

**DOCUMENTER LA BIOLOGIE DE LA LÉGIONNAIRE UNIPONCTUÉE AFIN D'ÉTABLIR UNE  
MEILLEURE CORRÉLATION ENTRE LA CAPTURE DES PAPILLONS ET LES DOMMAGES  
OBSERVÉS, ET CE, DANS LE BUT DE MIEUX CIBLER LES INTERVENTIONS**

**CERO-1-17-1823**

DURÉE DU PROJET : 04-2018 / 02-2021

**RAPPORT FINAL**

Réalisé par :

Julien SAGUEZ<sup>1</sup>, Mathieu NEAU<sup>1</sup>, Simon CHAUSSÉ<sup>1</sup>,  
Sandrine LEMAIRE-HAMEL<sup>1,2</sup>, Valérie FOURNIER<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> CÉROM, <sup>2</sup> Université Laval

5 Février 2021

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.

**DOCUMENTER LA BIOLOGIE DE LA LÉGIONNAIRE UNIPONCTUÉE AFIN D'ÉTABLIR UNE  
MEILLEURE CORRÉLATION ENTRE LA CAPTURE DES PAPILLONS ET LES DOMMAGES  
OBSERVÉS, ET CE, DANS LE BUT DE MIEUX CIBLER LES INTERVENTIONS**

**CERO-1-17-1823**

**RÉSUMÉ DU PROJET**

La légionnaire uniponctué (LU) est un insecte suivi depuis 1981 par le Réseau d'avertissements phytosanitaires (RAP) Grandes cultures au Québec. Les larves de LU peuvent causer de la défoliation et des pertes de rendement dans les cultures (p. ex., maïs, céréales, cultures fourragères). Le dépistage de ce ravageur consiste à capturer les papillons à l'aide de pièges à phéromone pour estimer les dates de ponte, ainsi que la présence de larves et de dommages. Toutefois, il est difficile d'établir des corrélations entre les captures de papillons et les dommages observés et déclarés. Bien que cet insecte fasse l'objet d'un suivi récurrent, peu de travaux ont été réalisés au cours des dernières années sur la biologie, la physiologie et le comportement de cet insecte au Québec. Compte tenu des changements climatiques actuels, des conditions climatiques très variables au printemps et à l'été, et des dommages que l'insecte continue de faire, il est important de documenter la biologie des papillons de cette espèce au Québec. L'impact des conditions environnementales sur la biologie de l'insecte a donc été étudié en ayant recours à plusieurs approches (études d'attractivité, capture de femelles et études de fécondité).

Un premier volet du projet consistait à tester l'attractivité de phéromones sur les papillons mâles, à la fois en laboratoire et en champ. Les résultats de ces essais ont été peu concluants, même si une phéromone différente de celle utilisée par le RAP grandes cultures semblait avoir un pouvoir d'attractivité des mâles plus important en conditions de laboratoires. Un second volet visait à utiliser des pièges attractifs permettant de capturer des mâles et des femelles, puisque les pièges utilisés par le RAP Grandes cultures sont des pièges à phéromones qui ne capturent que des mâles. Ce piégeage, réalisé sur deux années consécutives, a permis de mettre en évidence que les femelles sont présentes en même temps que les mâles, mais que le sex-ratio varie au cours de la saison et des pics de vol des papillons. Des dissections des femelles ont également permis de mettre en évidence leur statut reproducteur lors de l'arrivée des femelles migratrices au printemps et des femelles issues de la génération québécoise. Les femelles migratrices étaient accouplées et avaient peu d'œufs dans leur abdomen au moment de leur capture au printemps alors que les femelles capturées plus tard au cours de l'été étaient soit accouplées soit vierges. Un troisième volet du projet consistait à analyser l'accouplement et la fécondité des légionnaires uniponctuées en conditions contrôlées, en laboratoire et à différentes températures. Les résultats de ces expériences ont indiqué que les températures plus fraîches peuvent avoir un impact sur l'étalement des pontes dans le temps alors que les températures plus élevées pourraient avoir un impact négatif sur la reproduction des légionnaires uniponctuées, notamment en induisant une réduction des accouplements. Un quatrième volet du projet consistait à tester l'effet des conditions météorologiques sur la reproduction des légionnaires, à différentes périodes au cours du printemps et de l'été, pendant deux années consécutives. Les résultats ont montré une nouvelle fois que des températures faibles allongent la période d'oviposition alors que les températures plus élevées semblent être néfastes pour la reproduction de l'insecte. L'ensemble des résultats indiquent que les légionnaires préféreraient des températures modérées pour leur reproduction, ce qui expliquerait pourquoi elles migrent chaque printemps du Sud des États-Unis vers le Sud du Canada. Par conséquent, étant donné l'augmentation des températures envisagées dans les prochaines années, il est possible que cela des impacts sur la biologie et la distribution des légionnaires

uniponctuées au Québec. On pourrait avoir moins d'infestation dans le sud du Québec, mais plus d'infestations dans les régions plus nordiques, au climat plus modéré.

## **OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE**

L'objectif principal du projet était d'acquérir et de transmettre des connaissances sur la biologie, la physiologie et le comportement de la LU dans différentes conditions environnementales, en étudiant chacun des sexes.

- Le premier objectif spécifique consistait à évaluer l'attraction des mâles dans les pièges à phéromone. En laboratoire, des tests ont été réalisés à l'aide d'un tunnel de vol pour déterminer comment les mâles se comportent en présence de phéromones synthétiques, en comparaison avec le comportement qu'ils ont en présence d'une LU femelle mature. En champ, des expériences de lâchers-captures de papillons mâles marqués ont été réalisées sous différentes conditions environnementales, afin de déterminer quelle est la proportion d'individus collectés dans les pièges à phéromone situés à équidistance du point de lâcher.
- Le second objectif spécifique visait à étudier la biologie et le comportement reproducteur des femelles de LU. Un premier sous-objectif consistait à installer des pièges attractifs permettant de collecter des papillons femelles de LU dans différents champs à travers le Québec. Les femelles ont ensuite été disséquées afin de déterminer leur statut reproducteur au moment des captures. Un second sous-objectif visait à déterminer l'impact des conditions environnementales sur l'accouplement et la fécondité des femelles en conditions contrôlées et en conditions naturelles. Des tests ont donc été réalisés en laboratoire sous différentes températures constantes, mais aussi en conditions réelles, au champ.
- Le troisième objectif spécifique était la transmission des connaissances acquises aux agronomes et aux producteurs via différentes plateformes de diffusion.

## **RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS**

### **Objectif spécifique 1: Évaluer l'attractivité des phéromones sur les papillons mâles selon différentes conditions climatiques.**

#### 1) Expérience en laboratoire (tunnel de vol)

Au cours des dernières années, dans le cadre du RAP Grandes cultures, les captures de papillons mâles de LU effectuées étaient souvent très faibles dans les pièges à phéromone de type Multipher. Il a été supposé que les mâles puissent être faiblement attirés par les phéromones commerciales. Durant l'automne 2018 et l'été 2019, des tests ont été réalisés en tunnel de vol (voir **Annexe 1**, Figure 1) à l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA, Saint-Bruno-de-Montarville, Québec) pour déterminer comment les mâles de LU se comportaient en présence de phéromones ou de femelles de LU.

Les LU ont été élevées en laboratoire au CÉROM. L'élevage a débuté grâce aux spécimens fournis par Dr Jeremy McNeil (Western University, Ontario). Les papillons adultes étaient placés dans des cages (30 x 30 x 60 cm) elles-mêmes installées dans des chambres de croissance (25 °C, 70 % d'humidité et photopériode de 16 h de jour : 8 h de nuit). Des bandelettes de papier parchemin étaient placées dans les cages pour permettre la ponte des œufs. Les bandelettes étaient récupérées régulièrement et lorsque les œufs ont éclos, les jeunes larves étaient placées sur diète artificielle (méthode adaptée de Shorey et Hale, 1965). Au stade chrysalide, les individus étaient sexés selon la technique de Breeland (1958), puis déposés sur de la vermiculite humidifiée. Les chrysalides ont été séparées dans deux chambres de croissance au CÉROM, afin d'éviter toute exposition au sexe opposé avant les tests. À leur émergence, les papillons étaient regroupés dans des cages selon leur

date d'émergence. Pour les tests en tunnel de vol, la photopériode a aussi été décalée afin que les individus soient dans les meilleures conditions de cycle circadien, c'est-à-dire pour que les mâles se trouvent dans des conditions similaires à celles où ils sont le plus actif, soit durant la scotophase (après au moins 5 h de nuit). Ce décalage permet de réaliser des tests pendant la journée dans le tunnel de vol, alors que les papillons sont dans leur phase nocturne et de réceptivité aux phéromones sexuelles émises par les femelles. Le jour de l'expérience, les spécimens ont été transportés du CÉROM vers l'IRDA dans des contenants individuels et opaques. Les expériences ont été réalisées dans les conditions suivantes : température ambiante de 26 °C; vitesse du vent dans le tunnel de 0,3 m/s (air filtré); humidité relative de 45,7 %; luminosité très faible (< 1 lux). Des mâles sexuellement matures (âgés de 5 jours après émergence) ont été utilisés pour les expériences. Les femelles vierges (non préalablement accouplées ni mises au contact de mâles) ont été utilisées séparément et ont servi de témoin pour attirer les mâles. Les femelles ont été mises individuellement dans une cage percée placée sur une plateforme, à l'entrée du tunnel de vol (au niveau de l'arrivée d'air). Les mâles ont été déposés sur une autre plateforme située à l'autre extrémité du tunnel (soit à environ un mètre de la femelle). Pour chaque test dans le tunnel de vol, un seul mâle était testé à la fois avec une seule femelle, afin d'observer le comportement du mâle vis-à-vis de la femelle (voir **Annexe 1**, Figure 2). Pour les tests avec les phéromones, la femelle était remplacée par une phéromone synthétique placée sur la plateforme à l'entrée du tunnel. Installer les femelles et les phéromones à l'entrée du tunnel permet le passage de l'air et la diffusion des phéromones naturelles ou synthétiques dans le tunnel, en formant ce qu'on appelle la plume de la phéromone (voir **Annexe 1**, Figure 3). En 2018, uniquement des prétests ont pu être réalisés pour paramétrer le tunnel de vol.

En 2019, une première série d'essais a été réalisée en juillet. À tour de rôle, cinq mâles ont été exposés à une femelle vivante placée dans une cagette pour une durée de cinq minutes. Cinq autres mâles ont ensuite été exposés individuellement pendant cinq minutes à la phéromone commerciale actuellement utilisée par le RAP (« *Pseudaletia unipuncta* », Scentry Biologicals®). Finalement, cinq autres mâles ont été exposés cinq minutes, encore une fois à tour de rôle, à une autre phéromone commerciale (« *Mythimna unipuncta* », Csalomon®) qui n'avait jamais été testée par le RAP. Entre chaque essai, un nettoyage du tunnel de vol a été effectué. L'expérience a été renouvelée au début d'août 2019, mais l'ordre des traitements a été modifié : « *M. unipuncta* » en premier, suivie d'une femelle vierge, puis de « *P. unipuncta* ». Ceci avait pour but de s'assurer que l'ordre des traitements n'avait pas d'effet sur les résultats. Lors de leurs cinq minutes d'exposition, les comportements de vol des mâles étaient notés : le temps passé en vol, le comportement de vol du papillon (le papillon entre dans la plume de la phéromone ou se pose sur les parois du tunnel de vol) et si le papillon se pose sur la phéromone. Un papillon mâle présente des comportements d'attraction lorsqu'il effectue un vol en zigzags de plus en plus rapprochés à proximité de la source d'émission (femelle ou phéromone) pendant plusieurs minutes. Ainsi, un papillon volant longtemps et passant beaucoup de temps dans la plume de la phéromone est considéré comme plus attiré par la source de la phéromone qu'un mâle sortant de la plume ou se posant dans un coin du tunnel de vol sans bouger. Le nombre de fois que le papillon s'approchait de la source lumineuse située au plafond du tunnel de vol était également noté. Bien que l'intensité lumineuse soit faible (< 1 lux), elle a pu distraire les papillons pendant l'expérience.

