



DÉVELOPPEMENT D'UN AGENT DE LUTTE BIOLOGIQUE POUR LE CONTRÔLE DU CHARANÇON DE LA CAROTTE

Annie-Ève Gagnon
CRD Saint-Jean-sur-Richelieu



REMERCIEMENTS

AAC

Alissandre Lavoie, étudiante M.Sc.

Julie Frenette, tech.

Danielle Thibodeau, tech.

Carolane Audette, tech.

Les nombreux étudiants stagiaires

Benjamin Mimee Ph.D.

Jacques Brodeur Ph.D.

Guy Boivin Ph.D.

Guy Bélair Ph.D.



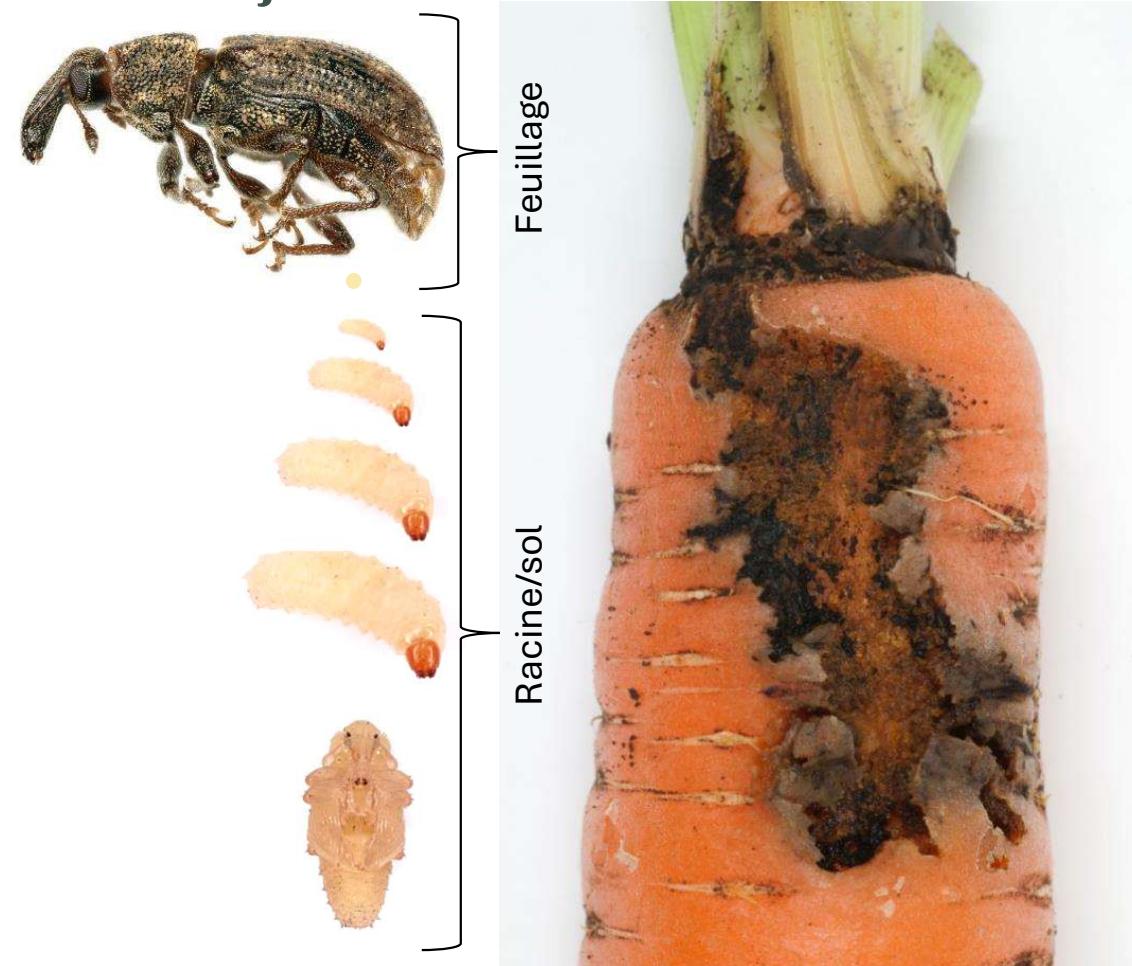
Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture et
Agroalimentaire Canada



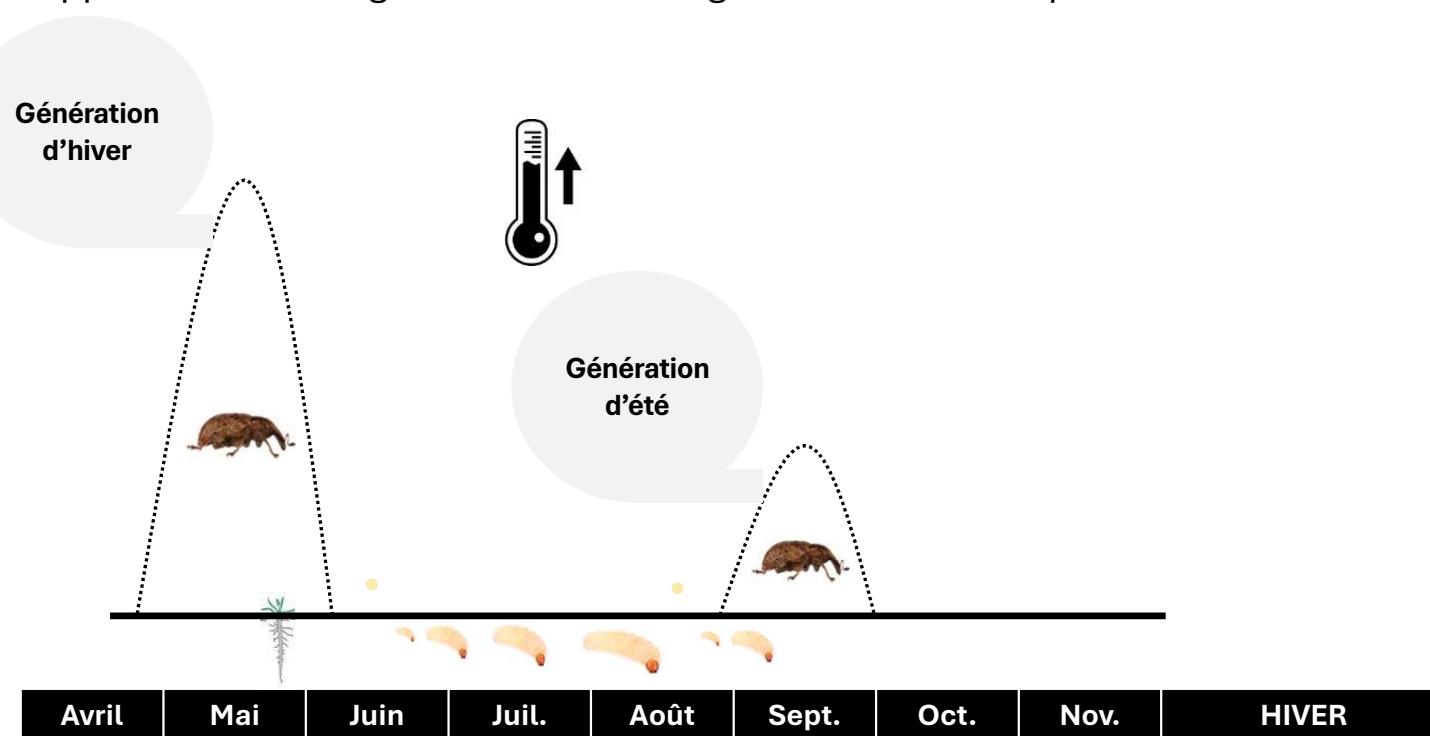
PROBLÉMATIQUE DU CHARANÇON DE LA CAROTTE

- Le charançon de la carotte est le principal ravageur dans la culture de la carotte -> 40% de pertes de rendement
- Recrudescence de la problématique pouvant s'expliquer par **l'augmentation du voltinisme et la perte d'efficacité des traitements insecticides**



PROBLÉMATIQUE DU CHARANÇON DE LA CAROTTE

Apparition d'une 2^e génération avec l'augmentation des températures



PROBLÉMATIQUE DU CHARANÇON DE LA CAROTTE

Apparition d'une 2^e génération avec l'augmentation des températures

Génération
d'hiver



Génération
d'été



Avril

Mai

Juin

Juil.

Août

Sept.

Oct.

Nov.

