

**INONDATION PRINTANIÈRE DES BASSINS DE CANNEBERGES COMME
MOYEN DE LUTTE AU CHARANÇON DES ATOCAS, UN INSECTE EN
ÉMERGENCE AU QUÉBEC.**

CETA-1-13-1675

DURÉE DU PROJET : AVRIL 2014 / FÉVRIER 2016

RAPPORT FINAL

Réalisé par :
Isabelle Drolet, Agr. Club environnemental et technique atocas Québec
Et
Annabelle Firlej, Ph.D. Institut de recherche et de développement en
agroenvironnement

5 février 2016

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.



INONDATION PRINTANIÈRE DES BASSINS DE CANNEBERGES COMME MOYEN DE LUTTE AU CHARANÇON DES ATOCAS, UN INSECTE EN ÉMERGENCE AU QUÉBEC.

CETA-1-13-1675

RÉSUMÉ DU PROJET

Le Québec est une importante région productrice de canneberges avec 9247 acres (3742 ha) en culture (APCQ, 2015). Ces dernières années, de sérieuses augmentations de la population du charançon des atocas (Coléoptère : Curculionidae, *Anthonomus musculus*) ont été observées dans les champs (CETAQ, 2015). Ce petit coléoptère représente une menace importante pour la culture puisqu'il s'attaque directement aux principales parties reproductives d'un plant, soit les boutons floraux. En régie biologique, la situation est préjudiciable puisqu'il n'existe actuellement aucun moyen de contrôle efficace. En régie conventionnelle, un seul produit est homologué pour lutter contre cet insecte, l'Actara®25WG. L'objectif du projet est d'évaluer l'efficacité de l'inondation printanière des bassins de culture pendant 48 hrs pour lutter contre ce ravageur. Le projet a été réalisé dans le Centre-du-Québec en 2014 et 2015. Les adultes printaniers, ont été collectés à l'aide d'un filet fauchoir et d'un aspirateur entomologique. Pour les populations d'adultes d'été, seul l'aspirateur entomologique a été utilisé. Des tiges productives ont été collectées à chaque semaine de la période phénologique «Crochets» afin d'évaluer les dommages causés par l'insecte. Dans les champs inondés, les populations d'adultes printaniers ont baissé à des niveaux significativement inférieurs après l'inondation comparativement à avant l'inondation. À chacune des semaines après l'inondation, les adultes printaniers ont toujours été plus abondants dans les champs témoins que dans les champs inondés. Les taux de dommages aux crochets sont de deux à trois fois réduits dans les champs inondés comparés aux témoins. L'abondance des adultes d'été est en moyenne plus du double dans les champs témoins comparativement aux champs inondés. D'après ces résultats, l'inondation printanière est une pratique culturale qui offre une bonne répression du charançon des atocas et une atténuation des dommages.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

L'objectif du projet était de vérifier l'efficacité de l'inondation printanière des bassins de canneberges pendant 48 heures pour lutter contre le charançon des atocas (*Anthonomus musculus*). Le projet s'est déroulé dans le Centre-du-Québec dans 9 champs expérimentaux (6 champs inondés et 3 champs témoins) en 2014 et dans 8 champs (4 inondés et 4 témoins) en 2015. Pour l'évaluation des populations d'adultes printaniers, présents en mai et juin, deux techniques d'échantillonnage ont été utilisées, le filet fauchoir et l'aspirateur entomologique. L'évaluation de la population des adultes d'été, actifs en champs pendant le stade de fructification des plants en juillet et août, a été réalisée uniquement à l'aide de l'aspirateur entomologique. Les facteurs «température» et «vent» ont une influence sur l'activité de l'insecte. Par conséquent, pour avoir une bonne représentation de la population, toutes les collectes devaient être rigoureusement effectuées sous des conditions météorologiques optimales ($T \geq 20^{\circ}\text{C}$, faible vent et idéalement lors de journées ensoleillées). L'impact du ravageur sur les plants a été déterminé par la collecte de tiges productives à raison de 50 tiges par champ par semaine durant la période de stade «Crochets» des plants. L'examen de 7231 (2014) et de 5646 (2015) boutons floraux en laboratoire a permis d'établir le taux de dommages occasionnés par la ponte et l'alimentation des adultes printaniers. Les autres données prélevées dans le cadre de ce projet sont la phénologie des plants au moment de l'inondation, les conditions de l'eau (oxygène dissous et température) pendant l'inondation, des observations sur les pourtours des champs et la collecte de débris flottants pendant l'inondation, la densité végétale, la compilation des autres espèces de ravageurs collectés avec l'échantillonnage au filet et enfin, les coûts relatifs à ce moyen de lutte physique.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Les décomptes de charançons et les dommages aux crochets ont été comparés entre les traitements à l'aide d'analyses de variance paramétriques ou non paramétriques suivi de tests de comparaisons multiples.

Des renseignements sur les sites expérimentaux (nombre de fermes, variété et âge des champs, numéros des champs et répartition des traitements) ainsi que le calendrier des principaux échantillonnages qui ont été réalisés sont fournis en annexe (A.1 et A.2). Le moment d'intervention pour initier l'inondation a été conforme aux critères à respecter pour ce type d'intervention soit, l'abondance de l'insecte et la phénologie des plants, et ce pour chacun des sites des deux années du projet (A.3). Pendant l'inondation, l'oxygène dissous était de $9,17 \pm 1,53$ ppm en moyenne pour les six champs en 2014 et de $9,25 \pm 0,67$ ppm d'O₂ pour les quatre champs en 2015 (A.4).

Effet de l'inondation sur la population du charançon des atocas (adultes printaniers)

Au cours des deux années du projet, les résultats pour évaluer l'impact de l'inondation sur les populations printanières du charançon des atocas ont été obtenus avec le filet fauchoir et la balayeuse entomologique, le long d'un parcourt en bordure des champs. D'après le patron de dispersion de l'insecte, de 67 à 98% de la population printanière se retrouvent à l'intérieur des premiers 10 mètres de la bordure (Joly-Séguin *et al.*, 2011). L'unité de surface échantillonnée pour chacune des techniques étant différente, les analyses ont donc été réalisées de manière distincte. Avec le filet fauchoir, approximativement une surface de 18 m² par unité d'échantillonnage au niveau de la canopée est échantillonnée tandis qu'avec la balayeuse, la surface de collecte est de 3 m² par unité.

Il y a une différence significative entre les populations de charançons printaniers avant et après l'inondation en 2014 avec la collecte utilisant la balayeuse entomologique (Kruskal-Wallis : $\chi^2=28,3238$; df=3; p<0,0001, suivis d'un test de Wilcoxon) (Figure 1) et avec le filet (Kruskal-Wallis : $\chi^2=29,6444$; df=3; p<0,0001, suivis d'un test de Wilcoxon) (Figure 2). À cause de l'absence de données pour le témoin en 2014 avec ces deux méthodes d'échantillonnages, nous n'avons pas fait d'analyse pour comparer les données entre les semaines pour les témoins. Une justification de cette contrainte est fournie en annexe (A.5).