Les résultats (voir **Annexe 1**, Tableau 1) indiquent que la phéromone « *M. unipuncta* » a un effet attractif plus important sur les mâles que la phéromone commerciale « *P. unipuncta* ». Les comportements de recherche des mâles étaient plus soutenus avec la phéromone « *M. unipuncta* » que pour tout autre traitement. Les mâles ont volé plus longtemps dans la plume de la phéromone, et plusieurs d'entre eux (4 papillons sur 10) se sont même posés sur la source de la phéromone, ce qui démontre une certaine attraction. « *M. unipuncta* » est le seul traitement où un tel comportement a été observé. Quant aux femelles vierges, elles n'ont pas beaucoup attiré les mâles. La moitié d'entre eux n'ont même pas volé, et un seul

papillon a volé vers la femelle. Une hypothèse pouvant expliquer ce phénomène est que les femelles ont un comportement d'appel complexe étant rythmé par des périodes d'appels alternées à des périodes de repos. Les tests ont peut-être été réalisés durant les périodes de repos des femelles, ne coïncidant pas avec l'émission de phéromone et par conséquent, les mâles n'auraient pas pu être attirés. De plus, ce comportement est influencé par l'âge de la femelle (Delisle et McNeil 1987). Il est également possible que le transport des papillons ait suffisamment perturbé les femelles pour qu'elles retardent ou annulent leurs périodes d'appels.

Les résultats de cette expérience indiquent que les phéromones de LU actuellement utilisées par le RAP Grandes cultures ne sont peut-être pas les plus appropriées. En effet, les molécules chimiques constituant une phéromone d'une espèce peuvent être multiples. Plusieurs molécules peuvent être identiques pour plusieurs papillons, mais le pourcentage et la combinaison de chaque molécule varie d'une espèce à l'autre. Cela pourrait expliquer pourquoi la phéromone synthétique actuellement utilisée dans le cadre du RAP Grandes cultures n'est pas spécifique. Il conviendrait peut-être de conduire des essais de captures dans le cadre du RAP Grandes cultures avec la phéromone du fournisseur Csalomon. Il pourrait aussi être envisagé d'analyser plus précisément le contenu de chaque phéromone commerciale (p. ex. : analyses moléculaires, concentration des différentes molécules et antennogrammes), pour voir laquelle est plus spécifique à la LU. Au cours des dernières années, dans le cadre d'autres projets réalisés parallèlement par le RAP Recherche associé au RAP Grandes cultures, il a été montré que la phéromone actuellement utilisée par le RAP, mais avec d'autres types de pièges (Unitrap, Héliothis ou Trapview), fonctionne, bien qu'elle ne soit pas spécifique à la LU. D'autres noctuelles sont également capturées dans ces types de pièges, comme c'est le cas avec les pièges Multipher. Grâce aux techniques d'analyse récentes pour analyser les phéromones (p.ex. : analyse par chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse), il serait donc peut-être plus intéressant de voir s'il est possible d'avoir une phéromone commerciale plus spécifique pour la LU ou de conduire des expériences pour extraire et caractériser le mélange de molécules associées spécifiquement à la LU. Cela pourrait faciliter l'identification et les décomptes hebdomadaires de papillons dans le cadre du suivi effectué par le RAP Grandes cultures.

## 2) Expérience menée en champ (lâchers de mâles)

Le second volet de cet objectif spécifique 1 consistait à valider l'efficacité des pièges à phéromone pour capturer les papillons mâles de LU. L'expérience a été réalisée essentiellement en 2018 et quelques essais supplémentaires ont été effectués en 2019. Dans le cadre du RAP Grandes cultures, les pièges utilisés sont des pièges Multipher. Ces derniers se révèlent peu efficaces pour capturer les LU et prédire la présence de larves et de dommages dans les champs. Deux des raisons évoquées pour expliquer pourquoi le piégeage ne fonctionne pas bien seraient que (1) la phéromone soit plus ou moins attractive et que (2) son efficacité puisse varier selon les conditions climatiques.

Pour effectuer ces tests, des papillons mâles et sexuellement matures ont été utilisés. Ces individus étaient issus de notre élevage au CÉROM. Les chenilles étaient élevées sur diète artificielle, tel que décrit précédemment. Les individus étaient sexés au stade chrysalide, puis déposés sur de la vermiculite humidifiée. Pour cette expérience, nous n'avons utilisé que des papillons mâles puisqu'ils sont les seuls à être attirés par les phéromones synthétiques commerciales. Les papillons mâles émergeant à la même date étaient placés dans une même cage et maintenus en élevage avec de l'eau sucrée jusqu'à ce qu'ils atteignent leur maturité sexuelle (au moins 5-6 jours après l'émergence des adultes). Ces papillons ont été utilisés pour effectuer les lâchers.

Avant d'être libérés, les papillons ont été mis au froid ( $\pm 2$  h à 4 °C) pour être marqués d'une tache de peinture (voir **Annexe 2**, Figure 4) sur la face dorsale afin de les distinguer des LU sauvages qui auraient pu être collectées dans les pièges. Les papillons marqués ont ensuite

été placés dans des plats Ziploc aérés avec une ouate imbibée d'eau sucrée, et réacclimatés à 25 °C avant d'être relâchés. Le passage au froid n'a pas affecté la vigueur des mâles.

Les papillons ont été libérés sur le site du CÉROM, au centre d'un cercle virtuel de 300 m de rayon sur lequel étaient placés quatre pièges Unitrap, un à chaque point cardinal (voir **Annexe 2**, Figures 5 et 6). Des pièges Unitrap ont été utilisés parce qu'ils se sont avérés efficaces dans d'autres projets, notamment ceux réalisés avec les pièges automatisés qui possèdent la même tête que les pièges Unitrap, lors des expériences menées dans le cadre de l'objectif spécifique 2 de ce projet, ainsi qu'à plusieurs reprises dans la littérature (Landolt et Alfaro 2001; Landolt et Higbee 2002). En 2018, chaque piège contenait la même phéromone que celle utilisée par le RAP (« *P. unipuncta* ») et une bandelette insecticide pour tuer les insectes capturés. Les pièges ont été installés quelques jours avant le début des lâchers pour s'assurer que les phéromones commencent à diffuser. Six lâchers ont été effectués à des dates et heures différentes, entre le 24 mai et le 3 juillet et entre 16 h 45 et 21 h 30, soit un peu avant ou au moment du coucher du soleil, quand les papillons commencent à être actifs et que les vents diminuent. Cela a permis d'avoir des conditions climatiques différentes pour chaque lâcher (voir **Annexe 2**, Figure 7 et Tableau 2). Un nombre variable de papillons a été relâché lors de chaque test, en fonction des émergences de notre élevage. Au total, 563 mâles ont été relâchés en 2018 et le contenu des pièges était observé pendant plusieurs jours après chaque lâcher. Malheureusement, aucun des papillons n'a été recapturé. Nous avons réalisé d'autres lâchers en réduisant la distance par rapport aux pièges (150 m, 20 m, 5 m et sous les pièges), mais encore une fois, aucun papillon marqué n'a été capturé. Plusieurs hypothèses ont alors été émises pour expliquer l'absence de recapture. La première étant que les papillons de nuit puissent être repoussés par l'odeur dégagée des bandelettes insecticides dans les pièges. On se demandait aussi si les papillons avaient, dès leur lâcher, tendance à être attirés et transportés par des courants de masses d'air ascendantes et s'ils pouvaient être attirés ou perturbés par la lumière du soleil en fin de journée.

Pour tester ces hypothèses, nous avons donc renouvelé les expériences en 2019. Les LU ont été élevées et marquées de la même manière qu'en 2018. En revanche, les bandelettes insecticides ont été remplacées par des plaquettes collantes, et les papillons ont tous été libérés après le coucher du soleil (après 20 h 45). Ainsi, 15 papillons (émergés depuis 7-8 jours) ont été lâchés le 3 juillet 2019 et 15 autres (émergés depuis 5-6 jours) le 5 juillet 2019 (4 pièges placés aux quatre points cardinaux, à une distance de 300m par rapport au point de lâcher). Malheureusement, aucun papillon marqué n'a été capturé. Lors de la libération, une attention particulière a été portée au comportement des papillons. Ainsi, une estimation visuelle permet de dire que plus de 75 % des papillons, dès l'ouverture des contenants, partaient en volant et en tourbillonnant vers le haut, même si aucune lumière n'était présente pour les attirer. Les autres papillons ont pu se réfugier dans la végétation située à proximité ou être la proie de prédateurs. Certes, le nombre de lâchers et de papillons libérés en 2019 était inférieur à ceux de 2018, mais les conclusions sont identiques. Ces expériences ont également permis d'invalidier l'impact des bandelettes insecticides et de la lumière pour expliquer l'absence de captures. Il semblerait donc que la cause possible de l'absence de recapture des papillons libérés soit donc due au fait que les papillons sont rapidement aspirés par les masses d'air ascendantes et qu'ils s'éloignent rapidement du site de lâcher et ne soient pas capables par la suite de trouver la plume de la phéromone. Cette hypothèse semble plausible, car comme mentionné, lors de la libération des papillons, plusieurs d'entre eux s'envolaient et prenaient rapidement de l'altitude avant d'être aspirés dans une colonne d'air. Toutefois, aucun de ces papillons n'a été rattrapé dans les pièges du RAP Grandes cultures (tous les papillons ont été analysés par le LEDP et aucun d'eux ne présentait de tache de couleur en face dorsale). Une autre hypothèse émise par Dr Jeremy McNeil (Université Western Ontario), spécialiste de la LU, est que les papillons ne sont simplement jamais entrés dans la plume des phéromones sexuelles

placées dans les pièges Unitrap, et que par conséquent, ils n'ont jamais été attirés dans les pièges. Cette explication complète bien l'hypothèse précédente.

