologie de la berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum*)

Une espèce dont l'introduction est problématique au Québec est la berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum*). Il s'agit d'une plante herbacée de la famille des Apiacées pouvant atteindre 5 m de hauteur, produisant de très grandes feuilles et des ombelles à fleurs blanches. Les tiges sont creuses et ont des taches rouges et des poils blancs, particulièrement à la base. Elle est une vivace monocarpe, fleurissant de la mi-juin à la fin juillet et ses semences tombent de la fin août jusqu'au mois d'octobre (Nielsen and Alien, 2005). Elle est aussi intolérante à l'ombre (Tiley, Dodd and Wade, 1996; Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007). Sa

durée de vie varie généralement entre trois et sept ans (Pergl, Perglova, Pyšek *et al.*, 2006). L'espèce est souvent confondue avec d'autres espèces, telles que *H. sosnowskyi*, aussi originaire de la Géorgie, ou *H. maximum*, indigène au Québec et en Amérique du Nord (Kuhnlein and Turner, 1986; Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007). La sève de la berce du Caucase contient des furanocoumarines, des métabolites secondaires servant normalement de protection contre les herbivores (Qasem, 2013). La concentration est très élevée dans les semences et les racines, moyenne dans les feuilles et faible dans les tiges (Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007). Il s'agit de substances phototoxiques qui suite au contact avec la peau et à une exposition aux rayons ultraviolets, vont entraîner des photodermatites pouvant être sévères (Kuhnlein and Turner, 1986; Lavoie, Lelong, Blanchette-Forget *et al.*, 2013). L'effet sur la peau peut s'apparenter à une brûlure de deuxième ou de troisième degré et même après guérison, la peau peut rester sensible au soleil jusqu'à six années après le contact (Tiley, Dodd and Wade, 1996).

Dans sa région d'origine, on trouve principalement la berce du Caucase en bordure des forêts de résineux, dans les clairières ou dans les champs (Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007). Cette espèce préfère les milieux ouverts qui ont été perturbés et qui sont laissés en friche, tels que les bordures de champs agricoles ou les terrains abandonnés (Pyšek and Pyšek, 1995). Elle apprécie particulièrement les sols fertiles, humides et profonds, tels que ceux que l'on trouve dans les zones riveraines, les fossés et les bordures de forêt (Page, Wall, Darbyshire *et al.*, 2006).

Dans son milieu natif, la berce du Caucase est contrôlée en partie via les insectes herbivores présents dans la région. Un plus grand nombre de ces espèces est présents dans la région du Caucase que dans les pays d'Europe qui sont envahi par la plante. Parmi les insectes se nourrissant de la berce du Caucase dans le milieu d'origine, la majorité sont des hémiptères et des coléoptères, tels que *Cavariella aquatica*, *Phytoecia nigripes* ou *Nastus fausti*. Ces espèces se nourrissent soit de la sève ou des feuilles. Malgré le nombre élevé de prédateurs, aucune espèce exclusive à la berce n'a été trouvée. Le control biologique n'est donc pas une option (Hansen et al, 2006).

La berce du Caucase se reproduit exclusivement par voie sexuée, mais cette stratégie est très efficace (Pergl, Perglova, Pyšek *et al.*, 2006). En effet, au Québec (ruisseau Fourchette, près de la ville de Québec) en 2015, un seul individu pouvait produire jusqu'à 20 000 semences

(N. Trottier, données non publiées). Même s'il ne se reproduit qu'une seule fois au cours de sa vie, la quantité de semences produites suffit amplement au maintien et au développement des populations (Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007).

1.3.2 Conditions d'établissement et taux de germination au Québec

Une fois les semences au sol à la fin de l'été, elles sont en dormance physiologique et elles nécessitent une période de stratification durant l'hiver, suivi d'une température un peu plus élevée au printemps avec une présence d'eau pour pouvoir germer. La stratification doit durer au minimum deux mois à une température de -2 °C. Cette étape permet à la semence de terminer la maturation de son embryon et de lui permettre de germer au moment optimal (Moravcova, Pyšek, Krinke *et al.*, 2007). Au printemps, la germination des semences va commencer dès que la neige disparaît et que la température de l'air atteint au moins 10 °C au courant de la journée (Moravcova, Pyšek, Pergl *et al.*, 2006), ce qui fait qu'elles germent très tôt au début de la saison printanière (Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007). Une étude réalisée en Europe a montré que le printemps suivant la chute des semences, environ 87 % des graines viables vont germer. Le reste des semences est encore en état de dormance ce qui les empêche donc de germer pendant la saison estivale. Aucune semence de berce du Caucase ne germe plus tard que la fin du mois d'avril (Moravcova, Pyšek, Pergl *et al.*, 2006), sauf en cas de conditions météorologiques très anormales. Après un été supplémentaire en état de dormance, environ 9 % des graines viables du pool initial vont germer. Après deux étés en état de dormance, seulement, un 3 % supplémentaire germera. Les autres ne le feront qu'après trois étés en état de dormance (Moravcova, Pyšek, Pergl *et al.*, 2006).

En République tchèque, 91 % de semences produites par un plant vont germer. Pour ce qui est du Québec, cela varie selon les années. En 2015 et 2016, le taux de germination s'est rapproché beaucoup de celui observé en Europe avec des pourcentages respectifs de 85 et 75 % (N. Trottier, données non publiées).

Le taux de germination élevé peut être expliqué par le fait que les semences de la berce du Caucase ont un fort poids (0,0131 g par semence) (Page, Wall, Darbyshire *et al.*, 2006) en comparaison avec d'autres espèces de milieu similaire, tel que la verge d'or (0.00004g par semence), l'eupatoire maculé (0.0003g par semence) ou le pâturin des marais (0.00014g par

semence). Cela fait en sorte que l'embryon possède beaucoup de ressources pour son développement et qu'une fois germé, il reste à la disposition des semis des ressources pour survivre pendant une période de temps plus élevée que chez les espèces possédant des semences de plus petites masses (Eriksson, 1999).

1.3.3 Capacité d'envahissement et répartition

La berce du Caucase est un bon envahisseur en raison de la grande quantité de semences produites et de la très grande taille des individus adultes, dont les feuilles créent de l'ombre et provoquent la mort des autres espèces se trouvant en dessous. Cela crée un environnement dépourvu de compétition et qui est favorable à la germination des semences de berce, mais qui peut toutefois empêcher la croissance des semis de l'envahisseur (Pyšek and Pyšek, 1995). En règle générale, les semences tombent près du plant mère et forment ainsi des agglomérations d'individus à une distance rapprochée. Il est toutefois possible qu'elles se disséminent sur de longues distances lorsqu'elles tombent dans des cours d'eau (Nielsen and Alien, 2005).

Comme son nom français l'indique, la berce du Caucase est originaire de la Géorgie dans la région du Caucase de l'Ouest (Krinke, Moravcová, Pyšek *et al.*, 2005). Actuellement, cette plante se trouve en Europe et en Amérique du Nord. En Europe, la République tchèque est un des pays les plus touchés par l'invasion (Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007). L'invasion en Europe a débuté en Angleterre en 1817 et elle s'est propagée par introductions volontaires dans le but d'en faire usage en horticulture (Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007). En Amérique du Nord, l'état de New York est l'endroit le plus envahi pour le moment, mais le Québec et l'Ontario sont aussi touchés (Lavoie, Lelong, Blanchette-Forget *et al.*, 2013). Au Québec, l'espèce est présentement en pleine expansion. Un nombre important de sites dans les régions de la Capitale-Nationale et de Chaudière-Appalaches ont des populations de berce du Caucase. Il s'agit des endroits où l'espèce est la plus présente dans la province du Québec. Il est aussi possible de trouver quelques populations dans la Montérégie, dans les Basses-Laurentides, dans Lanaudière près du fleuve Saint-Laurent, en Estrie, dans le Bas-Saint-Laurent et à certains endroits dans la région du Saguenay (Lavoie, Lelong, Blanchette-Forget *et al.*, 2013).

1.3.4 Méthode de lutte

Plusieurs techniques ont déjà été testées afin d'éliminer les individus de la berce du Caucase. Parmi celles-ci, il y a la méthode chimique et les méthodes mécaniques. La seule méthode chimique est l'utilisation d'herbicide. Il existe un large éventail d'herbicides (Hobbs and Humphries, 1995), chacun comportant un spectre d'action plus ou moins spécifique (Cobb and Reade, 2011). Il s'agit d'une méthode rapide, qui nécessite peu de personnel, qui permet de couvrir de grandes superficies et qui est efficace si le produit utilisé est bien sélectionné et épandu avec le bon dosage. Toutefois, l'application d'herbicide comporte certains désavantages, tels que le fait que le produit n'est pas complètement spécifique, ce qui peut entraîner la destruction d'espèces voisines (Cobb and Reade, 2011), et le fait que l'application près des cours d'eau est souvent interdite ou nécessite des autorisations particulières (Nielsen and Alien, 2005). Parmi les différents produits, le glyphosate, appliqué tôt au printemps, a montré une très bonne efficacité pour éliminer la berce du Caucase (Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007).

Les méthodes mécaniques sont la coupe d'ombelle, le fauchage des tiges ou l'arrachage. La coupe d'ombelle peut être utilisée comme mesure de prévention, puisqu'elle empêche la dissémination des semences. Par contre, elle ne permet pas d'éliminer l'espèce du territoire traité (Nielsen and Alien, 2005). Le fauchage des tiges consiste à couper la plante entière à environ 2 cm du sol. Cette technique est rapide et permet de réduire les réserves de la plante (Dodd, de Waal, Wade *et al.*, 1994; Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007). Par contre, les rhizomes et les racines restent vivants dans le sol. De plus, il est possible pour la plante de produire des rejets à partir du 2 cm de tige restant (Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007). L'arrachage, quant à lui, peut être fait de façon mécanique ou manuelle. L'avantage principal de cette méthode est que l'individu au complet est extrait et qu'il n'y a donc pas de risques de production de rejets. Dans un cas où la racine est trop longue pour être arrachée, une coupe à 15 cm dans le sol engendre la mort de l'individu (Tiley, Dodd and Wade, 1996).

Toutes ces méthodes de lutte sont plus ou moins efficaces pour le retrait des individus visibles, mais elles n'empêchent pas la germination ou l'établissement des semences se trouvant au sol ni l'établissement de nouveaux individus, de provenance externe. Or, le milieu ayant subi l'éradication de la berce du Caucase est fraîchement perturbé (sol à nu) et constitue donc un milieu idéal pour son retour. Il est donc important de poursuivre le traitement avec une

revégétalisation, afin de combler les lacunes associées aux traitements d'éradication. Le choix des espèces pour la revégétalisation devra être effectué selon les critères mentionnés dans la section 1.2.1 de ce document, mais puisque la berce du Caucase est une plante de milieu ouvert et qu'elle colonise majoritairement des milieux qui sont normalement composés de plantes exotiques naturalisées, il ne serait donc pas nécessaire de se limiter à choisir des espèces indigènes.

1.4 EXPÉRIENCE DE RÉTABLISSEMENT VÉGÉTAL POUR EMPÊCHER LA GERMINATION DE LA BERCE DE SOSNOWSKYI (*HERACLEUM SOSNOWSKYI*).

Une expérience a déjà été effectuée par Olukalns, Farm Gravisi, Berzins *et al.* (2005) concernant le rétablissement d'un couvert végétal, afin d'empêcher la berce de Sosnowskyi (*Heracleum sosnowskyi*) de s'établir. Cette expérience a été réalisée en nature, au cours de l'été 2003, en Lettonie. Le site choisi était situé sur la rive d'un cours d'eau ayant une bonne diversité d'espèces encore présentes en plus de la berce de Sosnowskyi. L'expérience consistait en six blocs, trois disposés dans un endroit avec une densité de berce de Sosnowskyi importante et trois autres dans un endroit avec une moins grande densité de l'espèce envahissante. Au printemps, avant d'ensemencer les mélanges d'espèces, une coupe des individus de berce de Sosnowskyi a été effectuée. Cela a été refait de trois à quatre fois durant les deux étés de l'expérience. Les chercheurs ont utilisé deux traitements et un témoin, chacun ayant dix réplicats. Le premier traitement était composé de fétuque rouge (*Festuca rubra*) et de dactyle pelotonné (*Dactylis glomerata*), et le deuxième traitement était composé de fétuque rouge et de fétuque élevée (*Lolium arundinaceum*). Les résultats obtenus lors de cette expérience montrent qu'à la deuxième année, il y a réduction du nombre d'individus de berce de Sosnowskyi dans les quadrats avec un mélange d'espèces. Malheureusement, les auteurs n'ont pas noté d'efficacité statistiquement significative des mélanges à inhiber l'établissement de la berce de Sosnowskyi en comparaison au traitement témoin, non ensemencé.

Il n'est pas clair si ce résultat montre une réelle absence d'efficacité des couverts végétaux ou s'il ne relève pas simplement de lacunes méthodologiques. En effet, les auteurs mentionnent que les sites auxquels ils avaient accès les obligeaient à faire de la pseudoréplication, ce qui peut ajouter un biais aux résultats. De plus, en nature, le nombre de semences dans le sol par parcelle

n'étant pas connu, il est possible qu'il y ait eu une grande variation d'une parcelle à l'autre. Il est aussi possible que certaines parcelles ne contenaient pas de semences du tout. Cela engendre des problèmes au niveau de l'interprétation des résultats. Enfin, les auteurs mentionnent que le moment du traitement est très important et que le fait d'établir le mélange à l'automne au lieu du printemps (Lettonie : printemps) permettrait peut-être d'avoir une compétition maximale au printemps de l'année suivante (Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007). Il n'est donc pas possible de savoir, avec cette expérience, si un ensemencement a un effet sur la germination d'une autre espèce de berce, telle que la berce du Caucase. La question de l'effet d'un couvert végétal compétitif sur la germination et l'établissement de la berce du Caucase demeure donc entière.

1.5 OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

Ce mémoire s'inscrit dans un projet de plus grande envergure, dont le but principal est d'étudier l'écologie, la chimie, la génétique et la lutte à la berce du Caucase sur le territoire Québécois et dans le nord-est de l'Amérique du Nord (Ontario, Québec, Nouveau-Brunswick). Le projet regroupe des chercheurs de quatre universités (Université Laval, Université du Québec à Chicoutimi, Université de Guelph, Université de Montréal) et traite des problématiques suivantes : la dynamique des populations, les moyens de dissémination et la vitesse de cette dernière, les conséquences concernant la santé publique, la caractérisation des composés chimiques contenus dans la plante, le contrôle de l'espèce à l'aide de produits chimiques et de méthodes physiques et la prévention du rétablissement de l'espèce dans les milieux récemment perturbés.

1.5.1 Objectif général

L'objectif général de ce mémoire est d'évaluer si la méthode de compétition par ensemencement d'un couvert végétal peut empêcher l'établissement de la berce du Caucase ou la croissance de ses semis et, si oui, par quel processus.

1.5.2 Objectifs spécifiques et hypothèses

Afin de pouvoir répondre correctement à l'objectif principal, trois objectifs spécifiques ont été formulés.

Le premier objectif est de déterminer si un couvert de plantes herbacées produit par ensemencement inhibe la germination des semences de la berce du Caucase. Je prédis qu'il y aura une relation inversement proportionnelle entre le taux de germination des semences et l'envergure du couvert végétal total. Je prédis aussi que les mélanges contenant de la verge d'or du Canada seront plus efficaces que les autres en raison de leur capacité de produire des substances allélopathiques.

Le deuxième objectif est de déterminer si un couvert de plantes herbacées ralentit la croissance et diminue le taux de survie des semis de la berce du Caucase. Je prédis qu'il y aura une relation inversement proportionnelle entre la croissance des semis et l'envergure du couvert végétal ainsi qu'une relation inversement proportionnelle entre le taux de survie des semis et l'envergure du couvert végétal. Je prédis aussi que les mélanges contenant des herbacées autres que des graminées auront un meilleur succès, puisque leurs feuilles plus larges engendreront plus d'ombre durant la période estivale.

Le troisième et dernier objectif est de déterminer si les substances allélopathiques libérées par la verge d'or du Canada inhibent la germination des semences de la berce du Caucase. Je prédis que les substances allélopathiques contenues dans les feuilles de verge d'or ont un effet inhibiteur sur la germination des semences de la berce du Caucase. Par contre, les substances allélopathiques provenant des racines de la plante n'ont pas cet effet, puisqu'elles ont plus souvent un effet sur le développement des parties souterraines de la plante plutôt que sur la semence.

La démarche expérimentale mise en place afin de répondre aux objectifs consiste à effectuer une expérience en mésocosmes dans laquelle les semences de berce du Caucase sont soumises au couvert formé par différents mélanges d'espèces. La démarche expérimentale consiste aussi à effectuer une expérience de germination en chambre de croissance, dans laquelle les semences de la berce du Caucase sont exposées aux substances allélopathiques de la verge d'or du Canada, extraites à partir des feuilles et des racines.

1.6 ORGANISATION DU MÉMOIRE

Le présent mémoire est divisé en quatre chapitres. Le premier chapitre, celui que vous lisez présentement correspond à l'introduction générale du mémoire et concerne les différents concepts qui seront utilisés et discutés dans les prochains chapitres. Ce chapitre comporte aussi les objectifs et les hypothèses du mémoire. Les chapitres 2 et 3 forment le corps du mémoire et sont sous forme d'articles scientifiques écrits en anglais. Le chapitre 2 correspond aux deux premiers objectifs du mémoire. Il concerne l'expérience en mésocosme testant l'effet des différents couverts sur la germination, la survie et la croissance de la berce du Caucase. Dans ce chapitre, Jacques Brisson et Claude Lavoie sont les responsables de l'élaboration du projet et de la révision de mon article. Le professionnel de recherche du laboratoire ainsi que plusieurs assistants de terrain ont construit le dispositif expérimental. J'ai participé à des étapes de la mise en place du dispositif, récolté et analysé les données et rédigé l'article en lien avec l'expérience. Le chapitre 3 a été élaboré comme une note scientifique, et correspond au troisième objectif du mémoire et concerne l'expérience en chambre de croissance servant à déterminer l'effet des substances allélopathiques provenant de la verge d'or sur la germination des semences de berce du Caucase. J'ai élaboré ce projet, récolté et analysé les données et rédigé l'article scientifique en lien avec l'expérience. Jacques Brisson a validé ma démarche et lui et Claude Lavoie ont fait la révision de mon article. Le chapitre 4 correspond à la conclusion générale, qui rassemble les observations et les conclusions des deux chapitres précédents. Le chapitre 5 présente l'ensemble des références du mémoire. Cette section sera suivie de six annexes présentant le plan de mon dispositif et l'ensemble de mes données brutes

2 CHAPITRE 2: ESTABLISHMENT OF A PLANT COVER TO INHIBIT GERMINATION, GROWTH AND SURVIVAL OF GIANT HOGWEED

2.1 ABSTRACT/KEYWORDS

Multiple methods can be used to eradicate Giant Hogweed: stem cutting, umbel cutting, root extraction or herbicides. Once the eradication done, a bare ground is often resulting, which produces favorable conditions for reinvasion of Giant Hogweed or other invasive species. We conducted a mesocosm experiment using five herbaceous plant mixtures in order to test their competition effect on germination, growth and survival of Giant Hogweed. Three mixtures reduced the germination rate. All mixtures reduced seedling growth but only two had an effect on the survival rate. Considering that germination can occur in darkness, a mechanism other than a lack of light would be responsible for the reduction of germination rate. However, the reduction of light through the plant cover would likely be the cause for the growth and survival reduction of seedlings. A seed mixture mostly composed of grass species and rapidly producing a dense plant cover has a good potential for preventing Giant Hogweed reestablishment after control works. Mixtures with herbaceous non-grass species have a greater potential for reducing growth and survival of seedlings.

2.2 INTRODUCTION

Invasive plants can have a negative effect on biodiversity (Blackburn, Cassey, Duncan *et al.*, 2004; Gaertner, Den Breeyen, Hui *et al.*, 2009; Blank, Morgan and Allen, 2015), on economy (Kettenring and Adams, 2011), and sometime on human health (Page, Wall, Darbyshire *et al.*, 2006). Giant Hogweed is an exotic invasive species in many countries in Europe and North America. The invasion in Europe began in England in 1817, and the species spread because widely planted for horticultural purposes (Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007). In North America, the state of New York (United States) is particularly invaded. The Canadian provinces of Ontario and Québec also have a high number (several hundreds) of populations. Its presence in nature has been confirmed in Québec in the 1990's (Lavoie, Guay and Joerin, 2014)

Giant Hogweed has a major effect on biodiversity (Pyšek and Pyšek, 1995; Pergl, Perglova, Pyšek *et al.*, 2006). It produces large leaves blocking light penetration to the ground, preventing the establishment of other species (Pyšek and Pyšek, 1995). In addition, some studies suggest the possibility that Giant Hogweed produces allelopathic substances (Csiszár, Korda, Schmidt *et al.*, 2012; Loydi, Donath, Eckstein *et al.*, 2015). This invasive species also produces a large amount of seeds that facilitate rapid dispersal (Krinke, Moravcová, Pyšek *et al.*, 2005). Most seeds germinate the next spring, but some (< 10%) may remain viable in the seed bank for up to three years (Moravcova, Pyšek, Pergl *et al.*, 2006). The germination rate (year 1) is 91% in Czech Republic (Moravcova, Pyšek, Pergl *et al.*, 2006) and 75–85% in Québec (N. Trottier, unpublished data). Giant Hogweed also affects human health (Page, Wall, Darbyshire *et al.*, 2006; Jakubská-Busse, Śliwiński and Kobyłka, 2013). A severe photodermatitis may result from a skin contact with the sap and a subsequent ultraviolet rays exposure (Page, Wall, Darbyshire *et al.*, 2006).

Different methods of control are used against Giant Hogweed: root extraction, herbicides and stem or inflorescence cutting are the most popular (Tiley, Dodd and Wade, 1996; Nielsen and Alien, 2005; Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007). These methods can be effective to control the plant, but they do not eliminate the seed bank and, more importantly, the site is often left with little plant cover, and then becomes particularly suitable for reinvasion of Giant Hogweed or by other invasive species (Pyšek and Pyšek, 1995). Revegetation, using plant species adapted to the environmental conditions, and that can compete for resources with the invasive species, may prevent reinvasion (D'Antonio and Meyerson, 2002). The goal of this research was thus to determine whether a herbaceous plant cover can reduce germination rate, or the growth and survival of Giant Hogweed seedlings. An experiment in mesocosms, in which Giant Hogweed seeds were subjected to a plant cover created by different species mixtures, was conducted to achieve this goal.

2.3 METHODS

2.3.1 Experimental settings

The mesocosm experiment took place at the Montreal Botanical Garden (Canada) (45°33'36.006" N, 73°33'46.832" O). It consisted of 48 plots divided into eight blocks

(Appendix 1). Each plot of 1.2 x 1.2 m was delimited with wood planks emerging 0.3 m aboveground. To homogenize experimental soil conditions, the boxes were filled with 0.2 m high of gardening seed-free soil put directly on top of the existing soil of the site.

Five different plant mixtures were used, in addition to an unseeded control (Table 1). The species of each treatment were a mixture of annuals and perennials, with native or naturalized (in Québec) non-invasive species. They were chosen for their capacity to grow in the type of soil Giant Hogweed usually grows, and for their fast growth or high cover. In addition, Canada Goldenrod (*Solidago canadensis*) was added in high proportion to two mixtures for its presumed capacity to produce allelopathic substances (Butcko and Jensen, 2002; Abhilasha, Quintana, Vivanco *et al.*, 2008; Pisula and Meiners, 2009). In a mixture, we use a high proportion of boneset, because on a site invaded with Giant Hogweed, we observed that where this species was present, there were fewer individuals of the invader. The first two mixtures were from commercial origin (purchased from Gloco, Montréal, Québec, Canada; Horticulture Indigo, Drummondville, Québec, Canada). Seeds of the three other mixtures were collected in different locations in southern Québec. For the first plant mixture (Gloco), the number of seeds used follows the recommendation of the company. For the second (Indigo), the number of seeds was based on the one used from a previous field experiment on Giant Hogweed (Boivin and Brisson, 2015). For the three others, the total number of seeds for each mixture was determined to saturate the plots in function of the germination rate of each species. It has been demonstrated that in general, bigger seeds have a better germination rate than smaller ones (He, Wang *et al.*, 2007). The number is high for plant mixtures 3 and 4 because Canada Goldenrod has a very small seeds and a low germination rate. In contrast, the number is low for the plant mixture 5 because seeds of *Eupatorium* are large and have a good germination rate. The five plant mixtures and the controls were randomly distributed within each block.