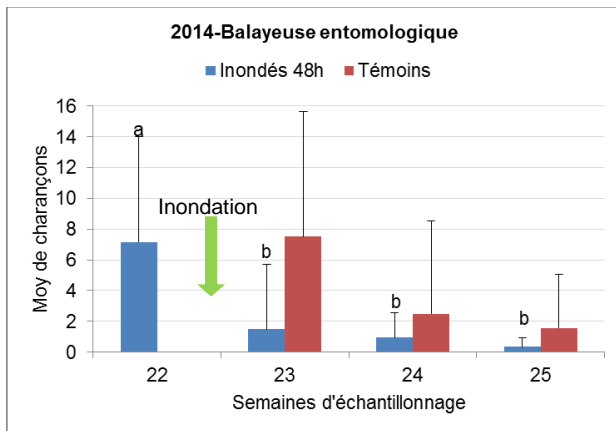


Figure 1

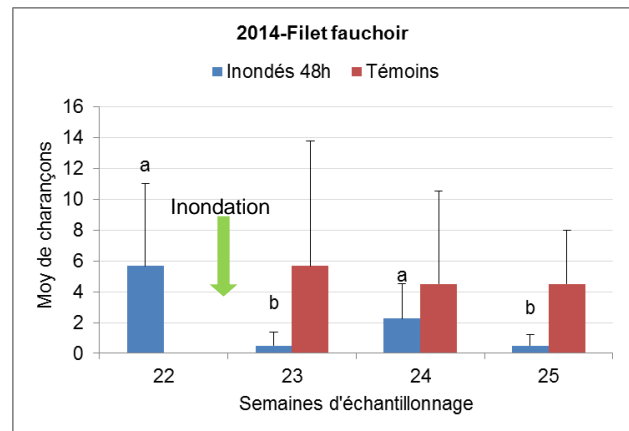


Figure 2

Figures 1 et 2 : Moyenne (\pm écart-type) de charançons récoltés en 2014 avec la balayeuse entomologique (figure 1) et avec le filet en bordure (figure 2) durant quatre semaines d'échantillonnage (des lettres différentes indiquent une différence significative à $p < 0,0083$ avec Wilcoxon).

En 2015, alors que les populations de charançons ne diffèrent pas d'une semaine à l'autre dans les champs témoins (Figures 3 et 4) (Témoin-balayeuse, Kruskal-Wallis : $\chi^2=8,0893$; df=4; p=0,0884;

Témoin-filet, Kruskal Wallis : $\chi^2=3,7870$; $df=4$; $p=0,4356$), dans les champs inondés, il y a une différence significative avant et après l'inondation avec la technique du filet (Kruskal-Wallis : $\chi^2=40,9671$; $df=4$; $p<0,0001$, suivi d'un test de Wilcoxon) (Figure 4). Quand la balayeuse entomologique est utilisée, la comparaison générale indique une différence légère entre les semaines (Kruskal-Wallis : $\chi^2=9,6743$; $df=4$; $p=0,046$) mais en appliquant des comparaisons deux à deux avec un Wilcoxon dont l' α a été ajusté à 0,005, nous ne sommes plus capable de déceler les différences (Figure 3).

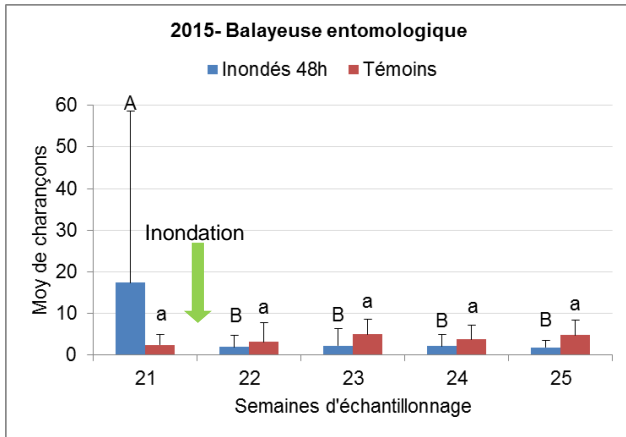


Figure 3

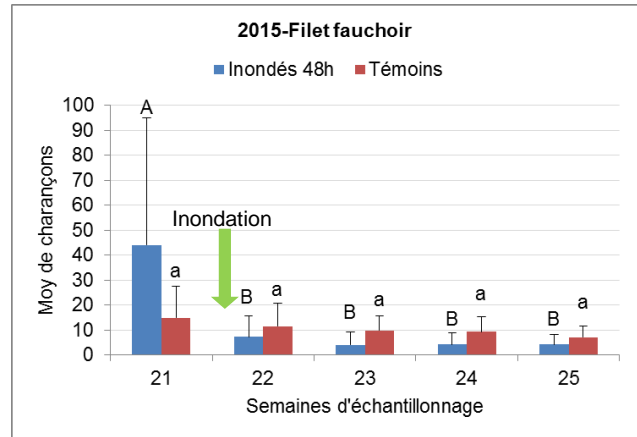


Figure 4

Figures 3 et 4 : Moyenne (\pm écart-type) de charançons récoltés en 2015 avec la balayeuse entomologique (figure 3) et avec le filet en bordure (figure 4) durant cinq semaines d'échantillonnage (des lettres différentes au sein d'un même traitement, indiquent une différence significative à $p<0,005$ avec Wilcoxon).

Avant le traitement, les moyennes de charançon obtenues dans les champs ciblés pour être inondés ont été de 7,2 (Balayeuse) et 5,7 (Filet) en 2014 et de 17,5 (Balayeuse) et 44,1 (Filet) en 2015. À titre indicatif, le seuil d'intervention de référence utilisé par le CETAQ est de 4,5 adultes par unité d'échantillonnage avec le filet fauchoir. Après l'inondation de 2014 et de 2015, on observe une baisse importante et significative des populations dans les champs inondés autant avec la balayeuse qu'avec le filet. Également, la moyenne des captures a été plus élevée dans les champs témoins comparativement aux champs inondés à chacune des semaines suivant l'inondation au cours des deux années.

Évaluation des dommages aux crochets dûs aux charançons de printemps

La mesure de la densité des champs par le décompte de tiges végétatives et de tiges productives confirme que les pourcentages de tiges en production dans les champs inondés et témoins en 2014 et 2015 étaient similaires (A.6). Ceci permet de constater que les ressources alimentaires et les sites de ponte étaient comparables entre les deux traitements. Les crochets endommagés ont toujours été supérieurs dans les champs témoins comparativement aux champs inondés à chaque semaine d'échantillonnage en 2014 et 2015 de la période phénologique du stade «Crotchets» (A.7). Globalement pour les deux années, les taux moyens de crochets endommagés étaient significativement supérieurs dans les champs témoins plutôt que ceux inondés (2014 : $Z=5,786$, $p<0,0001$; 2015 : $Z=7,035$, $p<0,0001$ avec Wilcoxon) (Figure 5).

Les champs inondés avaient respectivement 9% et 16% de crochets endommagés en 2014 et 2015. Les champs témoins avaient des taux respectifs de dommages de 24% et de 32% en 2014 et 2015. Nous avons donc observé une diminution de 63% des dommages en 2014 dans les champs inondés et de 50% en 2015.

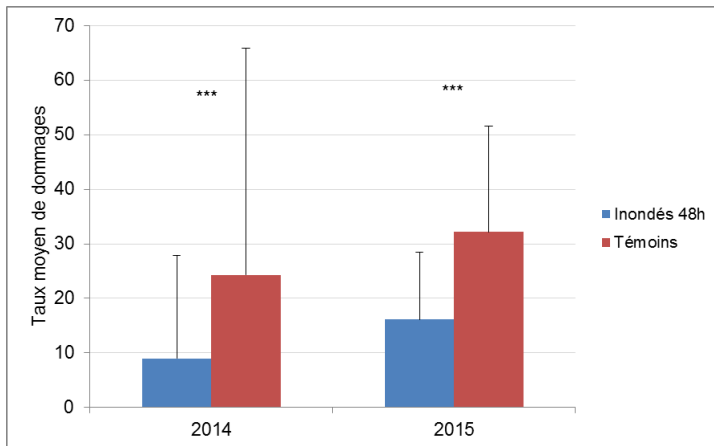
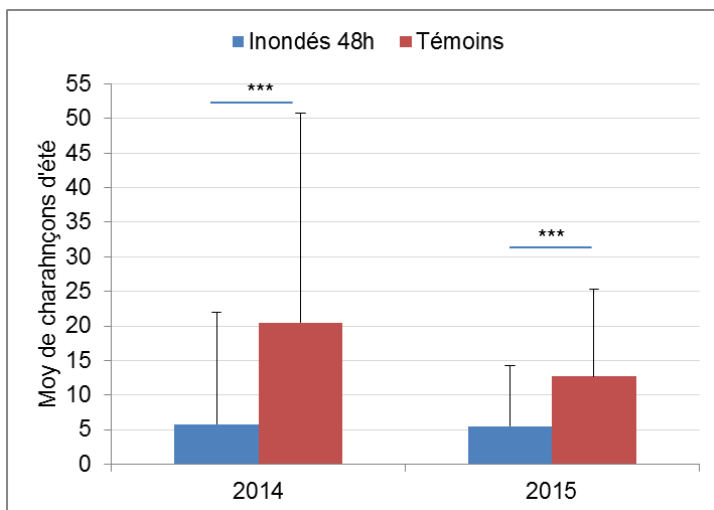


Figure 5 : Taux moyen (\pm écart-type) de crochets endommagés dans les champs témoins et inondés en 2014 et 2015 (***) : $p < 0,0001$ avec un Wilcoxon).