*Les expériences réalisées dans cet objectif spécifique ne nous ont malheureusement pas réellement permis d'en apprendre beaucoup plus sur l'attractivité des mâles par les phéromones. Toutefois, les expériences réalisées en tunnel de vol avec une nouvelle phéromone laissent supposer qu'elle pourrait être utilisée dans le cadre du RAP Grandes cultures pour la capture des LU, puisque ces dernières semblent avoir eu de meilleures réponses qu'avec la phéromone actuellement utilisée par le RAP Grandes cultures. Il serait également intéressant de voir si cette phéromone est utilisée ailleurs qu'au Canada (notamment en Europe) et si elle est plus spécifique que celle actuellement utilisée au Québec.*

## **Objectif spécifique 2: Migration, statut reproducteur des femelles de légionnaire uniponctué à leur arrivée au Québec et impact de la température sur leur biologie.**

### 1) Captures de femelles de légionnaire uniponctué

Ce premier volet consistait à capturer des papillons femelles de LU, en champ, dans différents sites, afin de déterminer leur statut reproducteur et leur abondance par rapport aux mâles (sex-ratio). L'expérience a été menée durant le printemps et l'été, en 2018 et en 2019. En 2018, cinq sites ont été sélectionnés, soit à Shawville (Outaouais), à Saint-Blaise-sur-Richelieu (Montérégie-Ouest), à Saint-Mathieu-de-Beloeil (Site du CÉROM – Montérégie-Est), à Saint-Hyacinthe (Montérégie-Est) et à Sainte-Monique (Centre-du-Québec). En 2019, six sites ont été sélectionnés, soit à Thurso (Outaouais), à Saint-Cyprien-de-Napierville (Montérégie-Ouest), à Saint-Mathieu-de-Beloeil (Site du CÉROM – Montérégie-Est), à Saint-Hyacinthe (Montérégie-Est), à Lac-du-Cerf (Laurentides) et à Saint-Eugène (Centre-du-Québec). Dans chacun des sites, cinq pièges (type Unitrap) ont été installés à une distance minimale de 10 m, les uns des autres. Chaque piège contenait deux fioles de 15 mL avec le bouchon percé, l'une contenant trois boules de coton imbibées de 5 mL d'acide acétique et l'autre contenant trois boules de coton imbibées de 5 mL de 3-Méthyl-1-butanol, selon la méthode décrite par Landolt et Higbee (2002). Une plaquette insecticide était placée dans le fond du piège (voir **Annexe 3**, Figures 8 et 9). Le mélange des vapeurs des deux composés mime l'odeur de mélasse fermentée et forme un « attractif alimentaire ». Ces types de pièges sont attractifs pour les LU des deux sexes, mais aussi pour d'autres noctuidés. Les fioles étaient remplacées chaque semaine au moment où le contenu des pièges était récupéré. Les pièges ont été installés pendant 10 à 12 semaines consécutives selon les sites et l'année. Lors des relevés des pièges, tous les insectes collectés étaient récupérés. Tous les insectes ont été conservés et envoyés au CÉROM pour être identifiés. Un premier tri a été effectué pour déterminer le nombre de LU (mâles et femelles) capturées dans chaque site et chaque piège selon la date, en se basant sur les caractéristiques morphologiques (p. ex., forme, taille, motifs spécifiques sur les ailes). Les femelles de LU ont été isolées et conservées au CÉROM. Les autres papillons collectés dans les pièges ont été envoyés au Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection (LEDP) du MAPAQ qui a validé l'identification de tous les spécimens de noctuelles collectées qui étaient en bon état.

Des captures ont eu lieu dans tous les sites où des pièges avaient été installés. En 2018, 1060 noctuelles ont été capturées, parmi lesquelles 913 individus ont été identifiés à l'espèce et 197 individus ont été formellement identifiés comme étant des LU, 126 étant des mâles et 71 des femelles. En 2019, 763 noctuelles ont été capturées et 558 individus identifiés à l'espèce, 197 spécimens (142 mâles et 55 femelles) ont été formellement identifiés comme étant des LU. Bien que les pièges capturent un grand nombre d'autres

papillons noctuelles que la LU (91 espèces différentes ont été dénombrées en 2019), les LU représentent la principale espèce capturée (18,5 à 25 % de l'ensemble des spécimens capturés en 2018 et en 2019 respectivement). Parmi les autres espèces abondantes, on trouve *Lacanobia atlantica* (6,3 % des captures), et *Scoliopteryx libatrix* et *Apamea dubitans* (4,3 % des captures chacun). Ces pièges attractifs ont aussi capturé d'autres espèces d'insectes (dénombrement non effectué) parmi lesquels des bourdons. Le LEDP a gardé quelques-uns des spécimens de noctuelles rares et/ou en bon état pour sa collection.

***Les deux années d'utilisation de ces pièges attractifs confirment qu'ils sont efficaces si l'on souhaite capturer ou échantillonner des spécimens femelles de LU. Cette expérience vient également confirmer que la forme du piège n'est pas la cause de l'absence de captures dans l'expérience de lâcher-capture effectuée à l'objectif spécifique 1 puisque dans les deux cas, nous avons utilisé des pièges Unitrap.***

Les données de captures et les identifications selon le sexe des légionnaires ont permis de dresser des cartes de distribution et d'abondance par site et de tracer des profils de distribution en fonction du temps pour chaque année (voir **Annexe 3**, Figures 10 à 12). Que ce soit en 2018 ou en 2019, si l'on observe les profils de captures à l'échelle provinciale, on constate qu'il y a 3 pics de captures des papillons. Un premier pic est observé fin mai - début juin, un second pic au moment de la Saint-Jean-Baptiste et un dernier pic fin juillet - début août. Le pic avec les captures les plus abondantes est le second. Ces données sont en accord avec les captures de mâles effectuées par le RAP grandes cultures au cours des deux années de dépistages. Les graphiques provinciaux montrent également qu'en général, il y a moins de captures de femelles que de mâles lors des deux premiers pics que lors du pic ayant lieu fin juillet - début août. Cependant, les profils de captures sont similaires, suggérant que les femelles et les mâles migrent et volent en même temps au cours de la saison au Québec. Sur l'ensemble des deux années et des sites, on constate toutefois que ce sont en moyenne deux fois plus de mâles que de femelles.

D'un site à l'autre, le nombre de pics et les profils de captures varient, que ce soit en 2018 ou en 2019. Les pics de captures *n'apparaissent* pas aux mêmes dates. Bien qu'en général on observe un pic de capture plus important aux environs de la Saint-Jean-Baptiste dans la plupart des sites, il arrive pour certains sites que d'autres pics de captures soient décalés dans le temps. Ce fut notamment le cas à Saint-Hyacinthe et Shawville en 2018, où il a été observé un second pic fin juillet - début août, mais aussi à Saint-Eugène en 2019, où il a été observé un premier pic important fin mai - début juin et un autre pic important début août. Rappelons ici que la LU est un papillon migrateur et que donc, les individus sont portés par les vents et peuvent se déplacer au cours de la saison d'un site à l'autre. Les données récoltées dans chaque site montrent que les profils des courbes de captures des mâles et des femelles sont généralement très similaires à l'intérieur d'un même site. Pour les captures effectuées avant le 15 juillet, on constate que les captures de mâles sont plus abondantes que celles des femelles, alors que dans les sites où il y a des captures effectuées après cette date, le ratio mâles vs femelles se rapproche de 1 pour 1 (voir **Annexe 3**, Figure 13). Toutefois, on ne peut pas généraliser pour tous les sites puisque, par exemple, au CÉROM, aucune femelle n'a été capturée.

Cela indique qu'un nombre moins important de femelles que de mâles semblent migrer jusqu'au Québec en début de saison. Un sex-ratio proche de 1:1 plus tard en saison indique quant à lui que les mâles et les femelles sont attirés de la même façon par les pièges, ce qui viendrait conforter l'hypothèse que les femelles migrent en moins grand nombre au printemps. Ce sex-ratio peut également indiquer que les papillons capturés fin juillet - début août sont issus de la génération s'étant développée au Québec à partir des œufs pondus plus tôt par les migrants, puisque statistiquement, il y a autant de chance d'avoir de mâles



que de femelles dans une population (nous l'avons du moins observé dans nos élevages lors du sexage des chrysalides au cours de ce projet).

Si les captures effectuées avec ce type de pièges attractifs reflètent réellement les populations que l'on trouve dans les champs, les variations de sex-ratio observées d'un site à l'autre pourraient en partie expliquer la difficulté du RAP Grandes cultures à prédire où et quand des dommages de larves auront lieu, puisque le RAP Grandes cultures se base uniquement sur les données de captures de mâles et qu'en réalité, les populations de femelles sont toujours moins abondantes au printemps. Le ratio de femelles migrant au printemps au Québec varie également d'une année à l'autre. Par conséquent, les captures de mâles au printemps ne sont qu'un indicateur de la présence des papillons, mais ces captures ne permettent pas de prédire où et quand des larves seront présentes et pourront causer des dommages aux cultures. Le fait de capturer plus de mâles que de femelles au printemps pourrait être expliqué par des causes biologiques et physiologiques, notamment une meilleure survie des mâles aux migrations. Il est également possible que les femelles se soient arrêtées plus tôt et plus au sud pour pondre leurs œufs et ont épuisé leurs réserves, empêchant la poursuite de leur migration vers nos latitudes. Autre fait intéressant, on constate que les profils de captures de mâles et de femelles sont identiques, ce qui vient confirmer que les mâles et les femelles se déplacent en même temps et arrivent en même temps au Québec.

***L'ensemble de ces données de captures indique que dans le cadre du RAP Grandes cultures, il ne faudrait pas uniquement se fier aux données globales de la province pour déterminer si une région est à risque, mais bien s'intéresser à des données plus régionales ou locales qui permettent une meilleure fiabilité pour déterminer si le papillon est présent dans un secteur donné. Il faut aussi tenir compte d'autres facteurs (p. ex., présence de graminées, présence de mauvaises herbes, etc.) pour déterminer si les femelles ont des chances de trouver des sites favorables pour effectuer leurs pontes. Des données de captures de papillons régionales ou locales constituent un bon indicateur pour savoir si l'insecte est présent et permettent de mieux cibler les périodes et les sites à dépister. Toutefois, la présence de papillons mâles dans un secteur ne signifie pas que des larves et des dommages seront observés. Une différence d'une ou deux semaines au niveau de la date du pic de captures peut faire une très grande différence pour déterminer la période de dépistage des larves, évaluer les dommages au champ, et ainsi avertir le producteur de prendre des mesures de phytoprotection s'il y a lieu. Les données régionales sont un meilleur indicateur pour savoir si les cultures sont à risque. En effet, les femelles qui arrivent au printemps (fin mai - début juin) produisent une génération de larves qui vont s'attaquer aux jeunes plantules de céréales et de maïs, pouvant causer des défoliations importantes et parfois la destruction des très jeunes plants. Plus tard en saison, les cultures seront potentiellement moins à risque puisqu'elles se seront davantage développées et capables de récupérer partiellement de la défoliation. Des captures de papillons tardives (fin juillet - début août) seront moins dommageables pour les céréales (puisque proches de la récolte), mais pourraient être plus dommageables pour les cultures fourragères par exemple. Des cas d'infestations par les légionnaires dans les prairies sont d'ailleurs rapportés parfois plus tard en saison.***

## 2) Dissections des femelles pour déterminer leur statut reproducteur

Toutes les femelles de LU capturées dans les pièges attractifs en 2018 et en 2019 ont été conservées au congélateur (-20 °C) jusqu'à leur dissection. La veille de leur dissection, les individus étaient mis dans une solution de KOH 10 % pour réhydrater les tissus.

L'abdomen de chaque femelle était disséqué afin d'en extraire le système reproducteur et de déterminer leur statut ainsi que leur potentiel reproducteur, notamment en observant la présence ou l'absence de masses d'œufs dans leur abdomen et en observant si elles avaient été accouplées et le nombre d'accouplements. L'acquisition de ces données avait pour but de nous renseigner sur le risque d'avoir des larves et des dommages dans les champs.

Il existe très peu de documentation sur les organes reproducteurs des LU et les données étant anciennes, les informations sur les organes reproducteurs sont souvent basées sur des schémas ou dessins plus ou moins précis. Nous nous sommes référés aux travaux de Callahan et Beggs Chapin (1960). Avant de disséquer les spécimens capturés en 2018 et en 2019, des dissections ont donc d'abord été réalisées sur des spécimens issus de l'élevage du CÉROM, afin de comparer les organes génitaux de femelles vierges et accouplées avec les schémas existants dans la littérature. Rapidement, il a été possible de constater que les schémas n'étaient pas totalement fidèles à la réalité parce qu'ils ont été réalisés avec des femelles sexuellement immatures. La forme et la taille de certains organes évoluent au cours de la maturité sexuelle. Plusieurs photos des appareils reproducteurs ont été réalisées aux différentes étapes de la dissection. Cela a permis de documenter et d'actualiser les informations sur l'appareil génital de la LU. Alain Labrecque, du Centre de Foresterie des Laurentides (Ressources Naturelles Canada) a permis de valider l'identification des organes et Dr Jeremy McNeil (Western University, Ontario), spécialiste de la LU, a apporté son soutien lors d'une visite au CÉROM le 28 novembre 2018 en confirmant l'identité des différentes structures de l'appareil reproducteur des femelles (voir **Annexe 4**, Figures 14 à 19).