Seeding of plots (boxes) was done June 27th 2014. For this summer all control plot were covered with black plastic to avoid contamination. During the first week of the experiment, each box was covered with a sheet to prevent birds and insects from eating the seeds. During summer, watering was done once a week or when needed. All aerial plant parts that exceeded the plot was cut and the residues were left on plot surface and all other species germinating in the plot were extracted. At the end of September, all flowers were cut and put in the corresponding plot

to prevent the contamination of other plots by seeds. Giant Hogweed seeds were collected in September 2014 on 20 individuals at Ruisseau Fourchette in Saint-Isidore-de-Beauce, Québec (46°35'50.348" N, 71°3'57.179" O). In October 2014, 250 seeds were regularly distributed on the surface of each plot. The viability rate of these seeds was 50% (N. Trottier, pers. comm.), which means about 125 of the 250 seeds were potentially able to germinate. With this experimental schedule, we simulated a situation where we proceeded to the seeding of plant mixtures after a control done at the end of the germination period of Giant Hogweed. These mixtures would thus have a growth season to settle. At the beginning of the following year, the plant mixtures would already be established and ready to compete with the new Giant Hogweed seedling.

Table 1: Composition of seed mixture and their respective seed ratio.

Seed mixture	Name	Total number of seed per m ²	Species (* : exotic)	Percentage (%)
1	Gloco-Stabilization	78000	<i>Festuca rubra</i>	15
			<i>Poa palustris</i>	46
			<i>Elymus canadensis</i>	1
			<i>Elymus virginicus</i>	1
			<i>Agrostis scabra</i>	37
2	Indigo-Stabilization Mix MICA 2009	25000	<i>Agrostis capillaris*</i>	16
			<i>Andropogon gerardii</i>	5
			<i>Calamagrostis canadensis</i>	6
			<i>Carex vulpinoidea</i>	1
			<i>Elymus canadensis</i>	6
			<i>Festuca rubra</i>	19
			<i>Juncus effusus</i>	20
			<i>Lolium multiflorum*</i>	14
			<i>Panicum virgatum</i>	2
			<i>Poa palustris</i>	7
			<i>Spartina pectinata</i>	4
3	Goldenrod + Fescue	244 000	<i>Solidago canadensis</i>	94
			<i>Festuca rubra</i>	<1
			<i>Lolium multiflorum*</i>	<1
4	Goldenrod + Red clover	242 000	<i>Solidago canadensis</i>	99
			<i>Trifolium pratens*</i>	<1
			<i>Lolium multiflorum*</i>	<1
5	Boneset	30	<i>Eupatorium perfoliatum</i>	7
			<i>Eupatorium maculatum</i>	84
			<i>Bidens cernua</i>	2
			<i>Lolium multiflorum*</i>	7
6	Unseeded control		-----	-----

2.3.2 Data collection

From April 28th to September 17th 2015, percentage cover for each plant species, for the litter and for the bare soil was noted on a weekly basis using a class chart (Table 2). Seedlings of

Giant Hogweed were counted and mapped at the same frequency. From June 15th to September 17th of the same year, the width of the largest leaf of each Giant Hogweed individual emerging in the plots was estimated weekly using a class chart (Table 3). Because Giant Hogweed is acaulescent on its first year, measuring the width of the largest leaf is a better non-destructive measure of plant size than plant height.

Table 2: Class chart for cover measures

Class	Cover percentage
1	< 1%
2	1-5 %
3	6-10%
4	11-25%
5	26-50%
6	51-75%
7	> 75%

Table 3: Class chart for growth estimation of Giant Hogweed.

Class	Width of the largest leaf (cm)
1	< 4
2	4-5
3	6-7
4	8-10
5	11-15
6	16-20
7	21-30
8	>30

2.3.3 Statistical analysis

The effect of plant mixtures and the associated plant cover on Giant Hogweed germination rate was tested using an analysis of variance (ANOVA). Total plant cover was calculated as the sum of the median of the cover for each individual species, so the total plant cover could potentially be > 100%. The germination rate was compared on May 26th. This period was chosen because it corresponded to the end of the seed germination period. Data were log-transformed to correct

for inequality in variances of the residuals. A Tukey HSD test was used to determine which treatment differed significantly from the others.

The effect of plant mixtures on Giant Hogweed seedling survival rate was also tested with an ANOVA, plus a log-transformation of the data and a Tukey HSD test. The effect of late season plant cover on survival of the Giant Hogweed seedling was tested with an ANOVA, comparing the percentage of survival at the end of the growth season (September 2nd) with the cover of competition at the same moment.

Finally, the effect of plant mixtures on the growth of the Giant Hogweed seedlings was tested with an analysis of covariance (ANCOVA). This analysis compared plant size of Giant Hogweed seedlings (as estimated by leaf area) in September as influenced by the different treatments. The covariate in the ANCOVA was the number of Giant Hogweed seedlings in each plot. A log transformation was also made on data. A Tukey HSD test was used to determine which treatment differed from the others. All those analyses were conducted with version 3.1.2 of R software (R core team, 2014), and results were considered statistically significant if $P < 0.05$.

2.4 RESULTS

2.4.1 Plots composition

Figure 1 reports plant cover of each plant mixture at the beginning of the growth season (May), when the cover may have an important effect on germination of Giant Hogweed, and at the end of the growth season (September), when the relative cover between species has stabilised to its maximum, in order to estimate the importance on growth and survival of Giant Hogweed. All treatments had a good plant cover by the species of their respective mixture both at the beginning and end of the season, with also a certain percentage of litter at the beginning of the season, depending on treatment. The relative cover of each species in a mixture is always unequal, and not all species in the seed mixtures are necessarily present in the cover, notably because the results presented are for the second year after seeding. The composition of plant mixtures and the relative dominance of each species are always expected to change over the years, so that all species may have occurred on the first year after seeding, but not necessarily on the second one.

Despite a high cover, there was always a certain percentage of bare ground in each treatment, even toward the end of the growing season. Giant hogweed cover was high in the unseeded control, and present in plant mixtures 2, 3, 4, and 5. In plant mixture 1 (Gloco), a large part of the coverage is due to *Agrostis scabra*, and the bare ground is less important than for every other plant mixtures (Figure 1b). Plant mixture 2 (Indigo) has the highest percentage of coverage from litter. For plant mixture 3 (Goldenrod+ Fescue) and 4 (Goldenrod+ Red clover), the most important part of the coverage was due to the Goldenrod (Figure 1b).

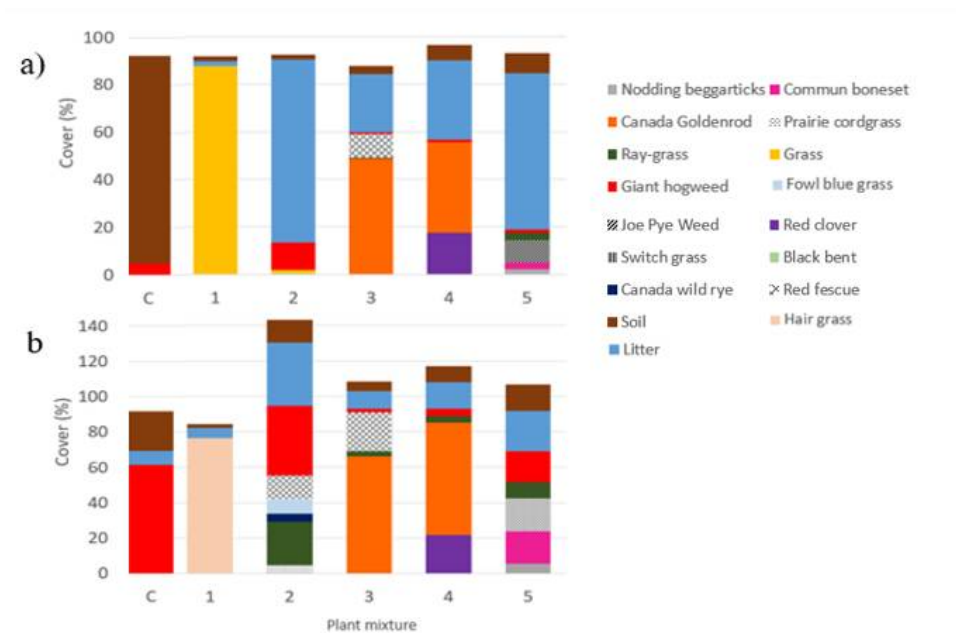


Figure 1: Mean percentage of cover per species for each plant mixture in May (a) and in September (b). Because the center of the cover class was used, total cover may be under 100%. Also, cover may be higher than 100% because of overlap in cover between species.

2.4.2 Impact on Giant Hogweed

Giant Hogweed germination rate varied from 0 to 13%, depending on plant mixture (Figure 2). The range of variation was very different within each plant mixture. Plant mixture 4 (Goldenrod + Red clover) had the highest variation. Germination was highest in the unseeded control, which suggests a negative effect of all plant mixtures on germination ($P < 0.001$). Plant mixture 1 (Gloco) had the lowest germination rate, but was not significantly different from plant mixture with the highest number of grass species (2: Indigo) and from one cover type with goldenrod in his composition (3: Goldenrod + Fescue). There was no significant difference between plant

mixtures 2, 3, 4 and 5. Furthermore, the effect of plant mixture appeared to be related to the total plant cover: there was a negative linear relationship between germination rate and plant cover ($R^2 = 0.2108$; $P < 0.001$; Figure 3).

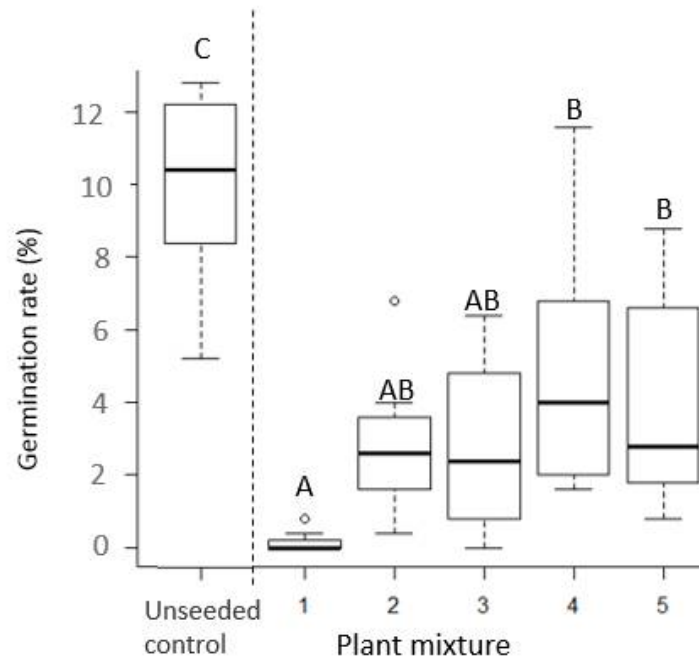


Figure 2: Germination rate of Giant Hogweed according to a set of plant mixtures (see Table 1 for description). Plant mixtures with the same letter were not significantly different ($P < 0.05$).

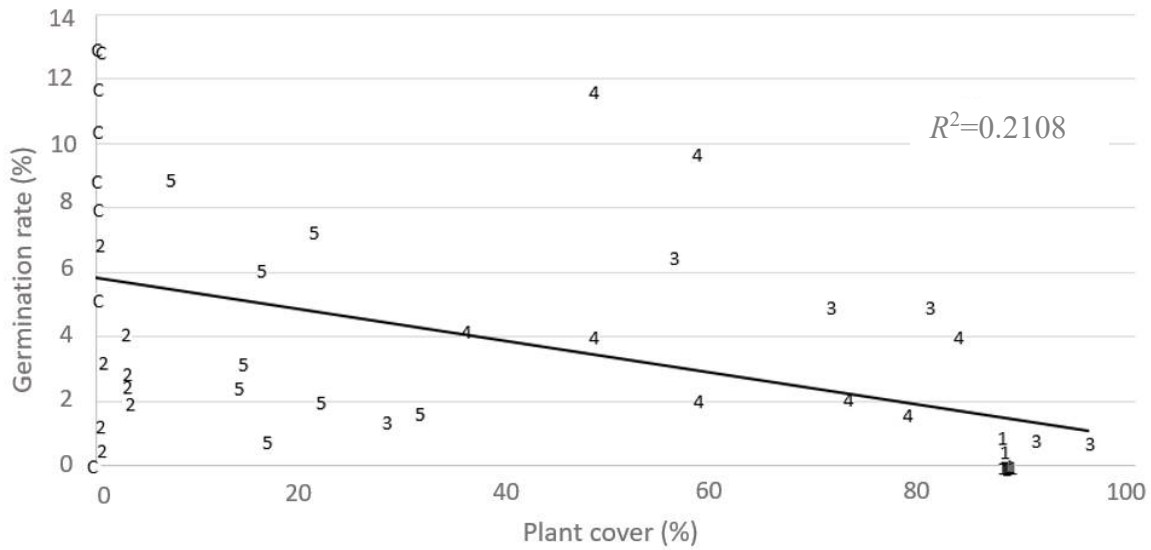


Figure 3: Germination rate of Giant Hogweed according to the plant cover in May of a set of five plant mixtures (1–5) and a control (C) with no plants (see Table 1 for description).

The survival rate of seedlings throughout the experiment varied from 0 (plant mixture 1: Gloco) to 100% (Figure 4). Plant mixtures with Goldenrod (3 and 4) were the only ones that had a survival rate significantly lower than the unseeded control ($P < 0.001$). Survival was optimal in plant mixture 2 (Indigo) with almost 100%. The plant mixture effect on seedling survival appears to be related to plant cover, since there was a significant negative linear relationship between survival and late season plant cover ($R^2 = 0.4033$; $P < 0.001$; Figure 5).

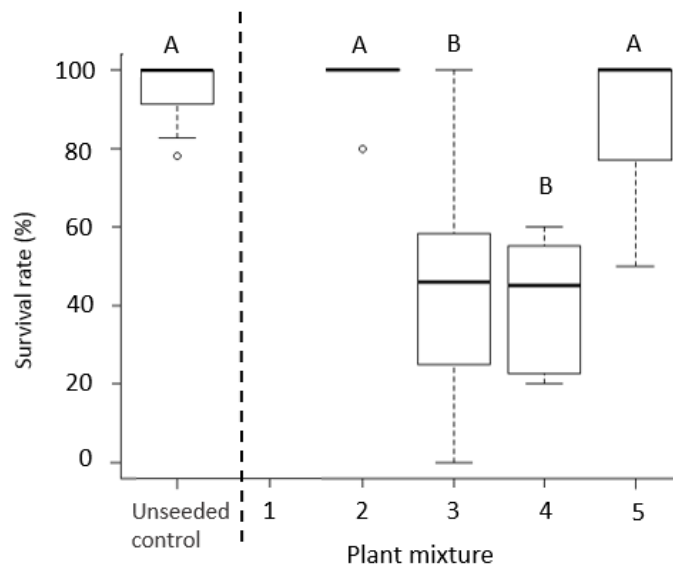


Figure 4: Survival rate of Giant Hogweed seedlings according to a set of plant mixtures (see Table 1 for description). No seedling was present in plant mixture 1. Plant mixtures with the same letter were not significantly different ($P < 0.05$).

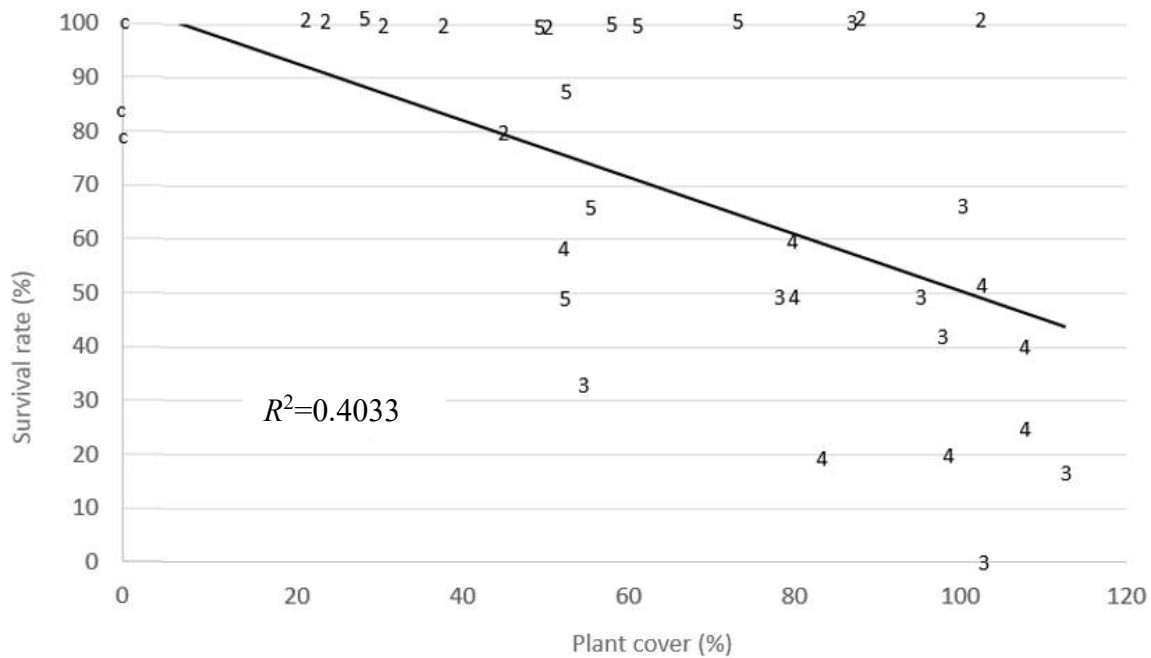


Figure 5: Survival rate of Giant Hogweed seedlings according to the plant cover of a set of five plant mixtures (2–5) and a control (C) with no plants (see Table 1 for description).

For the effect of plant mixture on seedling size, plant mixture 1 (Gloco) was discarded from the analysis because there were too few seedlings to be considered. For the five other treatments, width varied from 2 to 30 cm (Figure 6). In between treatments, the number of seedlings measured varied. There was a significant difference between leaf widths depending on plant mixture ($P < 0.001$). The unseeded control had seedlings with the highest width, while Goldenrod mixtures had the smallest seedlings. The effect observed for plant mixtures on seedling width appears to be related to the late season plant cover: there was a significant negative linear relationship between width and plant cover ($R^2 = 0.5266$; $P < 0.001$) (Figure 7).

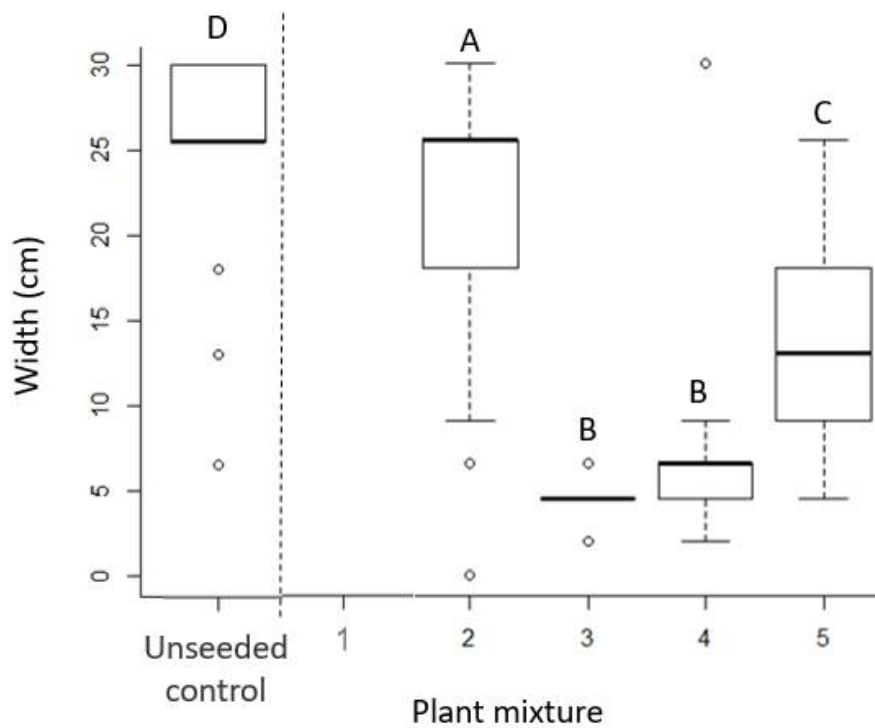


Figure 6: Width of the largest leaf measured on seedlings of Giant Hogweed according to a set of plant mixtures (see Table 1 for description). No seedling was present in plant mixture 1. Plant mixtures with the same letter were not significantly different ($P < 0.01$).

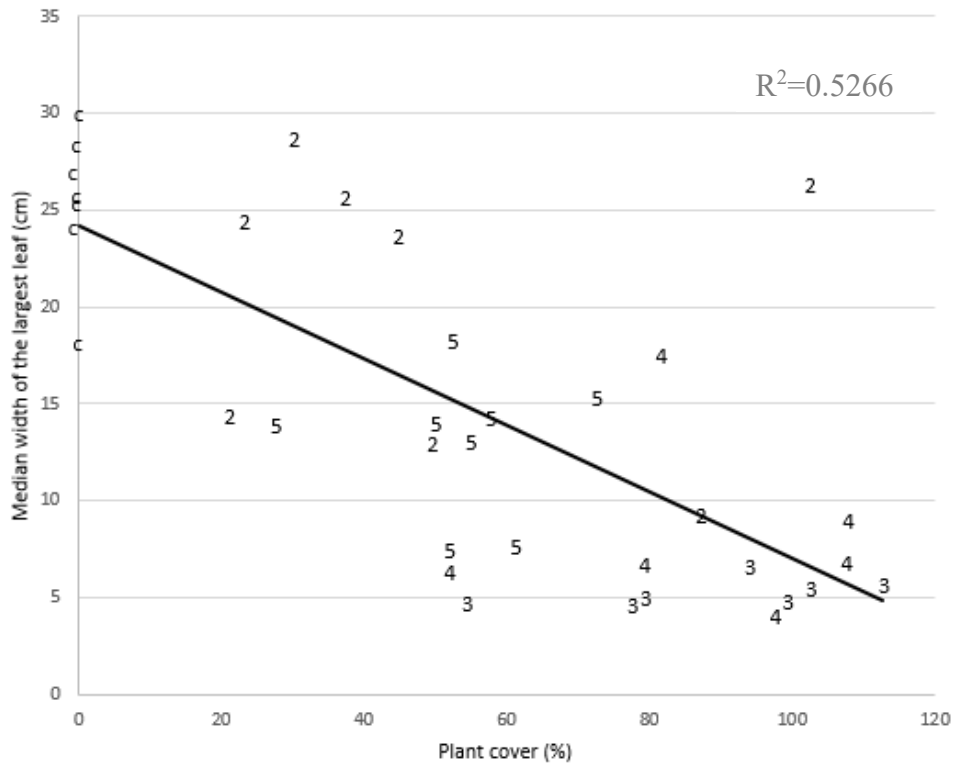


Figure 7: Median width of the largest leaf measured on seedlings of Giant Hogweed according to the plant cover of a set of five plant mixtures (2–5) and a control (C) with no plants (see Table 1 for description).

2.5 DISCUSSION

2.5.1 Impact on germination

In our experiment, plant cover had an influence on Giant Hogweed germination rate. A negative effect of plant cover on germination has been documented for other species (King, 1975; Fenner, 1980; Goldberg and Werner, 1983; Vandeloos, Van de Moer and Van Assche, 2008). However, the influence of cover highly depends on the composition of plant mixtures, and the mixtures with the highest cover of species (Gloco and Goldenrod) were also the ones with the lowest germination rate. However, Giant Hogweed seeds may germinate in the dark (Moravcová, Perglová, Pyšek *et al.*, 2005). Thus, another factor than light reduction caused by the cover was likely responsible for the germination rate. A change in temperature (Fenner, 1980; Arnold, Ghersa, Sanchez *et al.*, 1988), access to water (Aarssen and Epp, 1990; Bewley, 1997) or the

presence of allelopathic substances (Butcko and Jensen, 2002; Cheema, Farooq and Wahid, 2012) may possibly explain this phenomenon.

The optimal temperature for germination for Giant Hogweed is 20 °C during the day and 5°C at night (laboratory conditions), and little changes in temperature can have great influence on germination rate (Moravcova, Pyšek, Pergl *et al.*, 2006). The effect of plant cover on the temperature of the soil surface could partly explain the reduction in germination. The minimal amount of water needed for seed germination varies among species (Atwater, 1980; Fenner, 1980; Bewley, 1997; Baskin and Baskin, 1998). Below this minimal moisture level, germination may not occur, as it was noted for *Nicotiana tabacum* (Manz, Müller, Kucera *et al.*, 2005). Plant mixtures with a high plant cover may also have a dense root network and use an important quantity of water, decreasing the amount of water necessary for the germination of Giant Hogweed (García-Fayos, García-Ventoso and Cerdà, 2000).