HIVER

- Difficulté à détecter la 2^e génération
- ↗ nombre traitements insecticides (1-2 trt/saison → 5 trt/saison)
- ↗ des dommages, malgré les trt (>15%)

DÉTECTION DE RÉSISTANCE AUX INSECTICIDES

Phosmet (Imidan)

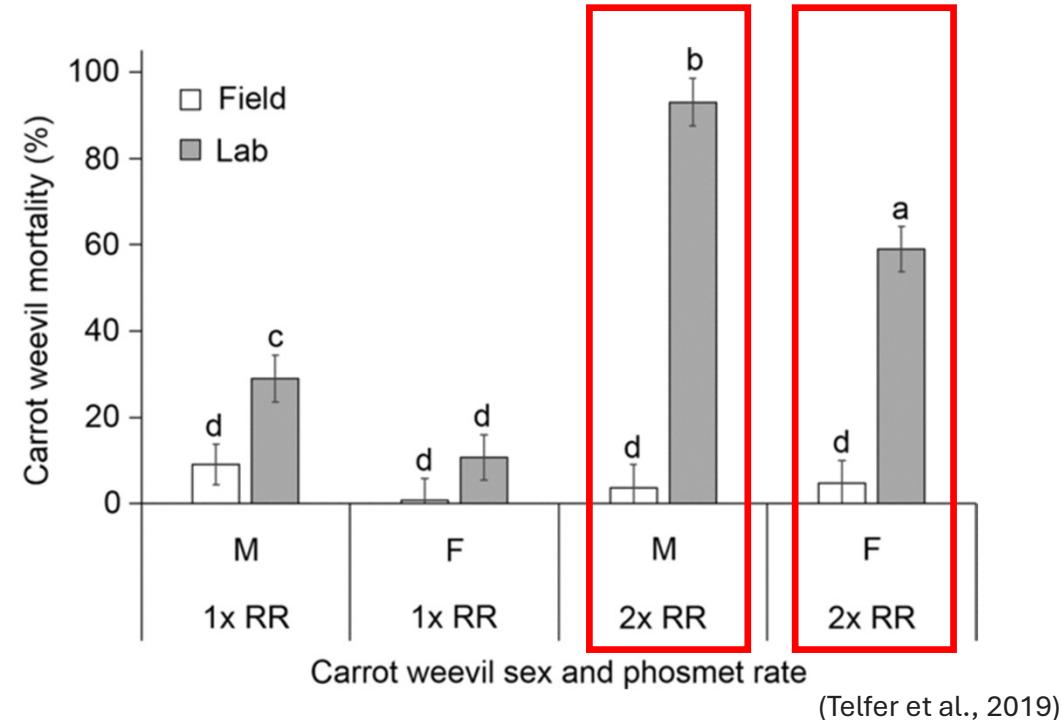
Organophosphoré

Développement de résistance
(1 cas confirmé en Ontario)

Réduction d'efficacité de 90%
(2x la dose)

Bioessais au Québec

Développement de résistance au
lambda-cyhalothrine [Matador]



(Telfer et al., 2019)

➲ Besoin d'alternatives pour contrôler le charançon de la carotte

ENNEMIS NATURELS DU CHARANÇON DE LA CAROTTE

Parasitoïdes d'œufs
(*Anaphes sp.*),
prédateurs (Carabidae)



Nématodes
entomopathogènes
(*Steinernema sp.* &
Heterorhabditis sp.)



Nematology, 2007, Vol. 9(5), 609-623

***Bradyrnema listronoti* n. sp. (Nematoda: Allantonematidae),
a parasite of the carrot weevil *Listronotus oregonensis*
(Coleoptera: Curculionidae) in Quebec, Canada**

Yongsan ZENG ^{1,2}, Robin M. GIBLIN-DAVIS ^{1,*}, Weimin YE ^{1,**}, Guy BÉLAIR ³,
Guy BOIVIN ³ and W. Kelley THOMAS ⁴

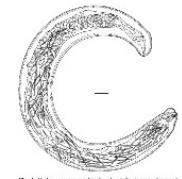


FIG. 4. Photo enroulante finale de *Bradyrnema listronoti* au stade adulte (W. Kelley Thomas).

PARASITES CASTRATEURS

- Réduction de la fécondité de l'hôte
 - Limitation dans la capacité de l'hôte à trouver un partenaire
 - Consommation des tissus reproducteurs
 - Altération de la maturation via interférence hormonale
- Libération des ressources de l'hôte au bénéfice du parasite (ressources énergétiques, survie prolongée, modification comportementale...)
- Exemples connus chez les trématodes, nématodes, crustacés, strepsiptera

Beaudoin, 1975; Lafferty & Kuris 2009

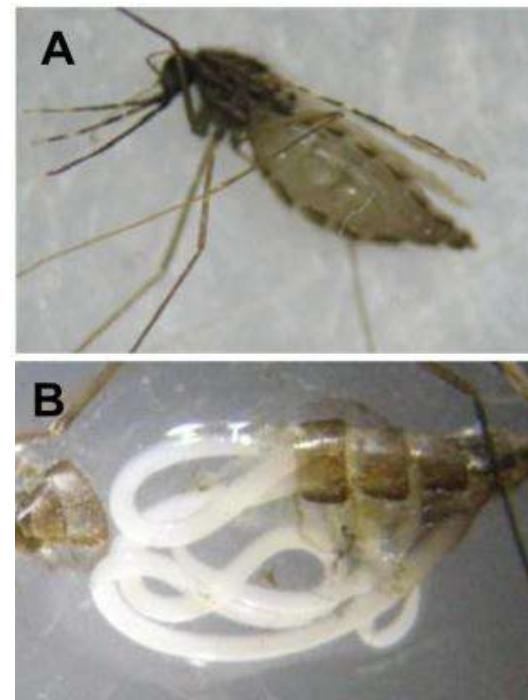


PARASITES CASTRATEURS EN LUTTE BIOLOGIQUE

Deladenus siricidicola utilisé pour le contrôle biologique de *Sirex noctilio* en Australie



Bedding & Akhurst, 1974



Contrôle de la malaria au Mexique

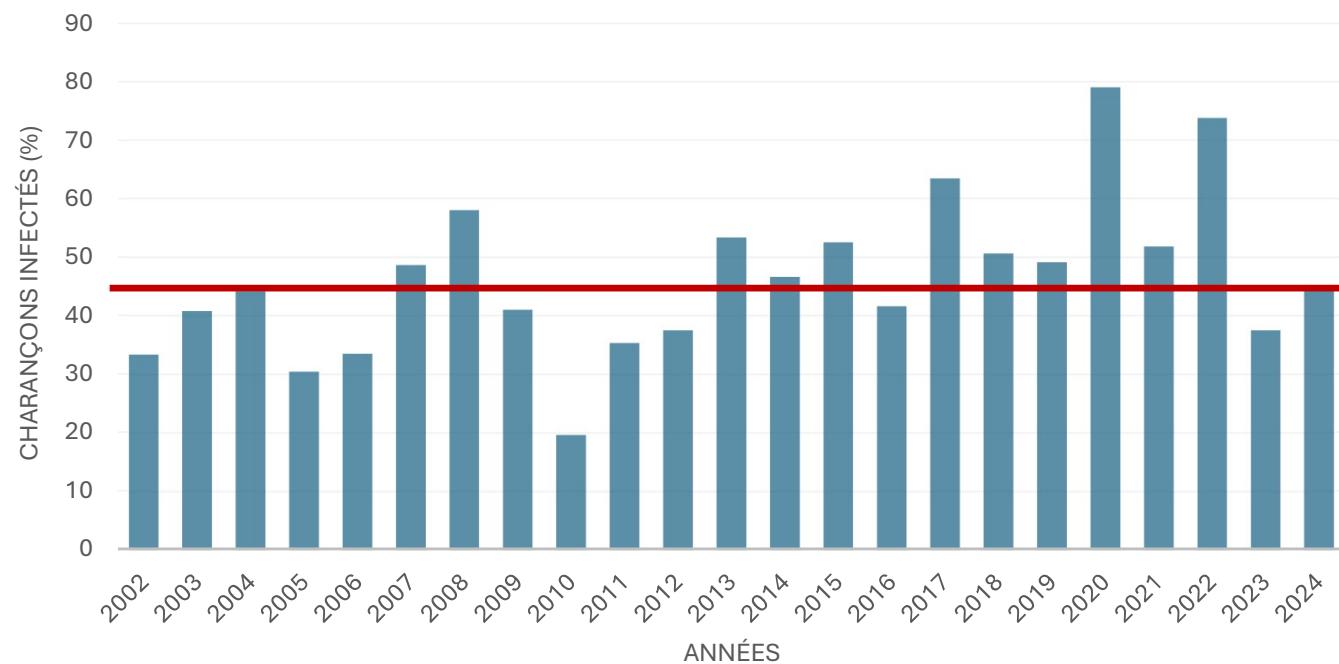
- Nématode *Romanomermis iyengari* contrôle le moustique *Anopheles pseudopunctipennis*
- ↴ 46% à 100% taux d'infection chez le vecteur
- ↴ 38% à 100% abondance des larves du moustique
- Persistence du nematode: 5 mois

Pachecoa et al., 2005



PRÉVALENCE DE L'INFECTION

- **5 369 charançons de la carotte** échantillonnés à Ste-Clotilde entre 2002 et 2024
- Taux d'infection moyen de 46,3%



Distribution
Aucune détection sur
7 sites externes (<20
km) n= 148

SPÉCIFICITÉ DE L'HÔTE

- Un total de **830 individus** répartis à travers **21 espèces** de Curculionidae a été échantillonné
- Tous les spécimens étaient exempts de *B. listronotii*