Les dissections avaient aussi pour but de déterminer le nombre de spermatophores dans chaque femelle, chaque spermatophore représentant un événement d'accouplement. Les spermatophores, localisés dans la bourse copulatrice (*bursa copulata*), sont des structures formées par les mâles et laissées dans l'appareil reproducteur des femelles lors de l'accouplement. Les spermatophores contiennent les spermatozoïdes. Un seul spermatophore est produit lors de chaque accouplement. Les deux sexes de la légionnaire uniponctuéée sont polyandres et peuvent s'accoupler plusieurs fois. Les dissections ont aussi permis d'observer la présence ou l'absence d'œufs dans l'abdomen des femelles et d'estimer leur nombre.

Les résultats obtenus en 2018 et en 2019 montrent que les femelles présentaient des masses d'œufs dans leur abdomen au moment de leur capture (voir **Annexe 4**, Figures 20 et 21). Toutefois, pour de nombreux spécimens, bien qu'ayant été réhydratés, il était difficile de distinguer ces masses d'œufs, souvent agglomérées avec du tissu gras qui avait séché. Des œufs matures ont pu être observés pour la grande majorité des femelles disséquées, mais leur nombre était très variable d'un individu à l'autre, selon le site et la date de capture. Toutefois, dans de nombreux cas quelques dizaines ou centaines d'œufs ont été dénombrés par femelle (voir **Annexe 3**, Figures 20 et 21).

Concernant la présence de spermatophores dans les spécimens disséqués, on observe des tendances identiques en 2018 et en 2019 (voir **Annexe 4**, Figures 22 et 23). Toutes les femelles capturées en début de saison et avant le 15 juillet présentaient des marques d'accouplements avec un nombre de spermatophores variant de 1 à 5 par femelle (moyenne :  $2,2 \pm 0,98$  en 2018 et  $2,7 \pm 1,35$  en 2019). Aucune femelle capturée pendant cette période n'était vierge. En revanche, parmi les femelles capturées plus tard en saison (fin juillet - début août), plusieurs étaient dépourvues de spermatophores (56 % en 2018 et 24 % en 2019), signifiant qu'elles n'étaient pas accouplées (vierges). De plus, le nombre moyen de spermatophores était plus faible chez les femelles capturées fin juillet - début août ( $1,2 \pm 1,51$  en 2018 et  $1,5 \pm 1,21$  en 2019). Étant donné le plus faible nombre de spermatophores par femelle, et donc le nombre d'accouplement et le nombre de femelles vierges capturées fin juillet - début août, on peut supposer que ces individus avaient récemment émergé au Québec et ne s'étaient pas encore ou peu accouplés.

*Ces résultats indiquent que, quel que soit le moment des captures, les femelles capturées au Québec avaient le potentiel de pondre dans les champs avoisinants. L'étude a mis en évidence que les femelles arrivant au printemps au Québec sont déjà toutes accouplées lors de leur capture, et donc potentiellement prêtes à pondre. L'utilisation de pièges attractifs s'est révélée efficace dans la capture de femelles accouplées et vierges. Les faibles quantités d'œufs trouvées dans l'abdomen des papillons renforcent l'hypothèse que les femelles ont sûrement déjà pondu une grande partie de leur descendance avant d'être capturés dans les pièges attractifs. On peut supposer qu'une grande partie soit pondue avant leur arrivée au Québec. Cela pourrait expliquer pourquoi parfois des quantités importantes de papillons sont observées, tandis que le nombre de larves et les dommages sont faibles.*

3) Effet de la température sur la fécondité des femelles de légionnaire uniponctué, en chambre de croissance

Afin de déterminer l'effet de la température sur certains paramètres reproductifs de la LU, des expériences ont été réalisées en laboratoire, à trois températures constantes (10, 17 et 25 °C) avec des conditions d'humidité (70 %) et de photopériode (16 h de jour : 8 h de nuit) identiques pour chaque essai. Pour ces expériences, nous avons déterminé le nombre d'accouplement (nombre de spermatophores par femelle) et la fécondité (nombre d'œufs pondus) quotidienne et totale de LU sexuellement matures.

Les larves de LU ont été élevées tel que décrit précédemment et les chrysalides ont été isolées et sexées. Le jour de leur émergence, les papillons ont été isolés dans des cages selon leur sexe et par jour d'émergence (tel que décrit précédemment). Six jours après leur émergence (soit lors de la maturité sexuelle des deux sexes), un mâle et une femelle ont été placés dans un pot de verre Masson (volume d'un litre). Chaque pot contenait une solution d'eau sucrée fournie *ad libitum* (saccharose 20 %) pour alimenter les papillons, et une bandelette de papier parchemin pour recueillir les œufs des femelles (voir **Annexe 5**, Figure 24). Le couvercle de chaque pot était constitué d'un bas collant pour permettre les échanges gazeux et éviter la formation de condensation à l'intérieur des pots. Il permettait aussi d'avoir facilement accès à l'intérieur du pot pour changer les bandelettes de papier parchemin. Pour chaque température, 14 couples ont été formés, et l'expérience a été répétée trois fois entre le 12 mars et le 10 juillet 2019, selon un dispositif en bloc aléatoire complet. Chaque jour, à la même heure, la bandelette de papier parchemin était récupérée et une nouvelle était insérée dans le pot. Les masses d'œufs pondues sur les bandelettes de papier parchemin ont été décollées des bandelettes et pesées avec une balance de précision à quatre décimales. Ces masses d'œufs ont toutes été conservées dans de l'alcool à 70 %. L'expérience était achevée lorsque les femelles mouraient ou lorsqu'il n'y avait plus de ponte pendant trois jours consécutifs. Encore une fois, toutes les femelles ont été disséquées selon la méthode décrite précédemment pour confirmer leur statut reproducteur en comptant le nombre de spermatophores par femelle. Ces données ont permis de déterminer si la température a une influence sur : 1) le délai avant la première ponte; 2) la durée totale de la période de la ponte (nombres de jours entre la première et la dernière journée de ponte); 3) le nombre de jours de ponte (uniquement des jours où des œufs ont été pondus); 4) le nombre d'accouplements; et 5) le nombre total d'œufs pondus. Afin de déterminer le nombre d'œufs pondus par les femelles, nous avons évalué s'il existait une corrélation entre le poids d'une masse d'œufs et le nombre d'œufs qu'elle contient. Pour ce faire, le nombre d'œufs d'une sélection aléatoire de 10 masses d'œufs de grosseurs différentes par traitement et par répétition ont été déterminés (pour un total de 90 masses). Comme les œufs sont maintenus ensemble par une substance collante produite par la

femelle, les masses d'œufs ont préalablement été immergées pendant environ 5 minutes dans une solution de 10 % KOH pour les séparer les uns des autres. Une photo était ensuite prise, et le logiciel « ImageJ » a été utilisé pour faire le décompte des œufs. Une régression linéaire entre le poids d'une masse d'œufs et le nombre d'œufs qu'elle contient a été réalisée. Les résultats montrent qu'il existe une très grande corrélation entre ces deux données, quelle que soit la température (voir **Annexe 5**, Figure 25), et qu'un œuf de LU pèse environ 0,1 mg. Toutefois, les résultats montrent qu'à 25°C, les œufs ont une masse légèrement mais significativement inférieure à celle des œufs pondus à 10 et 17°C. Donc à partir du poids de chaque masse d'œufs pesée, nous avons pu estimer la quantité d'œufs pondus par chaque femelle au cours de sa vie.

Chaque couple et chaque femelle ont été observés régulièrement. Les résultats indiquent qu'à 10 °C, 9,5 % des couples se sont accouplés, mais n'ont pas réussi à se séparer après l'accouplement (ils restent accrochés ensemble par les organes génitaux). En revanche, à 17 °C, aucun couple n'est resté accroché lors de l'accouplement et 2,3 % des couples sont restés accrochés ensemble à 25 °C.

Les dissections ont permis de déterminer, *post-mortem*, le statut reproducteur des femelles. Elles ont confirmé que plusieurs couples ne s'étaient pas accouplés, quelles que soient les températures. Ainsi, aucun spermatophore n'a été observé chez 16,7 % des femelles élevées à 10 °C, 9,5 % chez les femelles placées à 17 °C et plus de la moitié (54,8 %) des femelles ne se sont pas accouplées à 25 °C. Dans la grande majorité des cas, la plupart des femelles ne se sont accouplées qu'une seule fois. Aux températures de 10 et 25 °C, le nombre maximum d'accouplements a été de trois alors qu'à 17 °C, quelques individus se sont accouplés 4 ou 5 fois (voir **Annexe 5**, Figure 26). Si l'on compare ces résultats avec ceux qui avaient été obtenus lors des captures en champ, on constate que le nombre d'accouplements est inférieur en conditions contrôlées qu'en conditions naturelles. Cela peut être dû au fait que les femelles n'ont eu qu'un seul partenaire.

Il est possible que dans la nature, les femelles effectuent des accouplements multiples pour accroître leurs chances de fécondation des œufs et de reproduction et pour augmenter la diversité génétique de la descendance. Ainsi, dans la nature, les couples peuvent être perturbés par différents facteurs au cours de leur accouplement, ce qui pourrait réduire les chances de fécondation. Par conséquent, les femelles pourraient s'accoupler à plusieurs reprises pour s'assurer d'avoir un stock de spermatozoïdes suffisant pour féconder les œufs. En revanche, en conditions contrôlées, à l'abri de perturbations extérieures, les femelles semblent s'accoupler moins fréquemment. Cela est peut-être dû à la qualité des spermatophores. En effet, il a été décrit que le premier spermatophore de la femelle est de plus grande qualité, et que l'alimentation des individus peut influencer le fitness des mâles. Comme les papillons étaient bien alimentés, un seul accouplement a pu être suffisant pour fertiliser l'ensemble des œufs.

L'impact des températures sur les paramètres reproductifs des femelles a été estimé grâce à un modèle linéaire mixte. Pour les femelles s'étant accouplées et ayant pondu des œufs, la température n'a pas eu d'influence significative sur la fécondité totale ( $F_{(2,4)} = 1,70987$ ,  $p = 0,2906$ ) (voir **Annexe 5**, Figure 27). La fécondité totale moyenne était de 1096 œufs à 10 °C, 1267 œufs à 17 °C et 1143 œufs à 25 °C (le nombre d'œufs a été déterminé en utilisant la corrélation préalablement établie). La température n'a pas eu non plus d'influence sur le nombre de jours avant la première ponte ( $F_{(2,4)} = 0,95954$ ,  $p = 0,4567$ ) (voir **Annexe 5**, Figure 28). Quelle que soit la température, les premières pontes ont eu lieu 2 à 3 jours après la formation des couples, ce qui signifie que les couples étaient effectivement sexuellement matures et qu'il s'est écoulé très peu de temps entre l'introduction des couples dans les pots, l'accouplement et le début des pontes. En revanche, la température a eu un effet significatif sur la durée totale de ponte ( $F_{(2,4)} = 18,64675$ ,  $p = 0,0094$ ) et sur le nombre de jours total de ponte ( $F_{(2,4)} = 12,20242$ ,  $p = 0,0198$ ) (voir

**Annexe 5**, Figure 29). Ainsi, plus la température est froide, plus la durée de la période d'oviposition est longue et le nombre de jours de ponte est important. Un étalement des pontes a donc lieu lorsque les températures sont plus froides. À 10 °C, les femelles ont en moyenne pondus des œufs pendant 10,3 jours (période totale moyenne de ponte de 13,1 jours). À 17 °C, les femelles ont pondus en moyenne pendant 8 jours sur une période totale moyenne de 9,1 jours et à 25 °C, le nombre moyen de jours de ponte n'était que de 5,8 jours pour une période totale de ponte moyenne de 6,6 jours. Ces résultats laissent penser que la température aurait vraisemblablement un effet sur la maturation des œufs et la physiologie de la LU. Par conséquent, cela affecte légèrement la fécondité journalière.