Allelopathy is a process by which a plant produces a substance that negatively affects, directly or indirectly, the other plants (Cheema, Farooq and Wahid, 2012). In some cases, allelopathic substances can be an inhibitor for germination (Fisher, Woods and Glavicic, 1978; Butcko and Jensen, 2002). Canada Goldenrod can produce those substances (Pisula and Meiners, 2009) and we used this species in two mixtures that had a negative effect on germination. Unfortunately, our experiment does not allow the identification of the factor or combination of factors that modifies the environment and contributes to the reduction of the germination rate of Giant Hogweed seeds.

2.5.2 Impact on survival and growth of seedlings

Survival and growth of seedlings was negatively affected by all plant mixtures, especially those containing Goldenrod. These Goldenrod mixtures were also the ones with the most important plant cover, if we ignore mixture 1 (Gloco), for which the effect on plant survival and growth was not evaluated. Giant Hogweed is shade intolerant (Tiley, Dodd and Wade, 1996; Pyšek, Cock, Nentwig *et al.*, 2007), and most of the impact can be explained by a light reduction effect. Just after germination, seedlings can survive with the resources stored in the seeds, but only for a short period of time (Fenner, 2012). Once resources run out, seedlings need light to produce carbohydrates via photosynthesis (Lambers, Chapin and Pons, 2008), otherwise their survival is

compromised. Other factors than a lack of light, such as competition for water or soil resources, or the presence of allelopathic substances, can also explain the negative effect on seedling survival and growth.

2.6 CONCLUSION

This experiment showed that an herbaceous plant cover can reduce germination, and survival and growth of seedlings of Giant Hogweed. Thus, revegetation can make an important difference in the prevention of invasive plant reestablishment in the first year following the creation of bare ground due to a plant control operation. The number of seeds used for the plant mixture is important, but saturating the site may have generated high intraspecific competition. However, the choice of plant species is really important for optimal results. These species have to rapidly create a dense plant cover to reduce germination, but also the survival and growth of invasive seedlings. How permanent is the mixture or how its composition changes over time, an aspect that was not directly evaluated in our experiment, may also need to be considered when a plant mixture is chosen for revegetation. In our experiment, the mixture with grasses successfully reduced germination. This mixture is the one that create the most important cover. In addition, its establishment is made at the beginning of spring so the competition with Giant Hogweed is important. Mixtures with Goldenrod, while not as efficient on seed germination as the others, were effective for reducing survival and growth of seedlings. Plant assemblages dominated by Goldenrod can be highly stable from one year to another (Werner, Gross and Bradbury, 1980) and can thus potentially provide a longer-term protection against Giant Hogweed.

2.7 ACKNOWLEDGMENTS

We want to thank all the research team that collaborated with us to the construction of the experimental settings. Without them the project would not have been possible. We also want to thank the Institut de recherche en biologie végétale and the Montreal Botanical Garden for providing the site where our experiment took place. We also want to thank the Fonds québécois de recherche Nature et technologies (FQRNT) for the financial support of this project.

3 CHAPITRE 3: EFFECT OF ALLELOPATHIC SUBSTANCES PRODUCED BY *SOLIDAGO CANADENSIS* ON GIANT HOGWEED GERMINATION

3.1 ABSTRACT/KEYWORDS

After an invasive species control project, revegetating the site is important to prevent potential reinfestation. Choice of species for reestablishing a competitive plant cover is crucial, and using a species that produces allelopathic substances can be useful in this respect. The goal of this experiment was to determine whether allelopathic chemicals from Canada Goldenrod (*Solidago canadensis*) reduce germination rate of the invasive Giant Hogweed (*Heracleum mantegazzianum*). We conducted an experiment in a growth chamber to test the effect of extracts from leaves and roots of Canada Goldenrod on Giant Hogweed seeds. An effect was found on a species model (radish), but the germination of Giant Hogweed was not affected. As allelopathic substances of a species are known to be specific to certain species, it is possible that chemicals from Canada Goldenrod have no effect on Giant Hogweed germination. However, in an experimental study, we showed that plant cover with high presence of goldenrod had a negative impact on growth and survival of Giant Hogweed seedlings (Chap. 2, this thesis). It remains to be tested if allelopathic substances produced by goldenrod may contribute to this impact on growth.

3.2 INTRODUCTION

Allelopathy is a chemical interaction between two close individuals of different species. Allelopathic substances are the chemicals implied in this interaction (Macias, Molinillo, Oliveros-Bastidas *et al.*, 2004; Cheema, Farooq and Wahid, 2012). They can especially inhibit the establishment of other species (Cheema, Farooq and Wahid, 2012). The majority of these substances are water soluble, so they can be transported by water on some distances, depending on soil composition and structure (Butcko and Jensen, 2002). Chemicals can be produced by almost all plant parts (Cheema, Farooq and Wahid, 2012), but depending on the part, mechanism of action will be different (Butcko and Jensen, 2002). Allelopathic substances do not have an

effect on every plant species (Sun, Tan, Wan *et al.*, 2006; Meiners, 2014). After a control project of an invasive species, revegetating the site is important to prevent potential reinfestation. Choice of species for reestablishing a competitive plant cover is crucial, and using a species that produces allelopathic substances can be useful in this respect.

Giant Hogweed is an exotic invasive species in many countries in Europe and North America. In North America, the state of New York (United States) is particularly invaded. The Canadian provinces of Ontario and Québec also have a high number (several hundreds) of populations (Lavoie, Lelong, Blanchette-Forget *et al.*, 2013). Giant Hogweed has a major effect on biodiversity (Pyšek and Pyšek, 1995; Pergl, Perglova, Pyšek *et al.*, 2006). Giant Hogweed also affects human health (Page, Wall, Darbyshire *et al.*, 2006; Jakubská-Busse, Śliwiński and Kobyłka, 2013). A severe photodermatitis may result from a skin contact with the sap and a subsequent ultraviolet rays exposure (Page, Wall, Darbyshire *et al.*, 2006).

Canada Goldenrod (*Solidago canadensis*) is a species that produce allelopathic substances. Many studies demonstrated that there are allelopathic chemicals in the leaves and roots of this plant (Halbrendt, 1996; Butcko and Jensen, 2002; Abhilasha, Quintana, Vivanco *et al.*, 2008; Pisula and Meiners, 2009). Those chemicals were not identified specifically yet, but they are known to be in the family of diterpenoids and polyacetylenes (Werner, Gross and Bradbury, 1980; Abhilasha, Quintana, Vivanco *et al.*, 2008). They showed that chemicals extracted from leaves can inhibit the germination of radish, but not that of lettuce; these substances are consequently species specific. On the other hand, extracts from Canada Goldenrod roots can inhibit the growth of roots of lettuce seedlings (Butcko and Jensen, 2002). Considering Canada Goldenrod is commonly found in nature in northeastern North America in similar conditions than those preferred by Giant Hogweed, and is easy to seed, we tested whether this species would be a good candidate for plant restoration projects after Giant Hogweed control, because of its allelopathic effects. We conducted a germination experiment in a growth chamber in which Giant Hogweed seeds were watered with different concentration of allelopathic substances extracted from leaves and roots of Canada Goldenrod. We hypothesized that leaf extracts, but not root extracts significantly reduce germination rate, because leaf extract substance is generally more efficient on germination than root extract (Butcko and Jensen, 2002).

3.3 METHODS

3.3.1 Allelopathic solution

In July 2015, 45 individuals of Canada Goldenrod were collected in a field at Saint-Lin-des-Laurentides (45°49'50.321 "N, 73°48'23.982 "O), Québec (Canada), and air dried for 48 hours. Leaves and roots were separated from the stems, and 25 g of leaves or roots were put in a beaker with 1 L of distilled water (Butcko and Jensen, 2002; Pisula and Meiners, 2009). The beaker was placed on a stirring plate and the solution was stirred for 24 hours (Butcko et Jensen, 2002). Plant parts were then removed from the solution with a cheesecloth. The resulting solution was diluted to create different concentrations (20, 40, 60, 80, 100%). In total, 12 treatments were used: five different concentrations of roots extracts, five different concentrations of leaves extracts and a control (distilled water) for each substances. Each beaker with the different concentrations of leaf and root extracts was covered with a parafilm and stored at 4 °C.

3.3.2 Germination experiment

Giant hogweed seeds were collected at Ruisseau Fourchette at Saint-Isidore-de-Beauce (46°35'50.348 "N, 71°3'57.179" O), during summer 2015. The viability rate of these seeds was 85% (N. Trottier, pers. comm.). They were brought to the Montreal Botanical Garden and stored in a paper bag at 4°C for two months for stratification (Moravcova, Pyšek, Pergl *et al.*, 2006). After this period, 240 cylindrical plastic plates of 45 mm diameter and 40 mm height were prepared for the experiment. Each plate contained a filter paper and 4 ml of a concentration of the Canada Goldenrod leaf or root solution, or distilled water for the control. One seed of Giant Hogweed was placed in each plate. Twelve plates were randomly distributed in each of the 20 blocks created for this experience, and then placed in a growth chamber (Appendix 5). The growth chamber was set at a temperature of 20 °C during the day and 5°C during the night. The light cycle was 12 hours / 12 hours. Germination conditions were chosen to be optimal for the species (Moravcova, Pyšek, Pergl *et al.*, 2006). Seeds were let in the chamber for two months. Germination data were collected weekly during this period.

A control test was done with a model species, radish (*Raphanus sativa*), whose germination is known to be inhibited by Canada Goldenrod (Butcko and Jensen, 2002; Pisula and Meiners, 2009). For this experiment, 30 plastic plates with a filter paper were placed at 22 °C, with one

radish seed and 4 ml of a Canada Goldenrod solution (or distilled water for control). Germination data were collected daily for five days. Germination conditions were chosen to be optimal for the species (Butcko and Jensen, 2002).

3.3.3 Statistical analysis

The interaction of solution concentration and origin (leaf, root) on Giant Hogweed or radish germination was tested with an analysis of variance (ANOVA). As there was no interaction, the effects of concentration or origin were independently analyzed with a Chi-squared test. All analyses were conducted with version 3.1.2 of R software (R core team, 2014) and results were considered statistically significant if $P < 0.05$.

3.4 RESULTS AND DISCUSSION

3.4.1 Radish germination rate

As previously mentioned, there was no interaction between solution concentration and origin for radish ($P = 0.844$). There was also no significant difference for percentage of germination for seeds exposed to leaf or root substances ($P = 0.170$). However, solution concentration had an effect ($P < 0.0001$). Control seeds had a significantly higher percentage of germination than seeds exposed to a Canada Goldenrod leaf extract, at all concentrations (Figure 8). For the root solutions, only the 80% concentration had a significantly lower percentage of germination than the control (Figure 9).

The negative effect of leaf extracts (but not root extracts) from Canada Goldenrod on the percentage of germination of radish is consistent with previous experiments on the same species (Butcko et Jensen, 2002; Pisula et Meiners, 2009). It also confirms the solution that will be used for the experiment on Giant Hogweed contains allelopathic substances.

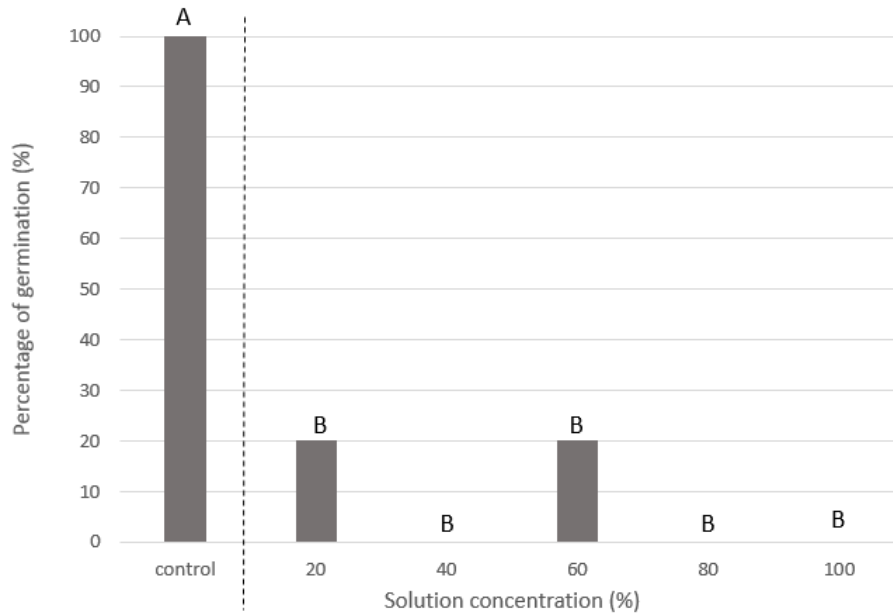


Figure 8: Percentage of germination of radish seeds exposed to different concentrations of a solution made with Canada Goldenrod leaf extract. Concentrations with the same letter are not significantly different at $P < 0.05$.

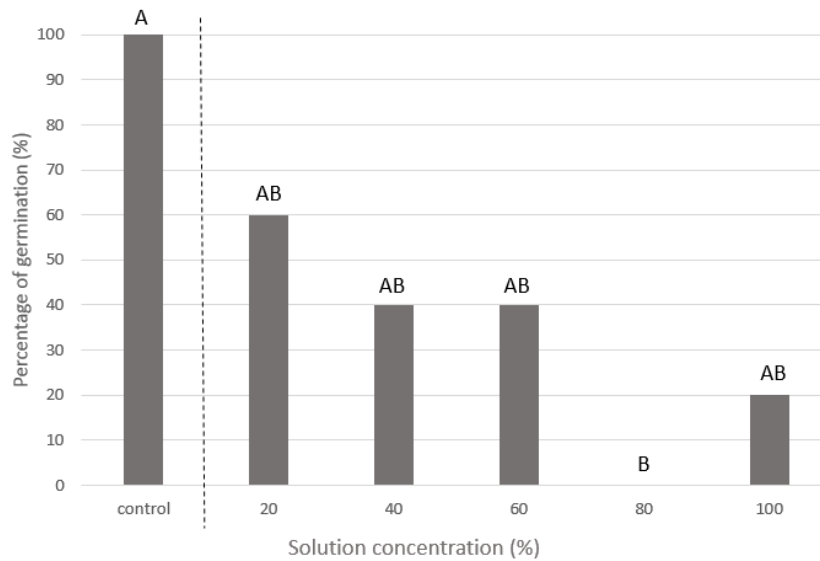


Figure 9: Percentage of germination of radish seeds exposed to different concentrations of a solution made with Canada Goldenrod root extract. Concentrations with the same letter are not significantly different at $P < 0.05$.

3.4.2 Giant hogweed germination rate

As previously mentioned, there was no interaction between solution concentration and origin for Giant Hogweed ($P = 0.275$). There was also no significant difference for percentage of germination for seeds exposed to leaf or root substances ($P = 0.752$) or to different concentrations ($P = 0.0563$; Figures 10 and 11).

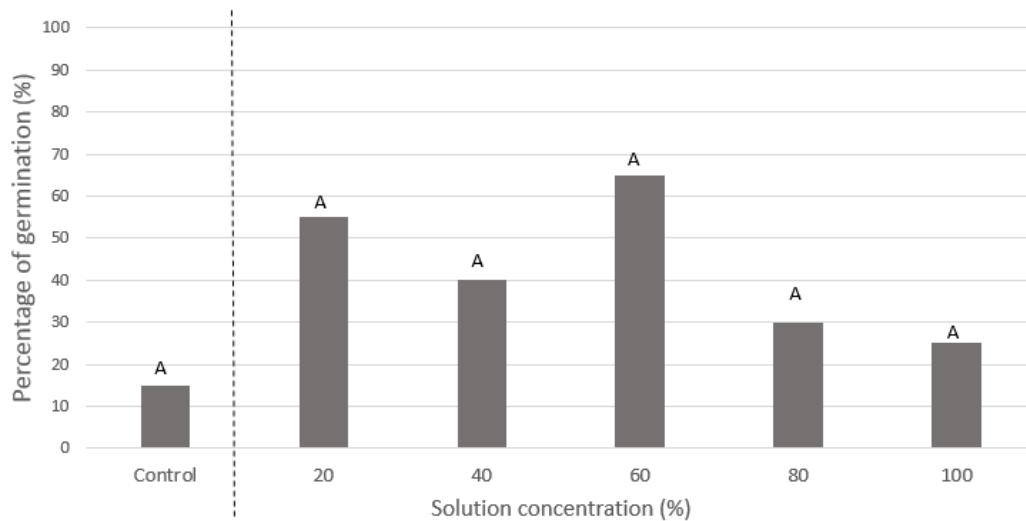


Figure 10: Percentage of germination of Giant Hogweed seeds exposed to different concentrations of a solution made with Canada Goldenrod leaf extract. Concentrations with the same letter are not significantly different at $P < 0.05$.

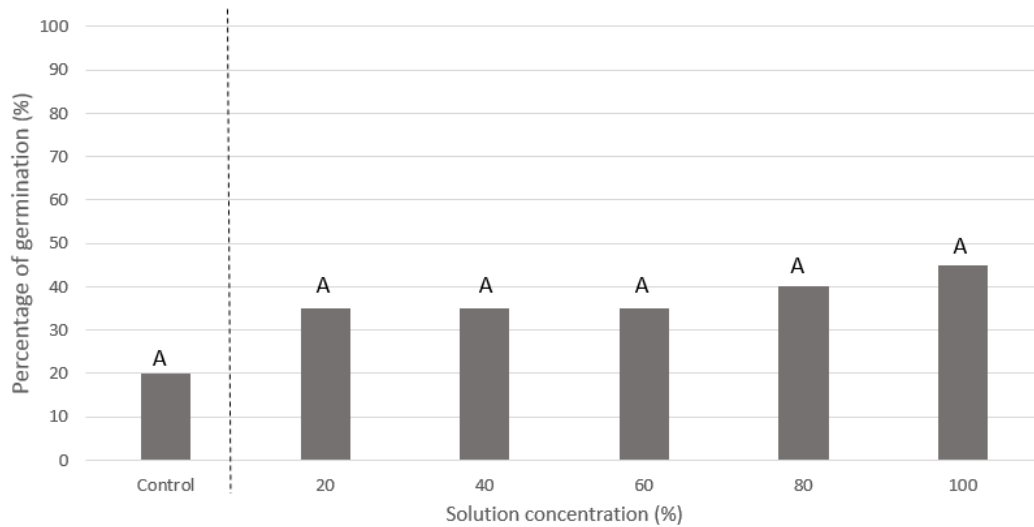


Figure 11: Percentage of germination of Giant Hogweed seeds exposed to different concentrations of a solution made with Canada Goldenrod root extract. Concentrations with the same letter are not significantly different at $P < 0.05$.

Thus, the same substances that have a negative impact on radish do not affect Giant Hogweed. Allelopathic substances can be species specific for their effects (Abhilasha, Quintana, Vivanco *et al.*, 2008; Cheema, Farooq and Wahid, 2012). Furthermore, effects can be stronger on some specific life stages of a species than on others (Kato-Noguchi, Ino, Sata *et al.*, 2002; Cheema, Farooq and Wahid, 2012), which could in part explain the lack of effect observed on Giant Hogweed seeds.

Canada Goldenrod has been proposed as an efficient species to use in seed mixtures for restoration purposes (Bramble and Byrnes, 1983) in its native range. It forms dense populations that prevent undesirable plants to establish (Werner, Gross and Bradbury, 1980; Hill, Canham and Wood, 1995). One possible factor responsible for its biological resistance is the production of allelopathic substances. Our experiment suggests that allelopathy is not responsible for a reduction in seed germination of the invasive Giant Hogweed. However, seed mixtures containing Canada Goldenrod have a very negative effect on Giant Hogweed seedling growth and survival (Chap. 2). While allelopathy may not influence germination, a negative effect on seedlings remains to be tested.

3.5 ACKNOWLEDGEMENTS

We want to thank all the research team that collaborated with us to the construction of the experimental settings. Without them the project would not have been possible. We also want to thank the Institut de recherche en biologie végétale and the Montreal Botanical Garden for providing the site where our experiment took place. We also want to thank the Fonds québécois de recherche Nature et technologies (FQRNT) for the financial support of this project.

4 CHAPITRE 4 : CONCLUSION GÉNÉRALE

Les plantes envahissantes sont un problème dans plusieurs pays. La berce du Caucase est l'une de ces espèces au Québec. Elle est très problématique puisqu'elle cause des photodermatites lorsque la peau humaine entre en contact avec la sève. Plusieurs méthodes ont été testées pour l'éradiquer. La plupart fonctionnent bien, mais il reste souvent dans le sol des semences à la suite des opérations. Les techniques de lutte efficaces ont aussi pour effet de laisser le sol dénudé. Cela crée des conditions idéales pour l'établissement d'une nouvelle population de l'espèce.

L'objectif général de ce mémoire était d'évaluer si la méthode de compétition par ensemencement d'un couvert végétal pouvait empêcher la germination des graines de berce du Caucase ou la survie ou la croissance de ses semis et, si oui, par quel processus. Pour pouvoir répondre à cet objectif, plusieurs objectifs spécifiques avaient été formulés : 1) déterminer si un couvert de plantes herbacées produit par ensemencement inhibe la germination des semences de berce du Caucase, 2) déterminer si un couvert de plantes herbacées nuit aux chances de survie des semis ou diminue leur croissance, et 3) déterminer si les substances allélopathiques libérées par la verge d'or du Canada inhibent la germination des semences.

Des hypothèses étaient reliées à chacun des objectifs spécifiques. Pour le premier, je prédisais qu'il y aurait une relation inversement proportionnelle entre le taux de germination des semences et l'envergure du couvert végétal total. Je prédisais aussi que les mélanges contenant de la verge d'or du Canada seraient plus efficaces à cet effet, en raison peut-être de leur capacité à produire des substances allélopathiques. Les résultats supportent la première partie de l'hypothèse, mais la deuxième partie est rejetée, puisque les mélanges avec la verge d'or n'étaient pas plus efficaces que les autres pour réduire le taux de germination.

Pour ce qui est du deuxième objectif, je prédisais qu'il y aurait une relation inversement proportionnelle entre le taux de survie et la croissance des semis de berce du Caucase et l'importance du couvert végétal. Je prédisais aussi que les mélanges contenant des plantes herbacées autres que des graminées auraient un meilleur succès, puisque leurs feuilles plus larges engendreraient plus d'ombre durant la saison de croissance. Dans ce cas-ci, les résultats

supportent la première partie de l'hypothèse. En effet, plus le couvert était important, moins la survie et la croissance des semis était élevées. Par contre, puisqu'un mélange contenant des graminées n'a pas pu être testé pour ces aspects, il est impossible de poser un verdict sur la deuxième partie de l'hypothèse.

En ce qui concerne le dernier objectif, je prédisais que les substances allélopathiques contenues dans les feuilles de verge d'or du Canada auraient un effet inhibiteur sur la germination des semences de berce du Caucase. Les résultats ne supportent pas cette hypothèse. Toutefois, les taux de germination très bas limitent partiellement la capacité de l'expérience à détecter des effets négatifs.

Suite aux expériences effectuées, je peux conclure que l'utilisation de la revégétalisation pour prévenir le rétablissement d'une espèce envahissante se propageant par graines est une solution prometteuse si elle est bien effectuée. Cela dit, le choix des espèces à utiliser pour cette revégétalisation est très important. Dans le cas de la berce du Caucase, un mélange contenant *Agrostis scabra* semble être un bon choix pour faire la lutte à la berce du Caucase, puisqu'il empêche presque totalement la germination de ses graines. Toutefois, son établissement peut être moins permanent que d'autres mélanges. Un ensemencement avec des graines de verge d'or du Canada serait aussi un bon choix puisqu'il influence la survie et la croissance des semis. Cet ensemencement aurait une durée de vie plus longue que celle du mélange de graminées. Peu importe le mélange de graines choisi, il faut garder à l'esprit que ces espèces ne sont pas adaptées à tous les types de milieu et que les résultats en milieu naturel peuvent varier.

D'autres expériences pourraient compléter ce qui a été fait dans le cadre de ce mémoire. Il serait intéressant de déterminer exactement ce qui a été modifié grâce au couvert végétal ensemencé et qui a permis de réduire le taux de germination de la berce du Caucase. Une expérience semblable à celle effectuée, mais avec seulement les mélanges les plus efficaces, pourrait être faite et des données de température ou d'humidité pourraient être recueillies. Il serait aussi intéressant d'aller tester ces mélanges en nature afin de voir comment ils réagissent dans un milieu moins contrôlé. Enfin, je crois qu'il serait pertinent de faire une autre expérience avec les substances allélopathiques de la verge d'or du Canada dans le but de vérifier si elles ont des effets sur la survie ou la croissance des semis de berce du Caucase.

