

LA PYRALE DU MAÏS, UNE CHAMPIONNE DE LA RÉSISTANCE AU FROID !

L. Jochems-Tanguay¹, A-È. Gagnon², G. Bourgeois², B. Duval³, M. Grenier¹ et A. Firlej¹

1- Institut de recherche et de développement en agroenvironnement; 2- Agriculture et Agroalimentaire Canada; 3- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.



INTRODUCTION

Les études traitant des effets des changements climatiques (CC) sur les insectes se concentrent majoritairement sur des processus se produisant en saison estivale (développement, reproduction, etc.). Peu d'études se sont consacrées aux effets des CC sur la survie hivernale des insectes ravageurs. L'adoucissement des conditions hivernales prévu avec les CC pourrait favoriser la survie de certains ravageurs alors que la perte de couvert de neige et l'amplification des cycles de gel-dégel pourraient engendrer l'effet contraire (Bale et Hayward 2010).

Ce projet vise à acquérir de nouvelles connaissances sur la survie hivernale des larves de la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis* (Hübner)) afin d'adapter la surveillance et gérer le risque futur du ravageur au Québec dans un contexte de CC. Pour y parvenir, des essais en laboratoire et sur le terrain ont été réalisés de 2018 à 2020.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

Étude en laboratoire

- Déterminer l'impact des CC sur l'entrée en diapause des larves;
- Évaluer le point de cristallisation des larves diapauses.

Étude terrain

- Simuler des redoux pour déterminer l'impact de la perte de couverture de neige sur la survie des larves diapauses.



© Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phyto-protection - MAPAQ

MATÉRIEL ET MÉTHODES

ÉTUDE EN LABORATOIRE

Site: Centre de recherche de Saint-Jean-sur-Richelieu, AAC.

Dispositif expérimental:

Des larves (L3, race bivoltine) étaient exposées aux 5 traitements suivants (50 larves/traitement) pour simuler 2 périodes de diapause probables avec les CC:

- Chaud-sombre : 30 °C | 11:13h (L:D);
- Chaud-clair : 30 °C | 14:10h (L:D);
- Froid-sombre : 16 °C | 11:13h (L:D);
- Froid-clair : 16 °C | 14:10h (L:D);
- Témoin : 25 °C | 18:6h (L:D).

Paramètres observés:

- Taux d'induction de la diapause;
- Temps de développement;
- % de survie.

Le point de cristallisation des larves diapauses a été comparé entre les différents traitements et le témoin. Un thermocouple fixé à la larve suivait la descente de température (1 °C/min) de l'insecte jusqu'à l'atteinte du point de cristallisation.

Analyses statistiques:

Anova + test de comparaison multiple de Tukey(R).

PARTENAIRES

Ce projet est réalisé en vertu du sous-volet 3.2 du programme Prime-Vert 2013-2018 et bénéficie d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) par l'entremise du Fonds Vert.

ÉTUDE TERRAIN

Sites: Plateforme d'innovation en agriculture biologique de Saint-Bruno-de-Montarville (2019-2020) et ferme expérimentale de Deschambault (2019), IRDA.

Dispositif expérimental:

Des larves diapauses étaient exposées à des simulations de redoux avec un déneigement durant l'hiver:

- 4 traitements : témoins sans redoux, 1 redoux, 2 redoux, 3 redoux;
- Dispositif en bloc aléatoire complet, 4 répétitions;
- De 23 à 30 larves/traitement insérées dans des tiges de maïs et déposées au sol (Fig. 1).

Paramètres observés:

- Température au sol;
- % de survie hivernale, % de nymphose et % d'émergence des adultes;
- Ratio mâle/femelle.

Analyse statistique:

Modèle linéaire généralisé mixte avec fonction de lien logit (régression logistique) (PROC GLIMMIX de SAS).



Figure 1. Unité expérimentale, étude terrain.