Au cours de ces expériences, il a également été observé que les femelles vierges pondent des œufs. La ponte serait donc un mécanisme indépendant du nombre d'accouplements. En revanche, il a été constaté que les femelles vierges élevées à 10 °C pondaient moins d'œufs ( $73 \pm 143$  œufs) que les femelles vierges élevées à 17 et 25 °C ( $694 \pm 436$  et  $783 \pm 482$  œufs, respectivement). Ces observations viennent appuyer l'hypothèse que la température a un impact sur la maturation des œufs. Cela peut aussi signifier que les femelles redirigent leur énergie vers d'autres métabolismes pour assurer leur survie à des températures plus froides plutôt que de pondre.

*Les résultats de cette expérience indiquent qu'en conditions contrôlées, la température a un impact sur différents paramètres reproducteurs. Même si les femelles accouplées peuvent pondre une quantité similaire d'œufs au cours de leur vie, les températures affectent la dynamique de ponte, les températures plus fraîches induisant un étalement des pontes. Des températures trop élevées (p. ex. : 25°C) induisent en revanche une réduction des accouplements. Par conséquent, des températures modérées seraient plutôt favorables à la LU pour sa reproduction. Cela expliquerait pourquoi chaque année l'insecte quitte ses zones d'habitat d'origine (sud des États-Unis) pour migrer vers des régions plus nordiques, comme le Québec qui possède des températures plus modérées. Dans le cadre des suivis effectués par le RAP Grandes cultures, des périodes de fortes chaleurs au printemps pourraient être néfastes aux légionnaires uniponctuées. Cela pourrait expliquer les faibles infestations observées en champ.*

#### 4) Effet des conditions environnementales sur la fécondité des femelles de légionnaire uniponctuée, dans le champ

Les expériences réalisées en laboratoire nous ont permis d'estimer l'impact des températures sur la reproduction de la LU. Toutefois en conditions naturelles, les insectes sont soumis à plusieurs facteurs environnementaux (p. ex., température, précipitations, vents, pression atmosphérique, etc.). Afin de valider les observations obtenues en conditions contrôlées en laboratoire et de déterminer si d'autres facteurs peuvent influencer les paramètres reproducteurs des LU, nous avons donc reproduit l'expérience précédente en champ. Cette fois-ci, au lieu d'utiliser des pots Masson, des cages formées d'un filet et de tiges de bambou ont été fabriquées (voir **Annexe 6**, Figures 30 et 31). Ces cages contenaient aussi un godet d'eau sucrée pour alimenter les papillons ainsi qu'une bandelette de papier parchemin pliée pour que les femelles y pondent leurs œufs. L'expérience a été réalisée au cours des étés 2019 et 2020, sur le site du CÉROM. Chaque année, quatre blocs de 14 couples ont été introduits en champ, selon la disponibilité des LU adultes et sous forme de blocs complets aléatoires généralisés (voir **Annexe 6**, Figure 32). En 2019, une première répétition a été effectuée du 22 mai au 12 juin 2019 et une seconde du 26 juin au 10 juillet 2019. En 2020, l'expérience a été réalisée une première fois entre le 17 juin et le 7 juillet et une seconde fois entre le 31 juillet et le 15 août. Pour chaque période d'essais au champ, les données météorologiques ont été collectées à l'aide d'une station météo installée

à une cinquantaine de mètres de la zone d'essais. La température, les précipitations, la force du vent et la pression barométrique ont été enregistrées toutes les 5 minutes par la station météo, dans le but de les lier aux pontes des femelles. Les bandelettes de papier parchemin contenues dans chaque cage ont été changées quotidiennement et les masses d'œufs ont été pesées afin de déterminer le nombre d'œufs par masse (fécondité journalière) et par femelle. Un échantillon de dix masses d'œufs par traitement et par répétition étaient sélectionnées aléatoirement et le nombre d'œufs était compté (selon le même protocole que ce qui avait été réalisé en laboratoire), afin de valider la corrélation entre le poids d'une masse d'œufs et le nombre d'œufs par masse. À la fin de chaque expérience, les femelles étaient récupérées et disséquées. Quelques paramètres ont été modifiés entre les deux années d'expérience. En 2019, les papillons vierges ont été introduits dans les cages cinq jours après leur émergence (au moment de leur maturité sexuelle) et ont été alimentés avec une eau sucrée à 20 %, afin de mimer les conditions de laboratoire. En 2020, les papillons vierges ont été introduits le jour de leur émergence et ont été nourris avec une eau sucrée à 2 %, afin de se rapprocher des conditions naturelles.

L'objectif était ici de confirmer, en champ, l'influence de la température sur la biologie et la reproduction des femelles de légionnaires, notamment sur 1) le délai avant la première ponte; 2) la période de la ponte (inclus les jours où il n'y a pas eu de ponte); 3) le nombre de jours de ponte (uniquement les jours où des œufs ont été pondus); 4) le nombre d'accouplements; et 5) la masse totale des œufs pondus. Étant donné que d'autres facteurs environnementaux peuvent influencer les insectes, nous avons aussi souhaité déterminer si certains d'entre eux peuvent affecter la fécondité journalière. Il a donc été décidé de regarder si les données météorologiques de la journée précédant la ponte ont pu avoir un effet sur les paramètres reproducteurs. Pour ce faire, le logiciel R (R Core team, 2014) a permis de réaliser des ANOVA. Les résultats ont été très complexes à analyser puisque plusieurs variables étaient en jeu. Nous avons fait appel à M. Gaétan Daigle, consultant en statistiques à l'université Laval.

Les conditions météo ont été très variables d'une année à l'autre et d'une répétition à l'autre (voir **Annexe 6**, Figures 33 et 34). Ainsi en 2019, les expériences réalisées fin mai - début juin (Période 1) se sont déroulées dans des circonstances « fraîches » (température moyenne de 15 °C sur la période, températures maximales dépassant rarement les 25 °C et températures minimales étant rarement sous les 10 °C) avec des précipitations en début et en fin d'expérience, alors que les expériences conduites plus tard, de fin juin à mi-juillet (Période 2) ont été réalisées dans un contexte « chaud » (température moyenne de 23 °C), avec de très faibles précipitations. En 2020, les premiers essais menés de mi-juin à début juillet (Période 3) ont également été réalisés dans des conditions assez sèches (température moyenne de 23,7 °C, températures maximales dépassant souvent les 25-30 °C et températures minimales descendant rarement sous 15 °C) avec très peu de journées pluvieuses. Les tests réalisés lors de la dernière série conduite de fin juillet à début août 2020 (Période 4) étaient dans des conditions chaudes (températures assez similaires à la période 3 – température moyenne de 21,3 °C), mais avec des précipitations abondantes (> 100 mm) durant la première semaine de l'expérience. Compte tenu de ces grandes variabilités de conditions météorologiques, il est difficile de tirer des conclusions de ces expériences. Toutefois, les analyses réalisées montrent quelques tendances.

#### *Accouplements :*

En 2019, lors de la Période 1, 93 % des spécimens se sont accouplés et 7 % des femelles étaient vierges. Parmi les spécimens accouplés, 4 % sont restés accrochés après l'accouplement. Au cours de la Période 2, 80 % des femelles étaient accouplées (dont 2 % restées accrochées) et 9 % étaient vierges. Les autres spécimens ont été attaqués et mangés par des fourmis au cours de l'expérience, ne permettant pas de valider si les

femelles avaient été accouplées au non (voir **Annexe 6**, Figure 35). En 2020, que ce soit au cours de la Période 3 ou de la Période 4, environ 73 % des femelles étaient accouplées (dont 3 % restées accrochées) et les autres étaient vierges ou le statut n'a pas pu être déterminé (p. ex. : spécimens en mauvais état).

Les dissections ont permis de dénombrer le nombre de spermatophores dans chaque femelle. Les résultats montrent qu'en 2019, à des températures plus fraîches (Période 1), on retrouve plus de femelles ayant 2, 3 ou 4 spermatophores qu'au cours de la Période 2 lors de laquelle, les femelles disséquées présentaient généralement un seul spermatophore. En 2020, quelle que soit la période (3 ou 4), le dénombrement des spermatophores a mis en évidence que le nombre moyen d'accouplements était inférieur à 2 par femelle en moyenne (voir **Annexe 6**, Figure 36). Comparé à 2019, les températures ont été plus chaudes au cours de ces deux périodes, et un plus grand nombre de femelles sont restées vierges. Cela confirme ce que nous avons observé lors de l'élevage en chambre de croissance à 25 °C.

***Tous ces résultats indiquent que des températures plus élevées auraient tendance à réduire le pourcentage de femelles accouplées et la fréquence d'accouplement des légionnaires uniponctuées. Cela vient confirmer ce qui avait également été observé en laboratoire. Cela vient aussi conforter le fait que la légionnaire migrerait au Québec pour trouver des conditions tempérées et favorables à sa reproduction.***

#### *Durée de la période préreproductive :*

Le délai avant la ponte était estimé en observant quotidiennement les cages à partir du jour où les couples y étaient insérés (voir **Annexe 6**, Figure 37). En 2019, les couples avaient été élevés à 25 °C en labo et ont été introduits 5 jours après leur émergence, lorsqu'ils avaient atteint leur maturité sexuelle. Pour l'essai réalisé lors de la Période 1 (conditions fraîches), les premières pontes ont eu lieu environ deux jours suivant l'introduction des papillons dans les cages et pour la Période 2, les papillons ont généralement commencé à pondre une journée après l'introduction dans les cages. Cela laisse supposer que les adultes étaient bien sexuellement matures au moment où ils ont été introduits dans les cages. En 2020, les couples ont été mis dans les cages la journée même de leur émergence et étaient donc sexuellement immatures. Cela se reflète donc sur le délai avant la ponte, qui a été en moyenne de 4 jours pour la Période 3 et de 5 jours pour la Période 4.