5 RÉFÉRENCES

- Aarssen, L., and G. Epp. 1990. Neighbour manipulations in natural vegetation a review. *Journal of Vegetation Science* **1**:13-30.
- Abhilasha, D., N. Quintana, J. Vivanco, and J. Joshi. 2008. Do allelopathic compounds in invasive *Solidago canadensis* s.l. restrain the native European flora? *Journal of Ecology* **96**:993-1001.
- Adler, P. B., C. M. D'Antonio, and J. T. Tunison. 1998. Understory succession following a dieback of *Myrica faya* in Hawai'i Volcanoes National Park. *Pacific Science* **52**:69.
- Arnold, R. L. B., C. M. Ghera, R. A. Sanchez, and A. E. G. Fernandez. 1988. The role of fluctuating temperatures in the germination and establishment of *Sorghum halepense* (L.) Pers. Regulation of germination under leaf canopies. *Functional Ecology* **2**:311-318.
- Atwater, B. R. 1980. Germination, dormancy and morphology of the seeds of herbaceous ornamental plants. *Seed Science and Technology (Netherlands)* **8**:523-573.
- Baskin, C. C., and J. M. Baskin. 1998. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego, Californie: *Elsevier*, 666 p.
- Bay, R. F., and A. A. Sher. 2008. Success of active revegetation after tamarix removal in riparian ecosystems of the Southwestern United States: A quantitative assessment of past restoration projects. *Restoration Ecology* **16**:113-128.
- Bell, G. P. 1997. Ecology and management of *Arundo donax* and approaches to riparian habitat restoration in southern California. *Plant Invasions*:103-113.
- Bewley, J. D. 1997. Seed germination and dormancy. *The Plant Cell* **9**:1055p.
- Biggerstaff, M. S., and C. W. Beck. 2007. Effects of method of English ivy removal and seed addition on regeneration of vegetation in a southeastern piedmont forest. *The American Midland Naturalist* **158**:206-220.
- Blackburn, T. M., P. Cassey, R. P. Duncan, K. L. Evans, and K. J. Gaston. 2004. Avian extinction and mammalian introductions on oceanic islands. *Science* **305**:1955-1958.
- Blank, R. R., T. Morgan, and F. Allen. 2015. Suppression of annual *Bromus tectorum* by perennial *Agropyron cristatum*: roles of soil nitrogen availability and biological soil space. *Annal of Botany* **7** :1-11.

- Boivin, P., and J. Brisson. 2015. Berce du Caucase: Stratégies de lutte pour un nouvel envahisseur en terres agricoles. (PV-3.2-2014-002). Rapport d'étape (2e partie). Rapport d'activités 2014 préparé pour Ministère de l'Agriculture, des Pêcherie et de l'Alimentation. Institut de recherche en biologie végétale : Université de Montréal, Montréal. 30 p.
- Bramble, W., and W. Byrnes. 1983. Thirty years of research on development of plant cover on an electric transmission right-of-way. *Journal of Arboriculture* **9**:67-74.
- Breed, M. F., M. G. Stead, K. M. Ottewell, M. G. Gardner, and A. J. Lowe. 2013. Which provenance and where? Seed sourcing strategies for revegetation in a changing environment. *Conservation Genetics* **14**:1-10.
- Broadhurst, L. M., A. Lowe, D. J. Coates, S. A. Cunningham, M. McDonald, P. A. Vesk, and C. Yates. 2008. Seed supply for broadscale restoration: maximizing evolutionary potential. *Evolutionary Applications* **1**:587-597.
- Butcko, V. M., and R. J. Jensen. 2002. Evidence of Tissue-specific allelopathic activity in *Euthamia graminifolia* and *Solidago canadensis* (Asteraceae). *The American Midland Naturalist* **148**:253-262.
- Byun, C., S. de Blois, and J. Brisson. 2013. Plant functional group identity and diversity determine biotic resistance to invasion by an exotic grass. *Journal of Ecology* **101**:128-139.
- Carlson, A. M., and D. L. Gorchov. 2004. Effects of herbicide on the invasive biennial *Alliaria petiolata* (Garlic Mustard) and initial responses of native plants in a Southwestern Ohio forest. *Restoration Ecology* **12**:559-567.
- Casper, B. B., and Jackson, R. B. (1997). Plant competition underground. *Annual review of ecology and systematics*, **28**:545-570.
- Cheema, Z. A., M. Farooq, and A. Wahid. 2012. Allelopathy: current trends and future applications. *Springer Science & Business Media*, 520p.
- Cobb, A. H., and J. P. H. Reade. 2011. Herbicides and Plant Physiology. *Wiley-Blackwell*, Oxford, 277.
- Csiszár, Á., M. Korda, D. Schmidt, D. Šporcic, B. Teleki, V. Tiborcz, G. Zagyvai, and D. Bartha. 2012. Study on allelopathic potential of some invasive and potentially invasive neophytes. *International Scientific Conference March*: 26-27.

- D'Antonio, C., and L. A. Meyerson. 2002. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. *Restoration Ecology* **10**:703-713.
- Dahlgren, R., and C. Driscoll. 1994. The effects of whole-tree clear-cutting on soil processes at the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire, USA. *Plant and soil* **158**:239-262.
- Davis, M. B., and R. G. Shaw. 2001. Range shifts and adaptive responses to Quaternary climate change. *Science* **292**:673-679.
- Dodd, F. S., L. C. de Waal, P. Wade, G. E. Tiley, L. Child, and J. Brock. 1994. Control and management of *Heracleum mantegazzianum* (giant hogweed). *Ecology and Management of Invasive Riverside Plants*:111-126.
- Dyer, A., and D. Goldberg. 2001. Effects of growing conditions and source habitat on plant traits and functional group definition. *Functional Ecology* **15**:85-95.
- Eriksson, O. 1999. Seed size variation and its effect on germination and seedling performance in the clonal herb *Convallaria majalis*. *Acta Oecologica* **20**:61-66.
- Ettema, C. H., and D. A. Wardle. 2002. Spatial soil ecology. *Trends in Ecology & Evolution* **17**:177-183.
- Fenner, M. 1980. The inhibition of germination of *Bidens pilosa* seeds by leaf canopy shade in some natural vegetation types. *New Phytologist* **84**:95-101.
- Fenner, M. W. 2012. Seed Ecology. *Springer Netherlands*, 151.
- Fisher, R. F., R. A. Woods, and M. R. Glavicic. 1978. Allelopathic effects of goldenrod and aster on young sugar maple. *Canadian Journal of Forest Research* **8**:1-9.
- Funk, J. L., E. E. Cleland, K. N. Suding, and E. S. Zavaleta. 2008. Restoration through reassembly: plant traits and invasion resistance. *Trends in Ecology and Evolution* **23**:695-703.
- Gaertner, M., A. Den Breeyen, C. Hui, and D. M. Richardson. 2009. Impacts of alien plant invasions on species richness in Mediterranean-type ecosystems: a meta-analysis. *Progress in Physical Geography* **33**:319-338.
- García-Fayos, P., B. García-Ventoso, and A. Cerdà. 2000. Limitations to plant establishment on eroded slopes in southeastern Spain. *Journal of Vegetation Science* **11**:77-86.
- Garcia-Serrano, H., F. X. Sans, and J. Escarré. 2007. Interspecific competition between alien and native congeneric species. *Acta Oecologica* **31**:69-78.

- Goldberg, D. E., and P. A. Werner. 1983. The effects of size of opening in vegetation and litter cover on seedling establishment of goldenrods (*Solidago spp.*). *Oecologia* **60**:149-155.
- Gould, S. J., and R. C. Lewontin. 1979. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **205**:581-598.
- Grime, J. P., J. G. Hodgson, and R. Hunt. 2014. Comparative plant ecology: a functional approach to common British species. Houten, Netherlands:Springer, 742 p.
- Halbrendt, J. M. 1996. Allelopathy in the management of plant-parasitic nematodes. *Journal of Nematology* **28**:8-14.
- Hansen, S. O., Hattendorf, J., Wittenberg, R., Reznik, S. Y., Nielsen, C., Ravn, H. P., & Nentwig, W. (2006). Phytophagous insects of giant hogweed *Heracleum mantegazzianum* (Apiaceae) in invaded areas of Europe and in its native area of the Caucasus. *European Journal of Entomology*, **103** : 387-395.
- Hartman, K. M., and B. C. McCarthy. 2004. Restoration of a forest understory after the removal of an invasive shrub, Amur honeysuckle (*Lonicera maackii*). *Restoration Ecology* **12**:154-165.
- He, Y., M. Wang, S. Wen, Y. Zhang, T. Ma, and G. Du. 2007. Seed size effect on seedling growth under different light conditions in the clonal herb *Ligularia virgaurea* in Qinghai-Tibet Plateau. *Acta Ecologica Sinica* **27**:3091-3108.
- Hejda, M., P. Pyšek, and V. Jarošík. 2009. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. *Journal of Ecology* **97**:393-403.
- Hereford, J. 2009. A quantitative survey of local adaptation and fitness trade - offs. *The American Naturalist* **173**:579-588.
- Hill, J. D., C. D. Canham, and D. M. Wood. 1995. Patterns and causes of resistance to tree invasion in rights of way. *Ecological Applications* **5**:459-470.
- Hobbs, R. J., and S. E. Humphries. 1995. An integrated approach to the ecology and management of plant invasions. *Conservation Biology* **9**:761-770.

- Hutchings, M. J., E. A. John, and D. K. Wijesinghe. 2003. Toward understanding the consequences of soil heterogeneity for plant populations and communities. *Ecology* **84**:2322-2334.
- Jackson, R. B., and M. M. Caldwell. 1993. Geostatistical patterns of soil heterogeneity around individual perennial plants. *Journal of Ecology* **81**:683-692.
- Jactel, H., E. Brockerhoff, and P. Duelli. 2005. A test of the biodiversity-stability theory: Meta-analysis of tree species diversity effects on insect pest infestations, and re-examination of responsible factors. Pages 235-262 in M. Scherer-Lorenzen, C. Körner, and E.-D. Schulze, editors. *Forest Diversity and Function: Temperate and Boreal Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Jakubská-Busse, A., M. Śliwiński, and M. Kobyłka. 2013. Identification of bioactive components of essential oils in *Heracleum sosnowskyi* and *Heracleum mantegazzianum* (Apiaceae). *Archives of Biological Sciences* **65**:877-883.
- Kardol, P., L. Souza, and A. T. Classen. 2013. Resource availability mediates the importance of priority effects in plant community assembly and ecosystem function. *Oikos* **122**:84-94.
- Kato-Noguchi, H., T. Ino, N. Sata, and S. Yamamura. 2002. Isolation and identification of a potent allelopathic substance in rice root exudates. *Physiologia Plantarum* **115**:401-405.
- Kettenring, K. M., and C. R. Adams. 2011. Lessons learned from invasive plant control experiments: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* **48**:970-979.
- King, T. J. 1975. Inhibition of seed germination under leaf canopies in *Arenaria serpyllifolia*, *Veronica arvensis* and *Cerastium holosteoides*. *New Phytologist* **75**:87-90.
- Kotanen, P. M. 2004. Revegetation following soil disturbance and invasion in a Californian meadow: a 10-year history of recovery. *Biological Invasions* **6**:245-254.
- Krinke, L., L. Moravcová, P. Pyšek, V. Jarošík, J. Pergl, and I. Perglová. 2005. Seed bank of an invasive alien, *Heracleum mantegazzianum*, and its seasonal dynamics. *Seed Science Research* **15**:239-248.

- Kuhnlein, H. V., and N. J. Turner. 1986. Cow-parsnip (*Heracleum lanatum Michx.*): An indigenous vegetable of native people of northwestern North America. *Journal of Ethnobiology* **6**:309-324.
- Lambers, H., F. S. Chapin, and T. L. Pons. 2008. Photosynthesis. *Springer New York*, New York, NY, 605p.
- Lavoie, C., G. Guay, and F. Joerin. 2014. Une liste des plantes vasculaires exotiques nuisibles du Québec: nouvelle approche pour la sélection des espèces et l'aide à la décision. *Écoscience* **21**:133-156.
- Lavoie, C., B. Lelong, N. Blanchette-Forget, and H. Royer. 2013. La Berce du Caucase: à l'aube d'une invasion au Québec? *Le Naturaliste Canadien* **137**:5-11.
- Leimu, R., and M. Fischer. 2008. A meta-analysis of local adaptation in plants. *Public Library of Science One* **3**:4010p.
- Levine, J. M., P. B. Adler, and S. G. Yelenik. 2004. A meta-analysis of biotic resistance to exotic plant invasions. *Ecology letters* **7**:975-989.
- Loydi, A., T. W. Donath, R. L. Eckstein, and A. Otte. 2015. Non-native species litter reduces germination and growth of resident forbs and grasses: allelopathic, osmotic or mechanical effects? *Biological Invasions* **17**:581-595.
- Macias, F., J. Molinillo, A. Oliveros-Bastidas, D. Marin, and D. Chinchilla. 2004. Allelopathy. A natural strategy for weed control. *Communications in Applied Biological Science* **69**:13-23.
- Manz, B., K. Müller, B. Kucera, F. Volke, and G. Leubner-Metzger. 2005. Water uptake and distribution in germinating tobacco seeds investigated in vivo by nuclear magnetic resonance imaging. *Plant Physiology* **138**:1538-1551.
- Mason, T. J., and K. French. 2007. Management regimes for a plant invader differentially impact resident communities. *Biological Conservation* **136**:246-259.
- Masters, R. A., and S. J. Nissen. 1998. Revegetating leafy spurge (*Euphorbia esula*)-infested rangeland with native tallgrasses. *Weed Technology*:381-390.
- McKay, J. K., C. E. Christian, S. Harrison, and K. J. Rice. 2005. "How local is local?"—a review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. *Restoration Ecology* **13**:432-440.

- Meiners, S. 2014. Functional correlates of allelopathic potential in a successional plant community. *Plant Ecology* **215**:661-672.
- Moravcová, L., I. Perglová, P. Pyšek, V. Jarošík, and 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.
- Moravcova, L., P. Pyšek, L. Krinke, J. Pergl, I. Perglova, and K. Thompson. 2007. Ecology and management of giant hogweed: Seed germination, dispersal and seed bank in *Heracleum mantegazzianum*. Oxfordshire, United Kingdom: *CABI*, 324p.
- Moravcova, L., P. Pyšek, J. Pergl, I. Perglova, and V. Jarošík. 2006. Seasonal pattern of germination and seed longevity in the invasive species *Heracleum mantegazzianum*. *Preslia* **78**:287-301.
- Mudd, J. B. 2012. Responses of plants to air pollution. New York, New York: *Elsevier*, 398p.
- Müller, C. 2009. Role of glucosinolates in plant invasiveness. *Phytochemistry Reviews* **8**:227-242.
- Narwal, S. S., and R. Haouala. 2013. Role of allelopathy in weed management for sustainable agriculture. Pages 217-249 in A. Z. Cheema, M. Farooq, and A. Wahid, editors. *Allelopathy: current trends and future applications*. Berlin, Heidelberg: *Springer*, 520p.
- Nielsen, C., and G. Alien. 2005. The giant hogweed best practice manual: guidelines for the management and control of an invasive weed in Europe. *Forest & Landscape Denmark*, Hoersholm, 44p.
- Nilsson, M. C. (1994). Separation of allelopathy and resource competition by the boreal dwarf shrub *Empetrum hermaphroditum* Hagerup. *Oecologia*, **98** :1-7.
- Olukalns, A., P. Farm Gravisi, A. Berzins, D. Lapins, A. Lejins, and A. Sprincina. 2005. Studies on hogweed (*Heracleum*) restriction in Latvia in 2002-2004. *Latvian journal of agronomy* **8**:228-232.
- Page, N. A., R. E. Wall, S. J. Darbyshire, and G. A. Mulligan. 2006. The biology of invasive alien plants in Canada. 4. *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier. *Canadian Journal of Plant Science* **86**:569-589.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*:637-669.

- Pergl, J., I. Perglova, P. Pyšek, and 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.
- Pisula, N. L., and S. J. Meiners. 2009. Allelopathic effects of goldenrod species on turnover in successional communities. *The American Midland Naturalist* **163**:161-172.
- Pyšek, P., M. J. W. Cock, W. Nentwig, and H. P. Ravn. 2007. Ecology and management of giant hogweed (*Heracleum mantegazzianum*). *CABI*, Wallingford, xvii + 324 pp.
- Pyšek, P., and A. Pyšek. 1995. Invasion by *Heracleum mantegazzianum* in different habitats in the Czech Republic. *Journal of Vegetation Science* **6**:711-718.
- Qasem, J. R. 2013. Applied allelopathy in weed management: an update. Pages 251-297 in A. Z. Cheema, M. Farooq, and A. Wahid, editors. *Allelopathy: current trends and future applications*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Raizada, P., A. Raghubanshi, and J. Singh. 2008. Impact of invasive alien plant species on soil processes: a review. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **78**:288-298.
- Ranjard, L., and A. Richaume. 2001. Quantitative and qualitative microscale distribution of bacteria in soil. *Research in Microbiology* **152**:707-716.
- Reigosa, M. J., A. Sánchez-Moreiras, and L. González. 1999. Ecophysiological approach in allelopathy. *Critical Reviews in Plant Sciences* **18**:577-608.
- Rice, E. L. 1984. *Allelopathy*, 2nd Edition. Academic Press, Orlando, Florida, 422p.
- Richardson, D. M., P. Pyšek, M. Rejmánek, M. G. Barbour, F. D. Panetta, and C. J. West. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* **6**:93-107.
- Schenk, H. J., and R. B. Jackson. 2002. Rooting depths, lateral root spreads and below-ground/above-ground allometries of plants in water-limited ecosystems. *Journal of Ecology* **90**:480-494.
- Schirmer, J., and J. Field. 2002. The cost of revegetation. Environment Australia, Australia, 116p.
- Schwinnig, S., and J. Weiner. 1998. Mechanisms determining the degree of size asymmetry in competition among plants. *Oecologia* **113**:447-455.
- SER. 2004. The SER international primer on ecological restoration, version 2. Society for Ecological Restoration Science and Policy Working Group, Tucson, Arizona.

- Stock, W., K. Wienand, and A. Baker. 1995. Impacts of invading N²-fixing *Acacia* species on patterns of nutrient cycling in two Cape ecosystems: evidence from soil incubation studies and 15N natural abundance values. *Oecologia* **101**:375-382.
- Stuble, K. L., and L. Souza. 2016. Priority effects: natives, but not exotics, pay to arrive late. *Journal of Ecology* **104**:987-993.
- Sun, B.-y., J.-z. Tan, Z.-g. Wan, F.-g. Gu, and M.-d. Zhu. 2006. Allelopathic effects of extracts from *Solidago canadensis* L. against seed germination and seedling growth of some plants. *Journal of Environmental Sciences-Amsterdam* **18**:304-309.
- Šutovská, M., P. Capek, M. Kocmálová, S. Fraňová, I. Pawlaczyk, and R. Gancarz. 2013. Characterization and biological activity of *Solidago canadensis* complex. *International Journal of Biological Macromolecules* **52**:192-197.
- Tardiff, S. E., and J. A. Stanford. 1998. Grizzly bear digging: effects on subalpine meadow plants in relation to mineral nitrogen availability. *Ecology* **79**:2219-2228.
- Thomson, D. 2005. Measuring the effects of invasive species on the demography of a rare endemic plant. *Biological Invasions* **7**:615-624.
- Tiley, G. E. D., F. S. Dodd, and P. M. Wade. 1996. *Heracleum Mantegazzianum* Sommier & Levier. *Journal of Ecology* **84**:297-319.
- Tilman, D. 1997. Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity. *Ecology* **78**:81-92.
- Van Ruijven, J., and F. Berendse. 2010. Diversity enhances community recovery, but not resistance, after drought. *Journal of Ecology* **98**:81-86.
- Vandelook, F., D. Van de Moer, and J. A. Van Assche. 2008. Environmental signals for seed germination reflect habitat adaptations in four temperate Caryophyllaceae. *Functional Ecology* **22**:470-478.
- Vilà, M., and J. Weiner. 2004. Are invasive plant species better competitors than native plant species? – evidence from pair-wise experiments. *Oikos* **105**:229-238.
- Von Holle, B. 2005. Biotic resistance to invader establishment of a southern Appalachian plant community is determined by environmental conditions. *Journal of Ecology* **93**:16-26.
- Werner, P. A., R. S. Gross, and I. K. Bradbury. 1980. The biology of canadian weeds: 45. *Solidago canadensis* L. *Canadian Journal of Plant Science* **60**:1393-1409.

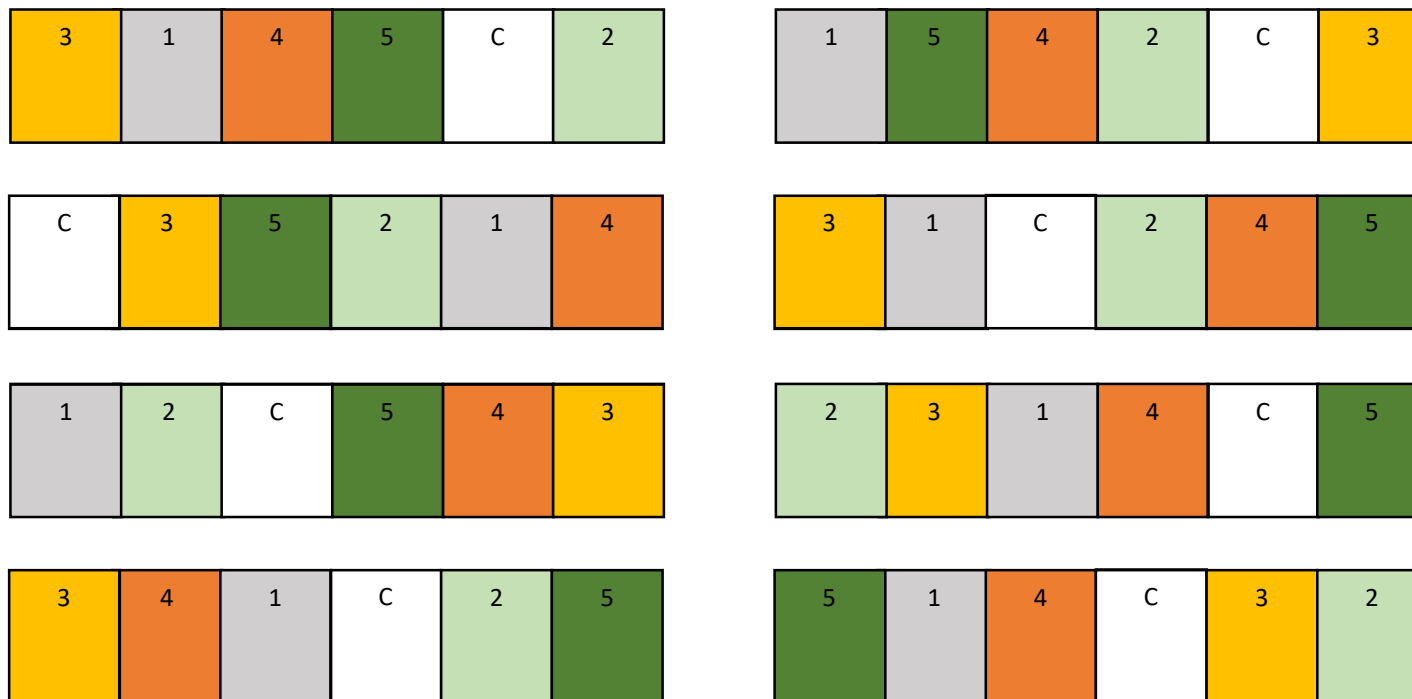
- Witkowski, E. 1991. Effects of invasive alien acacias on nutrient cycling in the coastal lowlands of the Cape fynbos. *Journal of Applied Ecology* **28**:1-15.
- Worm, B., E. B. Barbier, N. Beaumont, J. E. Duffy, C. Folke, B. S. Halpern, J. B. C. Jackson, H. K. Lotze, F. Micheli, S. R. Palumbi, E. Sala, K. A. Selkoe, J. J. Stachowicz, and R. Watson. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* **314**:787-790.
- Zackrisson, O., and M.-C. Nilsson. 1992. Allelopathic effects by *Empetrum hermaphroditum* on seed germination of two boreal tree species. *Canadian Journal of Forest Research* **22**:1310-1319.
- Zhang, S., W. Zhu, B. Wang, J. Tang, and X. Chen. 2011. Secondary metabolites from the invasive *Solidago canadensis* L. accumulation in soil and contribution to inhibition of soil pathogen *Pythium ultimum*. *Applied Soil Ecology* **48**:280-286.

6 ANNEXES

Annexe 1 : Plan du site expérimental

Dans le schéma suivant :

- chaque case représente un quadrat;
- chaque chiffre correspond au numéro du mélange utilisé (voir page 22 pour la composition des mélanges);
- la lettre « c » correspond au contrôle.



Annexe 2 : Données brutes couverts végétaux

Dans ce tableau :

- « comp » correspond à la somme des pourcentages de recouvrement des espèces présentes dans le quadrat à l'exception de la berce du Caucase. Le chiffre est un pourcentage de recouvrement;
- « Hema » correspond au pourcentage de recouvrement de la berce du Caucase;
- la litière et le sol sont exprimés en pourcentage de recouvrement;
- le taux de germination correspond au nombre de berce du Caucase ayant germé divisé par le nombre de berce du Caucase ensemencé.