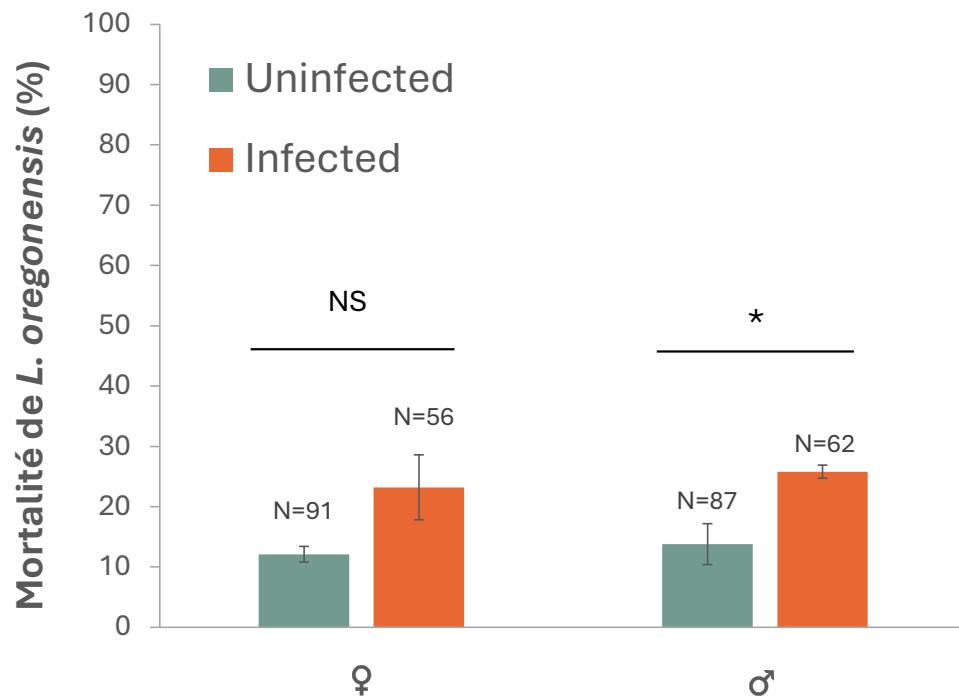


RHINONCUS
RHINUUS SALICIVORUS
OVATUS PUNCTIGER
SQUAMATUS PYRRHOPUS
PERICARPIUS ISOCHANUS
NIGROROSTRIS CEUTORHYNCHUS
APION TETRA SEQUENSI
SIGNATUS GLOCIANUS
APICALIS ERYSIMI SPARSUS
POLYDRUSUS ARCHARIUS NEDYUS
FORMOSUS AMERICANUS HYPERA OTORHYNCHUS

CEUTORHYNCHUS

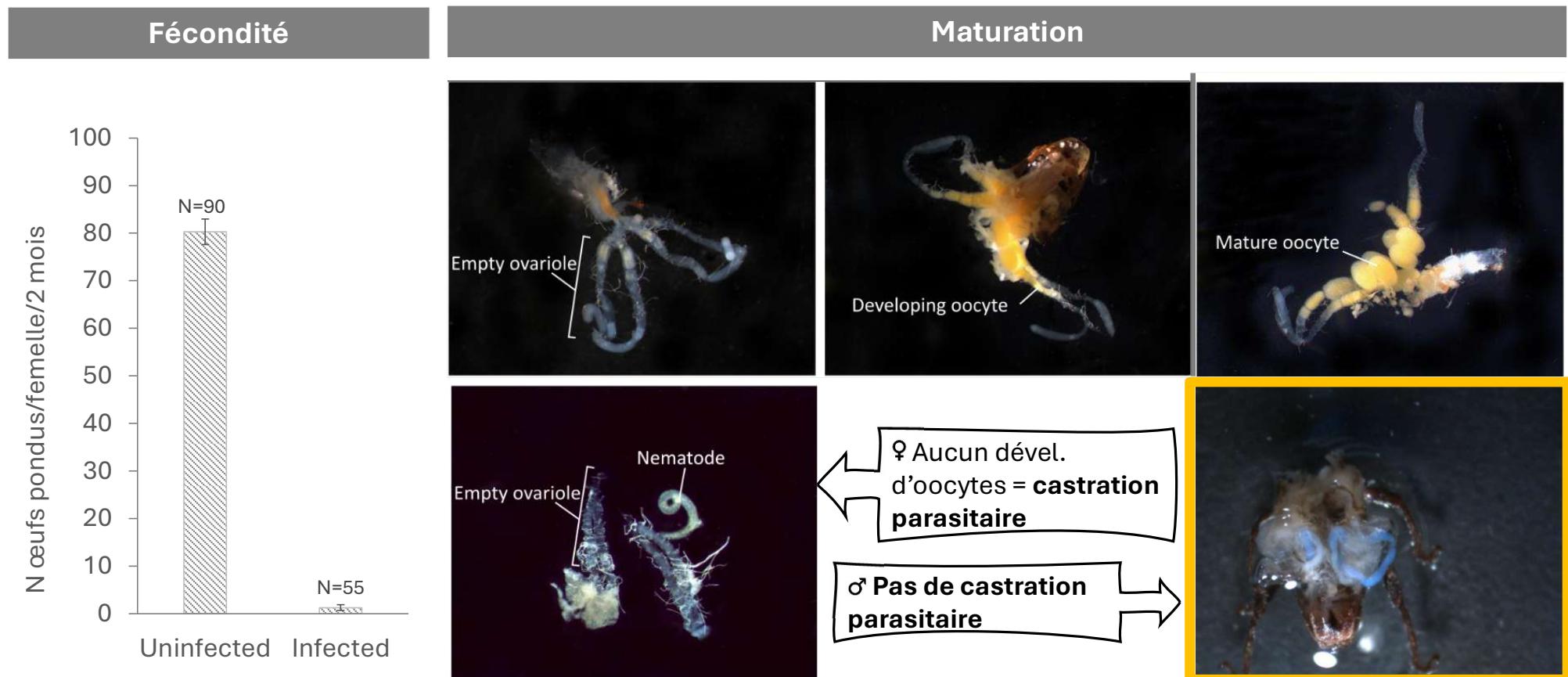


IMPACT SUR LA MORTALITÉ



- Faible mortalité
- Taux de mortalité légèrement plus élevé chez le mâle ($p = 0.0261$) vs la femelle ($p = 0.1740$)
- **250 nématodes juvéniles**
relâchés/jour