Effet de l'inondation sur la population de charançons des atocas (adultes d'été)

Les populations de charançons d'été ont été diminuées significativement grâce aux inondations en 2014 et 2015 (2014 : $Z=7,85545$; $df=1$; $p < 0,0001$; 2015 : $Z=6,12118$; $df=1$; $p < 0,0001$) (Figure 6).

En 2014, la compilation des données collectées durant les semaines 29 à 36 indique une moyenne de $20,5 \pm 30,4$ charançons par unité d'échantillonnage dans les champs témoins tandis que dans les champs inondés la moyenne observée est de $5,7 \pm 16,3$ charançons par unité d'échantillonnage).

En 2015, les captures des charançons ont été effectuées durant les semaines 31 à 36 et les moyennes obtenues sont respectivement de $12,7 \pm 12,7$ et de $5,4 \pm 8,8$ charançons par unité d'échantillonnage dans les champs témoins et les champs inondés. Globalement la population d'été est 3,6 (2014) à 2,3 (2015) inférieure dans les champs inondés comparativement aux témoins.

Figure 6 : Moyenne (\pm écart-type) de charançons récoltés en 2014 et 2015 avec la balayeuse entomologique (***) : $p < 0,0001$ avec Wilcoxon).
En 2014 : 8 semaines d'échantillonnages;
En 2015 : 6 semaines d'échantillonnages.

L'inondation printanière minimise l'impact du charançon des atocas sur la culture. Cette pratique abaisse, à des niveaux significatifs, l'abondance des populations d'adultes hibernants qui migrent vers les champs au printemps ainsi que des adultes de la génération d'été dont les œufs, larves et pupes se développent dans les boutons floraux et émergent en champs en été. Il s'en trouve que les taux de dommages aux plants sont de deux à trois fois réduits dans les champs inondés comparé aux témoins.

Cependant, bien que la menace soit atténuée suivant l'inondation, ce moyen de contrôle n'élimine pas complètement la population en champs et certains individus survivent au traitement. Durant l'inondation des observations complémentaires sur les digues, dans les débris flottants et sur des plantes non submergées ont été effectuées. Il apparaît que ces lieux peuvent être des refuges pour l'insecte (A.8). L'impact de l'inondation sur les autres ravageurs lépidoptères n'a pu être déterminé puisque la densité des espèces «autres» que le charançon était trop variable et globalement faible. Néanmoins, selon l'interprétation générale des captures et d'après la littérature, l'inondation printanière permettrait le contrôle des larves hâtives d'arpeuses et de noctuelles (A.9). Le prix d'un traitement avec le produit commercial standard est d'environ 52\$/acre et celui de l'inondation varie de 50 à 100\$ de l'acre (A.10), selon la confection du système hydrique de la ferme et le nombre de champs à inonder.

DIFFUSION DES RÉSULTATS

Le rapport final sera disponible sur le site d'Agri-Réseau. Il sera mis également à la disponibilité des producteurs membres sur le site internet de l'Association des producteurs de canneberges du Québec (www.notrecanneberge.com). La fiche synthèse sera transmise par courriel aux membres du CETAQ. La diffusion des résultats a été réalisée lors de ces deux évènements :

- 17 mars 2015 : Assemblée générale annuelle du CETAQ;
- 28 janvier 2016 : Journée sur l'innovation et le progrès en agroalimentaire au Centre-du-Québec (INPACQ) – Canneberges.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Le charançon des atocas est le problème numéro 1 en entomologie dans la production de canneberge. L'inondation printanière représente une solution à ce problème et l'ensemble des efforts et des résultats obtenus dans ce projet répond aux besoins des producteurs. Cette pratique représente le seul recours pour lutter contre ce ravageur sur les fermes en régie biologique. Plus du tiers des fermes au Québec seront en régie biologique en 2016 (APCQ, 2015) et il est certes évident qu'elles utiliseront l'inondation printanière si des seuils d'intervention sont obtenus lors des suivis de dépistage hebdomadaire. Cependant, des mesures de raffinement pourraient contribuer à optimiser et à améliorer l'efficacité que procure ce moyen de lutte :

- Déterminer le bon moment d'intervention pour éviter une élongation du bourgeon trop avancée et par conséquent que la ponte n'ait débuté.
- Réduire le plus possible les lieux de refuges : 1) Couper les parties aériennes (ou désherber) des plants de mauvaises herbes avant d'initier la montée de l'eau; 2) Assurer un niveau d'eau adéquat pour ne pas voir des têtes non submergées de plants de canneberges; 3) Effectuer la récolte de débris flottants pour capturer les adultes utilisant ces débris pour flotter.

Pour les producteurs conventionnels, cette pratique représente également plusieurs avantages. Néanmoins, le fait que l'Actara®25WG soit homologué pour lutter contre cet insecte et que l'inondation printanière n'atteigne pas les mêmes niveaux d'efficacité, il peut être plus difficile que la majorité n'adopte cette pratique. Certains le feront, mais seulement des actions d'amélioration accompagnées par des suivis continus à la ferme par le Club d'encadrement ainsi que des efforts de sensibilisation pourraient être des incitatifs pour un usage plus global sur les fermes en régie conventionnelle. Toutefois, l'inondation est une avenue souhaitable puisqu'il est reconnu que l'emploi répété d'un même produit conduit au développement de la résistance.

Enfin, des inquiétudes sont soulevées quant au fait que l'inondation nuise au rendement et à la qualité des fruits (ex : taux d'anthocyanine). Des recherches actuelles démontrent que 5 jours suivant la saturation du sol, on observe une diminution de la photosynthèse (Pelletier *et al.*, 2016). Il serait d'intérêt, de vérifier l'effet de la saturation du sol (au printemps) sur les paramètres de rendement et de qualité des fruits au moment de la récolte (5 mois plus tard). Par ailleurs, une étude réalisée au Wisconsin, révèle que cette pratique représente peu de risque tant et aussi longtemps que l'oxygène dissous dans l'eau se maintient au-dessus du seuil critique (Steffan *et al.*, 2014). Or, tel est le cas sous les conditions printanières au Québec où l'eau des réservoirs est bien oxygénée. De plus, l'étude américaine indique que l'inondation des bassins peut induire un stress aux plants les trois premières semaines après le traitement, mais que l'impact de l'inondation à la récolte était inexistant. Il est essentiel que les champs inondés aient un bon système de drainage. Un champ où l'eau ne s'évacue pas bien et stagne peut réellement nuire à la récolte.

Un prélèvement en septembre de plants pour évaluer la mise à fruits a été suggéré au rapport d'étape. Après avoir consulté différents conseillers pour cette production, il a été jugé que cette donnée supplémentaire ne serait pas valable. Il est en effet difficile de tirer des conclusions sur la mise à fruit des plants entre différents champs positionnés sur différentes fermes puisque plusieurs éléments peuvent influencer cette donnée comme l'âge des champs, la variété, la qualité du drainage, la protection contre le gel printanier et le gel automnale, la régie de l'irrigation pour répondre aux besoins en eau et éviter les coups de chaleur, le type de sol et la régie de la fertilisation. Le choix des bassins pour réaliser l'expérience (A.1) n'ayant été basé que sur les niveaux de population du charançon, toutes ces sources de variabilités devenaient contraignantes pour permettre une bonne interprétation de cette donnée, d'autant plus qu'en 2015, des problèmes de drainage sont survenus dans deux des champs inondés.