Bloc	traitement	28-avr-15						06-mai-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
1	1	3	0	87,5	0	0	0	37,5	0	37,5	0	0	0
1	2	0	0,5	87,5	0	2	0,008	0,5	0,5	87,5	0	4	0,016
1	3	17,5	0,5	62,5	0,5	3	0,012	58	0,5	62,5	0	6	0,024
1	4	3	0,5	87,5	0,5	5	0,02	6,5	0,5	62,5	3	7	0,028
1	5	0,5	0,5	87,5	0,5	12	0,048	1	0,5	87,5	3	11	0,044
1	6	0	0,5	0	87,5	39	0,156	0	0,5	0	87,5	33	0,132
2	1	17,5	0	87,5	0	0	0	37,5	0	37,5	0	0	0
2	2	0,5	0,5	87,5	0	1	0,004	0,5	0,5	87,5	0	4	0,016
2	3	17,5	0,5	62,5	3	2	0,008	40,5	0,5	37,5	3	2	0,008
2	4	3	0,5	62,5	7,5	3	0,012	28	0,5	37,5	7,5	1	0,004
2	5	0,5	0,5	87,5	0,5	1	0,004	0,5	0,5	62,5	3	2	0,008

Bloc	traitement	28-avr-15						06-mai-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
2	6	0	0,5	0	87,5	23	0,092	0	0,5	0	87,5	24	0,096
3	1	3	0	87,5	0	0	0	37,5	0	37,5	0	0	0
3	2	0	0	87,5	0	0	0	0,5	0,5	87,5	0	2	0,008
3	3	3	0,5	87,5	3	1	0,004	8,5	0,5	37,5	3	2	0,008
3	4	3	0,5	87,5	3	2	0,008	15	0,5	62,5	3	4	0,016
3	5	3	0,5	62,5	7,5	1	0,004	3	0,5	62,5	7,5	6	0,024
3	6	0	0	0	87,5	12	0,048	0	0,5	0	87,5	11	0,044
4	1	3	0	87,5	0	0	0	37,5	0	37,5	0	0	0
4	2	0	0	87,5	0	0	0	0,5	0,5	87,5	0,5	1	0,004
4	3	17,5	0,5	37,5	7,5	1	0,004	63,5	0,5	17,5	3	1	0,004
4	4	7,5	0,5	87,5	3	4	0,016	42,5	0,5	37,5	0,5	5	0,02
4	5	0,5	0,5	62,5	7,5	3	0,012	0,5	0,5	62,5	7,5	4	0,016
4	6	0	0	0	87,5	21	0,084	0	0,5	0	87,5	11	0,044
5	1	3	0	87,5	0	0	0	17,5	0	62,5	0	0	0
5	2	0	0,5	87,5	3	3	0,012	0	0,5	87,5	0	8	0,032
5	3	17,5	0,5	62,5	7,5	6	0,024	25	0,5	62,5	3	7	0,028
5	4	3	0,5	87,5	3	17	0,068	15	0,5	62,5	3	17	0,068
5	5	0,5	0,5	62,5	17,5	10	0,04	0,5	0,5	62,5	7,5	17	0,068
5	6	0	0	0	87,5	31	0,124	0	0,5	0	87,5	29	0,116

Bloc	traitement	28-avr-15						06-mai-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
6	1	0,5	0	87,5	0	0	0	17,5	0	62,5	0	0	0
6	2	0	0	87,5	0	0	0	0	0,5	87,5	0	7	0,028
6	3	3	0,5	87,5	0,5	6	0,024	15	0,5	62,5	0,5	9	0,036
6	4	3	0,5	62,5	7,5	6	0,024	20,5	0,5	37,5	17,5	6	0,024
6	5	0,5	0,5	62,5	17,5	7	0,028	0,5	0,5	62,5	17,5	6	0,024
6	6	0	0,5	0	87,5	32	0,128	0	0,5	0	87,5	34	0,136
7	1	3	0	87,5	0	0	0	37,5	0,5	37,5	0	1	0,004
7	2	0	0	87,5	0	0	0	0,5	0,5	87,5	0	2	0,008
7	3	3	0,5	87,5	0,5	4	0,016	10,5	0,5	62,5	3	5	0,02
7	4	3	0,5	62,5	3	7	0,028	21	0,5	62,5	7,5	12	0,048
7	5	0,5	0,5	87,5	3	5	0,02	0,5	0,5	87,5	3	14	0,056
7	6	0	0,5	0	87,5	31	0,124	0	0,5	0	87,5	26	0,104
8	1	7,5	0	62,5	7,5	0	0	37,5	0	37,5	0	0	0
8	2	0	0,5	87,5	0,5	1	0,004	0	0,5	87,5	0,5	2	0,008
8	3	3	0	87,2	3	0	0	25	0,5	62,5	0,5	4	0,016
8	4	7,5	0	87,5	0	3	0,012	35	0,5	62,5	3	8	0,032
8	5	3	0	62,5	7,5	0	0	1,5	0,5	62,5	7,5	3	0,012
8	6	0	0,5	0	87,5	40	0,16	0	0,5	0	87,5	35	0,14

Bloc	traitement	12-mai-15						19-mai-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
1	1	62,5	0,5	17,5	0	2	0,008	87,5	0,5	17,5	0	2	0,008
1	2	0,5	0,5	87,5	0	9	0,036	0,5	0,5	87,5	0	7	0,028
1	3	83	0,5	37,5	0,5	5	0,02	108	0,5	17,5	0,5	6	0,024
1	4	28	0,5	87,5	3	11	0,044	28	0,5	62,5	3	11	0,044
1	5	3,5	0,5	87,5	0,5	16	0,064	11,5	0,5	87,5	3	14	0,056
1	6	0	0,5	0	87,5	37	0,148	0	3	0	87,5	31	0,124
2	1	87,5	0,5	17,5	0	1	0,004	87,5	0,5	3	0	3	0,012
2	2	0,5	0,5	87,5	0	9	0,036	3	0,5	87,5	0	6	0,024
2	3	63	0,5	37,5	0,5	5	0,02	63	0,5	17,5	0,5	5	0,02
2	4	48	0,5	37,5	3	6	0,024	83	0,5	37,5	3	6	0,024
2	5	1,5	0,5	62,5	7,5	3	0,012	4	0,5	62,5	7,5	5	0,02
2	6	0	0,5	0	87,5	23	0,092	0	3	0	87,5	24	0,096
3	1	87,5	0	17,5	0	0	0	87,5	0	3	0	0	0
3	2	0,5	0,5	87,5	0	8	0,032	3	0,5	87,5	0,5	4	0,016
3	3	25,5	0,5	37,5	3	3	0,012	25	0,5	37,5	3	3	0,012
3	4	25	0,5	62,5	3	15	0,06	55,5	0,5	37,5	3	15	0,06
3	5	6,5	0,5	62,5	7,5	4	0,016	14	0,5	62,5	7,5	7	0,028
3	6	0	0,5	0	87,5	16	0,064	0	3	0	87,5	15	0,06
4	1	62,5	0	37,5	0	0	0	62,5	0	17,5	0	0	0

Bloc	traitement	12-mai-15						19-mai-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
4	2	0,5	0,5	87,5	0,5	3	0,012	0,5	0,5	87,5	0,5	1	0,004
4	3	88	0	3	3	0	0	37,5	0	3	0	0	0
4	4	52,5	0,5	37,5	0,5	6	0,024	72,5	0,5	17,5	3	9	0,036
4	5	3,5	0,5	62,5	17,5	8	0,032	9	0,5	37,5	17,5	6	0,024
4	6	0	0,5	0	87,5	5	0,02	0	0,5	0	87,5	2	0,008
5	1	62,5	0	37,5	0	0	0	87,5	0	3	0	0	0
5	2	0	0,5	87,5	0	19	0,076	0,5	0,5	87,5	0	15	0,06
5	3	45	0,5	62,5	3	10	0,04	48	0,5	17,5	3	13	0,052
5	4	0,5	0,5	87,5	0	17	0,068	55,5	0,5	17,5	7,5	19	0,076
5	5	1	0,5	62,5	7,5	23	0,092	6,5	0,5	37,5	7,5	24	0,096
5	6	0	0,5	0	87,5	35	0,14	0	3	0	87,5	31	0,124
6	1	63	0	37,5	0	0	0	87,5	0	7,5	0	0	0
6	2	0,5	0,5	87,5	0	7	0,028	0,5	0,5	87,5	0,5	5	0,02
6	3	35,5	0,5	62,5	0,5	18	0,072	55	0,5	17,5	7,5	17	0,068
6	4	45	0,5	37,5	7,5	9	0,036	45,5	0,5	37,5	7,5	10	0,04
6	5	1,5	0,5	62,5	17,5	5	0,02	9	0,5	62,5	7,5	7	0,028
6	6	0	0,5	0	87,5	36	0,144	0	3	0	87,5	30	0,12
7	1	62,5	0	37,5	0	0	0	87,5	0	7,5	0	0	0
7	2	0,5	0,5	87,5	0	5	0,02	1	0,5	87,5	0	1	0,004

<i>Bloc</i>	<i>traitement</i>	<i>12-mai-15</i>						<i>19-mai-15</i>					
		<i>comp</i>	<i>Hema</i>	<i>Litière</i>	<i>sol</i>	<i>Nbr Berce</i>	<i>Taux de germination</i>	<i>comp</i>	<i>Hema</i>	<i>Litière</i>	<i>sol</i>	<i>Nbr Berce</i>	<i>Taux de germination</i>
7	3	35,5	0,5	62,5	3	4	0,016	35	0,5	37,5	3	9	0,036
7	4	28	0,5	62,5	7,5	22	0,088	48	0,5	37,5	3	23	0,092
7	5	4	0,5	87,5	3	15	0,06	9	0,5	62,5	7,5	14	0,056
7	6	0	0,5	0	87,5	26	0,104	0	0,5	0	87,5	21	0,084
8	1	62,5	0	17,5	0	0	0	87,5	0,5	7,5	0	1	0,004
8	2	0,5	0,5	87,5	0	6	0,024	0,5	0,5	87,5	0	5	0,02
8	3	40,5	0,5	62,5	0,5	4	0,016	40,5	0,5	37,5	3	8	0,032
8	4	35	0,5	37,5	7,5	13	0,052	35,5	0,5	37,5	7,5	9	0,036
8	5	6,5	0,5	87,5	3	6	0,024	7	0,5	62,5	7,5	5	0,02
8	6	0	0,5	0	87,5	33	0,132	0	3	0	87,5	30	0,12

<i>Bloc</i>	<i>traitement</i>	<i>26-mai-15</i>						<i>03-juin-15</i>					
		<i>comp</i>	<i>Hema</i>	<i>Litière</i>	<i>sol</i>	<i>Nbr Berce</i>	<i>Taux de germination</i>	<i>comp</i>	<i>Hema</i>	<i>Litière</i>	<i>sol</i>	<i>Nbr Berce</i>	<i>Taux de germination</i>
1	1	87,5	0	0	7,5	0	0	87,5	0	7,5	0	0	0
1	2	3	0,5	87,5	0	10	0,04	3	0,5	87,5	0	9	0,036
1	3	95,5	0,5	3	0,5	2	0,008	108	0	3	0,5	0	0
1	4	48	0,5	62,5	3	10	0,04	32,5	3	62,5	3	8	0,032
1	5	16	3	62,5	3	15	0,06	33	7,5	37,5	3	20	0,08

Bloc	traitement	26-mai-15						03-juin-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
1	6	0	7,5	0	87,5	26	0,104	0	17,5	0	87,5	28	0,112
2	1	87,5	0,5	3	0,5	2	0,008	87,5	0,5	3	0	2	0,008
2	2	3	0,5	87,5	0,5	6	0,024	3	0,5	87,5	0	8	0,032
2	3	90,5	0,5	7,5	0,5	2	0,008	90,5	0,5	7,5	0	1	0,004
2	4	58	0,5	17,5	3	5	0,02	82,5	0,5	17,5	3	4	0,016
2	5	16,5	0,5	62,5	7,5	2	0,008	16,5	0,5	37,5	3	3	0,012
2	6	0	3	0	87,5	22	0,088	0	7,5	0	87,5	21	0,084
3	1	87,5	0	3	0	0	0	87,5	0	7,5	0	0	0
3	2	3	0,5	87,5	3	7	0,028	17,5	0,5	87,5	0	4	0,016
3	3	28	0,5	37,5	7,5	3	0,012	35,5	0,5	17,5	7,5	3	0,012
3	4	35,5	0,5	37,5	3	10	0,04	38	3	17,5	7,5	15	0,06
3	5	31	0,5	62,5	3	4	0,016	31	3	37,5	7,5	7	0,028
3	6	0	7,5	0	87,5	13	0,052	0	17,5	0	87,5	16	0,064
4	1	87,5	0	7,5	0	0	0	87,5	0,5	3	0	1	0,004
4	2	0,5	0,5	87,5	3	8	0,032	0,5	0,5	87,5	0,5	10	0,04
4	3	88	0	0	0,5	0	0	90,5	0	0	0,5	0	0
4	4	72,5	0,5	37,5	7,5	5	0,02	72,5	0,5	7,5	3	6	0,024
4	5	21,5	0,5	62,5	17,5	5	0,02	28,5	3	37,5	17,5	6	0,024
4	6	0	0	0	87,5	0	0	0	0	0	87,5	0	0

Bloc	traitement	26-mai-15						03-juin-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
5	1	87,5	0	3	0	0	0	87,5	0	17,5	0	0	0
5	2	0,5	0,5	87,5	3	17	0,068	0,5	0,5	87,5	0	20	0,08
5	3	70,5	0,5	37,5	3	12	0,048	80,5	3	17,5	3	12	0,048
5	4	58	3	37,5	17,5	24	0,096	58	3	37,5	3	28	0,112
5	5	7	3	62,5	17,5	22	0,088	7	3	62,5	7,5	25	0,1
5	6	0	7,5	0	87,5	32	0,128	0	7,5	0	87,5	31	0,124
6	1	87,5	0	3	0	0	0	87,5	0	3	0	0	0
6	2	0,5	0,5	87,5	0,5	1	0,004	3	0,5	87,5	0	11	0,044
6	3	55,5	0,5	37,5	3	16	0,064	35,5	0,5	17,5	3	16	0,064
6	4	83	0,5	17,5	7,5	10	0,04	83	0,5	17,5	7,5	9	0,036
6	5	14	0,5	62,5	7,5	8	0,032	33	0,5	37,5	7,5	8	0,032
6	6	0	7,5	0	87,5	32	0,128	0	17,5	0	87,5	38	0,152
7	1	87,5	0	3	0	0	0	87,5	0	0,5	0	0	0
7	2	0,5	0,5	87,5	0,5	3	0,012	0,5	0,5	87,5	0	2	0,008
7	3	35	0,5	37,5	7,5	9	0,036	55	0,5	37,5	7,5	10	0,04
7	4	48	3	37,5	7,5	29	0,116	52,5	3	37,5	7,5	26	0,104
7	5	21	3	87,5	7,5	18	0,072	35,5	7,5	62,5	3	13	0,052
7	6	0	3	0	87,5	20	0,08	0	7,5	0	87,5	23	0,092
8	1	87,5	0,5	3	0	1	0,004	87,5	0	3	0	0	0

<i>Bloc</i>	<i>traitement</i>	<i>26-mai-15</i>						<i>03-juin-15</i>					
		<i>comp</i>	<i>Hema</i>	<i>Litière</i>	<i>sol</i>	<i>Nbr</i> <i>Berce</i>	<i>Taux de</i> <i>germination</i>	<i>comp</i>	<i>Hema</i>	<i>Litière</i>	<i>sol</i>	<i>Nbr</i> <i>Berce</i>	<i>Taux de</i> <i>germination</i>
8	2	3	0,5	87,5	0,5	5	0,02	7,5	0,5	87,5	0,5	5	0,02
8	3	80	0,5	37,5	3	12	0,048	70	3	37,5	0,5	7	0,028
8	4	78	0,5	17,5	3	4	0,016	62,5	3	17,5	7,5	5	0,02
8	5	13,5	0,5	62,5	3	6	0,024	31	3	62,5	3	5	0,02
8	6	0	3	0	87,5	29	0,116	0	7,5	0	87,5	26	0,104

Bloc	traitement	10-juin-15						15-juin-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
1	1	90,5	0	0,5	0,5	0	0	90,5	0	0	0,5	0	0
1	2	7,5	3	87,5	0	14	0,056	3	3	87,5	0,5	12	0,048
1	3	93,5	0	0	0,5	0	0	98	0	0	0,5	0	0
1	4	52,5	3	37,5	3	18	0,072	62,5	3	17,5	3	8	0,032
1	5	35,5	3	37,5	7,5	17	0,068	28,5	7,5	17,5	7,5	17	0,068
1	6	0	17,5	0	62,5	27	0,108	0	17,5	0	62,5	28	0,112
2	1	40,5	0,5	0,5	0,5	1	0,004	88	0,5	0	0,5	1	0,004
2	2	1,5	75	87,5	0,5	11	0,044	3	7,5	87,5	0,5	12	0,048
2	3	95	0,5	3	3	1	0,004	88	0,5	3	3	1	0,004
2	4	78	0,5	7,5	3	2	0,008	58	3	3	3	1	0,004
2	5	31	7,5	62,5	3	3	0,012	31	3	62,5	7,5	2	0,008
2	6	0	17,5	0	87,5	20	0,08	0	17,5	0	87,5	21	0,084
3	1	88,5	0	0,5	0,5	0	0	90,5	0	0	0,5	0	0
3	2	7,5	3	62,5	0,5	10	0,04	17,5	7,5	62,5	0,5	9	0,036
3	3	55	0,5	37,5	3	1	0,004	55,5	3	7,5	7,5	1	0,004
3	4	55,5	7,5	17,5	7,5	5	0,02	55,5	7,5	7,5	3	6	0,024
3	5	61	7,5	7,5	7,5	4	0,016	33	7,5	37,5	17,5	5	0,02
3	6	0	17,5	0	62,5	15	0,06	0	37,5	0	37,5	16	0,064
4	1	35	0	7,5	0,5	0	0	88	0,5	7,5	3	0	0

Bloc	traitement	10-juin-15						15-juin-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
4	2	0,5	3	87,5	0,5	11	0,044	4	3	87,5	0,5	12	0,048
4	3	87,5	0	0	0,5	0	0	88	0	0	0,5	0	0
4	4	72,5	0,5	7,5	3	2	0,008	55,5	3	7,5	7,5	3	0,012
4	5	41	3	37,5	7,5	4	0,016	31	7,5	37,5	17,5	5	0,02
4	6	0	0	0	87,5	0	0	0	0,5	0	87,5	1	0,004
5	1	38	0	7,5	0,5	0	0	95	0	3	0,5	0	0
5	2	0,5	7,5	87,5	0,5	24	0,096	3,5	7,5	87,5	0,5	20	0,08
5	3	80,5	3	37,5	3	6	0,024	70,5	3	3	0,5	6	0,024
5	4	58	7,5	37,5	17,5	23	0,092	48	7,5	17,5	17,5	17	0,068
5	5	25	7,5	62,5	17,4	28	0,112	15,5	7,5	37,5	17,5	28	0,112
5	6	0	17,5	0	87,5	26	0,104	0	17,5	0	62,5	24	0,096
6	1	35	0	3	0,5	0	0	91	0	3	0,5	0	0
6	2	3	3	87,5	0,5	10	0,04	7,5	3	87,5	0	9	0,036
6	3	55,5	3	17,5	7,5	17	0,068	55,5	3	17,5	3	8	0,032
6	4	103	7,5	17,5	7,5	7	0,028	80,5	3	17,5	0,5	7	0,028
6	5	42,5	3	37,5	17,5	7	0,028	32,5	7,5	17,5	17,5	7	0,028
6	6	0	17,5	0	62,5	36	0,144	0	17,5	0	87,5	34	0,136
7	1	55	0	7,5	0,5	0	0	87,5	0	3	0,5	0	0
7	2	3	0,5	87,5	0,5	6	0,024	3	0,5	87,5	0,5	6	0,024

<i>Bloc</i>	<i>traitement</i>	<i>10-juin-15</i>						<i>15-juin-15</i>					
		<i>comp</i>	<i>Hema</i>	<i>Litière</i>	<i>sol</i>	<i>Nbr</i>	<i>Taux de</i> <i>Berce</i>	<i>germination</i>	<i>comp</i>	<i>Hema</i>	<i>Litière</i>	<i>sol</i>	<i>Nbr</i>
7	3	55	3	17,5	3	8	0,032	55	0,5	17,5	3	8	0,032
7	4	58	3	37,5	3	17	0,068	52,5	7,5	37,5	7,5	17	0,068
7	5	45,5	7,5	37,5	17,5	9	0,036	45,5	7,5	37,5	17,5	9	0,036
7	6	0	17,5	0	87,5	22	0,088	0	17,5	0	87,5	20	0,08
8	1	75	0	3	0,5	0	0	88	0,5	0	0,5	0	0
8	2	7,5	3	87,5	0,5	5	0,02	8	3	87,5	3	5	0,02
8	3	45,5	3	17,5	3	9	0,036	68,5	3	17,5	7,5	7	0,028
8	4	83	3	7,5	3	1	0,004	58	3	7,5	3	1	0,004
8	5	26,5	3	37,5	7,5	5	0,02	28,5	7,5	37,5	7,5	5	0,02
8	6	0	17,5	0	62,5	25	0,1	0	17,5	0	62,5	25	0,1

Bloc	traitement	22-juin-15						29-juin-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
1	1	93,5	0	3	0,5	0	0	90,5	0	0	0	0	0
1	2	7,5	3	87,5	0,5	10	0,04	17,5	3	87,5	3	11	0,044
1	3	102,5	0	0,5	0	0	0	102,5	0	3	3	0	0
1	4	42,5	7,5	17,5	3	5	0,02	62,5	3	3	3	8	0,032
1	5	35,5	17,5	37,5	17,5	13	0,052	45,5	17,5	37,5	17,5	17	0,068
1	6	0	17,5	0	62,5	24	0,096	0	37,5	0	62,5	29	0,116
2	1	88	17,5	3	0,5	1	0,004	87,5	0,5	3	0,5	0	0
2	2	3	7,5	87,5	0,5	12	0,048	7,5	17,5	87,5	3	12	0,048
2	3	90,5	3	7,5	3	1	0,004	90,5	3	3	7,5	1	0,004
2	4	58	3	7,5	3	2	0,008	58	0,5	17,5	7,5	6	0,024
2	5	35,5	3	62,5	3	1	0,004	35,5	7,5	37,5	17,5	4	0,016
2	6	0	17,5	0	62,5	22	0,088	0	37,5	0	62,5	22	0,088
3	1	90,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	3	0	0	0
3	2	17,5	7,5	37,5	7,5	10	0,04	37,5	17,5	37,5	3	10	0,04
3	3	48	3	17,5	7,5	2	0,008	58	0,5	17,5	7,5	2	0,008
3	4	58	7,5	7,5	3	5	0,02	58	7,5	17,5	7,5	6	0,024
3	5	31	7,5	37,5	17,5	5	0,02	46,5	7,5	17,5	17,5	4	0,016
3	6	0	37,5	0	62,5	12	0,048	0	62,5	0	62,5	16	0,064
4	1	88	0	3	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0

Bloc	traitement	22-juin-15						29-juin-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
4	2	3	7,5	87,5	3	12	0,048	10,5	17,5	87,5	7,5	11	0,044
4	3	87,5	0	0	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
4	4	25	0,5	7,5	3	1	0,004	70,5	3	7,5	3	3	0,012
4	5	35,5	7,5	17,5	7,5	3	0,012	35,5	17,5	37,5	17,5	5	0,02
4	6	0	0,5	0	87,5	1	0,004	0	0,5	0	87,5	1	0,004
5	1	90,5	0	0	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
5	2	3	7,5	87,5	0,5	21	0,084	3,5	17,5	87,5	7,5	20	0,08
5	3	95,5	3	3	7,5	5	0,02	105	3	7,5	3	5	0,02
5	4	48	7,5	37,5	17,5	23	0,092	58	7,5	17,5	17,5	16	0,064
5	5	18	7,5	37,5	17,5	33	0,132	28	17,5	17,5	37,5	25	0,1
5	6	0	17,5	0	62,5	27	0,108	0	37,5	0	62,5	25	0,1
6	1	93,5	0	3	0,5	0	0	90,5	0	3	0,5	0	0
6	2	7,5	3	87,5	3	8	0,032	7,5	3	87,5	3	10	0,04
6	3	38	3	7,5	7,5	15	0,06	58	3	7,5	7,5	8	0,032
6	4	103	3	17,5	3	4	0,016	80,5	7,5	17,5	3	5	0,02
6	5	42,5	3	17,5	17,5	8	0,032	52,5	7,5	17,5	17,5	6	0,024
6	6	0	37,5	0	62,5	33	0,132	0	37,5	0	62,5	34	0,136
7	1	88	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	3	0,5	0	0
7	2	3	3	87,5	0,5	6	0,024	10,5	3	87,5	3	6	0,024