***Les résultats confirment que la maturation sexuelle et l'accouplement se déroulent dans un temps très court (4-5 jours) après l'émergence des adultes. Les facteurs climatiques ne semblent toutefois pas affecter ces paramètres à partir du moment où les papillons sont sexuellement matures.***

#### *Fécondité :*

Les analyses effectuées pour corrélérer le nombre d'œufs par masse selon le poids d'une masse d'œufs ont montré une très bonne corrélation ( $R^2 = 0,9725$ ) pour les masses d'œufs pondues au champ. Par conséquent, il nous a été possible d'estimer le nombre d'œufs pondus par femelle à partir du poids des masses d'œufs. En 2019, les femelles s'étant accouplées ont généralement pondus en moyenne 1294 œufs au cours de la Période 1 et 973 œufs au cours de la Période 2, laissant supposer que des températures plus élevées ont réduit la ponte. En 2020, bien que les conditions climatiques générales étaient très différentes entre la Période 3 et la Période 4 (sécheresse vs temps pluvieux) les femelles ont pondus en moyenne 858 œufs lors de la Période 3 et 861 œufs lors de la Période 4 (voir **Annexe 6**, Figure 38). Les pontes ont été généralement moins abondantes en 2020 qu'en 2019, mais cela peut être dû au fait que les papillons ont été nourris avec une solution

sucrée à 2 % au lieu de 20 %, ce qui laisse suggérer que la qualité nutritive de la source alimentaire peut également avoir un impact sur la fécondité de la LU. Il est intéressant de noter que comme pour les tests réalisés en laboratoires, les femelles vierges ont également pondu des œufs, mais en plus faible quantité (données non montrées).

***Ces résultats indiquent que, même après l'atteinte de la maturité sexuelle, les femelles sont probablement sensibles aux températures et que la fécondité des femelles est réduite lorsque les températures sont plus chaudes. Cela confirme ce qui a été observé en laboratoire et conforterait également l'hypothèse que les légionnaires migrent pour trouver des conditions favorables à leur reproduction.***

*Durée de la période de ponte et nombre de jours de ponte :*

Nous avons observé la durée totale de la période de ponte (entre la première et la dernière ponte) et le nombre de jours au cours de cette période où les femelles ont pondu. En 2019, pour la Période 1 (conditions plus fraîches), les femelles ont en général pondu en moyenne sur une période de 10 jours (avec 8 jours de pontes), alors qu'au cours de la Période 2, elles ont pondu sur une période moyenne de 4 jours, et tous les jours. En 2020, pour la Période 3, les femelles ont pondu durant 4,4 jours en moyenne et pendant 5 jours en moyenne pour la Période 4. La durée des pontes pour ces deux périodes était similaire au nombre de jours de pontes (voir **Annexe 6**, Figure 39).

***Comme pour les expériences conduites en laboratoire, on constate qu'à des températures plus fraîches, la durée de la période de ponte est plus étalée dans le temps et les pontes peuvent être séparées les unes des autres. Ces données pourraient donc avoir un impact sur le dépistage des larves de LU au champ. En effet, ces données suggèrent qu'au printemps les œufs pourraient être pondus sur des périodes plus longues, ce qui exposerait les cultures pendant une plus grande période aux dommages causés par les larves. En revanche, plus tard en saison, les femelles pondraient un peu moins d'œufs, mais sur une plus courte période.***

*Effet des conditions météorologiques la journée précédant la ponte :*

Les résultats précédents indiquent que la ponte est généralement réalisée sur une courte période. Nous avons donc supposé que la ponte pouvait être influencée par des facteurs météorologiques à court terme, comme la journée précédant la ponte, puisque les œufs sont pondus pendant la nuit. Pour cela, un modèle de régression linéaire mixte a été utilisé pour mettre en relation le poids d'une masse d'œufs selon les conditions météo de la journée précédant leur collecte, en tenant compte que les mesures sont prises sur un même couple au fil du temps (mesures répétées). Les conditions météo évaluées étaient la pression atmosphérique, la vitesse maximale du vent, les températures minimale, moyenne et maximale de la journée, l'accumulation de précipitation et l'humidité relative moyenne. En 2019, les analyses ont montré une influence positive et statistiquement significative de l'humidité relative moyenne ( $t = 2,124964$ ,  $p = 0,0339$ ) et de la température maximale ( $t = 3,900847$ ,  $p = 0,0001$ ), mais aussi une influence négative et statistiquement significative de la moyenne de la pression atmosphérique ( $t = -8,592913$ ,  $p = < 0,0001$ ), de la vitesse du vent maximum ( $t = -4,988438$ ,  $p = < 0,0001$ ) et de la température moyenne ( $t = -3,407408$ ,  $p = 0,0007$ ). Les précipitations et la température minimale n'ont pas eu d'effet significatif sur les pontes quotidiennes. Ces résultats indiquaient que seulement certains facteurs météorologiques peuvent affecter la fécondité.



En 2020, le même type d'analyses a été réalisé avec quelques légères modifications. Selon le modèle linéaire généralisé, deux facteurs environnementaux ont pu influencer significativement les pontes du lendemain. Il s'agit de la température minimale ( $\chi^2(1) = 33,158$ ;  $p < 0,001$ ) et de la vitesse de vent maximale ( $\chi^2(1) = 6,014$ ;  $p = 0,014$ ). Il est possible d'observer une relation positive des pontes avec une augmentation de la température minimale de la journée précédente et on observe une relation négative des pontes avec une augmentation de la vitesse maximale du vent de la journée précédente. Toutefois, encore en 2020, ces paramètres semblent avoir un faible impact même s'il est significatif. Mis à part la vitesse maximale des vents, les différents paramètres environnementaux peuvent affecter légèrement la fécondité des légionnaires. Ces résultats sont bien évidemment à interpréter avec précaution. En effet, nous ne nous sommes intéressés qu'à leur impact la journée avant la ponte. Il est probable qu'il existe un effet indirect lié à un effet cumulatif des conditions météorologiques sur deux ou trois jours avant la ponte ou à d'autres paramètres tels que les variations d'amplitudes de la température. Toutefois, nous n'avons pas de modèle statistique qui était assez puissant pour prendre en compte les conditions météo sur plus d'une journée.

## CONCLUSIONS

Le présent projet a permis d'acquérir de nombreuses connaissances nouvelles, notamment sur la migration, la biologie et le comportement reproducteur des femelles de LU au Québec. Nous avons mis en évidence que les conditions météorologiques et notamment les températures peuvent avoir un impact sur la LU. Des températures trop élevées (p. ex. : de fortes canicules) seraient défavorables pour la fécondité des femelles. Cela vient appuyer les hypothèses que les légionnaires migrent vers le Québec chaque printemps pour trouver des conditions favorables à leur reproduction. Si l'on pousse la réflexion un peu plus loin, on peut s'interroger sur l'impact des changements climatiques sur l'insecte. En effet, une augmentation des températures pourrait induire un déplacement des populations de LU vers des régions encore plus nordiques. On pourrait également observer une baisse de la fécondité et donc une réduction des larves et des dommages dans les régions où les températures deviendraient défavorables à l'insecte. Des recherches sont également à poursuivre afin de savoir comment les températures affectent les larves et déclenchent les déplacements et les migrations de l'espèce.

## RÉFÉRENCES

- Breeland, S.G. 1958. « Biological studies on the armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (haworth), in Tennessee (Lepidoptera: Noctuidae) ». J. Tennessee Acad. Sci. 33(4): 263-352.
- Callahan, P.S. et Beggs Chapin, J. 1960. « Morphology of the reproductive systems and mating in two representative members of the family noctuidae. *Pseudaletia Unipuncta* and *Peridroma margaritosa*, with comparison to *Heliothis zea*. Ann. Entomol. Soc. Am. 53, 763-782.
- Delisle, J. et McNeil, J.N. 1987. « Calling behaviour and pheromone titre of the true armyworm *Pseudaletia Unipuncta* (Haw.) (Lepidoptera: Noctuidae) under different temperature and photoperiodic conditions ». J. Insect Physiol. 33(5): 315-324.
- Landolt, P.J. et Alfaro, J.F. 2001. « Trapping *Lacanobia subjuncta*, *Xestia c-nigrum*, and *Mamestra configurata* (Lepidoptera: Noctuidae) with acetic acid and 3-methyl-1-butanol in controlled release dispensers ». Environ. Entomol. 30(4): 656-662.

Landolt, P.J. et Higbee, B.S. 2002. « Both sexes of the true armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) trapped with the feeding attractant composed of acetic acid and 3-methyl-1-butanol ». Florida Entomol. 85: 182-185.

Pond, D.D. 1960. « Life history studies of the armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae), in New Brunswick ». Ann. Entomol. Soc. Am. 53(5): 661-665.

R Core Team. 2014. « R: A language and environment for statistical computing ». R Foundation for Statistical Computing, Vienne, Autriche. (<https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>) (accédé le 20 janvier 2020).

Shorey, H.H. et Hale, R.L. (1965). « Mass-rearing of the larvae of nine noctuid species on a simple artificial medium ». J. Econ. Entomol. 58: 522-524.

## DIFFUSION DES RÉSULTATS

- Le projet a été présenté lors de la **Journée phytoprotection du CRAAQ**, le 12 juillet 2018. Un **atelier** (présenté huit fois pendant la journée) a été organisé et présenté par Julien SAGUEZ et Sandrine LEMAIRE-HAMEL. Au cours de cet atelier, Julien SAGUEZ présentait les différents types de pièges utilisés pour le dépistage des insectes ravageurs en Grandes cultures, dont la légionnaire uniponctuée. Dans ce même atelier, Sandrine LEMAIRE-HAMEL a présenté des informations sur la biologie de la légionnaire, les différents stades de développement et avait organisé une activité permettant d'identifier les légionnaires uniponctuées parmi d'autres espèces de papillons. Vidéo disponible sur le site du CRAAQ. <https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/pieges-a-pheromones-pour-le-piegeage-d-insectes-en-milieu-agricole/p/PVIN0234> Extrait sur YouTube: [https://www.youtube.com/watch?v=z8\\_xouq4Qww](https://www.youtube.com/watch?v=z8_xouq4Qww) (443 visionnements au 5 Février 2021).
- Un **poster** était également présenté lors de la **Journée phytoprotection du CRAAQ**, le 12 juillet 2018. Une copie papier du poster a également été remise à chacun des participants (230 personnes ont participé à l'évènement).
- Un **poster** a également été présenté par Sandrine LEMAIRE-HAMEL lors de la réunion annuelle de la **Société d'Entomologie du Québec à Québec**, le 29 novembre 2018. Le poster présentait les résultats préliminaires des travaux de collecte des papillons femelles.
- Enfin, lors du **cours d'entomologie agricole** de Valérie Fournier à l'Université Laval (pour futurs agronomes), le 5 décembre 2018 à Québec, Sandrine LEMAIRE-HAMEL a réalisé une **présentation orale** sur la légionnaire uniponctuée, son identification et son dépistage. Elle a également présenté son projet de maîtrise.
- Une **présentation orale** a été effectuée par Sandrine LEMAIRE-HAMEL aux employés du CÉROM dans le cadre des **midis sciences** le 27 novembre 2019. Elle portait pour titre : « Captures de la légionnaire uniponctuée au Québec : sex-ratio et statut reproducteur des femelles ». 20 participants (Pratique pour la SEQ).
- Une **présentation orale** a été effectuée par Sandrine LEMAIRE-HAMEL lors de la réunion annuelle de la **Société d'entomologie du Québec**, le 28 novembre 2019 à Drummondville. Elle portait pour titre : « Captures de la légionnaire uniponctuée au Québec : sex-ratio et statut reproducteur des femelles ». 200 participants.
- Une **affiche** a été présentée par Sandrine LEMAIRE-HAMEL lors de la réunion annuelle de la **Société d'Entomologie du Québec**, le 28 novembre 2019 à Drummondville. Elle portait le titre : « Impact de la température sur la fécondité de la légionnaire uniponctuée, *Mythimna unipuncta* (Lépidoptère : Noctuidé) ». 200 participants.