IMPACT SUR LA FÉCONDITÉ ET LA MATURATION

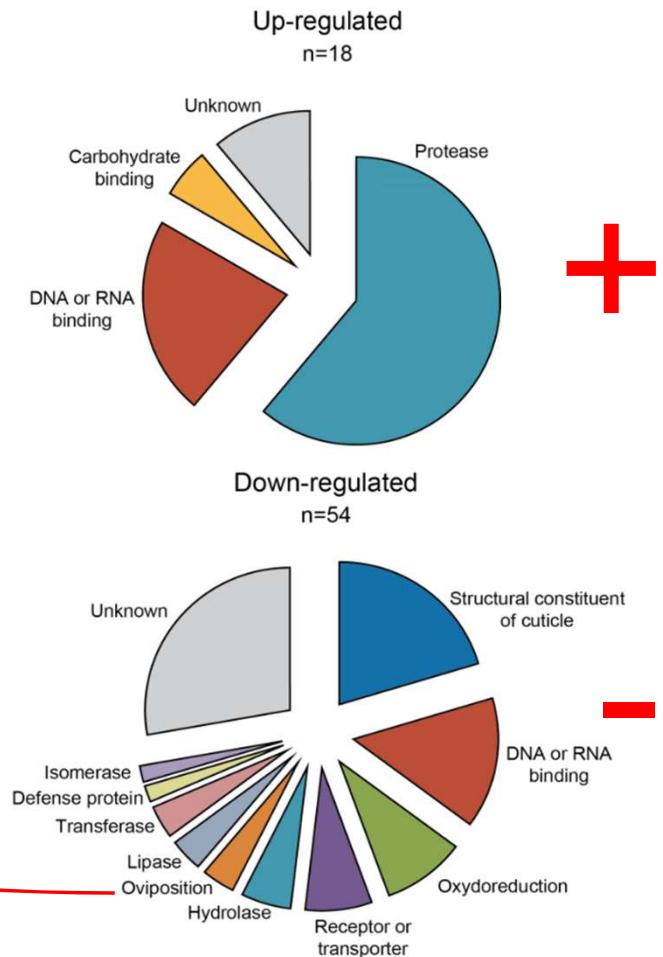


IMPACT DE L'INFECTION SUR L'EXPRESSION GÉNIQUE

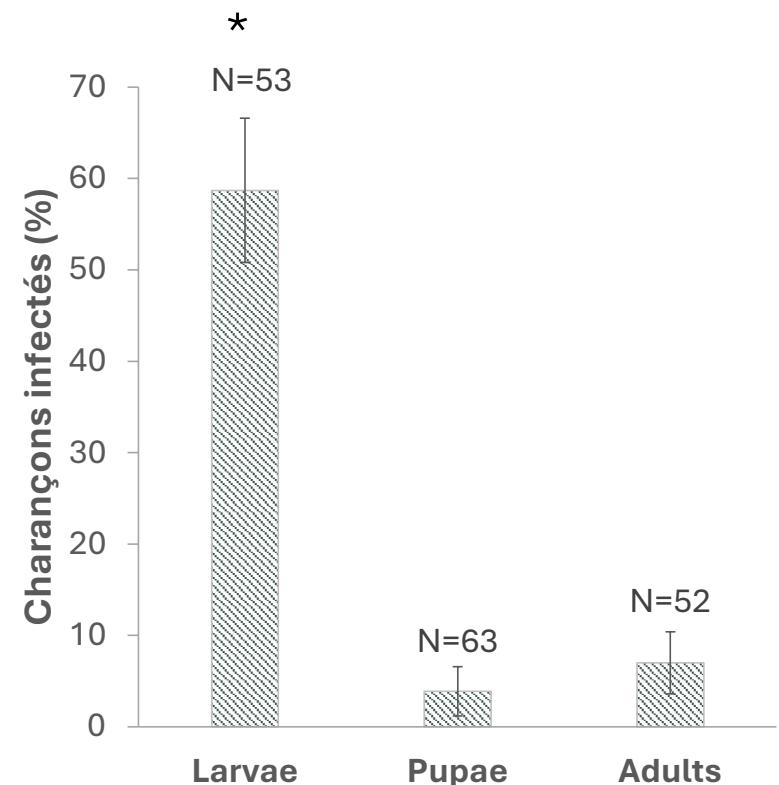
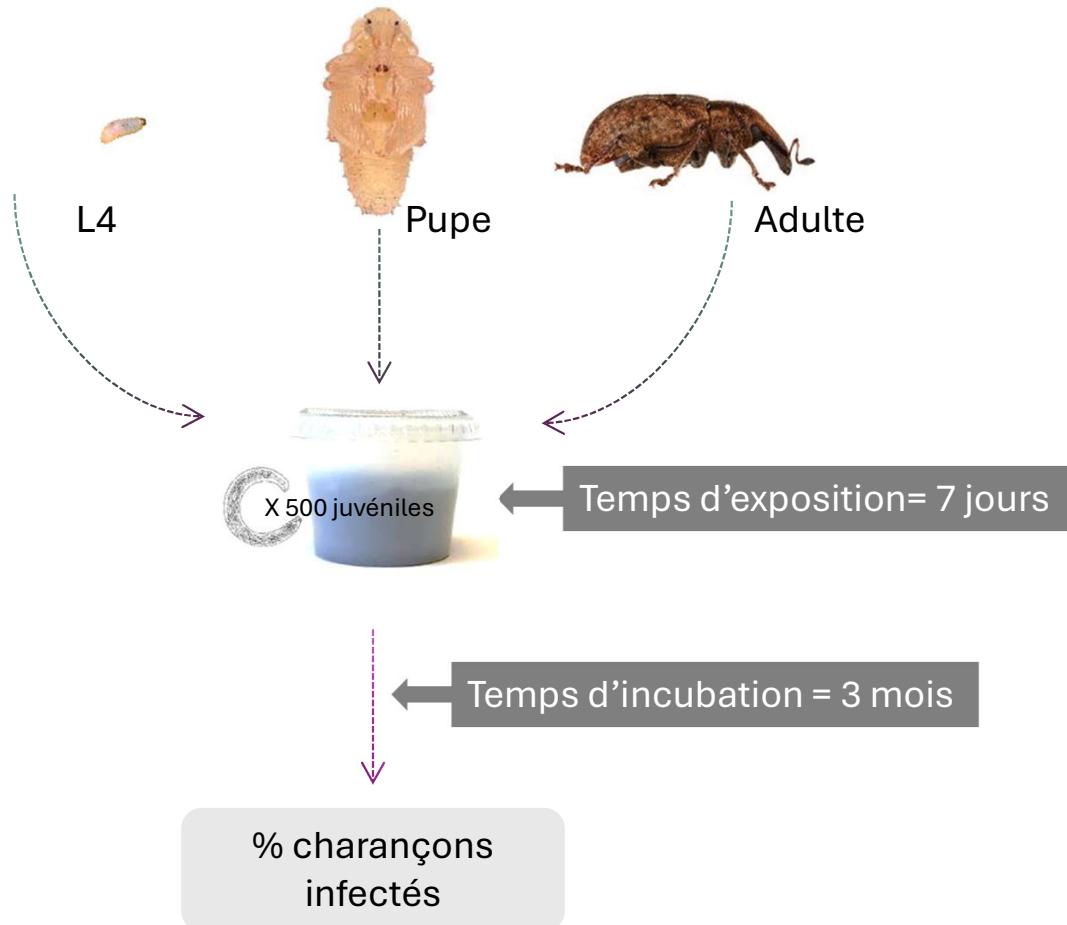
Analyse transcriptomique des charançons sains vs infectés par *B. listronotii*

- 133 gènes « différentiellement » exprimés lorsque le charançon est infecté

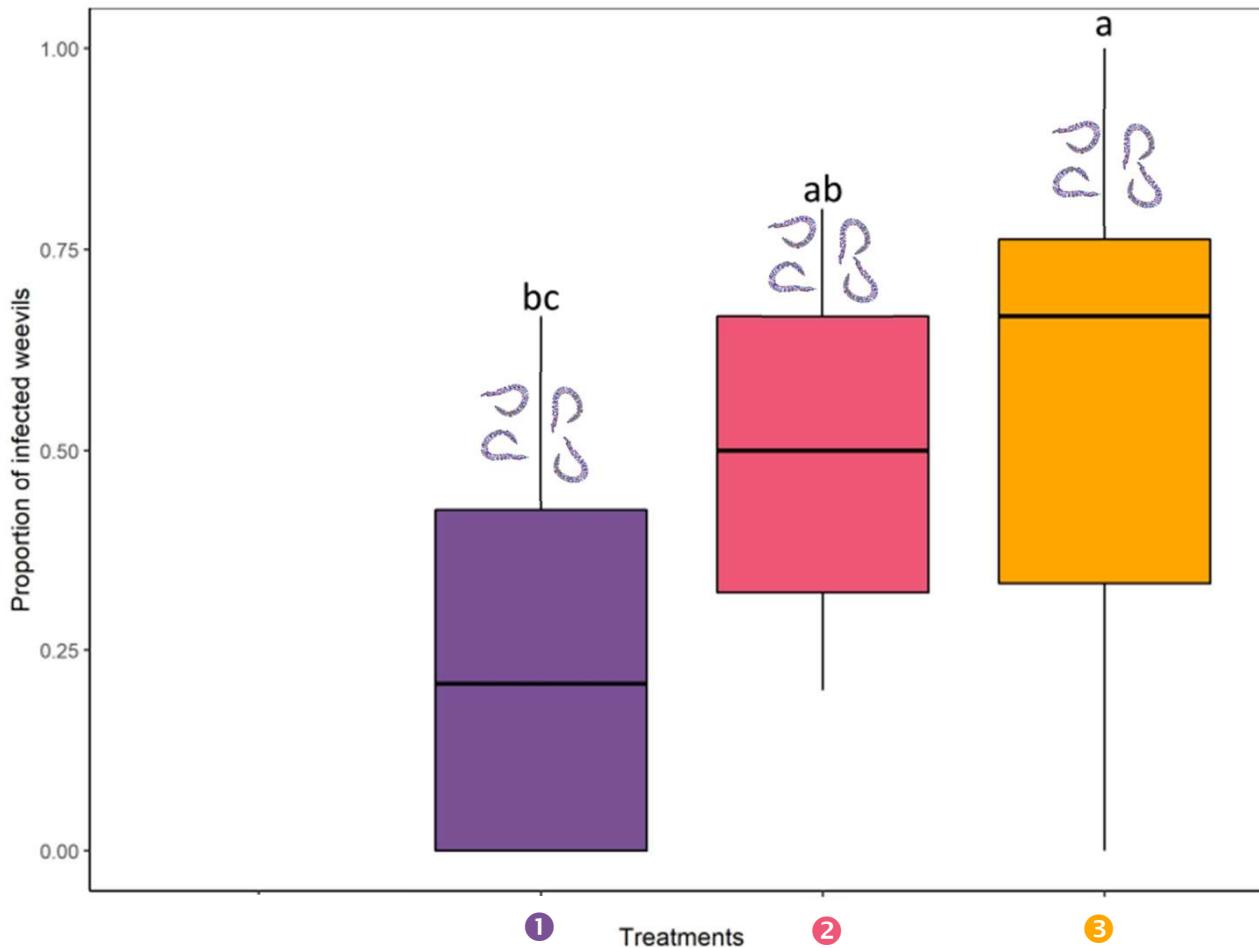
Sous-expression de 2 gènes reliés à l'hormone juvénile joue un rôle gonadotrope dans la reproduction des insectes