<i>Bloc</i>	<i>traitement</i>	<i>22-juin-15</i>						<i>29-juin-15</i>					
		<i>comp</i>	<i>Hema</i>	<i>Litière</i>	<i>sol</i>	<i>Nbr</i>	<i>Taux de</i> <i>Berce</i>	<i>germination</i>	<i>comp</i>	<i>Hema</i>	<i>Litière</i>	<i>sol</i>	<i>Nbr</i>
7	3	80,5	0,5	7,5	3	7	0,028	38	3	7,5	7,5	7	0,028
7	4	62,5	7,5	17,5	7,5	11	0,044	62,5	7,5	17,5	7,5	15	0,06
7	5	45,5	17,5	37,5	7,5	12	0,048	60	17,5	17,5	17,5	10	0,04
7	6	0	17,5	0	62,5	17	0,068	0	37,5	0	62,5	20	0,08
8	1	90,5	0	0,5	0,5	0	0	90,5	0	0,5	0,5	0	0
8	2	17,5	3	87,5	0,5	6	0,024	17,5	7,5	87,5	3	5	0,02
8	3	73	3	17,5	3	8	0,032	98	7,5	17,5	3	7	0,028
8	4	58	0,5	7,5	0,5	2	0,008	87,5	7,5	7,5	7,5	2	0,008
8	5	31	7,5	37,5	17,5	5	0,02	45,5	7,5	17,5	17,5	5	0,02
8	6	0	37,5	0	62,5	27	0,108	0	37,5	0	62,5	24	0,096

Bloc	traitement	09-juil-15						14-juil-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
1	1	87,5	0	3	0,5	0	0	88	0	0,5	0,5	0	0
1	2	20,5	7,5	87,5	0,5	11	0,044	23,5	7,5	87,5	0,5	11	0,044
1	3	98	0	0,5	0,5	0	0	102,5	0	0,5	0,5	0	0
1	4	58	3	3	3	7	0,028	58	7,5	7,5	7,5	7	0,028
1	5	45,5	17,5	37,5	7,5	18	0,072	55,5	17,5	37,5	7,5	15	0,06
1	6	0	37,5	0	62,5	29	0,116	0	37,5	0	62,5	29	0,116
2	1	87,5	0	0,5	0,5	1	0,004	87,5	0	0,5	0,5	0	0
2	2	13,5	17,5	87,5	0,5	12	0,048	28	37,5	62,5	3	12	0,048
2	3	90,5	7,5	3	3	1	0,004	90,5	3	17,5	3	1	0,004
2	4	58	3	17,5	3	2	0,008	82,5	3	17,5	7,5	2	0,008
2	5	40	7,5	37,5	17,5	2	0,008	60	7,5	37,5	7,5	2	0,008
2	6	0	37,5	0	62,5	22	0,088	0	37,5	0	62,5	21	0,084
3	1	88	0	0,5	0,5	0	0	90,5	0	0,5	0,5	0	0
3	2	62,5	17,5	17,5	7,5	11	0,044	43,5	17,5	62,5	3	10	0,04
3	3	83	3	7,5	7,5	2	0,008	58	3	17,5	7,5	2	0,008
3	4	58	7,5	17,5	7,5	6	0,024	58	7,5	7,5	3	6	0,024
3	5	58	17,5	17,5	17,5	5	0,02	75,5	7,5	17,5	7,5	4	0,016
3	6	0	62,5	0	37,5	16	0,064	0	62,5	0	37,5	16	0,064

Bloc	traitement	09-juil-15						14-juil-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
4	1	90,5	0	0,5	0,5	0	0	88	0	0,5	0,5	0	0
4	2	13,5	17,5	87,5	7,5	11	0,044	32,5	17,5	62,5	3	12	0,048
4	3	88	0	0,5	0,5	0	0	88	0	3	0,5	0	0
4	4	48	3	7,5	3	1	0,004	45,5	3	7,5	3	0	0
4	5	45,5	17,5	17,5	7,5	6	0,024	55,5	17,5	17,5	7,5	5	0,02
4	6	0	3	0	87,5	1	0,004	0	3	0	87,5	1	0,004
5	1	88	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
5	2	7,5	17,5	87,5	3	20	0,08	11	17,5	87,5	0,5	20	0,08
5	3	83	3	7,5	17,5	5	0,02	108	7,5	17,5	3	4	0,016
5	4	62,5	17,5	17,5	17,5	16	0,064	62,5	17,5	17,5	17,5	16	0,064
5	5	35,5	17,5	17,5	17,5	26	0,104	35	17,5	62,5	17,5	29	0,116
5	6	0	37,5	0	62,5	25	0,1	0	37,5	0	62,5	25	0,1
6	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	90,5	0	0,5	0,5	0	0
6	2	17,5	7,5	87,5	0,5	9	0,036	20,5	7,5	87,5	3	9	0,036
6	3	58	7,5	7,5	7,5	8	0,032	82,5	7,5	17,5	7,5	8	0,032
6	4	83	7,5	17,5	7,5	5	0,02	83	17,5	17,5	7,5	5	0,02
6	5	52,5	17,5	37,5	7,5	6	0,024	52,5	7,5	37,5	17,5	6	0,024
6	6	0	62,5	0	62,5	34	0,136	0	62,5	0	62,5	34	0,136
7	1	90,5	0	0,5	0,5	0	0	88	0	0,5	0,5	0	0

Bloc	traitement	09-juil-15						14-juil-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
7	2	28	7,5	87,5	3	6	0,024	41	7,5	62,5	0,5	6	0,024
7	3	58	3	3	7,5	7	0,028	83	3	17,5	7,5	7	0,028
7	4	73	17,5	17,5	7,5	14	0,056	62,5	17,5	17,5	7,5	15	0,06
7	5	52,5	17,5	37,5	7,5	10	0,04	52,5	17,5	37,5	17,5	10	0,04
7	6	0	37,5	0	62,5	20	0,08	0	37,5	0	62,5	20	0,08
8	1	88	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
8	2	17,5	7,5	62,5	0,5	5	0,02	38	7,5	62,5	0,5	6	0,024
8	3	93,5	7,5	17,5	3	6	0,024	95	3	17,5	7,5	5	0,02
8	4	83	7,5	17,5	7,5	1	0,004	103	3	17,5	3	1	0,004
8	5	40	17,5	37,5	17,5	5	0,02	50	17,5	37,5	7,5	5	0,02
8	6	0	37,5	0	62,5	24	0,096	0	37,5	0	62,5	24	0,096

Bloc	traitement	20-juil-15						28-juil-15					
		Comp	Hema	Litière	Sol	Nbr Berce	Taux de germination	Comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
1	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
1	2	20,5	7,5	87,5	0,5	11	0,044	10,5	7,5	87,5	0,5	12	0,048

Bloc	traitement	20-juil-15						28-juil-15					
		Comp	Hema	Litière	Sol	Nbr Berce	Taux de germination	Comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
1	3	93,5	0	0,5	0,5	0	0	98	0	0,5	0,5	0	0
1	4	83	3	7,5	3	4	0,016	78	3	7,5	3	4	0,016
1	5	55,5	7,5	37,5	17,5	15	0,06	55,5	17,5	37,5	17,5	17	0,068
1	6	0	37,5	0	62,5	29	0,116	0	37,5	0	62,5	28	0,112
2	1	87,5	0,5	0,5	0,5	1	0,004	87,5	0,5	0,5	0,5	1	0,004
2	2	38	37,5	62,5	0,5	12	0,048	32,5	37,5	62,5	0,5	12	0,048
2	3	90,5	3	7,5	7,5	1	0,004	87,5	7,5	0,5	3	1	0,004
2	4	78	3	7,5	3	1	0,004	58	3	7,5	3	2	0,008
2	5	70	7,5	37,5	7,5	2	0,008	60	7,5	17,5	17,5	2	0,008
2	6	0	62,5	0	62,5	21	0,084	0	37,5	0	62,5	22	0,088
3	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
3	2	44	17,5	37,5	3	10	0,04	68,5	17,5	62,5	3	10	0,04
3	3	58	0,5	7,5	7,5	1	0,004	87,5	0,5	3	7,5	1	0,004
3	4	58	7,5	17,5	17,5	6	0,024	103	17,5	7,5	7,5	6	0,024
3	5	65,5	7,5	7,5	17,5	4	0,016	65,5	17,5	7,5	17,5	4	0,016
3	6	0	62,5	0	37,5	16	0,064	0	87,5	0	37,5	16	0,064
4	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
4	2	23,5	17,5	62,5	7,5	11	0,044	28	37,5	62,5	3	12	0,048
4	3	87,5	0	0,5	3	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0

Bloc	traitement	20-juil-15						28-juil-15					
		Comp	Hema	Litière	Sol	Nbr Berce	Taux de germination	Comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
4	4	73	3	7,5	3	1	0,004	93,5	0,5	17,5	7,5	1	0,004
4	5	60	7,5	17,5	7,5	5	0,02	62,5	17,5	17,5	17,5	5	0,02
4	6	0	3	0	87,5	1	0,004	0	7,5	0	87,5	1	0,004
5	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
5	2	23,5	17,5	62,5	0,5	19	0,076	23,5	17,5	62,5	3	20	0,08
5	3	112,5	3	17,5	7,5	4	0,016	112,5	7,5	3	7,5	3	0,012
5	4	62,5	7,5	37,5	17,5	14	0,056	82,5	7,5	17,5	17,5	14	0,056
5	5	35	17,5	37,5	17,5	28	0,112	35	17,5	62,5	17,5	24	0,096
5	6	0	37,5	0	62,5	25	0,1	0	37,5	0	62,5	25	0,1
6	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
6	2	20,5	7,5	87,5	0,5	9	0,036	20,5	17,5	87,5	3	9	0,036
6	3	82,5	3	7,5	7,5	8	0,032	82,5	3	7,5	7,5	8	0,032
6	4	80,5	7,5	7,5	3	5	0,02	83	3	7,5	17,5	5	0,02
6	5	52,5	7,5	37,5	17,5	6	0,024	52,5	7,5	37,5	17,5	7	0,028
6	6	0	87,5	0	37,5	34	0,136	0	87,5	0	37,5	34	0,136
7	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
7	2	21,5	7,5	62,5	0,5	6	0,024	50	7,5	62,5	7,5	6	0,024
7	3	58	3	7,5	17,5	6	0,024	80	3	3	7,5	6	0,024
7	4	52,5	7,5	17,5	7,5	15	0,06	73	7,5	7,5	3	15	0,06

Bloc	traitement	20-juil-15						28-juil-15					
		Comp	Hema	Litière	Sol	Nbr Berce	Taux de germination	Comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
7	5	60	17,5	62,5	7,5	9	0,036	55,5	17,5	37,5	17,5	9	0,036
7	6	0	37,5	0	62,5	20	0,08	0	37,5	0	62,5	20	0,08
8	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
8	2	38,5	7,5	62,5	0,5	4	0,016	43,5	7,5	87,5	3	4	0,016
8	3	91	7,5	17,5	3	5	0,02	93,5	7,5	17,5	7,5	5	0,02
8	4	80	3	7,5	7,5	2	0,008	80,5	7,5	3	3	1	0,004
8	5	62,5	17,5	37,5	3	4	0,016	80	17,5	37,5	17,5	4	0,016
8	6	0	37,5	0	62,5	23	0,092	0	62,5	0	37,5	24	0,096

Bloc	traitement	04-août-15						18-août-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
1	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
1	2	28	7,5	87,5	0,5	12	0,048	28	7,5	87,5	0,5	12	0,048
1	3	98	0	0,5	0,5	0	0	98	0	0,5	0,5	0	0
1	4	78	3	7,5	3	4	0,016	78	3	7,5	3	4	0,016
1	5	38	17,5	37,5	17,5	16	0,064	38	17,5	37,5	17,5	16	0,064
1	6	0	62,5	0	37,5	28	0,112	0	62,5	0	37,5	28	0,112

Bloc	traitement	04-août-15						18-août-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
2	1	87,5	0,5	0,5	0,5	1	0,004	87,5	0,5	0,5	0,5	1	0,004
2	2	32,5	37,5	62,5	0,5	12	0,048	32,5	37,5	62,5	0,5	12	0,048
2	3	87,5	7,5	0,5	3	1	0,004	87,5	7,5	0,5	3	1	0,004
2	4	90,5	3	7,5	3	2	0,008	90,5	3	7,5	3	2	0,008
2	5	60	7,5	17,5	17,5	2	0,008	60	7,5	17,5	17,5	2	0,008
2	6	0	62,5	0	37,5	22	0,088	0	62,5	0	37,5	22	0,088
3	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
3	2	68,5	17,5	62,5	3	10	0,04	68,5	17,5	62,5	3	10	0,04
3	3	87,5	0,5	3	7,5	1	0,004	87,5	0,5	3	7,5	1	0,004
3	4	103	17,5	7,5	7,5	6	0,024	103	17,5	7,5	7,5	6	0,024
3	5	65,5	17,5	7,5	17,5	5	0,02	65,5	17,5	7,5	17,5	5	0,02
3	6	0	87,5	0	37,5	16	0,064	0	87,5	0	37,5	16	0,064
4	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
4	2	28	37,5	62,5	3	12	0,048	28	37,5	62,5	3	12	0,048
4	3	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
4	4	93,5	0,5	17,5	17,5	1	0,004	93,5	0,5	17,5	17,5	1	0,004
4	5	62,5	17,5	17,5	17,5	5	0,02	62,5	17,5	17,5	17,5	5	0,02
4	6	0	7,5	0	87,5	1	0,004	0	7,5	0	87,5	1	0,004
5	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0

Bloc	traitement	04-août-15						18-août-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
5	2	23,5	17,5	62,5	3	19	0,076	23,5	17,5	62,5	3	19	0,076
5	3	112,5	7,5	3	7,5	3	0,012	112,5	7,5	3	7,5	3	0,012
5	4	82,5	7,5	17,5	17,5	14	0,056	82,5	7,5	17,5	17,5	14	0,056
5	5	35	17,5	62,5	17,5	25	0,1	35	17,5	62,5	17,5	25	0,1
5	6	0	62,5	0	37,5	25	0,1	0	62,5	0	37,5	25	0,1
6	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
6	2	20,5	17,5	87,5	3	9	0,036	20,5	17,5	87,5	3	9	0,036
6	3	82,5	3	7,5	7,5	8	0,032	82,5	3	7,5	7,5	8	0,032
6	4	83	3	7,5	17,5	5	0,02	83	3	7,5	17,5	5	0,02
6	5	52,5	7,5	37,5	17,5	7	0,028	52,5	7,5	37,5	17,5	7	0,028
6	6	0	87,5	0	37,5	34	0,136	0	87,5	0	37,5	34	0,136
7	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
7	2	42,5	7,5	62,5	17,5	6	0,024	42,5	7,5	62,5	17,5	6	0,024
7	3	80	3	3	7,5	6	0,024	80	3	3	7,5	6	0,024
7	4	73	7,5	7,5	3	15	0,06	73	7,5	7,5	3	15	0,06
7	5	55,5	17,5	37,5	17,5	9	0,036	55,5	17,5	37,5	17,5	9	0,036
7	6	0	37,5	0	62,5	20	0,08	0	37,5	0	62,5	20	0,08
8	1	87,5	0	0,5	0,5	0	0	87,5	0	0,5	0,5	0	0
8	2	43,5	7,5	87,5	3	4	0,016	43,5	7,5	87,5	3	4	0,016

<i>Bloc</i>	<i>traitement</i>	<i>04-août-15</i>						<i>18-août-15</i>					
		<i>comp</i>	<i>Hema</i>	<i>Litière</i>	<i>sol</i>	<i>Nbr Berce</i>	<i>Taux de germination</i>	<i>comp</i>	<i>Hema</i>	<i>Litière</i>	<i>sol</i>	<i>Nbr Berce</i>	<i>Taux de germination</i>
8	3	93,5	7,5	17,5	7,5	5	0,02	93,5	7,5	17,5	7,5	5	0,02
8	4	80,5	7,5	3	3	1	0,004	80,5	7,5	3	3	1	0,004
8	5	80	17,5	37,5	17,5	4	0,016	80	17,5	37,5	17,5	4	0,016
8	6	0	62,5	0	37,5	24	0,096	0	62,5	0	37,5	24	0,096

Bloc	traitement	02-sept-15						17-sept-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
1	1	87,5	0	7,5	0	0	0	87,5	0	17,5	0,5	0	0
1	2	50	37,5	37,5	0,5	12	0,048	62,5	37,5	7,5	3	12	0,048
1	3	102,5	0	7,5	0,5	0	0	98	0	7,5	3	0	0
1	4	108	3	7,5	7,5	4	0,016	80	3	17,5	7,5	4	0,016
1	5	50	17,5	17,5	7,5	16	0,064	41	37,5	17,5	7,5	16	0,064
1	6	0	62,5	0	17,4	28	0,112	0	87,5	0	17,5	28	0,112
2	1	87,5	0	7,5	0,5	0	0	87,5	0	17,5	0,5	0	0
2	2	31	87,5	7,5	0,5	12	0,048	50	87,5	3	3	12	0,048
2	3	95	0,5	7,5	7,5	1	0,004	88	0	17,5	3	1	0,004
2	4	82,5	3	7,5	7,5	1	0,004	83	7,5	17,5	7,5	1	0,004
2	5	73	7,5	7,5	17,5	2	0,008	45,5	7,5	17,5	7,5	2	0,008
2	6	0	62,5	0	37,5	23	0,092	0	62,5	0	37,5	23	0,092
3	1	87,5	0	7,5	0,5	0	0	87,5	0	17,5	0,5	0	0
3	2	102,5	37,5	17,5	3	10	0,04	48	87,5	7,5	3	10	0,04
3	3	55	3	0,5	3	1	0,004	103	3	3	0,5	1	0,004
3	4	80	7,5	17,5	7,5	6	0,024	75	17,5	17,5	3	6	0,024
3	5	61	7,5	17,5	17,5	5	0,02	38	7,5	17,5	3	5	0,02
3	6	0	87,5	0	3	16	0,064	0	87,5	0	3	16	0,064
4	1	87,5	0	7,5	0,5	0	0	87,5	0	17,5	0,5	0	0

Bloc	traitement	02-sept-15						17-sept-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
4	2	38	62,5	7,5	3	12	0,048	32,5	87,5	3	3	12	0,048
4	3	87,5	0	17,5	7,5	0	0	87,5	0	7,5	3	0	0
4	4	98	0	7,5	7,5	1	0,004	77,5	3	17,5	7,5	1	0,004
4	5	58	17,5	17,5	17,5	5	0,02	58	17,5	17,5	17,5	5	0,02
4	6	0	17,5	0	87,5	1	0,004	0	17,5	0	62,5	1	0,004
5	1	87,5	0	7,5	0,5	0	0	87,5	0	37,5	0,5	0	0
5	2	23,5	37,5	62,5	3	20	0,08	3	87,5	37,5	0,5	20	0,08
5	3	112,5	3	17,5	7,5	2	0,008	112,5	0,5	17,5	3	2	0,008
5	4	52,5	7,5	37,5	17,5	14	0,056	43,5	17,5	37,5	17,5	14	0,056
5	5	28	37,5	37,5	17,5	25	0,1	23,5	37,5	37,5	17,5	25	0,1
5	6	0	62,5	0	17,5	25	0,1	0	87,5	0	37,5	25	0,1
6	1	87,5	0	7,5	0,5	0	0	87,5	0	37,5	0,5	0	0
6	2	21,5	17,5	62,5	3	9	0,036	42,5	17,5	62,5	3	9	0,036
6	3	78	0,5	7,5	3	8	0,032	78	3	3	3	8	0,032
6	4	80	3	17,5	17,5	5	0,02	108	3	17,5	7,5	5	0,02
6	5	52,5	7,5	37,5	17,5	7	0,028	42,5	17,5	17,5	17,5	7	0,028
6	6	0	87,5	0	7,5	34	0,136	0	87,5	0	7,5	34	0,136
7	1	87,5	0	7,5	0,5	0	0	87,5	0	37,5	0,5	0	0
7	2	87,5	17,5	17,5	3	6	0,024	118	17,5	7,5	3	6	0,024

Bloc	traitement	02-sept-15						17-sept-15					
		comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination	comp	Hema	Litière	sol	Nbr Berce	Taux de germination
7	3	100	3	3	7,5	6	0,024	100	3	3	7,5	6	0,024
7	4	102,5	7,5	17,5	7,5	15	0,06	68,5	3	37,5	7,5	15	0,06
7	5	52,5	37,5	37,5	17,5	9	0,036	55,5	37,5	37,5	17,5	9	0,036
7	6	0	87,5	0	17,5	20	0,08	0	87,5	0	17,5	20	0,08
8	1	87,5	0	7,5	0,5	0	0	87,5	0	37,5	0,5	0	0
8	2	45	37,5	87,5	3	4	0,016	28	37,5	62,5	3	4	0,016
8	3	98	7,5	17,5	7,5	5	0,02	105	3	17,5	7,5	5	0,02
8	4	108	0	7,5	3	1	0,004	95	0	17,5	7,5	1	0,004
8	5	55,5	7,5	7,5	7,5	4	0,016	52,5	17,5	17,5	7,5	4	0,016
8	6	0	87,5	0	7,5	24	0,096	0	87,5	0	17,5	24	0,096

Annexe 3 : Données brutes sur la croissance de la berce du Caucase

Dans ce tableau :

- « surf.fol. » correspond à la surface foliaire estimée de la plus grande feuille du plant;
- les surfaces foliaires sont exprimées en cm².