- Lors du **cours d'entomologie agricole** de Valérie Fournier à l'Université Laval (pour futurs agronomes), le 11 décembre 2019, Sandrine LEMAIRE-HAMEL a réalisé une présentation sous forme de **webinaire** sur la légionnaire uniponctué et sur les résultats de son projet de maîtrise. 40 participants.
- Sandrine LEMAIRE-HAMEL a également effectué une **présentation orale** aux **agronomes du groupe de travail du RAP Grandes cultures sur les papillons**, sur les résultats de son projet de maîtrise lors de la Réunion annuelle, tenue au MAPAQ à l'Assomption le 13 décembre 2019. Elle portait le titre : « Optimisation des méthodes de dépistage de la légionnaire uniponctué (*Mythimna unipuncta*) (Haworth) ». 10 participants.
- Une **présentation orale** a été effectuée par Sandrine LEMAIRE-HAMEL lors du Symposium 2019 du **Centre de la Science de la Biodiversité du Québec**, le 20 décembre 2019 à Montréal. Elle avait pour titre : « Sex-Ratio and mating status of the female true armyworm trapped in Quebec ». 20 participants.
- Une **présentation orale préenregistrée** a été donnée par Julien SAGUEZ lors de l'Annual Meeting of the Entomological Society of America en novembre 2020. Elle était intitulée : « Effect of temperature on the reproductive parameters of *Mythimna unipuncta* (Lepidoptera : Noctuidae) ».

Tous les documents ont été soumis pour approbation du MAPAQ avant leur présentation.

Deux articles scientifiques sont en préparation et seront intégrés au mémoire de Maîtrise de Sandrine Lemaire-Hamel qui sera déposé dans les prochains mois à l'Université Laval. Les résultats seront également présentés au groupe de travail sur les papillons d'ici quelques semaines et la fiche technique sur la légionnaire uniponctué du RAP Grandes cultures sera également mise à jour avant le début de la saison 2021.

## APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Les résultats obtenus à travers ce projet seront utiles au RAP Grandes cultures, aux agronomes, et aux conseillers et techniciens en agroenvironnement. Les résultats pourront permettre d'améliorer le dépistage de l'insecte. Nous avons mis en évidence que les pièges attractifs sont une méthode qui permet de capturer des mâles et des femelles de légionnaire uniponctué. Cette méthode pourrait être éventuellement utilisée pour déterminer le statut reproducteur des femelles au Québec.

## POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Julien SAGUEZ PhD  
 Biologiste-entomologiste  
 Chercheur en biosurveillance  
 CÉROM  
 740, chemin Trudeau  
 Saint-Mathieu-de-Beloeil, QC J3G 0E2  
 Téléphone : (450) 464-2715 # 249  
[Julien.saguez@cerom.qc.ca](mailto:Julien.saguez@cerom.qc.ca)

## REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé en vertu du volet 4 du programme Prime-Vert 2013-2018 et il a bénéficié d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) par l'entremise de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021.

Ce projet a reçu le soutien de Mitacs dans le cadre du programme Mitacs Accélération et a permis de financer une partie de la Maîtrise de Sandrine Lemaire-Hamel

## **REMERCIEMENTS AUX COLLABORATEURS**

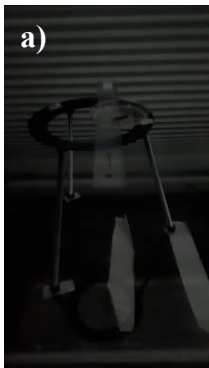
Les auteurs de l'étude remercient également toutes les personnes impliquées dans les différents volets du projet, que ce soit les conseillers de Clubs-conseils et agronomes du MAPAQ (Ann-Gabrielle Jutras, Brigitte Duval, Camille Pion, Caroline Leblanc, Christine Rieux, Félix Moore, Florence G. Larochelle, Geneviève Roy, Jacques Gagnon, Lyne Labonté, Maryse Vallières-Murray, Sanae Fkyerat, Stéphanie Mathieu), le personnel et les étudiants d'été au CÉROM (Alexis Latraverse, Rosalye Mongrain, Cyril Le Maux, Gaultier Eckmann, Anie Rivard-Paré et Ludovic Nadeau-Lachance), le personnel et les étudiants au laboratoire de Valérie Fournier à l'Université Laval (Frédéric Mc Cune, Nina Rault et Dara Garrec), sans qui ce projet n'aurait pu avoir lieu. Merci également aux producteurs de nous avoir donné accès à leurs parcelles pour l'installation des pièges.

## ANNEXE(S)

### Annexe 1 : Expérience en tunnel de vol



**Figure 1** : Tunnel de vol de l'IRDA utilisé pour tester le comportement de vol des papillons mâles.



**Figure 2** : Montage expérimental pour les tests effectués en tunnel de vol (a : mâle sur sa plateforme de décollage, b) système expérimental et c) femelle dans sa cage).



**Figure 3** : Expérience d'observation de la diffusion de la plume dans le tunnel de vol (avec de la glace sèche)

**Tableau 1:** Résultats des expériences réalisées en tunnel de vol en 2019

|                |                | Comportement des papillons |           |                               |                                 |                                     |                                      |                             |
|----------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
|                |                | Papillon                   | Aucun vol | Volé vers la lumière : un peu | Volé vers la lumière : beaucoup | Entré dans la plume (quelques fois) | Entré dans la plume (plusieurs fois) | S'est posé sur la phéromone |
| 4 juillet 2019 | Femelle vierge | 1                          |           | X                             |                                 |                                     |                                      |                             |
|                |                | 2                          |           | X                             |                                 |                                     |                                      |                             |
|                |                | 3                          |           |                               |                                 | X                                   |                                      |                             |
|                |                | 4                          |           |                               |                                 | X                                   | X                                    |                             |
|                |                | 5                          |           |                               | X                               |                                     |                                      |                             |
| 8 août 2019    |                | 6                          | X         |                               |                                 |                                     |                                      |                             |
|                |                | 7                          | X         |                               |                                 |                                     |                                      |                             |
|                |                | 8                          | X         |                               |                                 |                                     |                                      |                             |
|                |                | 9                          | X         |                               |                                 |                                     |                                      |                             |
|                |                | 10                         | X         |                               |                                 |                                     |                                      |                             |
| 4 juillet 2019 | P. unipuncta   | 11                         |           |                               |                                 |                                     | X                                    |                             |
|                |                | 12                         |           | X                             |                                 |                                     |                                      |                             |
|                |                | 13                         |           |                               |                                 |                                     | X                                    |                             |
|                |                | 14                         |           |                               |                                 |                                     | X                                    |                             |
|                |                | 15                         | X         |                               |                                 |                                     |                                      |                             |
| 8 août 2019    |                | 16                         |           |                               |                                 | X                                   |                                      |                             |
|                |                | 17                         |           |                               |                                 | X                                   |                                      |                             |
|                |                | 18                         |           |                               |                                 | X                                   |                                      |                             |
|                |                | 19                         |           |                               |                                 | X                                   |                                      |                             |
|                |                | 20                         |           |                               | X                               |                                     | X                                    |                             |
| 4 juillet 2019 | M. unipuncta   | 21                         |           |                               | X                               | X                                   |                                      |                             |
|                |                | 22                         |           | X                             |                                 |                                     | X                                    |                             |
|                |                | 23                         |           | X                             |                                 |                                     | X                                    | X                           |
|                |                | 24                         |           |                               |                                 | X                                   |                                      |                             |
|                |                | 25                         |           |                               | X                               |                                     |                                      | X                           |
| 8 août 2019    |                | 26                         |           |                               |                                 |                                     | X                                    | X                           |
|                |                | 27                         | X         |                               |                                 |                                     |                                      |                             |
|                |                | 28                         | X         |                               |                                 |                                     |                                      |                             |
|                |                | 29                         |           |                               | X                               |                                     | X                                    |                             |
|                |                | 30                         |           |                               | X                               |                                     | X                                    | X                           |

## Annexe 2 : Expérience d'attractivité des mâles en champ



**Figure 4 :** Marquage d'un papillon (peinture verte) avant d'effectuer les lâchers en champ



**Figure 5 :** Plan du CÉROM indiquant l'emplacement du site de lâcher (point rouge) et des pièges (points jaunes)

## Annexe 2 (suite)



**Figure 6** : Photo du site et des conditions de lâcher des papillons mâles de légionnaire uniponctué.



**Figure 7** : Lâcher de papillons mâles de légionnaire uniponctué.



## Annexe 2 (suite)

**Tableau 2 :** Conditions dans lesquelles les expériences ont été réalisées en 2018

| Informations sur les lâchers |                 |                          |                                      | Conditions climatiques* |          |                        |               | Nbre de captures |   |   |   |
|------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------|----------|------------------------|---------------|------------------|---|---|---|
| Date du lâcher               | Heure du lâcher | Nbre de papillons lâchés | Distance des pièges - site de lâcher | Temp. extérieure (°C)   | Hum. (%) | Vitesse du vent (km/h) | Vent dominant | N                | E | S | O |
| 24 mai                       | 17h45           | 46                       | 300 m                                | 18,4                    | 51,6     | 15,6                   | SO            | 0                | 0 | 0 | 0 |
| 6 juin                       | 16h53           | 33                       | 300 m                                | 13,7                    | 85,8     | 5,4                    | SE            | 0                | 0 | 0 | 0 |
| 15 juin                      | 18h15           | 30                       | 300 m                                | 18,0                    | 70,8     | 5,5                    | ESE           | 0                | 0 | 0 | 0 |
| 19 juin                      | 16h47           | 33                       | 300 m                                | 16,7                    | 74,7     | 5,3                    | O puis SE     | 0                | 0 | 0 | 0 |
| 29 Juin                      | 20h55           | 159                      | 300 m                                | 23,2                    | 74,6     | 5,1                    | SE            | 0                | 0 | 0 | 0 |
| 3 Juillet                    | 19h38           | 119                      | 300 m                                | 23,1                    | 73,9     | 3,0                    | ONO puis SE   | 0                | 0 | 0 | 0 |
| 11 Juillet                   | 16h53           | 31                       | 150 m                                | 18,0                    | 70,6     | 2,6                    | NNO           | 0                | 0 | 0 | 0 |
| 17 Juillet                   | 19h00           | 4 x 15                   | 0 m                                  | 23,0                    | 61,8     | 7,0                    | ONO           | 0                | 0 | 0 | 0 |

\* Valeurs moyennes pour la nuit suivant le lâcher (de 18h le jour du lâcher à 8h le lendemain matin). Les lâchers ont été effectués des journées sans précipitation.

Nota : le 31 Juillet, à 18h55, 42 mâles ont été relâchés sous un piège *Heliothis* et 10 autres mâles à 10 m de ce même piège. Un seul des papillons lâchés sous le piège a été recapturé le lendemain, mais aucun autre papillon n'a été collecté dans les jours qui ont suivi.