RÉFÉRENCES

- Andreadis, S., Vryzas, Z., Papadopoulou-Mourkidou, E. *et al.* (2008). Age - dependent changes in tolerance to cold and accumulation of cryoprotectants in overwintering and non - overwintering larvae of European corn borer *Ostrinia nubilalis*. *Physiological Entomology*, 33(4), 365-371.
- Bale, J. S., & Hayward, S. A. L. (2010). Insect overwintering in a changing climate. *Journal of Experimental Biology*, 213(6), 980-994.
- Mutchmor, J. A., & Beckel, W. E. (1959). Some factors affecting diapause in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hbn.) (Lepidoptera: Pyralidae). *Canadian Journal of Zoology*, 37(2), 161-168.
- Grubor-Lajsic, G., Block, W., & Worland, R. (1992). Comparison of the cold hardiness of two larval Lepidoptera (Noctuidae). *Physiological Entomology*, 17(2), 148-152.
- Uzelac, I., Avramov, M., Čelić, T. *et al.* (2020) Effect of cold acclimation on selected metabolic enzymes during diapause in the European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Hbn.). *Sci Rep* 10, 9085.

RÉSULTATS

ÉTUDE EN LABORATOIRE

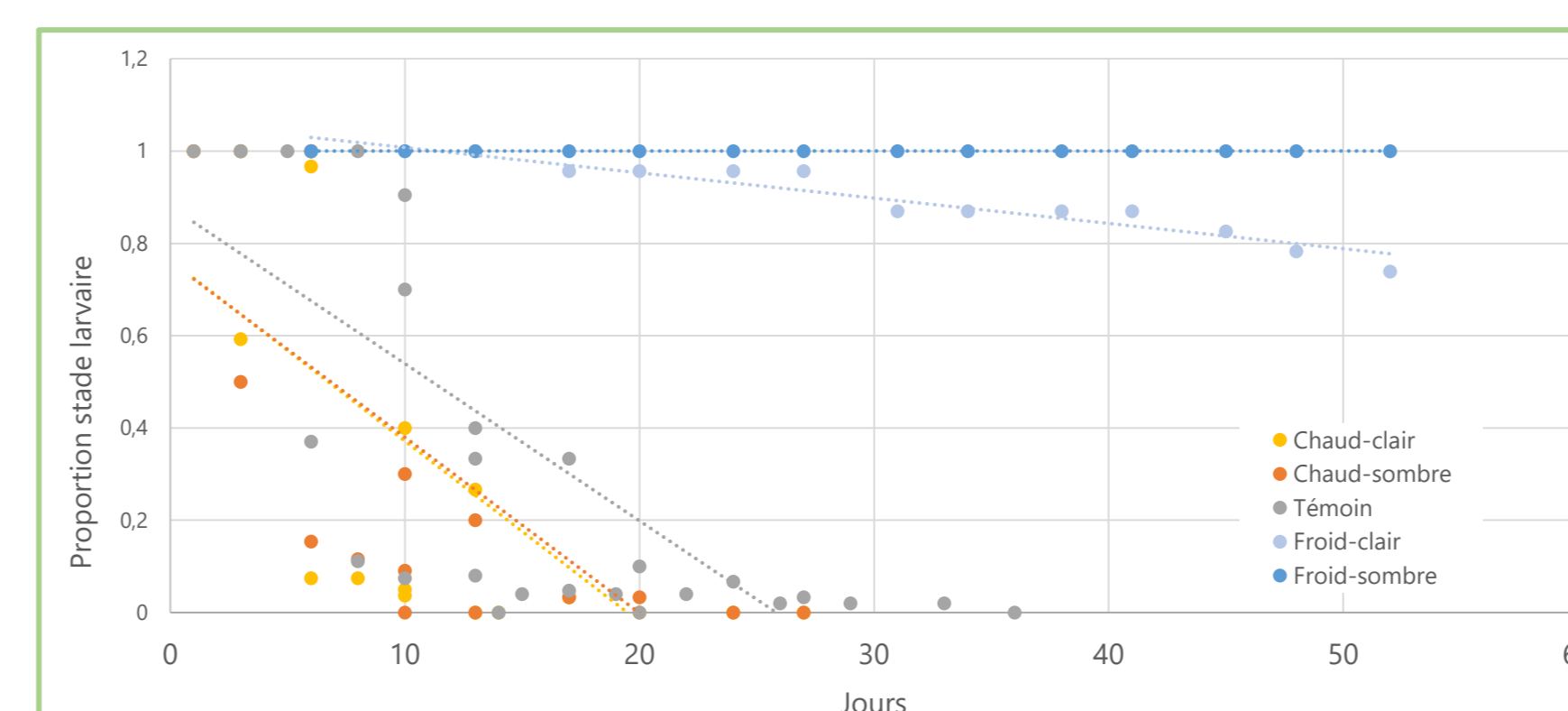


Figure 2. Proportion des larves qui ne poursuivent pas leur développement (diapause), selon différents régimes de température et de photopériode.