SUSCEPTIBILITÉ DES STADES DE DÉVELOPPEMENT



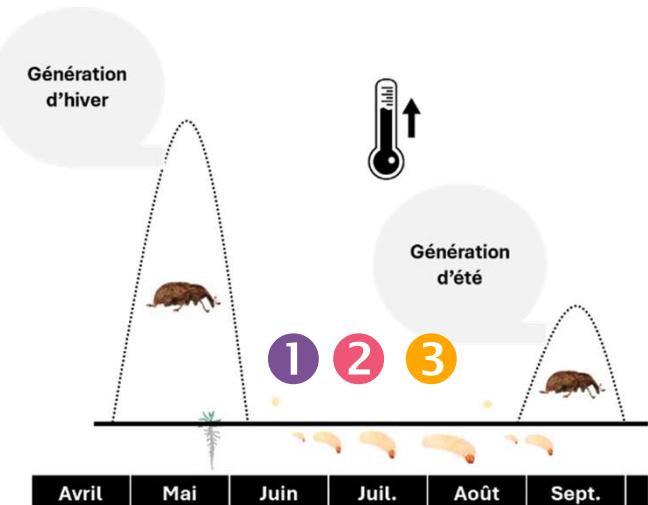
SYNCHRONISME D'INOCULATION



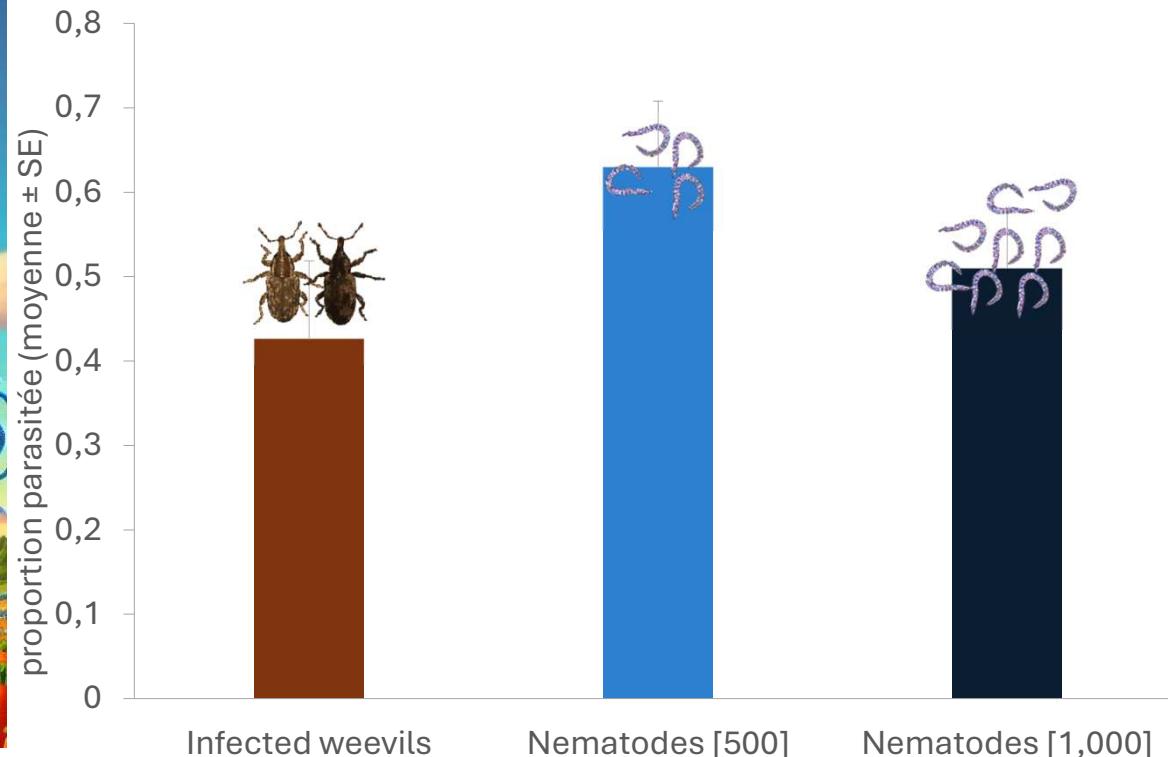
Traitements

- ① Oeufs
- ② Larves L1-L2
- ③ Larves L3-L4

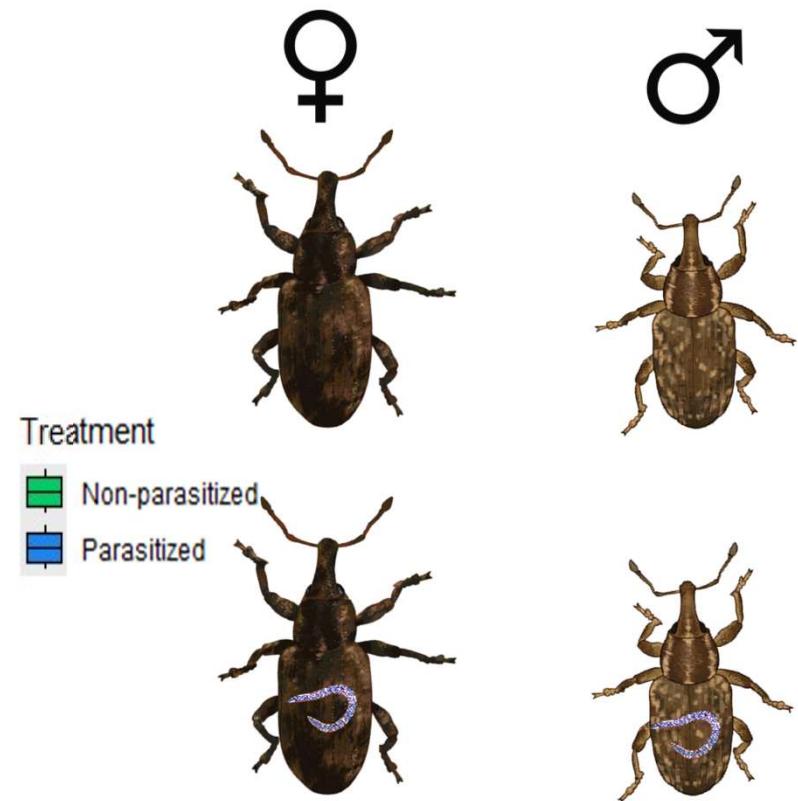
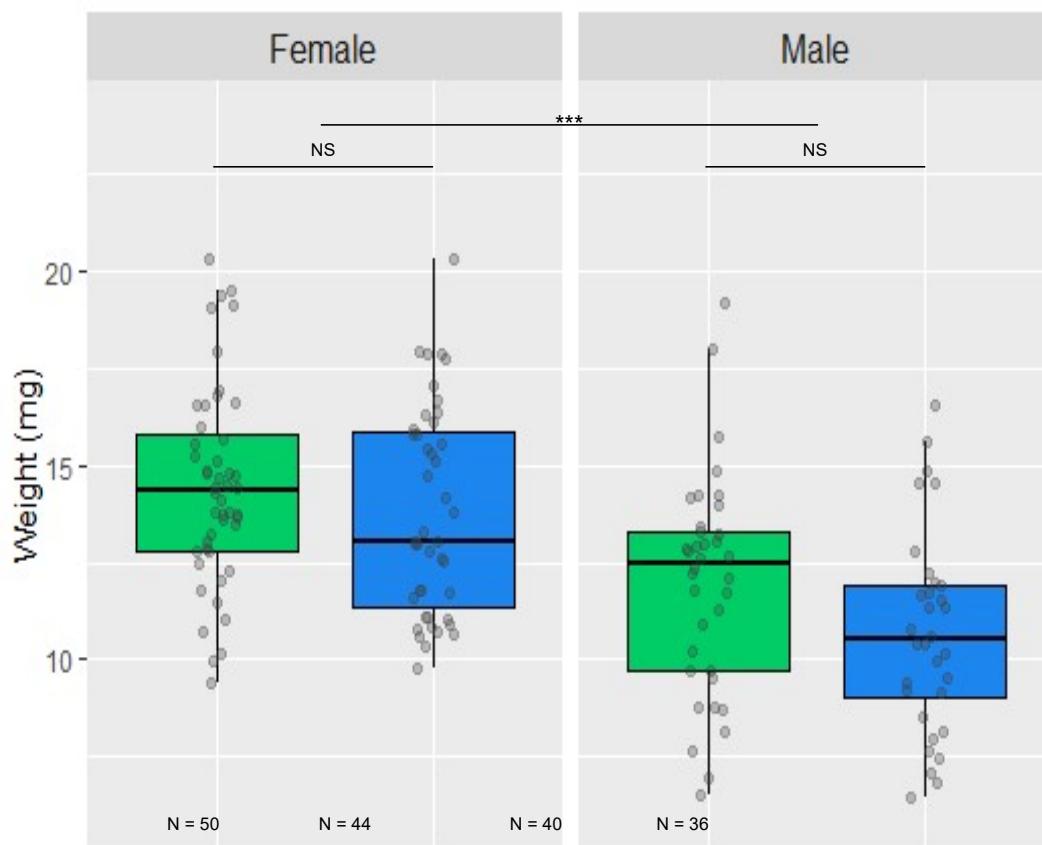
Inoculation de 500 nématodes