Bloc	Traitement	Individus	Surf. fol.	Surf. fol.	Surf. fol.	Surf. fol.	Surf. fol.	Surf. Fol.	Surf. Fol.	Surf. Fol.	Surf. fol.	Surf. fol.	
			15 juin 2015	22 juin 2015	29 juin 2015	9 juil. 2015	14 juil. 2015	20 juil. 2015	28 juil. 2015	4 août 2015	18 août 2015	2 sept. 2015	17 sept. 2015
1	2	56	7	7	7	7	20	20	20	20	20	79	79
1	2	57	7	7	7	7	7	7	7	7	7	38	38
1	2	58	7	7	20	7	20	7	7	7	7	79	79
1	2	59	7	7	7	7	20	20	20	20	20	79	79
1	2	60	7	7	7	7	7	20	20	20	20	79	79
1	2	61	7	7	7	7	7	20	20	20	20	79	79
1	2	62	7	7	7	7	7	7	7	7	7	79	79
1	2	63	7	7	20	20	7	38	38	38	38	79	79
1	2	64	7	7	20	38	38	79	79	79	79	900	900
1	2	65	7	7	38	20	20	20	20	20	20	314	314
1	2	66	20	20	7	79	79	79	79	79	79	707	707
1	2	67	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin 2015</i>	<i>22 juin 2015</i>	<i>29 juin 2015</i>	<i>9 juil. 2015</i>	<i>14 juil. 2015</i>	<i>20 juil. 2015</i>	<i>28 juil. 2015</i>	<i>4 août 2015</i>	<i>18 août 2015</i>	<i>2 sept. 2015</i>	<i>17 sept. 2015</i>
1	4	1	38	20	20	38	20	0	0	0	0	0	0
1	4	2	38	20	38	38	20	0	0	0	0	0	0
1	4	3	20	20	38	79	79	0	0	0	0	0	0
1	4	4	79	20	79	79	79	79	79	79	79	79	79
1	4	5	79	79	79	79	177	79	79	79	79	79	79
1	4	6	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	4	7	20	20	38	38	38	38	38	38	38	20	20
1	4	8	38	20	38	38	38	20	20	38	38	20	20
1	5	9	38	38	79	79	79	38	38	38	38	79	79
1	5	10	7	7	7	79	79	7	0	0	0	0	0
1	5	11	38	38	79	79	7	38	38	79	79	79	79
1	5	12	38	79	177	79	38	79	79	20	20	79	79
1	5	13	20	38	79	38	38	38	38	38	38	20	20
1	5	14	79	79	79	177	79	79	79	79	79	79	79
1	5	15	38	38	38	177	177	79	79	177	177	79	79
1	5	16	38	7	20	79	20	314	314	177	177	177	177
1	5	17	7	38	38	79	20	38	38	314	314	707	707
1	5	18	79	7	20	38	79	79	79	177	177	314	314

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>15 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>22 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>29 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>9 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>14 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>20 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>28 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>4 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>18 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>2 sept.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>17 sept.</i> <i>2015</i>
1	5	19	177	79	177	314	314	314	314	314	314	707	707
1	5	20	7	79	79	79	79	79	79	314	314	314	314
1	5	21	79	38	79	79	79	79	79	79	79	314	314
1	5	22	7	7	79	79	7	79	79	20	20	314	314
1	5	23	38	38	79	79	79	20	20	20	20	177	177
1	5	24	20	20	20	20	20	20	20	20	20	314	314
1	5	25	20	20	7	38	20	20	20	7	7	79	79
1	5	26	0	7	7	79	38	79	79	0	0	0	0
1	6	27	177	177	177	314	314	314	314	707	707	900	900
1	6	28	177	177	177	314	314	707	707	707	707	900	900
1	6	29	177	314	177	314	707	707	707	707	707	900	900
1	6	30	177	177	177	314	314	707	707	707	707	900	900
1	6	31	177	314	314	314	707	314	314	314	314	900	900
1	6	32	177	177	314	177	707	314	314	314	314	900	900
1	6	33	177	177	177	177	177	314	314	314	314	900	900
1	6	34	177	177	177	314	707	707	707	707	707	900	900
1	6	35	177	314	314	707	314	707	707	707	707	707	707
1	6	36	177	314	177	314	314	707	900	900	900	707	707

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin 2015</i>	<i>22 juin 2015</i>	<i>29 juin 2015</i>	<i>9 juil. 2015</i>	<i>14 juil. 2015</i>	<i>20 juil. 2015</i>	<i>28 juil. 2015</i>	<i>4 août 2015</i>	<i>18 août 2015</i>	<i>2 sept. 2015</i>	<i>17 sept. 2015</i>
1	6	37	79	177	314	314	707	314	314	314	314	707	707
1	6	38	177	177	707	707	707	707	707	707	707	707	707
1	6	39	314	38	707	707	707	177	314	314	314	707	707
1	6	40	177	177	177	707	314	314	314	314	314	707	707
1	6	41	177	177	314	707	707	707	707	707	707	707	707
1	6	42	38	177	79	707	707	314	314	314	314	707	707
1	6	43	177	177	707	314	314	314	314	314	314	707	707
1	6	44	38	38	177	38	177	314	314	314	314	707	707
1	6	45	79	177	177	177	314	314	314	314	314	707	707
1	6	46	177	177	79	177	314	314	707	314	314	707	707
1	6	47	79	177	79	314	314	314	314	707	707	707	707
1	6	48	79	177	79	314	314	177	314	314	314	707	707
1	6	49	79	177	79	314	314	314	707	707	707	707	707
1	6	50	79	177	177	314	707	707	707	707	707	707	707
1	6	51	79	177	79	314	707	707	900	900	900	707	707
1	6	52	79	177	177	314	177	707	314	314	314	707	707
1	6	53	3	177	177	314	177	314	314	314	314	707	707
1	6	54	79	177	79	177	707	314	314	314	314	707	707

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin 2015</i>	<i>22 juin 2015</i>	<i>29 juin 2015</i>	<i>9 juil. 2015</i>	<i>14 juil. 2015</i>	<i>20 juil. 2015</i>	<i>28 juil. 2015</i>	<i>4 août 2015</i>	<i>18 août 2015</i>	<i>2 sept. 2015</i>	<i>17 sept. 2015</i>
1	6	55	0	0	177	314	707	314	0	0	0	0	0
2	1	107	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0
2	2	95	38	38	79	177	707	707	707	707	707	707	707
2	2	96	38	38	38	177	314	177	177	177	177	707	707
2	2	97	7	7	20	79	79	177	314	314	314	707	707
2	2	98	79	79	177	707	707	900	900	900	900	707	707
2	2	99	79	79	79	314	707	707	707	707	707	707	707
2	2	100	79	79	177	314	707	900	900	900	900	900	900
2	2	101	20	7	7	7	79	177	314	314	314	900	900
2	2	102	20	79	79	20	707	707	900	900	900	900	900
2	2	103	20	38	177	314	707	900	900	900	900	900	900
2	2	104	7	7	38	314	314	900	900	900	900	900	900
2	2	105	79	79	177	314	900	900	900	900	900	900	900
2	2	106	79	38	79	314	707	900	900	900	900	900	900
2	3	92	79	38	79	79	79	79	79	79	79	38	38
2	4	108	38	7	7	7	20	38	38	38	38	20	20
2	4	109	0	38	7	7	20	20	20	20	20	900	900
2	5	93	79	79	79	177	177	177	177	177	177	314	314

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin 2015</i>	<i>22 juin 2015</i>	<i>29 juin 2015</i>	<i>9 juil. 2015</i>	<i>14 juil. 2015</i>	<i>20 juil. 2015</i>	<i>28 juil. 2015</i>	<i>4 août 2015</i>	<i>18 août 2015</i>	<i>2 sept. 2015</i>	<i>17 sept. 2015</i>
2	5	94	38	38	38	79	79	79	79	79	79	177	177
2	6	68	314	177	707	900	707	707	707	707	707	707	707
2	6	69	177	177	314	314	707	314	314	314	314	707	707
2	6	70	177	177	314	707	707	707	707	707	707	707	707
2	6	71	314	177	314	707	900	707	707	707	707	707	707
2	6	72	7	7	7	7	7	7	7	7	7	707	707
2	6	73	20	20	20	20	20	20	20	20	20	707	707
2	6	74	7	38	7	38	38	38	38	38	38	707	707
2	6	75	314	177	177	177	314	177	177	177	177	707	707
2	6	76	314	177	177	177	314	177	177	177	177	707	707
2	6	77	177	177	177	314	707	707	707	707	707	707	707
2	6	78	177	177	177	177	177	177	707	707	707	707	707
2	6	79	314	177	314	707	707	707	707	707	707	900	900
2	6	80	314	314	314	314	314	707	707	707	707	900	900
2	6	81	314	314	707	707	900	314	314	314	314	900	900
2	6	82	314	314	314	707	900	707	707	707	707	900	900
2	6	83	314	314	314	707	900	707	707	707	707	900	900
2	6	84	314	314	707	900	900	900	900	900	900	900	900

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin</i>	<i>22 juin</i>	<i>29 juin</i>	<i>9 juil.</i>	<i>14 juil.</i>	<i>20 juil.</i>	<i>28 juil.</i>	<i>4 août</i>	<i>18 août</i>	<i>2 sept.</i>	<i>17 sept.</i>
			<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>
2	6	85	177	177	177	177	314	707	900	900	900	900	900
2	6	86	177	177	177	177	314	314	314	314	314	900	900
2	6	87	79	79	79	177	314	314	707	707	707	177	177
2	6	88	177	177	177	314	314	314	314	314	314	177	177
2	6	89	177	0	79	314	177	707	707	707	707	38	38
2	6	90	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	6	91	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	110	79	79	177	79	707	707	707	707	707	900	900
3	2	111	79	79	314	707	707	177	314	314	314	314	314
3	2	112	20	20	20	38	38	38	38	38	38	314	314
3	2	113	20	7	20	20	7	20	20	20	20	314	314
3	2	114	20	20	20	38	7	79	79	79	79	900	900
3	2	115	20	20	7	20	20	314	314	314	314	900	900
3	2	116	20	79	79	177	314	314	314	314	314	900	900
3	2	117	20	79	79	177	314	79	79	79	79	900	900
3	2	118	38	20	79	177	314	177	314	314	314	900	900
3	2	119	0	20	20	79	79	79	79	79	79	900	900
3	3	147	7	7	7	7	7	7	7	7	7	20	20

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>15 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>22 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>29 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>9 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>14 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>20 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>28 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>4 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>18 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>2 sept.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>17 sept.</i> <i>2015</i>
3	3	148	0	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0
3	4	141	20	38	79	38	79	79	79	79	79	7	7
3	4	142	38	79	20	38	20	38	38	38	38	7	7
3	4	143	38	79	79	79	20	38	38	38	38	20	20
3	4	144	38	20	79	7	39	79	79	79	79	79	79
3	4	145	79	79	20	7	38	20	20	20	20	38	38
3	4	146	79	79	7	177	20	7	79	79	79	20	20
3	5	136	79	79	79	177	177	177	314	314	314	177	177
3	5	137	20	20	20	38	79	20	20	20	20	38	38
3	5	138	38	38	38	38	177	79	79	79	79	79	79
3	5	139	38	38	79	79	79	79	79	79	79	20	20
3	5	140	38	38	79	79	177	79	79	79	79	20	20
3	6	120	314	707	707	900	900	314	314	314	314	900	900
3	6	121	314	707	707	900	900	900	900	900	900	900	900
3	6	122	79	707	314	900	900	900	900	900	900	900	900
3	6	123	707	707	707	900	900	900	900	900	900	900	900
3	6	124	177	79	707	707	900	900	900	900	900	900	900
3	6	125	177	314	314	707	707	900	900	900	900	900	900

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin</i>	<i>22 juin</i>	<i>29 juin</i>	<i>9 juil.</i>	<i>14 juil.</i>	<i>20 juil.</i>	<i>28 juil.</i>	<i>4 août</i>	<i>18 août</i>	<i>2 sept.</i>	<i>17 sept.</i>
			<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>
3	6	126	707	707	900	900	900	900	900	900	900	900	900
3	6	127	707	707	900	900	900	900	900	900	900	900	900
3	6	128	900	900	900	900	900	707	900	900	900	900	900
3	6	129	177	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
3	6	130	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
3	6	131	900	900	900	707	900	900	900	900	900	900	900
3	6	132	900	900	707	707	900	900	900	900	900	900	900
3	6	133	900	900	707	900	900	900	900	900	900	900	900
3	6	134	707	900	177	900	900	314	314	314	314	900	900
3	6	135	707	177	707	314	707	900	900	900	900	900	900
4	2	153	20	20	20	79	177	707	707	707	707	707	707
4	2	154	20	7	20	79	79	177	177	177	177	707	707
4	2	155	38	38	79	707	314	707	707	707	707	707	707
4	2	156	7	20	20	79	314	707	900	900	900	707	707
4	2	157	7	38	38	38	314	707	707	707	707	707	707
4	2	158	20	38	79	314	177	707	707	707	707	707	707
4	2	159	79	20	38	177	177	79	79	79	79	707	707
4	2	160	20	20	20	177	79	177	314	314	314	707	707

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>15 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>22 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>29 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>9 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>14 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>20 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>28 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>4 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>18 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>2 sept.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>17 sept.</i> <i>2015</i>
4	2	161	20	20	38	79	177	314	314	314	314	707	707
4	2	162	20	20	20	79	177	177	177	177	177	707	707
4	2	163	20	20	38	314	79	79	79	79	79	707	707
4	2	164	7	7	79	38	79	38	38	38	38	707	707
4	4	149	7	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	150	7	20	7	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	151	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0
4	5	165	7	7	7	7	20	7	7	7	7	79	79
4	5	166	38	38	79	20	38	38	38	38	38	79	79
4	5	167	177	177	177	707	177	177	314	314	314	177	177
4	5	168	38	79	79	79	314	79	79	79	79	177	177
4	5	169	177	177	79	707	314	79	79	79	79	707	707
4	6	152	7	7	20	79	79	177	314	314	314	314	314
5	2	215	38	79	79	314	314	177	177	177	177	707	707
5	2	216	20	38	20	79	38	38	38	38	38	707	707
5	2	217	20	38	20	20	38	38	38	38	38	707	707
5	2	218	20	20	20	20	20	38	38	177	177	707	707
5	2	219	20	38	38	79	79	79	177	79	79	314	314

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin 2015</i>	<i>22 juin 2015</i>	<i>29 juin 2015</i>	<i>9 juil. 2015</i>	<i>14 juil. 2015</i>	<i>20 juil. 2015</i>	<i>28 juil. 2015</i>	<i>4 août 2015</i>	<i>18 août 2015</i>	<i>2 sept. 2015</i>	<i>17 sept. 2015</i>
5	2	220	38	38	38	79	79	79	79	177	177	314	314
5	2	221	38	38	38	38	177	177	177	38	38	314	314
5	2	222	38	38	38	79	79	38	38	177	177	707	707
5	2	223	7	38	38	38	20	0	0	0	0	0	0
5	2	224	177	79	20	314	707	177	177	177	177	707	707
5	2	225	38	38	38	177	177	79	177	79	79	707	707
5	2	226	38	177	79	177	177	79	79	79	79	707	707
5	2	227	38	38	38	177	177	79	79	79	79	707	707
5	2	228	38	20	79	177	79	79	79	79	79	707	707
5	2	229	7	20	79	38	177	79	79	79	79	707	707
5	2	230	20	20	79	79	38	79	79	79	79	707	707
5	2	231	38	38	38	314	38	79	79	79	79	707	707
5	2	232	38	38	79	177	79	177	177	177	177	707	707
5	2	233	38	38	79	79	79	79	79	79	79	707	707
5	2	234	38	20	79	177	314	177	314	314	314	707	707
5	3	260	7	7	20	20	38	20	20	20	20	20	20
5	3	261	20	20	7	7	0	0	0	0	0	0	0
5	3	262	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>15 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>22juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>29 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>9 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>14 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>20 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>28 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>4 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>18 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>2 sept.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>17 sept.</i> <i>2015</i>
5	3	263	20	20	7	20	7	7	7	7	7	38	38
5	3	264	7	7	20	7	38	79	79	79	79	0	0
5	3	265	20	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0
5	4	198	79	79	79	314	177	79	79	79	79	79	79
5	4	199	20	20	20	7	20	0	0	0	0	0	0
5	4	200	7	20	20	7	7	0	0	0	0	0	0
5	4	201	20	20	7	20	20	20	20	20	20	38	38
5	4	202	20	20	38	20	20	20	20	20	20	38	38
5	4	203	20	20	7	20	20	20	20	20	20	38	38
5	4	204	38	20	7	20	20	20	20	20	20	79	79
5	4	205	20	20	7	38	20	20	20	20	20	79	79
5	4	206	38	20	38	38	38	20	20	20	20	79	79
5	4	207	38	38	38	20	38	38	79	79	79	79	79
5	4	208	20	38	79	38	38	38	38	38	38	79	79
5	4	209	38	38	79	20	38	79	79	79	79	20	20
5	4	210	38	38	79	38	79	38	79	79	79	20	20
5	4	211	38	20	79	38	20	7	7	7	7	38	38
5	4	212	7	7	7	20	7	7	7	7	7	38	38

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin 2015</i>	<i>22 juin 2015</i>	<i>29 juin 2015</i>	<i>9 juil. 2015</i>	<i>14 juil. 2015</i>	<i>20 juil. 2015</i>	<i>28 juil. 2015</i>	<i>4 août 2015</i>	<i>18 août 2015</i>	<i>2 sept. 2015</i>	<i>17 sept. 2015</i>
5	4	213	7	7	7	20	20	7	7	7	7	20	20
5	4	214	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	5	170	38	20	38	38	177	38	38	38	38	79	79
5	5	171	20	20	20	38	38	20	20	20	20	79	79
5	5	172	38	20	20	38	38	38	38	38	38	79	79
5	5	173	20	38	7	20	20	20	20	20	20	79	79
5	5	174	20	20	7	20	20	0	0	0	0	0	0
5	5	175	7	7	7	7	7	7	7	7	7	177	177
5	5	176	7	7	7	20	20	7	7	7	7	314	314
5	5	177	20	7	20	20	20	20	20	20	20	177	177
5	5	178	20	20	7	20	20	20	20	20	20	314	314
5	5	179	7	20	7	20	7	20	20	20	20	177	177
5	5	180	7	7	7	20	7	7	20	20	20	38	38
5	5	181	7	20	20	20	20	20	20	20	20	38	38
5	5	182	7	7	7	7	20	20	20	20	20	38	38
5	5	183	7	7	7	20	7	7	7	7	7	38	38
5	5	184	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	5	185	20	7	7	20	20	38	38	38	38	38	38

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>15 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>22juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>29 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>9 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>14 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>20 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>28 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>4 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>18 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>2 sept.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>17 sept.</i> <i>2015</i>
5	5	186	20	20	20	20	20	38	79	79	79	314	314
5	5	187	7	20	20	20	20	20	20	20	20	314	314
5	5	188	7	20	79	7	7	79	79	79	79	314	314
5	5	189	38	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	5	190	79	177	177	79	79	79	79	7	7	314	314
5	5	191	7	20	7	7	20	20	20	20	20	314	314
5	5	192	20	20	20	20	20	20	20	20	20	314	314
5	5	193	20	20	20	20	20	7	7	7	7	314	314
5	5	194	20	177	79	20	20	20	20	20	20	314	314
5	5	195	79	79	79	20	177	20	20	20	20	314	314
5	5	196	79	38	20	177	177	314	707	707	707	314	314
5	5	197	20	38	79	177	177	314	707	707	707	314	314
5	6	235	38	38	20	79	38	38	38	38	38	900	900
5	6	236	38	38	79	177	177	79	79	79	79	900	900
5	6	237	177	177	177	707	900	314	314	314	314	900	900
5	6	238	79	79	20	79	79	79	79	79	79	900	900
5	6	239	38	38	79	38	20	38	38	38	38	900	900
5	6	240	177	177	79	314	177	177	314	314	314	900	900

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin</i>	<i>22 juin</i>	<i>29 juin</i>	<i>9 juil.</i>	<i>14 juil.</i>	<i>20 juil.</i>	<i>28 juil.</i>	<i>4 août</i>	<i>18 août</i>	<i>2 sept.</i>	<i>17 sept.</i>
			<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>
5	6	241	177	177	79	314	177	177	314	314	314	900	900
5	6	242	79	79	79	314	314	314	707	707	707	900	900
5	6	243	177	177	79	314	177	314	707	707	707	900	900
5	6	244	177	177	79	314	314	707	707	707	707	900	900
5	6	245	79	79	38	177	314	314	314	314	314	900	900
5	6	246	79	79	79	177	177	314	314	314	314	900	900
5	6	247	38	38	38	177	79	177	314	314	314	900	900
5	6	248	79	79	79	314	314	707	900	900	900	314	314
5	6	249	79	79	79	314	177	314	314	314	314	177	177
5	6	250	177	177	177	177	79	314	314	314	314	314	314
5	6	251	79	79	79	314	177	177	314	314	314	177	177
5	6	252	38	38	79	314	177	314	314	314	314	707	707
5	6	253	79	79	79	314	314	314	314	314	314	707	707
5	6	254	79	79	177	314	314	314	314	314	314	707	707
5	6	255	38	38	38	38	38	20	20	20	20	707	707
5	6	256	20	20	20	38	38	38	38	38	38	707	707
5	6	257	20	20	20	38	38	38	38	38	38	707	707
5	6	258	38	38	79	79	79	79	177	177	177	707	707

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin</i>	<i>22 juin</i>	<i>29 juin</i>	<i>9 juil.</i>	<i>14 juil.</i>	<i>20 juil.</i>	<i>28 juil.</i>	<i>4 août</i>	<i>18 août</i>	<i>2 sept.</i>	<i>17 sept.</i>
			<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>
5	6	259	79	79	7	79	38	38	79	79	79	38	38
6	2	308	20	20	38	79	79	79	79	79	79	79	79
6	2	309	7	7	7	20	20	20	20	20	20	79	79
6	2	310	7	7	7	20	20	20	20	20	20	79	79
6	2	311	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0
6	2	312	7	20	20	7	20	7	7	7	7	314	314
6	2	313	7	7	7	20	7	7	7	7	7	314	314
6	2	314	7	7	7	7	20	20	20	20	20	314	314
6	2	315	7	7	20	20	20	38	79	79	79	314	314
6	2	316	20	20	38	38	20	38	38	38	38	314	314
6	2	317	20	20	38	38	38	38	79	79	79	707	707
6	3	266	20	7	20	20	7	7	7	7	7	20	20
6	3	267	7	38	7	20	20	7	7	7	7	20	20
6	3	268	7	7	7	20	7	7	7	7	7	20	20
6	3	269	7	7	20	38	7	20	20	20	20	20	20
6	3	270	7	7	7	7	7	20	20	20	20	20	20
6	3	271	20	7	7	7	20	7	7	7	7	20	20
6	3	272	7	7	7	7	20	7	7	7	7	20	20

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>15 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>22juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>29 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>9 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>14 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>20 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>28 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>4 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>18 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>2 sept.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>17 sept.</i> <i>2015</i>
6	3	273	7	7	7	7	7	20	38	38	38	20	20
6	4	318	7	7	38	79	177	79	79	79	79	38	38
6	4	319	20	20	20	38	20	38	38	38	38	38	38
6	4	320	20	20	7	38	79	38	38	38	38	38	38
6	4	321	79	79	7	79	38	79	79	79	79	38	38
6	4	322	38	38	79	20	38	7	7	7	7	38	38
6	4	323	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	5	324	38	38	38	38	38	79	79	79	79	38	38
6	5	325	20	20	38	20	20	20	20	20	20	20	20
6	5	326	20	20	7	38	7	38	79	79	79	38	38
6	5	327	38	38	38	38	20	38	79	79	79	38	38
6	5	328	38	38	38	79	38	38	38	38	38	38	38
6	5	329	7	7	38	7	38	7	7	7	7	38	38
6	5	330	7	7	7	7	7	7	7	7	7	38	38
6	6	274	79	79	20	314	707	707	900	900	900	707	707
6	6	275	177	79	79	314	707	707	900	900	900	707	707
6	6	276	177	79	79	314	707	707	707	707	707	707	707
6	6	277	177	79	79	314	314	707	707	707	707	707	707

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>15 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>22juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>29 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>9 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>14 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>20 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>28 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>4 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>18 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>2 sept.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>17 sept.</i> <i>2015</i>
6	6	278	177	79	177	707	707	707	707	707	707	707	707
6	6	279	314	177	177	314	707	314	707	707	707	707	707
6	6	280	38	38	314	314	79	707	707	707	707	707	707
6	6	281	38	79	177	38	314	707	707	707	707	707	707
6	6	282	79	177	177	314	314	707	900	900	900	707	707
6	6	283	177	177	177	314	79	314	707	707	707	707	707
6	6	284	177	177	177	314	79	707	707	707	707	707	707
6	6	285	314	314	177	707	707	900	900	900	900	707	707
6	6	286	177	314	314	707	707	707	707	707	707	707	707
6	6	287	314	314	314	707	707	707	900	900	900	707	707
6	6	288	177	177	707	314	707	314	314	314	314	707	707
6	6	289	79	177	177	314	314	314	707	707	707	707	707
6	6	290	79	177	177	314	314	707	707	707	707	707	707
6	6	291	79	79	79	314	707	707	707	707	707	707	707
6	6	292	38	79	79	707	314	707	707	707	707	707	707
6	6	293	38	79	79	314	707	707	707	707	707	707	707
6	6	294	38	79	177	314	707	707	900	900	900	707	707
6	6	295	7	38	7	314	38	314	314	314	314	707	707

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>15 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>22juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>29 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>9 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>14 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>20 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>28 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>4 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>18 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>2 sept.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>17 sept.</i> <i>2015</i>
6	6	296	38	79	177	314	707	314	707	707	707	707	707
6	6	297	38	79	314	314	707	314	314	314	314	707	707
6	6	298	177	177	314	707	707	707	707	707	707	707	707
6	6	299	314	314	314	707	707	707	900	900	900	707	707
6	6	300	314	177	314	314	707	314	314	314	314	707	707
6	6	301	314	177	314	314	707	314	314	314	314	707	707
6	6	302	177	177	314	314	707	314	314	314	314	707	707
6	6	303	177	177	177	707	707	314	314	314	314	707	707
6	6	304	177	177	314	707	900	900	900	900	900	707	707
6	6	305	177	177	177	707	900	707	707	707	707	707	707
6	6	306	314	314	314	707	900	900	900	900	900	707	707
6	6	307	314	314	707	707	900	900	900	900	900	707	707
7	2	331	7	7	20	20	20	38	38	38	38	79	79
7	2	332	7	7	7	38	20	20	20	20	20	79	79
7	2	333	7	7	7	7	20	38	38	38	38	79	79
7	2	334	7	7	20	20	38	79	79	79	79	79	79
7	2	335	7	7	20	38	20	38	38	38	38	79	79
7	2	336	20	20	20	79	38	79	177	177	177	79	79

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin 2015</i>	<i>22 juin 2015</i>	<i>29 juin 2015</i>	<i>9 juil. 2015</i>	<i>14 juil. 2015</i>	<i>20 juil. 2015</i>	<i>28 juil. 2015</i>	<i>4 août 2015</i>	<i>18 août 2015</i>	<i>2 sept. 2015</i>	<i>17 sept. 2015</i>
7	3	337	7	7	7	7	20	20	20	20	20	20	20
7	3	338	20	7	7	20	20	7	7	7	7	20	20
7	3	339	7	7	7	7	7	7	7	7	7	20	20
7	3	340	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	3	341	7	7	7	20	7	7	20	20	20	20	20
7	3	342	7	7	20	7	7	0	0	0	0	0	0
7	3	343	20	7	7	7	20	7	20	20	20	20	20
7	3	344	7	7	7	20	20	7	20	20	20	20	20
7	4	345	20	38	38	38	20	38	38	38	38	7	7
7	4	346	7	7	79	7	7	7	7	7	7	7	7
7	4	347	7	7	38	7	7	7	20	20	20	7	7
7	4	348	79	79	7	79	7	79	79	79	79	38	38
7	4	349	7	20	38	177	79	20	20	20	20	20	20
7	4	350	38	38	38	38	38	20	20	20	20	20	20
7	4	351	38	38	38	20	20	20	20	20	20	38	38
7	4	352	38	38	7	38	38	38	38	7	7	38	38
7	4	353	38	38	20	38	38	20	20	20	20	38	38
7	4	354	38	38	7	38	38	20	20	20	20	38	38