- Les conditions de températures chaudes à 30 °C empêchent l'entrée en diapause (Fig. 2).
- Les conditions plus fraîches à 16 °C enclenchent la diapause; seuls certains individus se sont transformés en chrysalide à 14h de photopériode (Fig. 2).

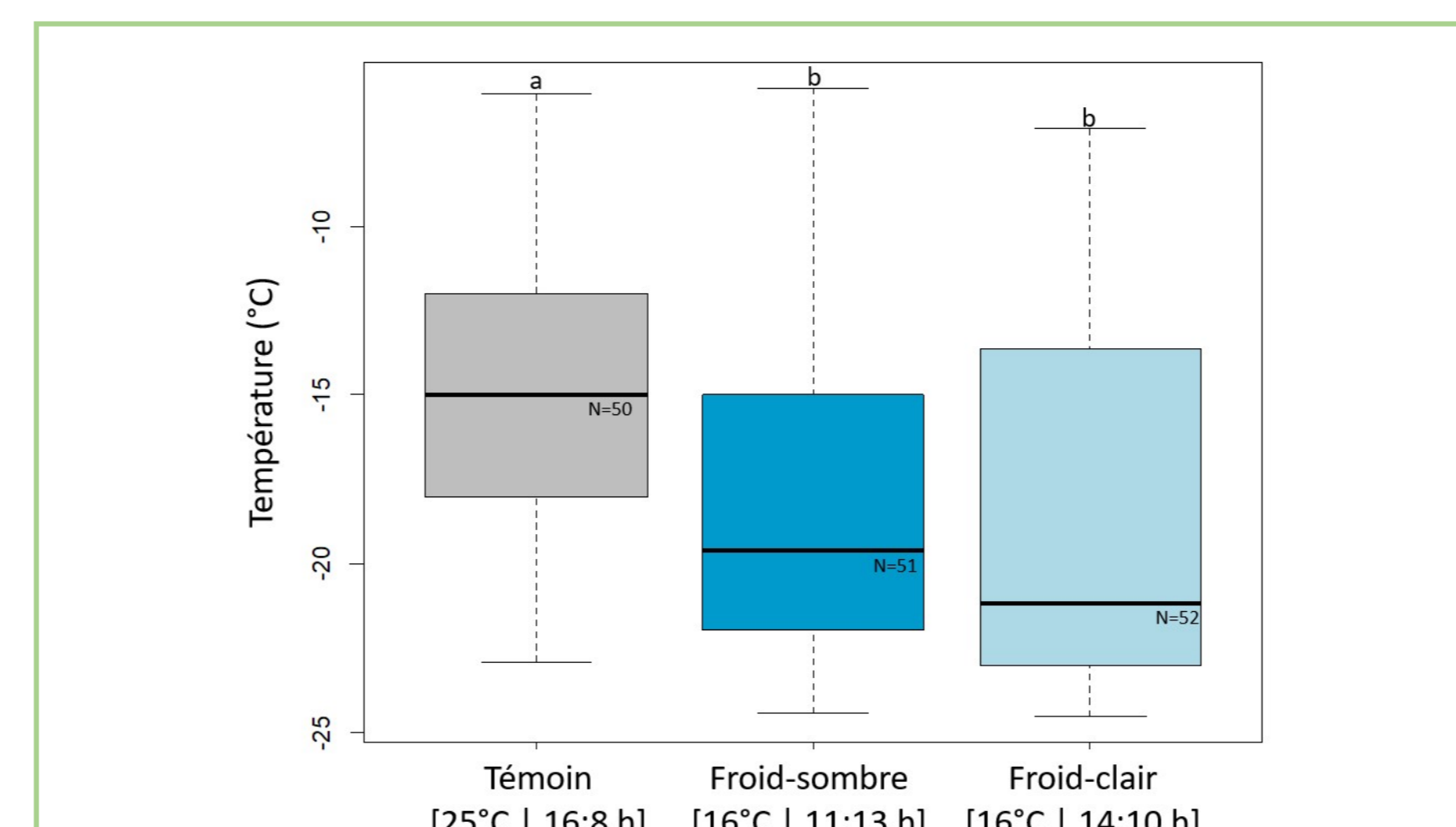


Figure 3. Points de cristallisation moyens des larves de pyrales du maïs sous différents régimes de température et de photopériode.