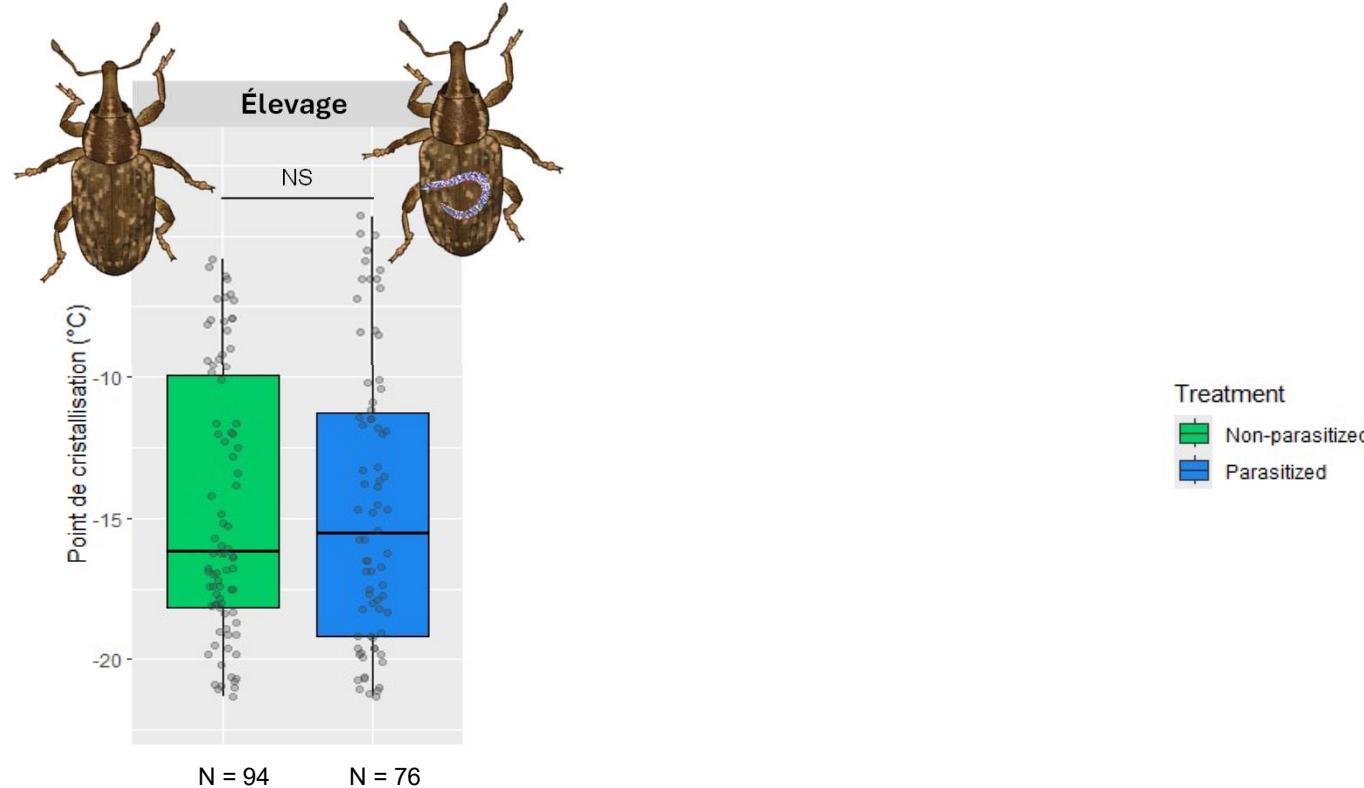
MÉDIUM D'INOCULATION ET DOSE



EFFET DE LA CASTRATION SUR L'INSECTE HÔTE - POIDS



EFFET DE LA CASTRATION SUR L'INSECTE HÔTE – RÉSISTANCE AU GEL



Permet d'anticiper une bonne capacité de survie hivernale des charançons infectés



INTRODUCTION AU CHAMP

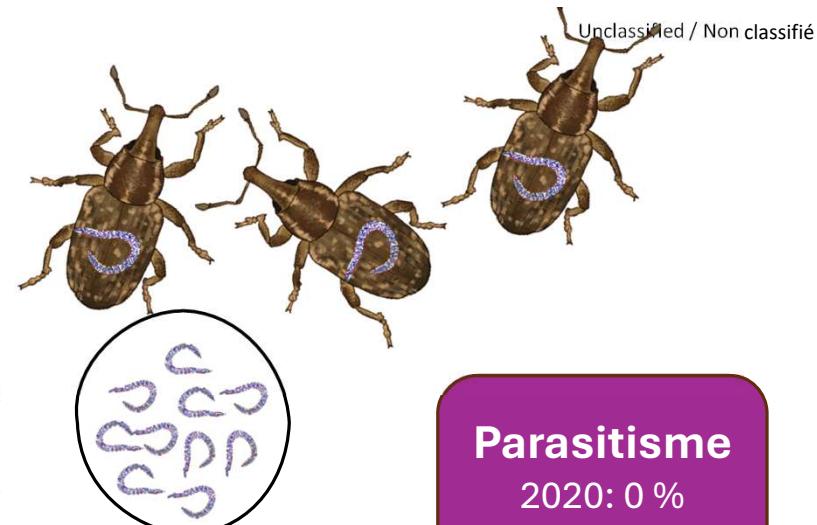


2019

Site 1

Site 2

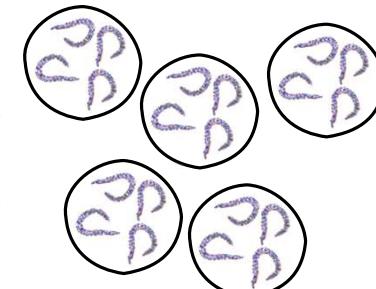
Site 3



2021

Site 1

Site 2



**1000 charançons infectés/site
5 introductions**

Unclassified / Non classifié

POTENTIEL DE LUTTE BIOLOGIQUE

- 👉 Réduction significative (totale) de la fécondité
 - 👉 Hôte -> agent de dissémination
 - 👉 Hautement spécifique
- 👉 Survie à nos conditions climatiques

👉 **Processus de commercialisation en cours**



© Bessette, Marianne

PARTENARIAT COMMERCIAL



Compagnie de production d'agents de lutte biologique (Ontario)

AUT 2024 -> transfert des techniques d'élevage du charançon de la carotte + du nematode *B. listronoti*

ÉTÉ 2025 -> Production minimale de *B. listronoti*

ÉTÉ 2026 -> Production pour essais Ontario-Québec (optimisation du medium d'inoculation)

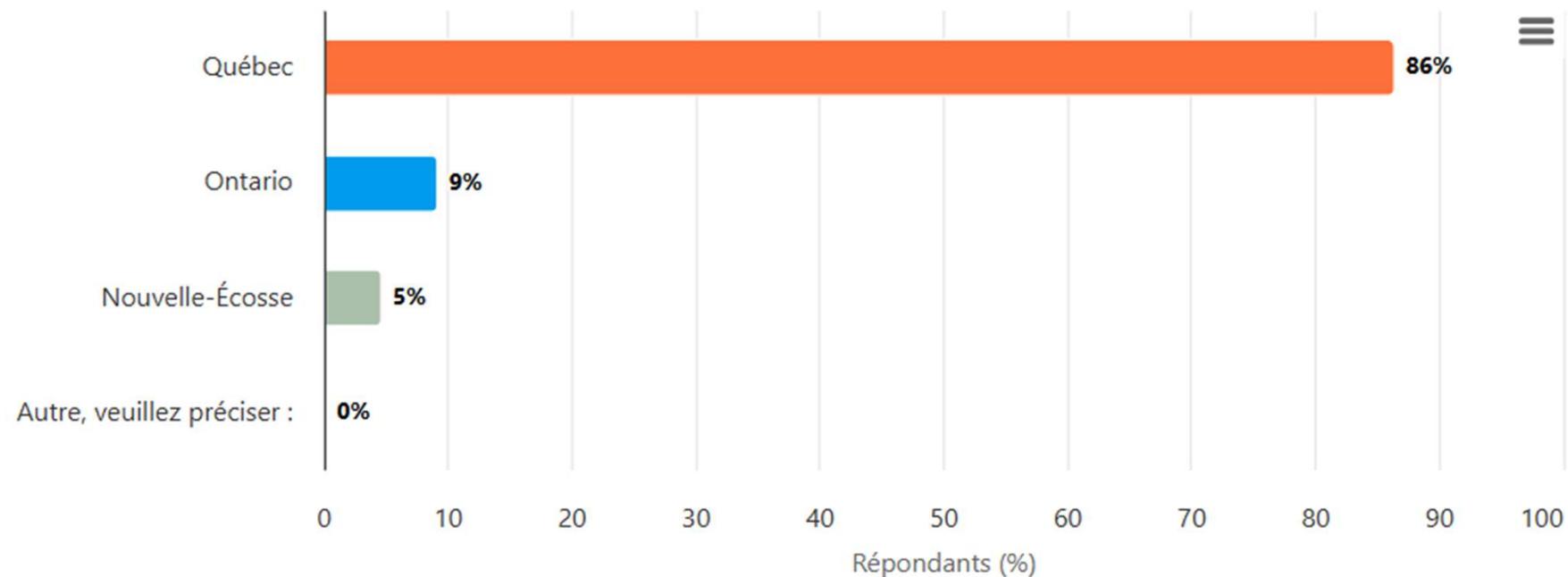
A photograph of three farmers standing in a field of carrots. They are holding up large, orange carrots with green leafy tops. The farmer on the left is wearing a blue t-shirt and a cap. The farmer in the middle is wearing a dark t-shirt and light blue jeans. The farmer on the right is wearing a dark t-shirt and purple pants. The background shows a green field and a road with a car in the distance.

Sondage réalisé auprès des
producteurs de carottes

Répartition géographique

Dans quelle province au Canada êtes-vous producteur de carottes?