L'inondation printanière est une pratique culturale propre à la culture de la canneberge. L'usage d'une telle pratique pour la lutter contre les organismes nuisibles fait partie des actions préconisées par la lutte intégrée et elle représente une méthode alternative aux pesticides. Enfin, les coûts pour inonder les bassins sont raisonnables (50 à 100\$ de l'acre).

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Isabelle Drolet, agr.

Club Environnemental et Technique Atocas Québec (CETAQ)

859, Ancienne Route de l'Église.

Notre-Dame-de-Lourdes, Québec, G0S 1T0

Téléphone : 819 385-4242 poste 230

Cellulaire : 819 621-7492

Courriel: idrolet.agr@gmail.com

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

« Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 4 du programme Prime-Vert –Appui au développement et au transfert de connaissances en agroenvironnement avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation par l'entremise de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021.»



Nous remercions également les 9 fermes qui ont participées au projet :

Canneberges Québec, Pampev, inc. Canneberges des deux rivières, Atobec inc, Nature canneberges, Atocas Blandford, Canneberges Sakota SENC, Atocas Notre-Dame et Ferme les Quatre Épinettes.

La collaboration de ces entreprises était essentielle à la réussite de l'étude. Elle se traduit par la location gratuite de champs avec un haut niveau d'infestation du charançon des atocas et dans lesquels les deux traitements ont pu être réalisés (Inondation printanière de 48 hrs et témoin) au cours des saisons estivales 2014 et 2015.

ANNEXE – Sections 1 à 10

Les différentes sections de l'annexe sont :

1. Sites expérimentaux
2. Calendrier des échantillonnages
3. Critères de détermination du moment d'intervention
4. Conditions de l'eau pendant l'inondation
5. Justifications des contraintes d'échantillonnage
6. Mesures de la densité des champs
7. Évaluation des dommages aux crochets à chaque semaine d'échantillonnage en 2014 et 2015
8. Observations complémentaires pendant l'inondation
9. Effet de l'inondation sur la population des autres ravageurs
10. Coûts de l'inondation

ANNEXE (CETA-1-13-1675)

11. Sites expérimentaux

Les tableaux 1 et 2 présentent les sites expérimentaux qui ont été utilisés au cours des deux années du projet, 2014 et 2015.

Tableau 1 : Informations sur les 6 fermes (4 biologiques, 2 conventionnelles), 9 champs expérimentaux et 2 traitements (Inondation 48 hrs et témoin) en 2014

Fermes	Régies	# champs expérimentaux	Varités	Année implantation	Traitements
1	Biologique	2	Stevens	2000	Inondation 48 hrs
1	Biologique	3	Stevens	2000	Inondation 48 hrs
2	Biologique	4	Stevens	2002	Inondation 48 hrs
3	Biologique	15	Stevens	2008	Inondation 48 hrs
4	Conventionnelle	16	Pilgrim	1998	Inondation 48 hrs
5	Conventionnelle	2D	Stevens	1994	Inondation 48 hrs
6	Biologique	B04	Pilgrim	2006	Témoin
6	Biologique	B05	Stevens	2005	Témoin
6	Biologique	C05	Benlear	2009	Témoin

Tableau 2 : Informations sur les 5 fermes (biologiques), 8 champs expérimentaux et 2 traitements (Inondation 48 hrs et témoin) en 2015

Fermes	Régies	# champs expérimentaux	Varités	Année implantation	Traitements
1	Biologique	E01	Stevens	2005	Témoin
1	Biologique	E03	Stevens	2005	Inondation 48 hrs
2	Biologique	B04	Pilgrim	2006	Inondation 48 hrs
2	Biologique	C05	Benlear	2009	Inondation 48 hrs
3	Biologique	1	Stevens	1998	Inondation 48 hrs
4	Biologique	9	Pilgrim	2004	Témoin
4	Biologique	19	Pilgrim	2007	Témoin
5	Biologique	E05	Benlear	2000	Témoin

12. Calendrier des échantillonnages

Le tableau 3 détaille les principales activités d'échantillonnage réalisées dans le cadre du projet

Tableau 3 : Calendrier des échantillonnages dans les champs expérimentaux en 2014 et 2015

Sites expérimentaux	Années	Semaines d'échantillonnage															
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2	2014				C	C	C	C									
3	2014				C	C	C	C									
4	2014				C	C	C	C									
15	2014				C	C	C	C									
16	2014				C	C	C	C									
2D	2014				C	C	C	C									
E03	2015				C	C	C										
B04	2015				C	C	C										
C05	2015				C	C	C										
1	2015				C	C	C										

Légende :

	Évaluation de la population des adultes printaniers avant l'inondation
	Évaluation de la population des adultes printaniers après l'inondation
C	Évaluation des dommages aux crochets
	Période de pollinisation
	Évaluation de la population des adultes d'été
	Mauvais temps, aucune donnée

13. Critères de détermination du moment d'intervention

Avant d'initier l'inondation printanière, il est important de considérer le cycle de vie de l'insecte ainsi que la phénologie des plants. Le charançon des atocas hibernent au stade adulte à proximité des champs, en majorité dans une zone de 10 à 30 m des champs (Averil & Sylvia, 1998). Dès l'arrivée du printemps, il migre vers les champs pour se nourrir et se reproduire. Ainsi, avant de commencer à monter l'eau dans les bassins, il importe que l'entrée en champs du charançon soit avancée ou complétée. Ensuite, la période d'inondation devrait correspondre au stade de débourrement des bourgeons jusqu'à ce que ceux-ci atteignent une élongation maximale de 10 à 15 mm. Le stade des plants à cette période se situe entre « Late cabbage head » et « Early bud elongation ». À ce stade, le bourgeon est encore résistant à l'inondation. Plus le bourgeon s'allonge et est avancé dans son développement, plus la plante est active physiologiquement et plus l'inondation risque de provoquer un stress à la plante. De plus, les femelles du ravageur amorcent la ponte au tout début de l'élongation lorsque les boutons floraux sont à peine visibles et donc, plus le traitement est retardé, plus il y a risque de ponte et de dommages aux plants. Les champs expérimentaux de 2014 affichaient des longueurs d'élongation des bourgeons juste avant l'inondation de 8,1 mm à 13,3 mm en moyenne en 2014 et de 4,7 mm à 7,3 mm en moyenne en 2015 (Figure 1).

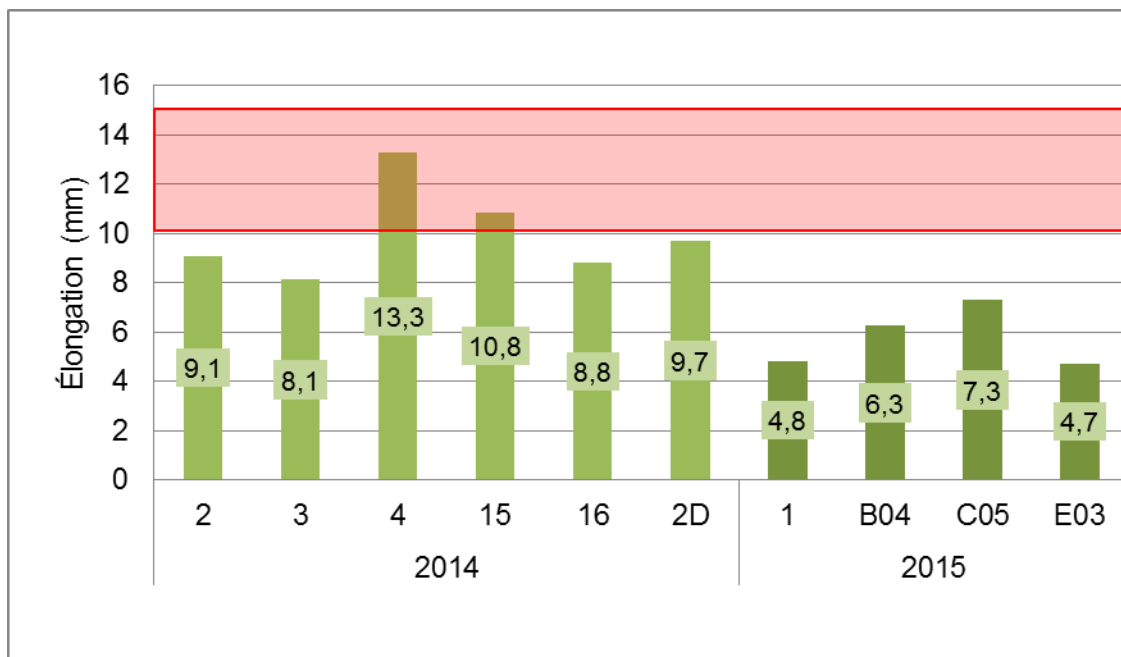


Figure 1 : Taille (mm) des bourgeons en élongation dans les champs utilisés pour l'inondation en 2014 et 2015.