- Les larves soumises à des températures de 16 °C avaient des points de cristallisation plus bas, comparativement au témoin ($F_{(2,150)}$; $p < 0,0001$; Fig. 3).
- Les larves diapauses exposées à des photophases de 14h ou de 11h avaient des points de cristallisation similaires (Fig. 3).

DISCUSSION

Les résultats montrent que les températures chaudes ont un effet inhibiteur sur l'entrée en diapause de la pyrale du maïs. Mutchmor et Beckel (1959) ont aussi observé ce phénomène en Ontario, où la diapause n'était pas déclenchée à 23,3 °C. Dans un contexte de CC, les hausses de températures pourraient alors augmenter les probabilités que la diapause soit inhibée et qu'une génération supplémentaire se développe au Québec. Les points de cristallisation mesurés dans nos travaux de -18,05 °C et -18,87 °C sont légèrement supérieurs aux mesures enregistrées par Andreadis *et al.* (2008) et Grubor-Lajsic (1992) (-20,4 à -24,0 °C). Sur le terrain, certaines larves ont été exposées à des températures égales ou inférieures au point de cristallisation. Les taux de survie hivernale mesurés montrent qu'elles sont tolérantes au gel, une adaptation bien connue pour cette espèce (Barnes 1956). Les résultats montrent aussi que la diminution du couvert de neige ne compromet pas la survie hivernale du ravageur qui est hautement résistant au froid. Cette résistance lui vient de divers mécanismes de protection bien documentés dans la littérature, dont l'accumulation de nombreux cryoprotecteurs (Uzelac *et al.* 2020). Chez cette espèce, ces mécanismes n'atteignent toutefois que leur plein potentiel lorsque les larves sont exposées progressivement au froid (Grubor-Lajsic *et al.* 1992). Dans un contexte de CC, des températures plus élevées à l'automne et au début de l'hiver risqueraient d'influencer négativement sa tolérance aux conditions hivernales (Bale et Hayward 2010).

REMERCIEMENTS

L'équipe de réalisation tient à remercier Josée Boisclair, ancienne chercheuse responsable du projet ainsi que Thierry Boislard, Simon Chaussé, Sylvie Bellerose, Sandra Mougeot et tous les étudiants, stagiaires et membres de l'équipe des opérations de l'IRDA et d'AAC.