22 répondants



Expérience des fermes

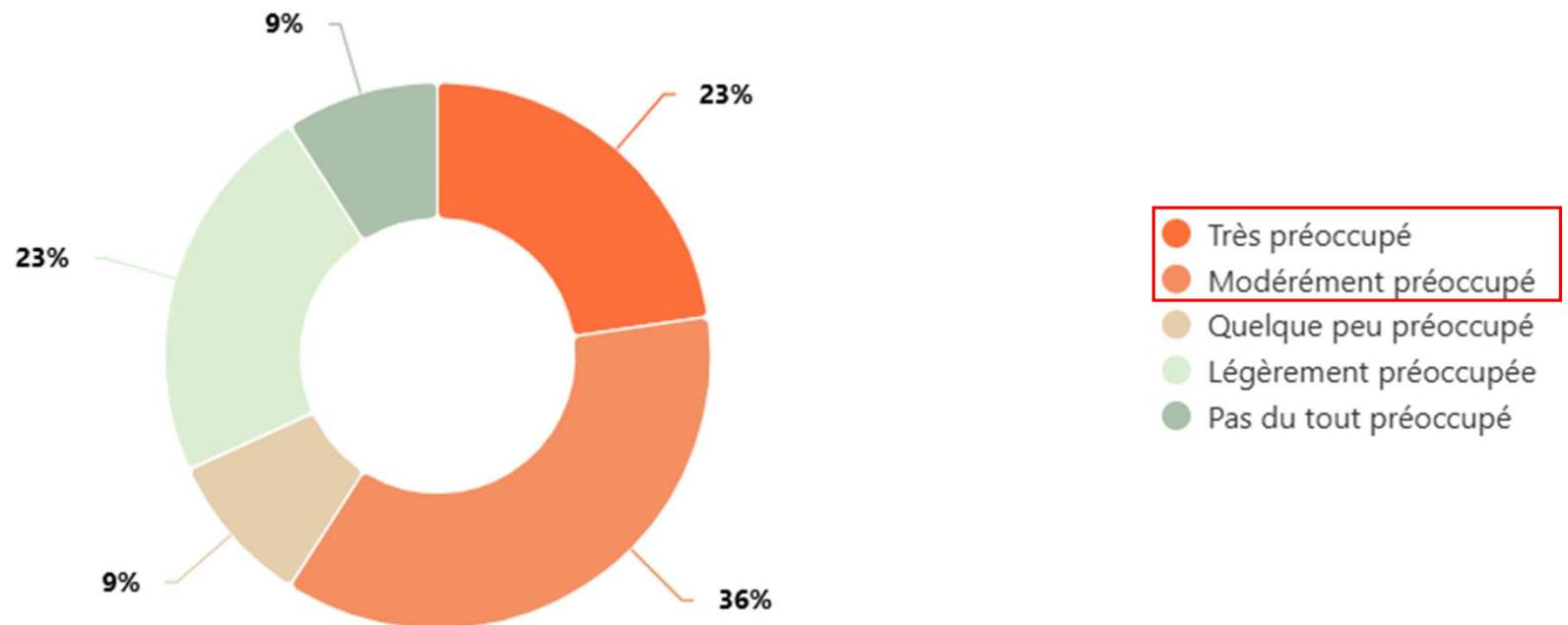
Depuis combien d'années produisez-vous de la carotte sur vos terres?

22 répondants

	%	Fréquence	
50 ans et plus	23%	5	<div style="width: 23%; background-color: orange;"></div>
25-49 ans	59%	13	<div style="width: 59%; background-color: orange;"></div>
10-24 ans	9%	2	<div style="width: 9%; background-color: #e69138;"></div>
Moins de 10 ans	9%	2	<div style="width: 9%; background-color: #c8a23e;"></div>
Total		22	

Perception du risque

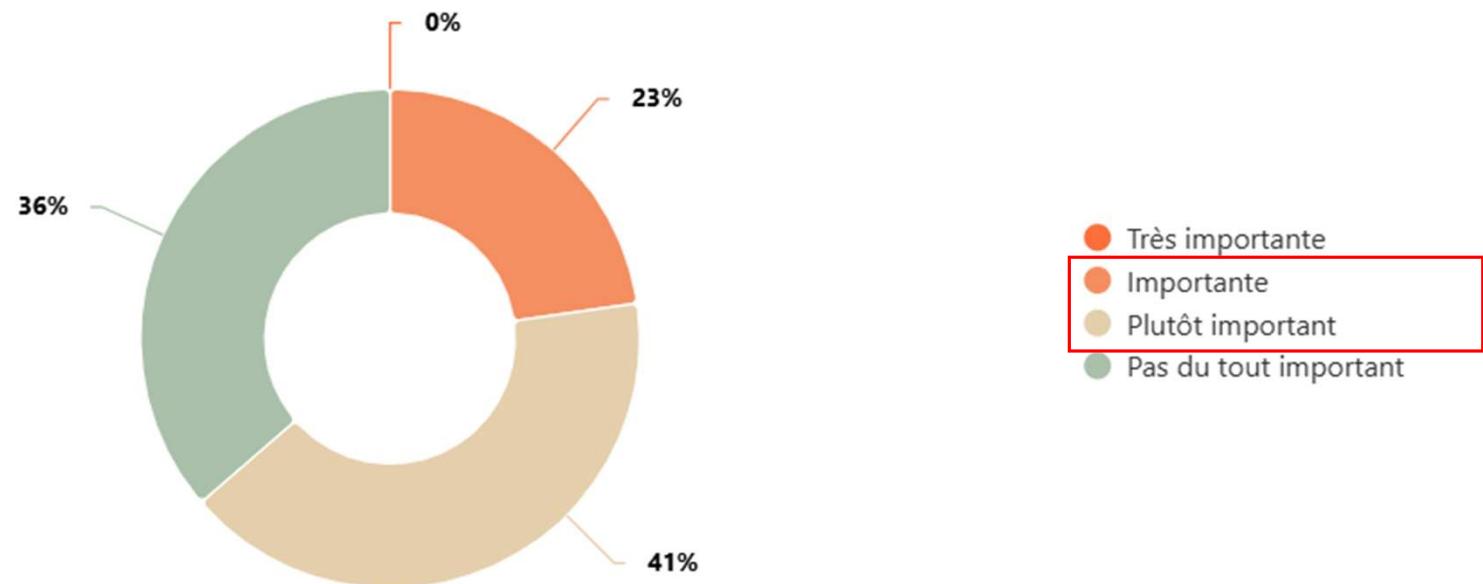
Quelle est votre perception quant à l'augmentation de la problématique du charançon de la carotte?
22 répondants



Estimation des pertes de rendement

Quelle est votre estimation de l'importance des pertes de rendement associées au charançon de la carotte sur votre ferme?

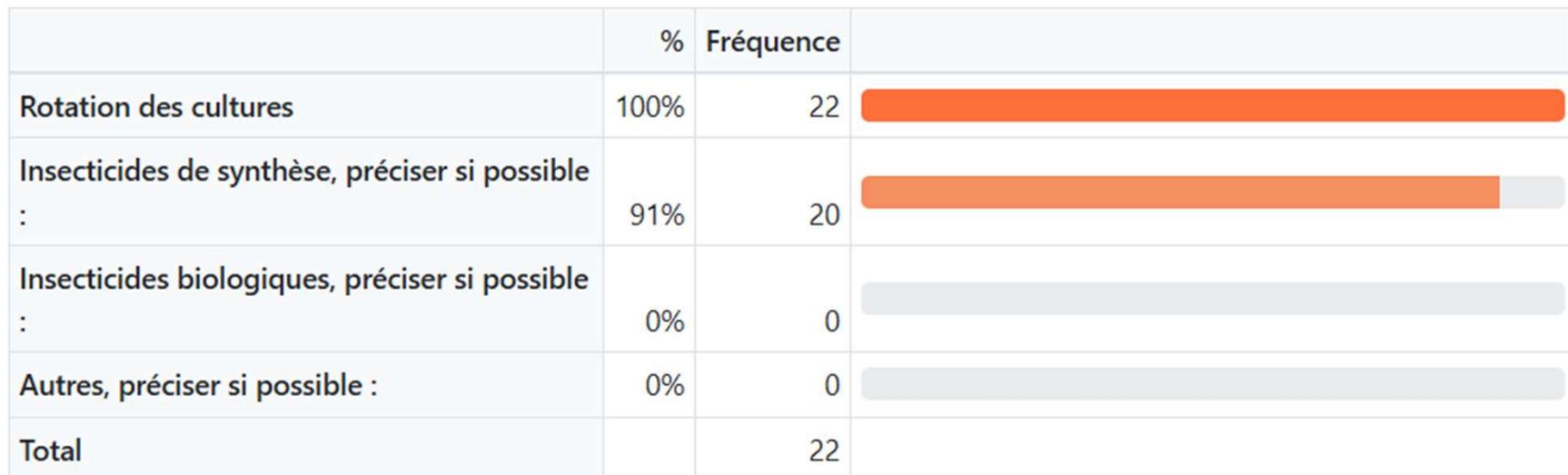
22 répondants



Méthodes de lutte utilisées

Quelles méthodes utilisez-vous actuellement pour le contrôle du charançon de la carotte?