14. Conditions de l'eau pendant l'inondation

Les mesures de conditions de l'eau tel que la température et l'oxygène (O₂) dissous ont été prises à l'aide d'un oxymètre les jours 1 et 2 de la période d'inondation dans tous les bassins traités. Le taux critique d'oxygène dissous dans l'eau pouvant causer des dommages aux plants est évalué de 5,0 ppm (Steffan *et al.*, 2014) à 5,7 ppm (Eck. P., 1990). La figure 2 illustre les taux moyens d'oxygène dissous au jour 2 de l'inondation dans les 10 champs expérimentaux inondés en 2014 et 2015.

Bien que la quantité de données soit petite (10 champs), on observe que lorsque la température de l'eau augmente, il y a une légère tendance à la baisse de la concentration de l'oxygène dissous dans l'eau ce qui a été également observé dans une étude au Wisconsin en 2011 (Steffan *et al.*, 2014). Dans les champs expérimentaux, la température de l'eau se situaient entre 15,6 et 30,3 °C (jour 2).

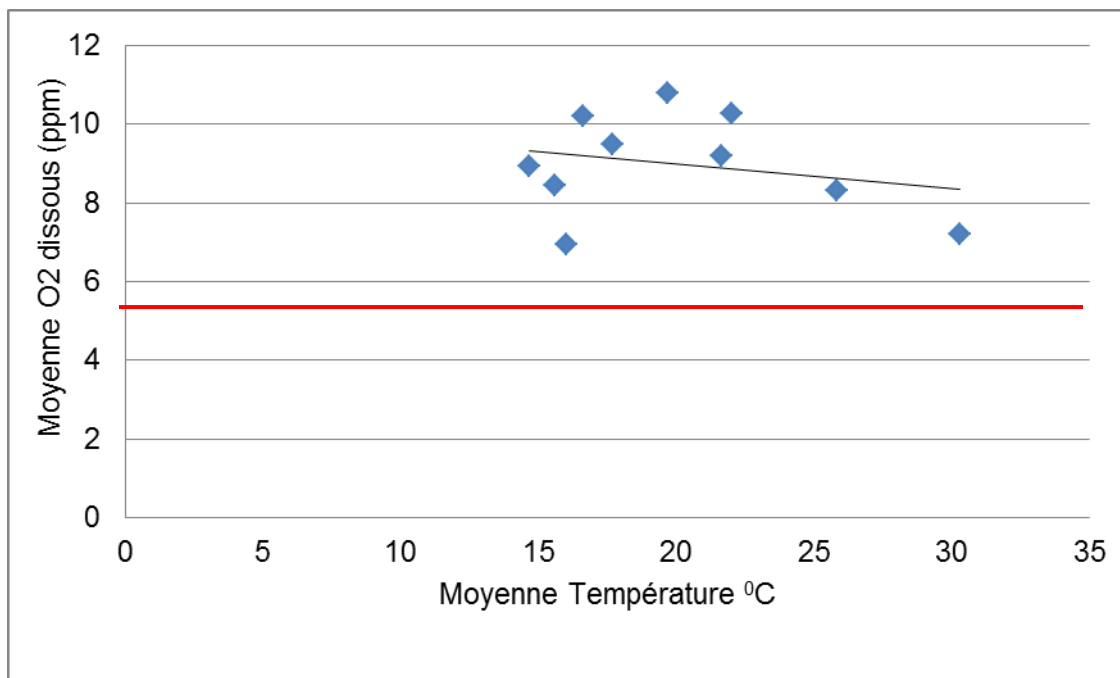


Figure 2 : Taux moyen d'oxygène dissous le jour 2 de l'inondation dans les 10 champs inondés en 2014 et 2015.

15. Justifications des contraintes d'échantillonnage

En 2014, trois techniques différentes d'échantillonnage qui avaient été utilisées sont : la balayeuse entomologique, le filet en bordure du champ et le filet en zig-zag. Le filet avec un parcours en zig-zag au champ est la façon standard de dépister les champs par l'équipe du Club environnemental et technique atocas Québec. Dans les champs témoins avant l'inondation, la seule donnée que nous avons pu obtenir sous les conditions optimales souhaitées est avec cette technique. Les deux autres méthodes de collecte n'ont pas pu être utilisées dû au contexte météorologique difficile.

En 2015, la technique de filet en zig-zag a été abandonnée et les deux techniques en bordures (filet et balayeuse) ont été maintenues. Ce choix a été basé sur les arguments suivants :

- 1) Suivant l'analyse statistique des données de 2014 (test de Kruskal-Wallis), ces trois méthodes ne différaient pas entre elles pour le nombre de charançons collectés par unité d'échantillonnage ($\chi_2=5,5273$; $df=2$; $p=0,0631$);
- 2) En cas de contraintes météorologiques, il importait de diminuer l'effort d'échantillonnage afin d'optimiser la collecte de données et éviter d'avoir des données manquantes;
- 3) Le comportement grégaire de l'insecte ainsi que son patron de dispersion en champs justifie de privilégier un parcours le long des bordures

À titre indicatif, les captures moyennes obtenues en 2014 dans les champs témoins avec le filet en zig-zag ont été de 6,27 adultes par série. Cette valeur ne peut être intégrée aux analyses, mais elle permet de confirmer que le seuil critique d'intervention avait été atteint la semaine avant que l'inondation soit réalisée dans les champs traités.

16. Mesures de la densité des champs

Une mesure de la densité des champs expérimentaux a été prise à chaque année du projet. Cette information permet d'appuyer l'interprétation des résultats de dommages aux crochets, à savoir si la présence de plants productifs (ceux portant les crochets et éventuellement les fleurs et les fruits) disponibles aux charançons pour ses activités alimentaires et de ponte étaient 1) suffisante et ensuite 2) relativement semblable entre les deux traitements. Au sein d'une même année, les pourcentages de tiges en production ont été comparés entre les champs inondés et les champs témoins et nous n'avons observé aucune différences significatives (2014 : $Z=-0,90787$; $df=1$; $p=0,3639$; 2015 : $Z=-0,40669$; $df=1$; $p=0,6842$ avec un Wilcoxon) (Figure 3). Ainsi, les champs utilisés pour l'inondation étaient similaires aux champs témoins quant à la densité des tiges en production pour les deux années du projet. La plante ayant un comportement bisannuel, il est normal d'observer qu'une année soit moins productive que l'autre.