ÉTUDE TERRAIN

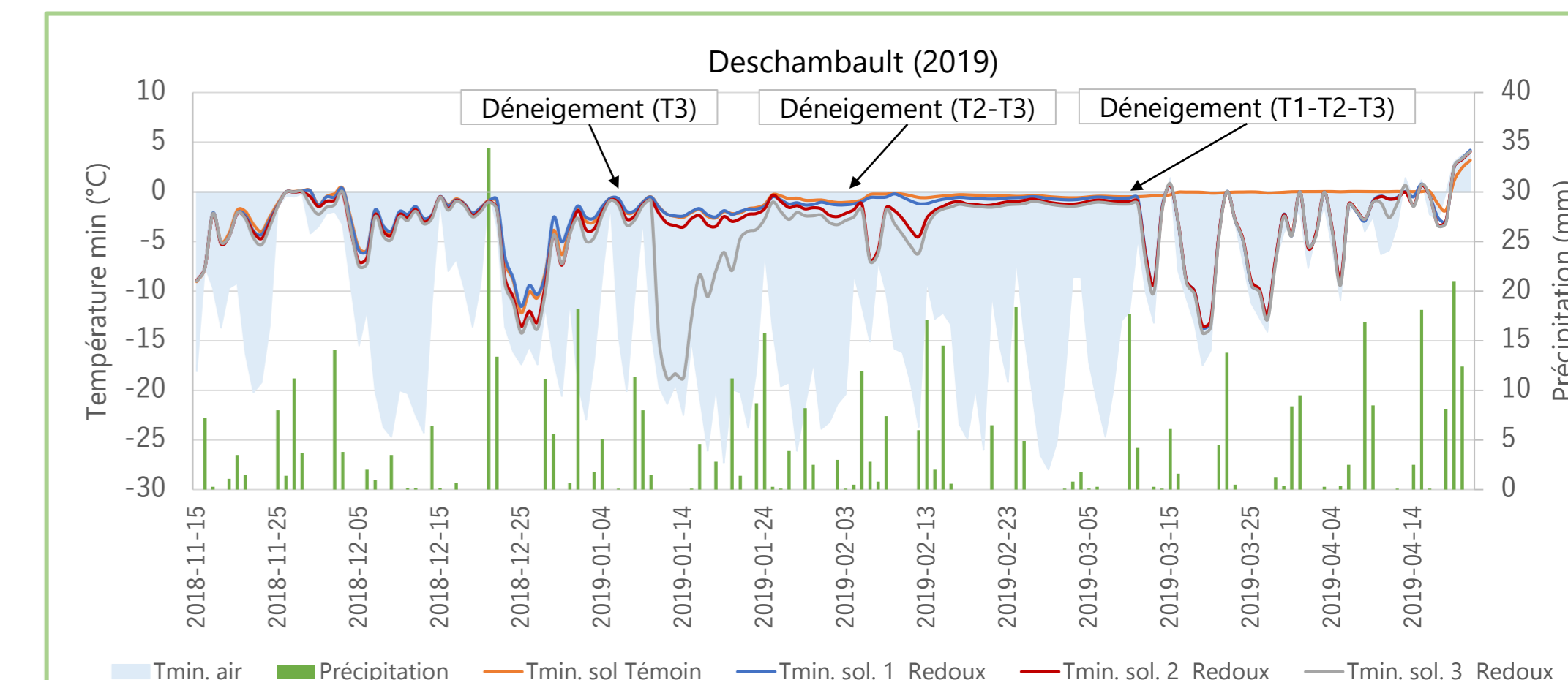


Figure 4. Exemple de données météorologiques et températures minimales quotidiennes au sol selon les quatre traitements de simulation de redoux. Site de Deschambault (2019).

- Après chaque redoux, une différence marquée entre la température minimale quotidienne enregistrée au sol des parcelles déneigées et témoin a été enregistrée, montrant le caractère isolant de la couverture de neige (Fig. 4).
- La température la plus froide enregistrée au sol des traitements déneigés sur le site de Deschambault en 2019 est -18,7 °C et respectivement -18,4 °C et -15,6 °C sur le site de Saint-Bruno-de-Montarville en 2019 et 2020.
- L'exposition des larves aux températures extrêmes (< -15,0 °C) après un redoux s'est produite pendant des périodes variant de 4 à 12 heures selon les sites et les années. En 2019, cette exposition s'est répétée 3 fois à Deschambault et 5 fois à Saint-Bruno-de-Montarville.

Tableau 1. Pourcentage (moyenne (erreur-type)) de survie des larves selon les quatre traitements de simulation de redoux sur les sites de Deschambault (2019) et de Saint-Bruno-de-Montarville (2019 et 2020). (Un test de F est significatif si $p \leq 0,05$).

Traitements	Deschambault		Saint-Bruno-de-Montarville	
	2019	2020	2019	2020
Témoin	48,28 (12,45)	61,68 (10,24)	62,45 (5,63)	62,45 (5,63)
1 redoux	75,75 (9,53)	31,29 (9,31)	49,41 (5,96)	49,41 (5,96)
2 redoux	61,47 (11,71)	49,42 (10,68)	61,01 (5,76)	61,01 (5,76)
3 redoux	74,03 (9,67)	34,17 (9,64)	45,93 (5,82)	45,93 (5,82)
P	0,2194	0,1973	0,1308	0,1308

- La perte de couverture de neige et l'exposition aux températures glaciales n'ont pas affecté significativement la survie des larves. Selon les sites et les années, la moyenne a varié de 44,1 à 64,8% (Tab. 1).