22 répondants

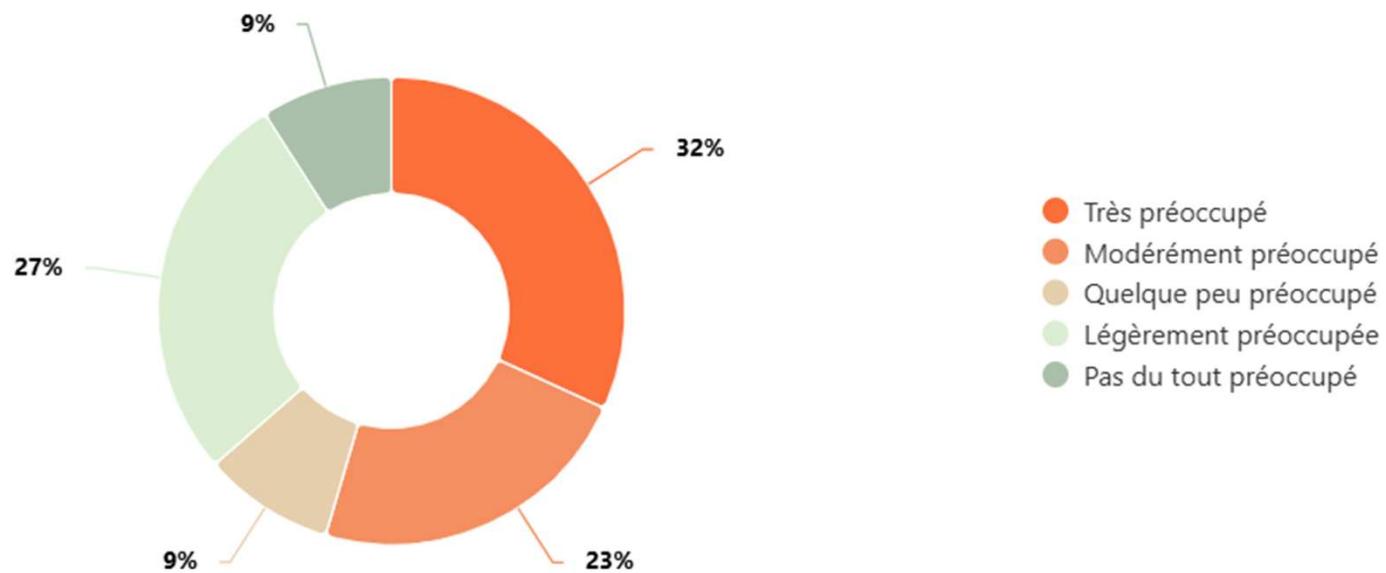


Novaluron - RIMON (93%)
Cyantraniliprole - EXIREL (23%)
Phosmet - IMIDAN (8%)
Lambda-cyhalothrine (8%)

Perception du risque de développement de résistance aux insecticides

Quelle est votre perception du développement de la résistance du charançon de la carotte face aux insecticides?

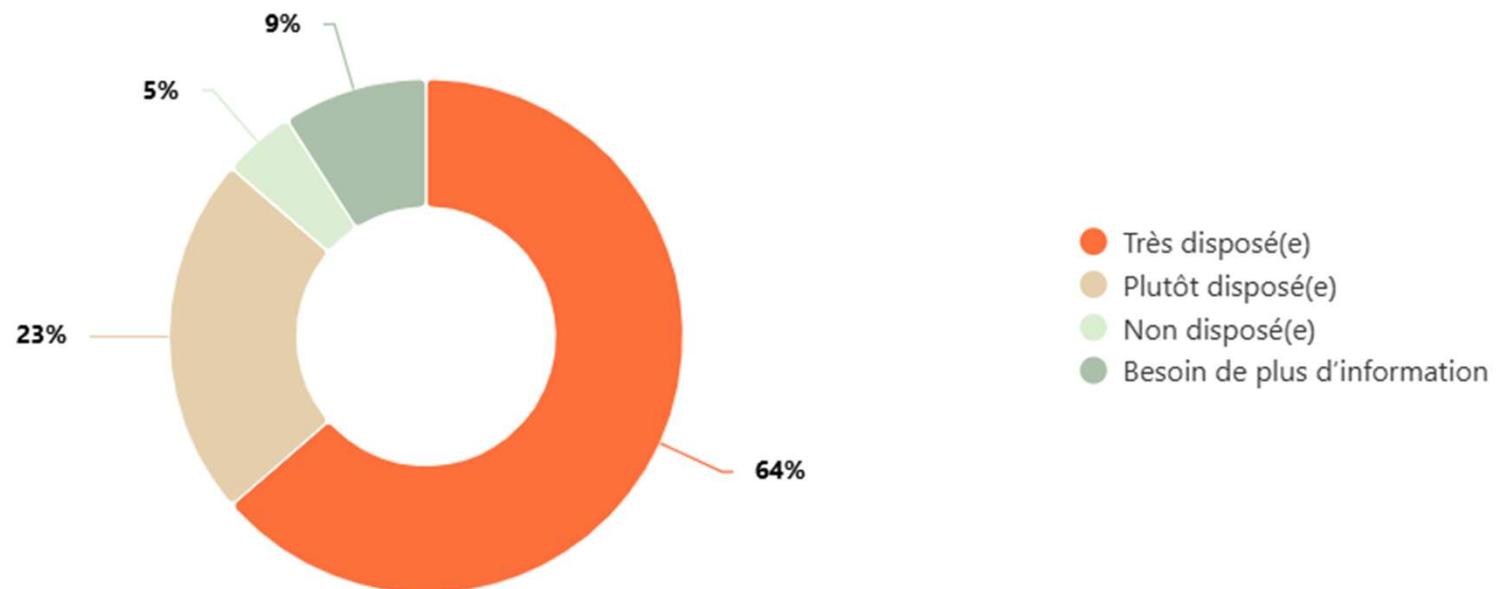
22 répondants



Volonté à utiliser des méthodes alternatives

Dans quelle mesure êtes-vous disposé(e) à utiliser des méthodes alternatives aux insecticides (et d'autres méthodes) pour lutter contre le charançon de la carotte?

22 répondants

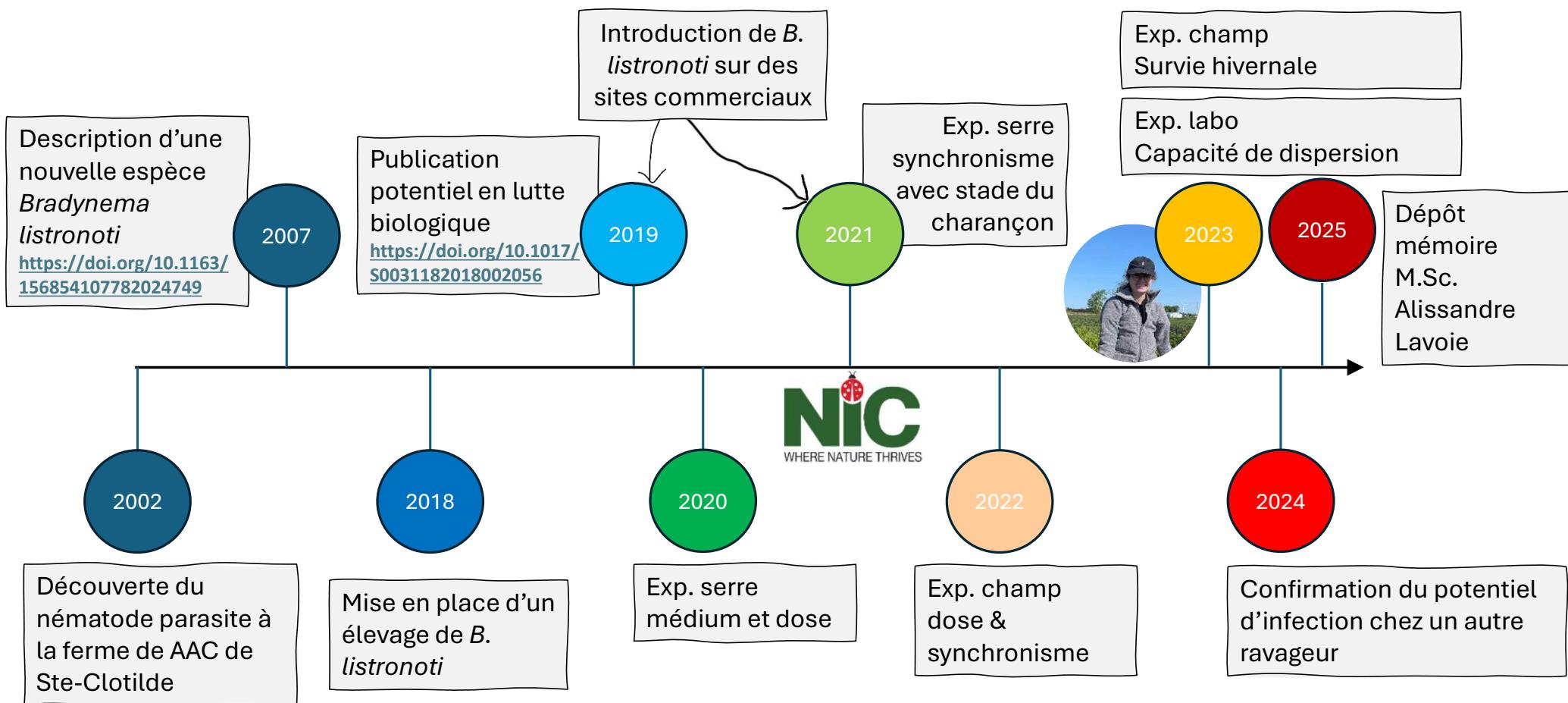




QUESTIONS?



CALENDRIER DES RÉALISATIONS



Cycle de vie de *Bradynema listronoti*