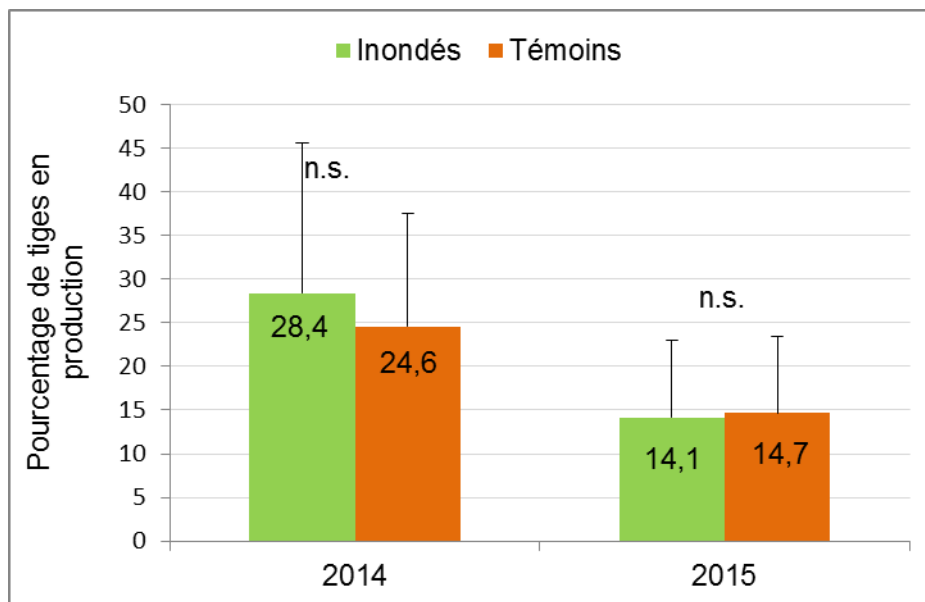


Figure 3 : Pourcentage de tiges en production dans les champs inondés et témoins en 2014 et 2015 (n.s.= absence de différence significatives après un test de Wilcoxon).

17. Évaluation des dommages aux crochets à chaque semaine d'échantillonnage en 2014 et 2015

En 2014, les crochets endommagés ont toujours été supérieurs dans les champs témoins comparativement aux champs inondés (Figure 4) (semaine 24 : $Z=2,957$, $p=0,0031$; semaine 25 : $Z=2,62$, $p=0,0088$; semaine 26 : $Z=2,067$, $p=0,0387$; semaine 27 : $Z=3,737$, $p=0,0002$ avec un Wilcoxon).

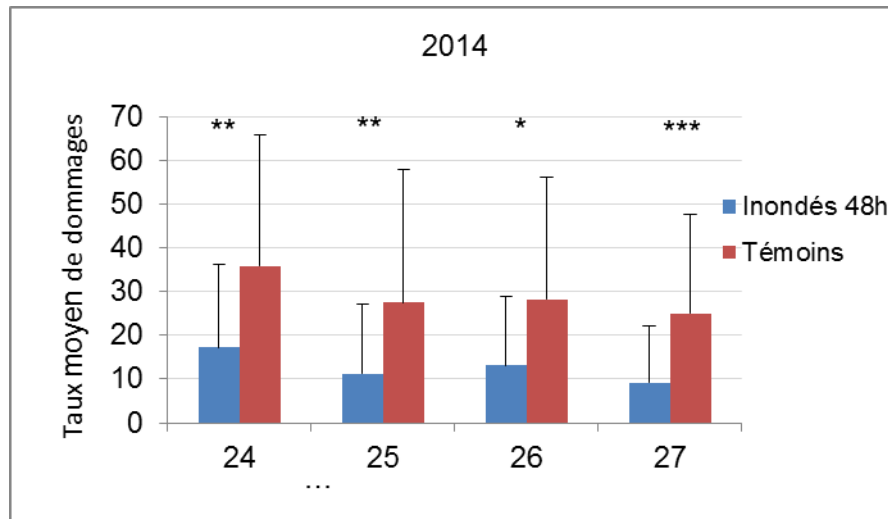


Figure 4 : Taux moyen (\pm écart-type) de crochets endommagés en 2014 dans les champs inondés et témoins en fonction des quatre semaines d'échantillonnage (* : $p<0,05$; ** : $p<0,01$; *** : $p<0,001$ avec un Wilcoxon).

En 2015, les crochets endommagés ont toujours été supérieurs dans les champs témoins comparativement aux champs inondés (Figure 5) (semaine 24 : $Z=3,933$, $p<0,0001$; semaine 25 : $Z=3,901$, $p<0,0001$; semaine 26 : $Z=4,254$, $p<0,0001$ avec un Wilcoxon).

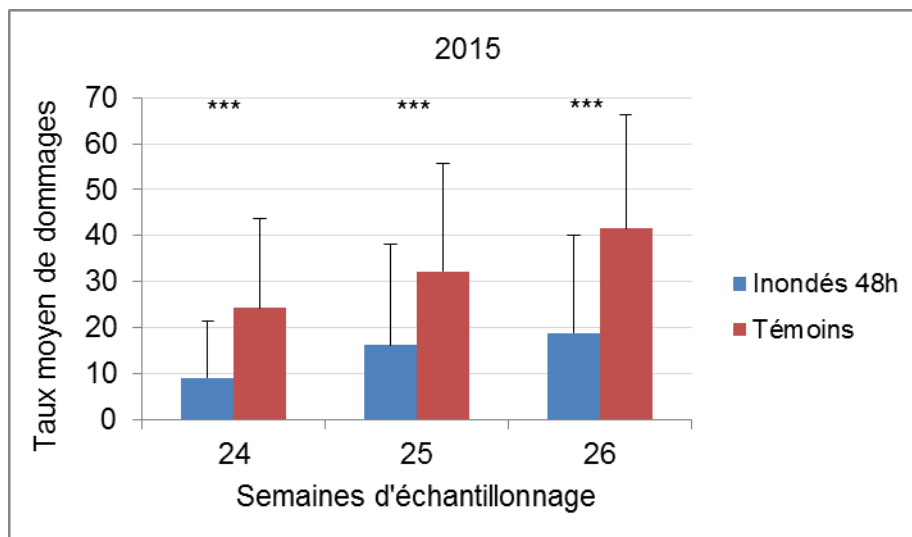


Figure 5 : Taux moyen (\pm écart-type) de crochets endommagés en 2015 dans les champs inondés et témoins en fonction des trois semaines d'échantillonnage (***) : $p<0,001$ avec un Wilcoxon).

18. Observations complémentaires pendant l'inondation

- Migration hors des champs?

Pendant l'inondation en 2014, la migration des charançons vers les digues a été vérifiée avec la balayeuse entomologique et des trappes collantes. Avec la balayeuse, au total, 12 bandes de 20 mètres ont été effectuées sur les digues de 3 des 6 champs inondés (2 bandes par champs, 3 champs, 1 fois par jour pendant les 2 jours de l'inondation). Le nombre de charançon récoltés a été de 6 individus (Tableau 4). Pour le même effort d'échantillonnage à l'intérieur de ces mêmes trois champs, juste avant l'inondation, un total de 70 individus ont été capturés.

Tableau 4 : Comparaison des captures d'individus de charançon des atocas à l'intérieur de trois champs avant l'inondation et sur les digues, pendant les deux jours de l'inondation.

Somme chç Balayeuse (PENDANT)	Somme chç Balayeuse (AVANT)
6	70

D'après ces deux échantillonnages comparables, la population de charançons collectée sur les digues avec la balayeuse représente 8,6% de la population potentielle qui avait été collectée en champs avant l'inondation.

Ensuite, sur les digues des 6 champs inondés, 10 pièges par champ ont été placés le jour avant l'inondation. Ils ont été maintenu en place pendant les deux jours de l'inondation et une fois que l'eau ait été évacué des bassins. Au total, sur les 60 pièges, 15 individus ont été capturés.

Ces résultats ne sont qu'à titre indicatif et offrent des pistes d'observations et de réflexions entourant la pratique de l'inondation printanière pour lutter contre ce ravageur. Globalement, selon les données des observations complémentaires aux pourtours des champs pendant l'inondation, l'insecte peut migrer hors des champs mais le nombre de charançons qu'on retrouve sur les digues des bassins inondés est relativement faible.