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin</i>	<i>22 juin</i>	<i>29 juin</i>	<i>9 juil.</i>	<i>14 juil.</i>	<i>20 juil.</i>	<i>28 juil.</i>	<i>4 août</i>	<i>18 août</i>	<i>2 sept.</i>	<i>17 sept.</i>
			<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>
7	4	355	38	20	7	7	38	20	38	38	38	38	38
7	4	356	7	20	38	79	38	79	79	79	79	38	38
7	4	357	38	38	38	38	20	20	20	20	20	38	38
7	4	358	20	20	7	38	7	20	20	20	20	38	38
7	4	359	20	20	7	38	7	20	38	38	38	38	38
7	5	380	38	38	38	38	20	20	20	20	20	177	177
7	5	381	38	38	38	79	38	20	20	20	20	177	177
7	5	382	38	79	79	79	79	38	38	38	38	177	177
7	5	383	79	79	79	314	177	707	707	707	707	177	177
7	5	384	79	79	177	314	314	314	314	314	314	177	177
7	5	385	20	79	177	177	79	79	79	79	79	177	177
7	5	386	79	79	79	314	314	20	20	20	20	707	707
7	5	387	177	177	177	314	177	314	314	314	314	707	707
7	5	388	79	79	177	314	177	707	707	707	707	707	707
7	5	389	0	0	177	314	314	314	707	707	707	707	707
7	6	360	79	79	314	314	707	314	314	314	314	707	707
7	6	361	79	38	38	79	177	177	314	314	314	707	707
7	6	362	79	38	38	79	177	177	177	177	177	707	707

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin</i>	<i>22 juin</i>	<i>29 juin</i>	<i>9 juil.</i>	<i>14 juil.</i>	<i>20 juil.</i>	<i>28 juil.</i>	<i>4 août</i>	<i>18 août</i>	<i>2 sept.</i>	<i>17 sept.</i>
			<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>
7	6	363	38	79	79	79	177	314	314	314	314	707	707
7	6	364	38	79	79	79	38	177	177	177	177	707	707
7	6	365	79	79	177	177	79	707	900	900	900	707	707
7	6	366	177	177	177	314	314	177	314	314	314	707	707
7	6	367	7	79	177	314	707	707	707	707	707	707	707
7	6	368	7	177	177	707	707	707	707	707	707	707	707
7	6	369	177	177	314	707	707	314	314	314	314	707	707
7	6	370	314	177	177	707	707	314	314	314	314	707	707
7	6	371	177	177	177	707	707	314	707	707	707	707	707
7	6	372	79	79	177	707	707	314	314	314	314	707	707
7	6	373	177	177	177	314	707	314	314	314	314	707	707
7	6	374	707	177	707	707	707	314	314	314	314	707	707
7	6	375	707	177	707	707	900	707	707	707	707	707	707
7	6	376	314	177	177	707	707	707	707	707	707	707	707
7	6	377	707	177	177	707	707	707	707	707	707	707	707
7	6	378	177	79	314	314	314	314	314	314	314	707	707
7	6	379	79	79	38	177	314	314	314	314	314	707	707
8	2	430	38	38	38	79	38	79	79	79	79	900	900

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>15 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>22juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>29 juin</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>9 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>14 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>20 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>28 juil.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>4 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. Fol.</i> <i>18 août</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>2 sept.</i> <i>2015</i>	<i>Surf. fol.</i> <i>17 sept.</i> <i>2015</i>
8	2	431	38	38	38	177	79	79	79	79	79	900	900
8	2	432	20	20	7	20	7	7	7	7	7	707	707
8	2	433	20	38	38	38	20	38	79	79	79	79	79
8	2	434	20	38	20	20	20	0	0	0	0	0	0
8	3	422	20	38	20	38	38	79	79	79	79	20	20
8	3	423	20	7	20	7	20	7	7	7	7	20	20
8	3	424	20	38	38	20	20	20	20	20	20	7	7
8	3	425	20	20	7	20	20	7	7	7	7	20	20
8	3	426	38	7	7	7	7	7	7	7	7	0	0
8	3	427	20	20	7	7	20	20	38	38	38	20	20
8	3	428	7	7	20	0	0	0	0	0	0	0	0
8	3	429	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	4	395	38	38	79	38	7	38	38	38	38	79	79
8	4	396	0	79	79	38	0	0	0	0	0	0	0
8	5	390	38	38	20	38	38	314	314	314	314	177	177
8	5	391	38	38	20	79	79	20	20	20	20	177	177
8	5	392	38	79	79	314	177	177	314	314	314	177	177
8	5	393	20	20	20	38	38	79	79	79	79	177	177

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin</i>	<i>22 juin</i>	<i>29 juin</i>	<i>9 juil.</i>	<i>14 juil.</i>	<i>20 juil.</i>	<i>28 juil.</i>	<i>4 août</i>	<i>18 août</i>	<i>2 sept.</i>	<i>17 sept.</i>
			<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>	<i>2015</i>
8	5	394	38	38	38	38	38	0	0	0	0	0	0
8	6	397	79	177	314	707	314	177	177	177	177	177	177
8	6	398	177	79	79	707	314	314	314	314	314	177	177
8	6	399	79	314	707	707	314	314	707	707	707	707	707
8	6	400	314	177	314	707	707	707	707	707	707	177	177
8	6	401	177	177	314	707	707	707	707	707	707	707	707
8	6	402	177	177	79	314	707	707	707	707	707	707	707
8	6	403	79	177	177	314	707	707	707	707	707	707	707
8	6	404	38	177	79	707	707	707	707	707	707	707	707
8	6	405	177	177	79	314	707	314	707	707	707	707	707
8	6	406	177	79	177	177	314	314	707	707	707	707	707
8	6	407	177	79	177	314	314	177	314	314	314	707	707
8	6	408	177	177	177	707	314	177	314	314	314	707	707
8	6	409	177	79	79	314	314	707	177	177	177	707	707
8	6	410	38	177	177	314	314	314	707	707	707	707	707
8	6	411	79	177	314	314	707	314	314	314	314	707	707
8	6	412	79	79	177	314	707	314	314	314	314	707	707
8	6	413	177	177	314	314	707	707	314	314	314	707	707

<i>Bloc</i>	<i>Traitement</i>	<i>Individus</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. Fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>	<i>Surf. fol.</i>
			<i>15 juin 2015</i>	<i>22 juin 2015</i>	<i>29 juin 2015</i>	<i>9 juil. 2015</i>	<i>14 juil. 2015</i>	<i>20 juil. 2015</i>	<i>28 juil. 2015</i>	<i>4 août 2015</i>	<i>18 août 2015</i>	<i>2 sept. 2015</i>	<i>17 sept. 2015</i>
8	6	414	79	79	177	314	707	707	707	707	707	707	707
8	6	415	177	79	314	177	707	707	707	707	707	707	707
8	6	416	177	79	177	177	707	707	707	707	707	707	707
8	6	417	79	79	177	177	707	314	707	707	707	707	707
8	6	418	79	79	177	177	177	177	177	177	177	707	707
8	6	419	177	177	177	314	314	177	314	314	314	707	707
8	6	420	79	79	177	314	177	707	900	900	900	707	707
8	6	421	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 4 : Données brutes expériences tests d'allélopathie sur le radis

Dans ce tableau :

- « R » correspond à racine;
- « F » correspond à feuille;
- les concentrations sont exprimées en pourcentage;
- la germination est exprimé en présence (1)-absence (0).

<i>Substance</i>	<i>concentration</i>	<i>germination</i>
r	100	0
r	100	0
r	100	0
r	100	1
r	100	0
r	80	0
r	80	0
r	80	0
r	80	0
r	80	0
r	60	0
r	60	1
r	60	0
r	60	1
r	60	0
r	40	0
r	40	1
r	40	0
r	40	1
r	40	0
r	20	0
r	20	1

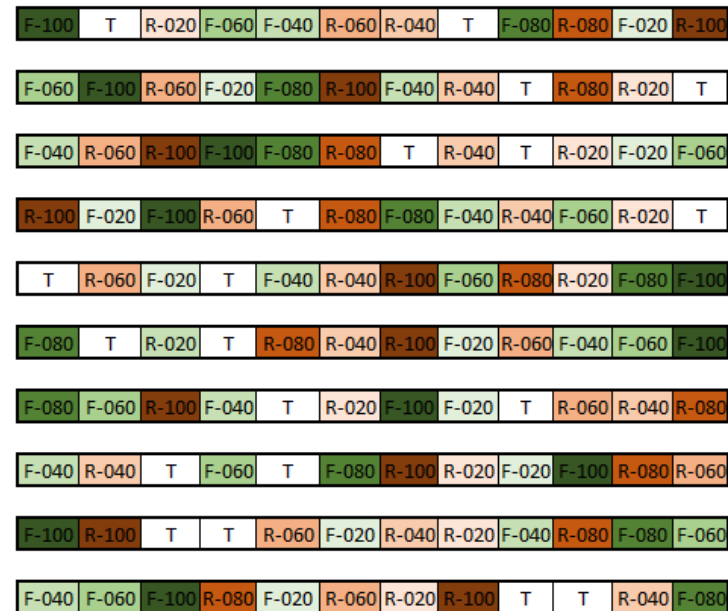
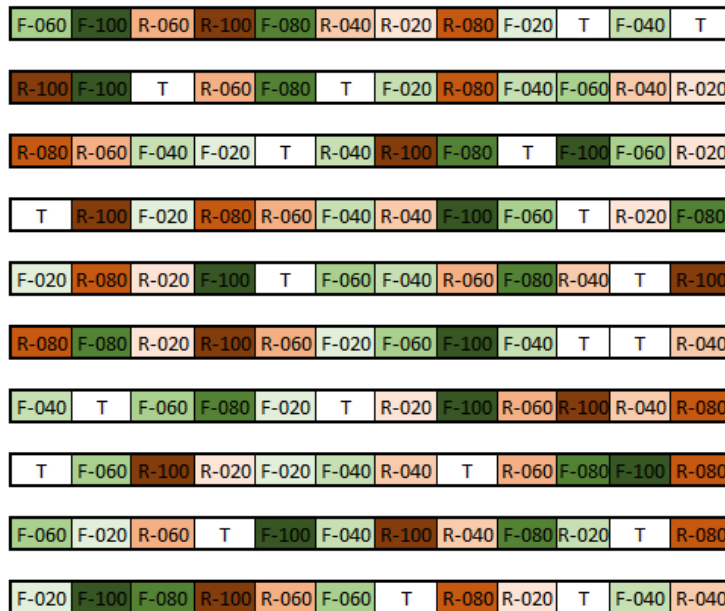
r	20	1
r	20	0
r	20	1
r	0	1
r	0	1
r	0	1
r	0	1
r	0	1
f	100	0
f	100	0
f	100	0
f	100	0
f	100	0
f	80	0
f	80	0
f	80	0
f	80	0
f	80	0
f	60	0
f	60	1
f	60	0
f	60	0
f	60	0
f	40	0
f	40	0
f	40	0
f	40	0
f	40	0
f	20	1
f	20	0
f	20	0

f	20	0
f	20	0
f	0	1
f	0	1
f	0	1
f	0	1
f	0	1

Annexe 5 : Dispositif expérimental de l'expérience de substances allélopathiques sur la berce du Caucase en chambre de croissance

Dans ce schéma:

- « T » correspond au témoin;
- « R » correspond à racine;
- « F » correspond à feuille;
- le chiffre suivant la lettre correspond à la concentration de substances allélopathiques.



Annexe 6 : Données brutes expériences de substances allélopathiques sur la germination de la berce du Caucase

Dans ce tableau :

- « R » correspond à racine;
- « F » correspond à feuille;
- les concentrations sont exprimées en pourcentage;
- la germination est exprimé en présence (1)-absence (0).

Bloc	Feuille/ racine	concentration (%)	Germ. semaine 1	Germ. semaine 2	Germ. semaine 3	Germ. semaine 4	Germ. semaine 5	Germ. semaine 6	Germ. semaine 7	Germ. semaine 8
1	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0
1	f	80	0	0	0	0	0	0	0	1
1	f	60	0	0	0	0	0	0	0	1
1	f	40	0	0	0	0	0	0	0	1
1	f	20	0	0	0	0	0	1	1	1
1	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	r	100	0	0	0	0	0	0	0	0
1	r	80	0	0	0	0	0	0	0	0
1	r	60	0	0	0	0	0	0	0	0
1	r	40	0	0	0	0	0	0	0	0
1	r	20	0	0	0	0	0	0	0	0
1	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Bloc	Feuille/ racine	concentration (%)	Germ. semaine 1	Germ. semaine 2	Germ. semaine 3	Germ. semaine 4	Germ. semaine 5	Germ. semaine 6	Germ. semaine 7	Germ. semaine 8
2	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
2	f	60	0	0	0	0	0	0	0	1
2	f	40	0	0	0	0	0	0	0	0
2	f	20	0	0	0	0	0	0	0	0
2	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	r	100	0	0	0	0	0	0	0	1
2	r	80	0	0	0	0	0	0	0	0
2	r	60	0	0	0	0	0	0	0	0
2	r	40	0	0	0	0	0	0	0	1
2	r	20	0	0	0	0	0	0	0	0
2	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	f	100	0	0	0	0	0	1	1	1
3	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
3	f	60	0	0	0	0	0	0	0	1
3	f	40	0	0	0	0	0	0	0	0
3	f	20	0	0	0	0	0	0	0	1
3	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	r	100	0	0	0	0	0	0	0	0
3	r	80	0	0	0	0	0	0	0	1
3	r	60	0	0	0	0	0	0	0	1
3	r	40	0	0	0	0	0	0	0	0
3	r	20	0	0	0	0	0	0	0	0
3	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Bloc	Feuille/ racine	concentration (%)	Germ. semaine 1	Germ. semaine 2	Germ. semaine 3	Germ. semaine 4	Germ. semaine 5	Germ. semaine 6	Germ. semaine 7	Germ. semaine 8
4	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
4	f	60	0	0	0	0	0	0	0	0
4	f	40	0	0	0	0	0	0	0	0
4	f	20	0	0	0	0	0	0	0	0
4	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	r	100	0	0	0	0	0	0	0	0
4	r	80	0	0	0	0	0	0	0	1
4	r	60	0	0	0	0	0	0	0	1
4	r	40	0	0	0	0	0	0	0	0
4	r	20	0	0	0	0	0	0	0	1
4	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0
5	f	80	0	0	0	0	0	0	0	1
5	f	60	0	0	0	0	0	0	0	0
5	f	40	0	0	0	0	0	0	0	0
5	f	20	0	0	0	0	0	0	0	0
5	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	r	100	0	0	0	0	0	0	0	0
5	r	80	0	0	0	0	0	0	0	0
5	r	60	0	0	0	0	0	0	0	0
5	r	40	0	0	0	0	0	0	0	1
5	r	20	0	0	0	0	0	0	0	1
5	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Bloc	Feuille/ racine	concentration (%)	Germ. semaine 1	Germ. semaine 2	Germ. semaine 3	Germ. semaine 4	Germ. semaine 5	Germ. semaine 6	Germ. semaine 7	Germ. semaine 8
6	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
6	f	60	0	0	0	0	0	0	1	1
6	f	40	0	0	0	0	0	0	0	0
6	f	20	0	0	0	0	0	0	0	1
6	f	0	0	0	0	0	0	1	1	1
6	r	100	0	0	0	0	1	1	1	1
6	r	80	0	0	0	0	0	0	0	0
6	r	60	0	0	0	0	0	0	0	0
6	r	40	0	0	0	0	0	0	0	0
6	r	20	0	0	0	0	0	0	0	0
6	r	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0
7	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
7	f	60	0	0	0	0	0	0	0	0
7	f	40	0	0	0	0	0	0	0	0
7	f	20	0	0	0	0	0	0	1	1
7	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	r	100	0	0	0	0	0	1	1	1
7	r	80	0	0	0	0	0	0	0	0
7	r	60	0	0	0	0	0	0	0	0
7	r	40	0	0	0	0	0	0	1	1
7	r	20	0	0	0	0	0	0	1	1
7	r	0	0	0	0	0	0	1	1	1
8	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Bloc	Feuille/ racine	concentration (%)	Germ. semaine 1	Germ. semaine 2	Germ. semaine 3	Germ. semaine 4	Germ. semaine 5	Germ. semaine 6	Germ. semaine 7	Germ. semaine 8
8	f	80	0	0	0	0	0	0	0	1
8	f	60	0	0	0	0	0	1	1	1
8	f	40	0	0	0	0	0	0	0	0
8	f	20	0	0	0	0	0	0	0	0
8	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	r	100	0	0	0	0	0	0	0	0
8	r	80	0	0	0	0	0	0	1	1
8	r	60	0	0	0	0	0	0	0	1
8	r	40	0	0	0	0	0	0	0	0
8	r	20	0	0	0	0	0	0	0	0
8	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	f	100	0	0	0	0	0	0	0	1
9	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
9	f	60	0	0	0	0	0	0	1	1
9	f	40	0	0	0	0	0	0	0	0
9	f	20	0	0	0	0	0	0	0	0
9	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	r	100	0	0	0	0	0	0	0	0
9	r	80	0	0	0	0	0	0	0	0
9	r	60	0	0	0	0	0	0	0	0
9	r	40	0	0	0	0	0	0	0	0
9	r	20	0	0	0	0	0	0	0	0
9	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Bloc	Feuille/ racine	concentration (%)	Germ. semaine 1	Germ. semaine 2	Germ. semaine 3	Germ. semaine 4	Germ. semaine 5	Germ. semaine 6	Germ. semaine 7	Germ. semaine 8
10	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
10	f	60	0	0	0	0	0	0	0	0
10	f	40	0	0	0	0	0	0	0	0
10	f	20	0	0	0	0	0	0	0	1
10	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	r	100	0	0	0	0	0	0	0	1
10	r	80	0	0	0	0	0	0	0	0
10	r	60	0	0	0	0	0	1	1	1
10	r	40	0	0	0	0	0	0	0	0
10	r	20	0	0	0	0	0	0	0	0
10	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	f	100	0	0	0	0	0	0	0	1
11	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
11	f	60	0	0	0	0	0	0	0	0
11	f	40	0	0	0	0	0	0	0	1
11	f	20	0	0	0	0	0	0	0	0
11	f	0	0	0	0	0	0	1	1	1
11	r	100	0	0	0	0	0	0	0	0
11	r	80	0	0	0	0	0	0	0	1
11	r	60	0	0	0	0	0	0	0	0
11	r	40	0	0	0	0	0	0	0	0
11	r	20	0	0	0	0	0	0	0	1
11	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Bloc	Feuille/ racine	concentration (%)	Germ. semaine 1	Germ. semaine 2	Germ. semaine 3	Germ. semaine 4	Germ. semaine 5	Germ. semaine 6	Germ. semaine 7	Germ. semaine 8
12	f	80	0	0	0	0	0	1	1	1
12	f	60	0	0	0	0	0	1	1	1
12	f	40	0	0	0	0	0	0	0	0
12	f	20	0	0	0	0	0	0	1	1
12	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	r	100	0	0	0	0	0	0	0	0
12	r	80	0	0	0	0	0	0	0	0
12	r	60	0	0	0	0	0	0	0	0
12	r	40	0	0	0	0	0	0	0	0
12	r	20	0	0	0	0	0	0	0	1
12	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0
13	f	80	0	0	0	0	1	1	1	1
13	f	60	0	0	0	0	0	0	0	1
13	f	40	0	0	0	0	0	1	1	1
13	f	20	0	0	0	0	0	1	1	1
13	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	r	100	0	0	0	0	0	1	1	1
13	r	80	0	0	0	0	0	0	1	1
13	r	60	0	0	0	0	0	1	1	1
13	r	40	0	0	0	0	0	0	0	0
13	r	20	0	0	0	0	0	0	0	0
13	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Bloc	Feuille/ racine	concentration (%)	Germ. semaine 1	Germ. semaine 2	Germ. semaine 3	Germ. semaine 4	Germ. semaine 5	Germ. semaine 6	Germ. semaine 7	Germ. semaine 8
14	f	80	0	0	0	0	0	0	0	1
14	f	60	0	0	0	0	0	0	0	0
14	f	40	0	0	0	0	1	1	1	1
14	f	20	0	0	0	0	0	0	1	1
14	f	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14	r	100	0	0	0	0	1	1	1	1
14	r	80	0	0	0	0	0	0	0	1
14	r	60	0	0	0	0	0	0	1	1
14	r	40	0	0	0	0	0	0	0	1
14	r	20	0	0	0	0	0	0	1	1
14	r	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15	f	100	0	0	0	0	0	0	0	1
15	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
15	f	60	0	0	0	0	0	0	0	1
15	f	40	0	0	0	0	0	1	1	1
15	f	20	0	0	0	0	0	0	0	1
15	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	r	100	0	0	0	0	0	0	1	1
15	r	80	0	0	0	0	0	0	0	0
15	r	60	0	0	0	0	0	0	0	0
15	r	40	0	0	0	0	0	1	1	1
15	r	20	0	0	0	0	0	0	1	1
15	r	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Bloc	Feuille/ racine	concentration (%)	Germ. semaine 1	Germ. semaine 2	Germ. semaine 3	Germ. semaine 4	Germ. semaine 5	Germ. semaine 6	Germ. semaine 7	Germ. semaine 8
16	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
16	f	60	0	0	0	0	0	0	1	1
16	f	40	0	0	0	0	0	0	1	1
16	f	20	0	0	0	0	0	0	0	0
16	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	r	100	0	0	0	0	0	0	0	0
16	r	80	0	0	0	0	0	0	0	0
16	r	60	0	0	0	0	0	0	1	1
16	r	40	0	0	0	0	0	0	1	1
16	r	20	0	0	0	0	0	0	0	0
16	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0
17	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
17	f	60	0	0	0	0	0	0	0	1
17	f	40	0	0	0	0	0	0	0	0
17	f	20	0	0	0	0	0	0	0	1
17	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	r	100	0	0	0	0	0	0	1	1
17	r	80	0	0	0	0	0	0	0	0
17	r	60	0	0	0	0	0	0	0	0
17	r	40	0	0	0	0	0	0	0	0
17	r	20	0	0	0	0	0	0	0	0
17	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Bloc	Feuille/ racine	concentration (%)	Germ. semaine 1	Germ. semaine 2	Germ. semaine 3	Germ. semaine 4	Germ. semaine 5	Germ. semaine 6	Germ. semaine 7	Germ. semaine 8
18	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
18	f	60	0	0	0	0	0	0	1	1
18	f	40	0	0	0	0	0	0	0	1
18	f	20	0	0	0	0	0	0	0	0
18	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	r	100	0	0	0	0	0	0	0	0
18	r	80	0	0	0	0	1	1	1	1
18	r	60	0	0	0	0	0	0	0	0
18	r	40	0	0	0	0	0	0	0	0
18	r	20	0	0	0	0	0	0	0	0
18	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	f	100	0	0	0	0	1	1	1	1
19	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
19	f	60	0	0	0	0	0	0	1	1
19	f	40	0	0	0	0	0	0	0	0
19	f	20	0	0	0	0	0	0	1	1
19	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	r	100	0	0	0	0	0	1	1	1
19	r	80	0	0	0	0	0	1	1	1
19	r	60	0	0	0	0	0	0	0	0
19	r	40	0	0	0	0	0	0	1	1
19	r	20	0	0	0	0	0	0	0	0
19	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	f	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Bloc	Feuille/ racine	concentration (%)	Germ. semaine 1	Germ. semaine 2	Germ. semaine 3	Germ. semaine 4	Germ. semaine 5	Germ. semaine 6	Germ. semaine 7	Germ. semaine 8
20	f	80	0	0	0	0	0	0	0	0
20	f	60	0	0	0	0	0	0	0	0
20	f	40	0	0	0	0	0	0	0	1
20	f	20	0	0	0	0	0	0	0	0
20	f	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	r	100	0	0	0	0	0	0	0	0
20	r	80	0	0	0	0	0	0	0	0
20	r	60	0	0	0	0	0	0	0	0
20	r	40	0	0	0	0	0	0	0	0
20	r	20	0	0	0	0	0	0	0	0
20	r	0	0	0	0	0	0	0	0	0