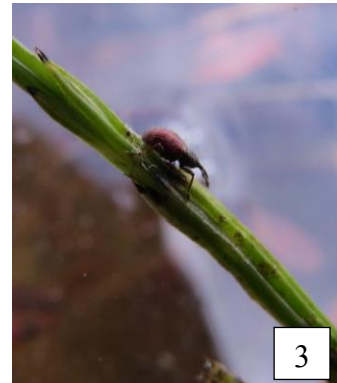
- Débris flottants seraient-ils des refuges potentiels?

Les débris flottants ont été collectés le jour 2 de l'inondation dans un champ en 2014 comme observations préliminaires et en 2015, dans les quatre champs. Cette collecte consistait à prélever des débris flottants à l'aide d'une passoire de 11 cm de diamètre à raison de 5 échantillons par champ. Une fois l'eau filtrée, les résidus ont été déposés dans des contenants de plastiques. Le décompte de charançons actifs dans les pots a ensuite été effectué. En 2014, 27 charançons vivants se retrouvaient dans les résidus. En 2015, ce sont 59 charançons qui ont été échantillonnés dans le matériel végétal. La portion de résidus collectée étant de très petite envergure, ces résultats portent à croire que oui, les débris flottants peuvent aider le charançon à survivre à l'inondation.

- Les plantes non submergées seraient-elles des refuges potentiels?

Quelques observations spontanées ont été effectuées sur les plantes non submergées durant la période du traitement. Des charançons ont été observés et effectivement, toutes plantes non submergées est un refuge potentiel aux charançons (Photos 1, 2, 3).

Photos 1, 2,3 : Charançons des atocas utilisant des plantes de mauvaises herbes non submergées comme refuges lors de l'inondation :



19. Effet de l'inondation sur la population des autres ravageurs

Aucune analyse statistique n'a pu être réalisée pour comparer l'impact de l'inondation sur les autres ravageurs présents en champs puisque la densité des espèces «autres» que le charançon était trop variable et globalement faible. Il est important de rappeler que la sélection des champs expérimentaux a été basée sur les populations du charançon des atocas et non sur celles des autres espèces de ravageurs. Les différentes espèces capturées au filet fauchoir figurent au tableau 5. Ce sont toutes des espèces de lépidoptères.

Tableau 5 : Liste des «autres» espèces de ravageurs identifiées lors des différents échantillonnages au filet fauchoir.

Noms communs	Noms latins	Identification dans les figures
Arpenteuse verte	<i>Macaria sulphurea</i>	av
Arpenteuse noire	<i>Macaria argillacearia</i>	an
Fausse légionnaire	<i>Xylena nupera</i>	fl
Tordeuse des canneberges	<i>Rhopobota naevana</i>	tc
Arpenteuse bituberculé	<i>Eutrapela clemataria</i>	ab
Ver-gris des fleurs d'atocas	<i>Epiglaea apiata</i>	vgfa
Tordeuse soufrée	<i>Sparganothis sulfureana</i>	ts
Autres arpenteuses	<i>Geometridae</i>	ARP
Autres noctuelles	<i>Noctuidae</i>	NOCT

À titre indicatif, les figures 6 à 9 illustrent le nombre de chenilles par espèce dans les champs inondés et les champs témoins pour chacune des deux années (2014 et 2015). Les grandes lignes qu'on peut tirer de ces graphiques sont les suivantes :

- Bien que les champs témoins ne confirment pas cette observation, il semble que l'inondation printanière ait eu un impact sur les espèces hâtives telles que l'arpenteuse verte (av) et l'arpenteuse noire (an) lorsqu'on compare le nombre de chenilles avant et après le traitement (figures 6 et 8);
- La fausse légionnaire (fl) est également une espèce hâtive et il est ainsi probable que cette espèce soit vulnérable à l'inondation. Bien que quelques individus aient éclos après l'inondation (figures 6 et 8), le nombre de chenilles observées dans les champs témoins est nettement supérieur (figures 7 et 9).

D'après des essais réalisés par le CETAQ en 2003 et 2004, l'inondation printanière aurait permis de réduire efficacement les populations des larves hâtives d'arpenteuses et de noctuelles dans les champs inondés pour une période de 24, 36 et 48 heures. Franklin (1928), cité dans l'ouvrage Averill & Silvia (1998), note que les larves de ver-gris des fleurs d'atocas (*Epiglaea apiata*), de fausse légionnaire (*Xylena nupera*), de spongieuse (*Lymantria dispar*) et d'arpenteuse verte (*Macaria sulphurea*) sont bien contrôlées suite à une inondation à la fin de mai variant entre 10 et 36 heures.

- Normalement, les larves de la première génération de la tordeuse des canneberges (tc) sont en période d'éclosion au moment où l'inondation a lieu. Bien que les larves de cette espèce aient été submergées, d'après l'analyse des captures obtenues, l'inondation n'aurait pas eu d'impact sur ce ravageur. En effet, un bon nombre d'individus a été collecté après le traitement (figures 6 et 8) à chaque année et pour l'année 2015, pratiquement la même quantité de chenille a été dénombrée les

semaines après l'inondation entre les champs traités (16 chenilles) et les champs témoins (17 chenilles) (figures 8 et 9);

Les suivis effectués par le CETAQ en 2003 pour cet insecte ont indiqué un taux de mortalité de 22% suite à une inondation d'une durée de 48 heures et de 21% suivant une inondation de 72 heures (CETAQ, 2003). Une étude américaine réalisée en laboratoire a démontré que l'inondation printanière peut diminuer les populations de la tordeuse des canneberges, mais le niveau d'oxygène dissous dans l'eau a une grande influence sur le taux de mortalité des larves (Cockfield & Mahr, 1992). Lorsque l'oxygène dissous était maintenu entre 8,8 et 9,8 ppm, 91% des larves submergées pendant 3 jours ont survécu tandis que lorsque l'oxygène dissous était maintenu entre 5,1 et 7,1 ppm, le taux de survie a été de 7%.

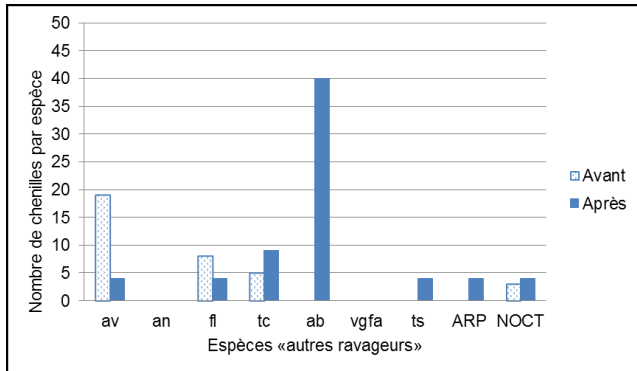


Figure 6

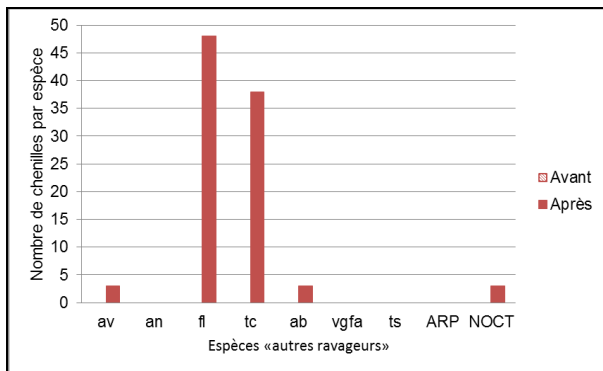


Figure 7

Figures 6 et 7 : Nombre de chenilles par espèce en 2014 dans les champs traités (figure 6) et les champs non traités (figure 7) pour la semaine avant et les semaines après le traitement.

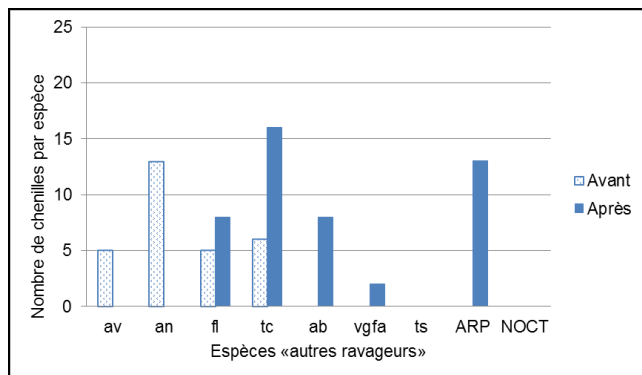


Figure 8

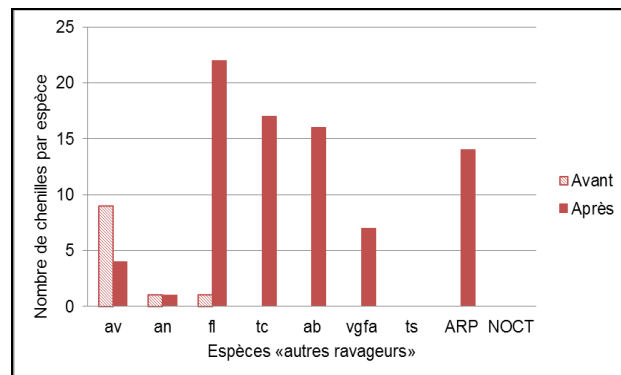


Figure 9

Figures 8 et 9 : Nombre de chenilles par espèce en 2015 dans les champs traités (figure 8) et les champs non traités (figure 9) pour la semaine avant et les semaines après le traitement.

- Logiquement, l'inondation printanière n'a aucune efficacité sur les insectes dont le cycle de vie est plus tardif, c'est-à-dire les espèces dont les larves commencent à émerger en champs les semaines suivant l'inondation, soit en juin plutôt qu'à la mi ou à la fin du mois de mai. Parmi les espèces collectées dans le cadre du projet, les espèces tardives sont l'arpenteuse bituberculée (ab), le ver-gris des fleurs d'atocas (vgfa), la tordeuse soufrée (ts) ainsi que les autres individus identifiés à la famille (ARP et NOCT). Dans les figures 6 et 8, on voit que ces espèces n'étaient pas (ou peu)

présentes en champs avant l'inondation, mais qu'elles l'étaient, à différents niveaux certes, les semaines après l'inondation.

20. Coûts de l'inondation

Les producteurs qui ont participé au projet et qui ont pratiqué l'inondation à la ferme ont été questionnés pour déterminer le coût de ce type de traitement. De plus, deux professionnels du secteur de la canneberge qui sont responsables de la gestion de fermes, Bertrand Fecteau (ingénieur forestier) et Michel Vézina (agronome) ont été consultés à ce sujet.

Les éléments à considérer sont les suivants :

- Temps de travail pour remplir et vider le bassin :

Ce travail consiste à 1) partir/arrêter les pompes, s'assurer de leur fonctionnement aux heures et de les réparer ou les entretenir au besoin 2) ouvrir/fermer les contrôles au niveau des champs, s'assurer de leur état et réparer les bris ou en faire l'entretien au besoin et vérifier aux heures le niveau de l'eau en champ.

Notez qu'il existe également des installations où l'eau n'entre pas par les contrôles, mais plutôt par les tuyaux au sol du système d'irrigation ou simplement par une valve (tuyau de 10 pouces) qui sort directement dans le champ. Dans ce cas, les gicleurs doivent être enlevés. De plus, il arrive que le niveau de l'eau ne reste pas stable, il faut donc intervenir sporadiquement pour maintenir l'eau au niveau souhaitable.

- Type de système pour remplir ou vider le/les bassins :

Normalement le système hydrique sur une ferme de canneberges pour remplir ou vider les bassins est conçu pour entrer l'eau par gravité et la sortir avec un système de pompage ou vice-et-versa. Les trois systèmes de pompage possibles sont :

1. pompe avec un moteur électrique (petite pompe avec moins de débit);
2. pompe low lift actionnée par un tracteur avec un moteur diesel (20 000 gallons US/min est super rapide et efficace);
3. pompe d'irrigation avec un moteur diesel (4000 et 6000 gal US/min)

Les sources d'énergie requises pour faire fonctionner la machinerie sont le diesel ou le mazout ainsi que l'électricité.

Sur les fermes du projet, le temps pour que le bassin expérimental soit plein ou vidé est compilé aux tableaux 6 et 7 pour chacune des deux années.

Tableau 6 : Temps pour que le bassin soit plein et vidé pour réaliser un traitement d'inondation printanière, année 2014.

Champ expérimental	Temps pour que le bassin soit plein	Temps pour que le bassin soit vidé
2D	4h15	autour de 15h00
16	6h00	4h00
2	22h30	24h00
3	22h30	24h00

4	7h00	4h30
15	8h00	6h30

Tableau 7 : Temps pour que le bassin soit plein et vidé pour réaliser un traitement d'inondation printanière, année 201.

Champ expérimental	Temps pour que le bassin soit plein	Temps pour que le bassin soit vidé
E03	9h40	12h00
B04	40h00	9h00
C05	40h00	9h00
1	15h30	6h30

À la lumière de ces renseignements, l'installation hydrique varie d'un site d'exploitation à l'autre. Basé sur l'expérience et les commentaires des producteurs et conseillers qui ont été consultés, tout dépendant du type de système hydrique, de l'efficacité des pompes, de la quantité d'énergie (superficie à couvrir avec l'eau) et des honoraires, le coût pour l'inondation revient entre 50\$ et 100\$ à l'acre.

Le prix d'Actara®25WG à la dose de 113 g/acre recommandée pour lutter contre le charançon est de 52,25\$ de l'acre. À cela s'ajoute les honoraires pour le temps de préparation de la bouillie, le temps d'application ainsi que les frais de pétrole et enfin le coût d'amortissement de l'équipement de pulvérisation (rampe, tracteur).

Références

- Association des producteurs de canneberges du Québec (APCQ). 2015. Statistiques de l'industrie. http://www.notrecanneberge.com/images/Statistiquesrecolte/2015/V2_Culture_de_la_canneberge_au_Qu%C3%A9bec_conventionnelle_et_biologique.pdf
- Averil A.L & Sylvia M.M. 1998. Cranberry Insects of the Northeast. University of Massachusetts, Amherst. p. 42 à 45
- Club environnemental et technique atocas Québec (CETAQ). 2003. Encadrement technique adapté à la production de canneberges biologiques. Notre-Dame de Lourdes, Québec, Canada.
- Club environnemental et technique atocas Québec (CETAQ). 2004. Encadrement technique adapté à la production de canneberges biologiques. Notre-Dame de Lourdes, Québec, Canada.
- Club Environnemental et Technique Atocas Québec (CETAQ). 2015. Base de données du charançon des atocas. Notre-Dame de Lourdes, Québec, Canada.
- Cockfield S.D. & Mahr D.L. 1992. Flooding cranberry beds to control blackheaded fireworm. J. Econ. Entomol. 65(6) : 2363 - 2385
- Eck P. 1990. The American Cranberry. Rutgers, The State University. 420p
- Fecteau B. 2015. Communications personnelles. Producteur ferme Pampev et ingénieur forestier bertrand.fecteau@pampev.com
- Joly-Séguin V., Roy M., Cormier D., Chouinard G. et Allard F. 2011. Adaptation de techniques de piégeage du charançon des atocas. Programme de soutien à l'innovation horticole, PSIH 09-2-105, MAPAQ.
- Pelletier V., Gallichand J., Pépin S., Gumiere S. et Caron J. 2016. L'importance de la conception des systèmes de Drainage. Journée Inpacq-Canneberge 2016. http://www.notrecanneberge.com/images/Inpac/Vincent_Pelletier_-_INPACQ_2016.pdf
- Steffan S., Singleton M. et Zalapa J. 2014. When and how long to flood for insect control. Cranberry crop management journal. Volume XXVII Issue 3. University of Wisconsin-Extension. P. 2-4
- Vezina M. 2015. Communications personnelles. Producteur ferme Atocas St-Joseph et agronome. mic.vezina@sympatico.ca