### Annexe 3 : Captures de légionnaires uniponctuées en champ avec des pièges attractifs

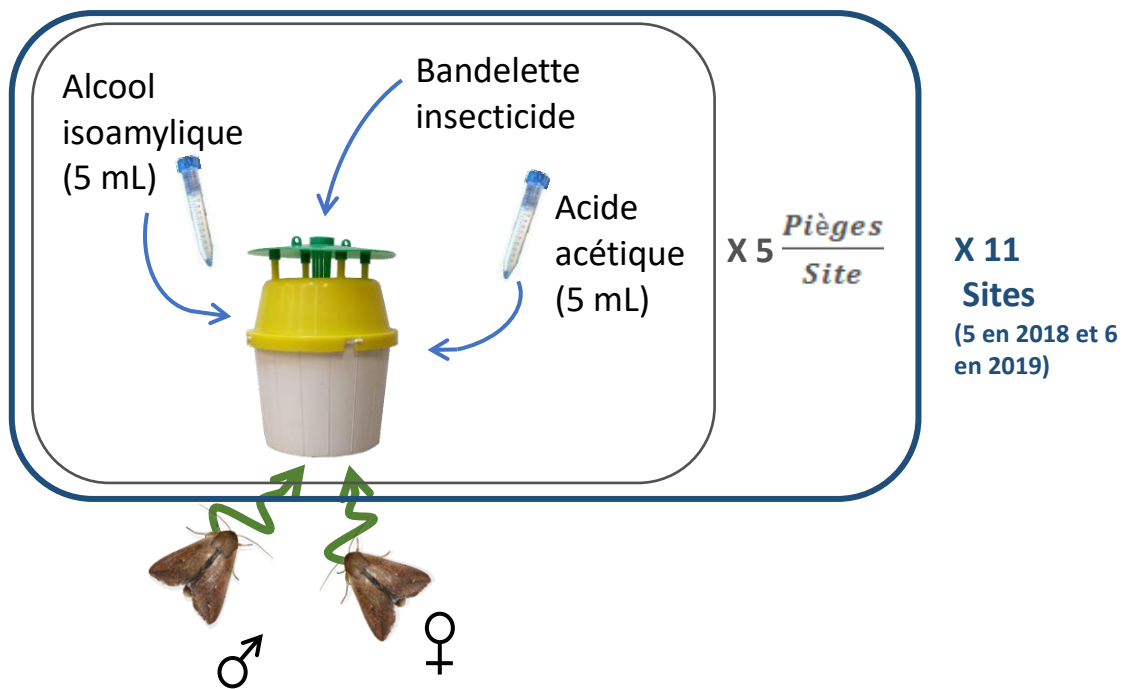


Figure 8 : Schéma du dispositif expérimental



Figure 9 : Photos d'un piège attractif installé dans un champ.

### Annexe 3 (suite)

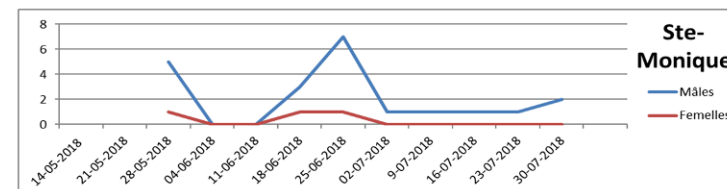
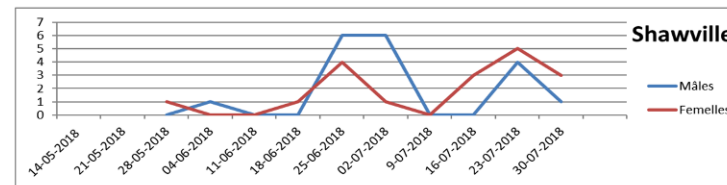
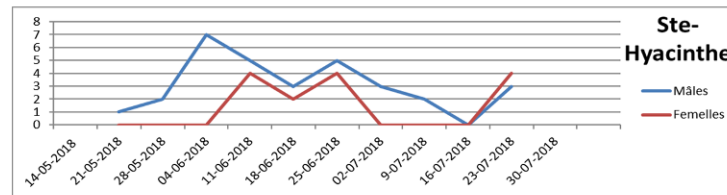
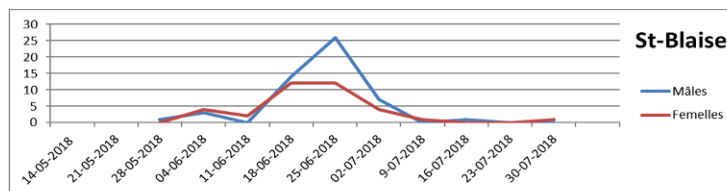
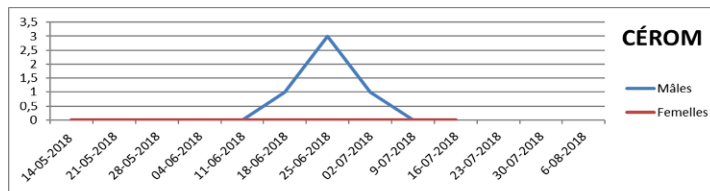
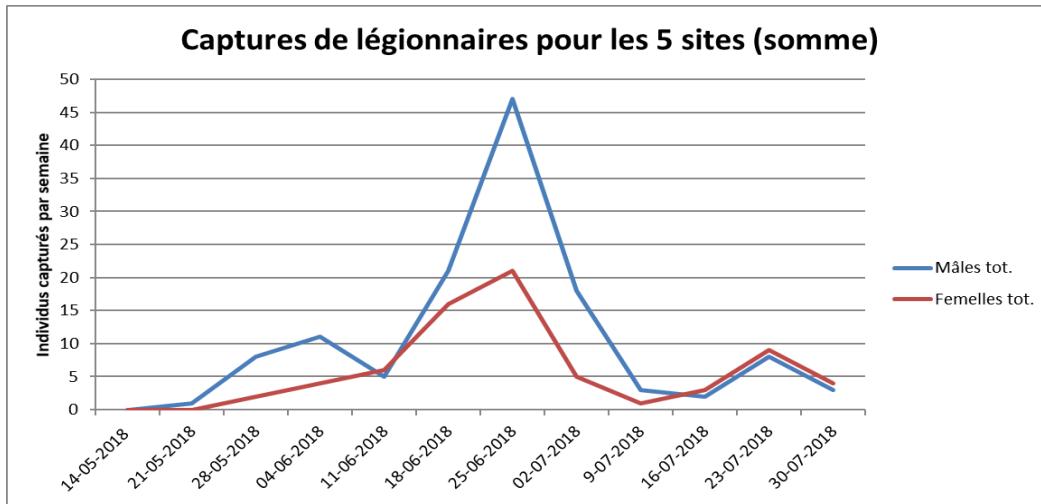


Figure 10 : Captures des papillons dans les différents sites en 2018.

### Annexe 3 (suite)

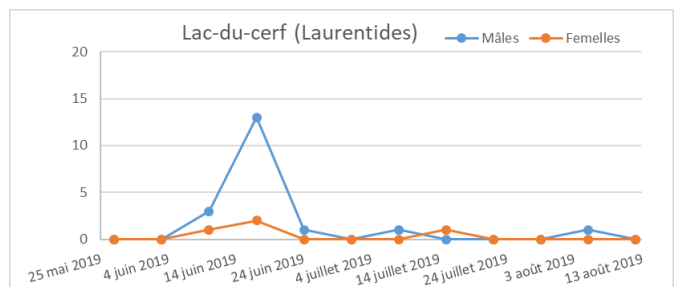
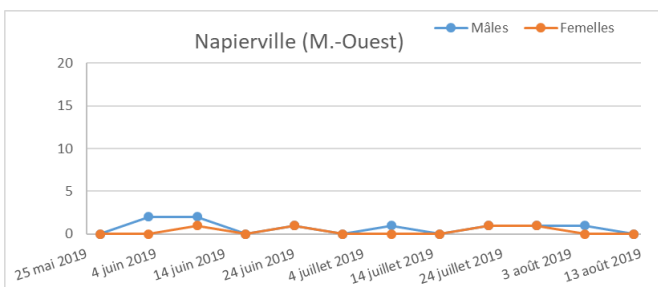
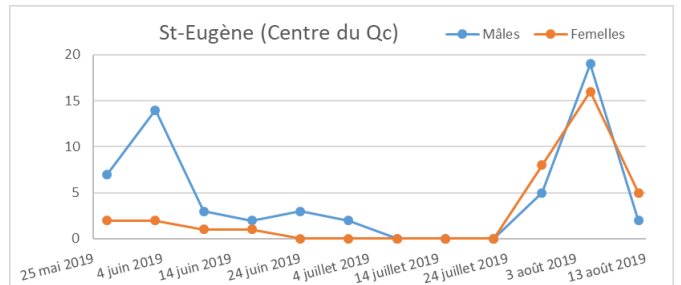
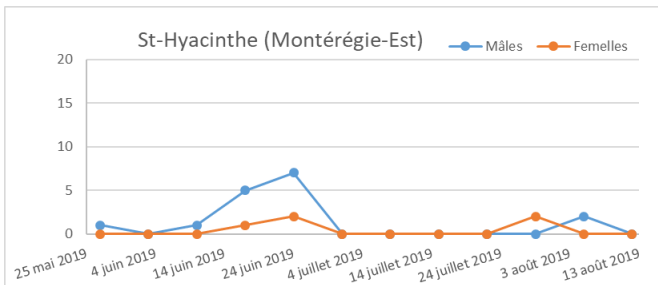
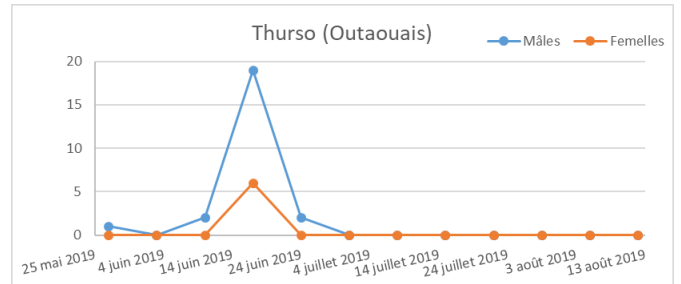
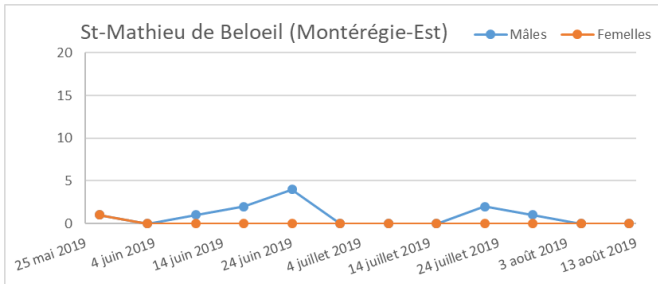
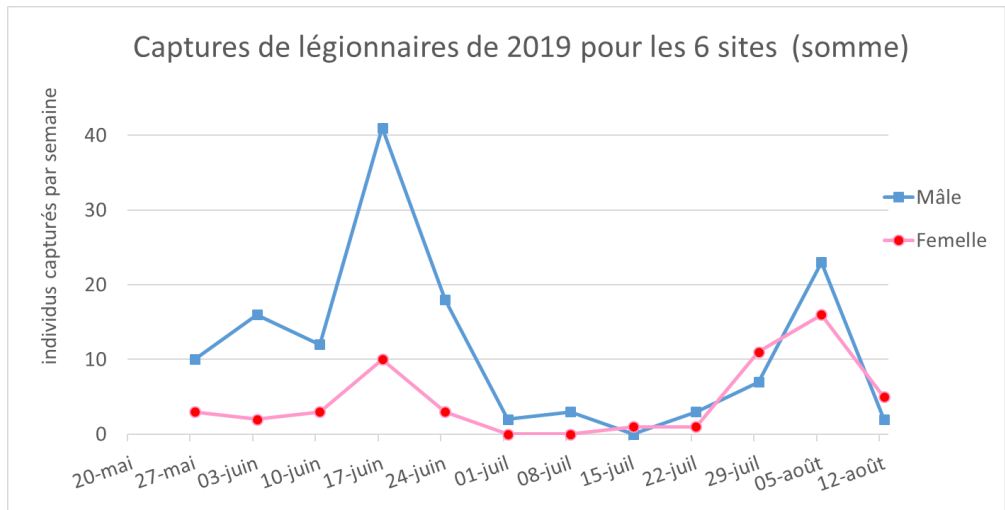
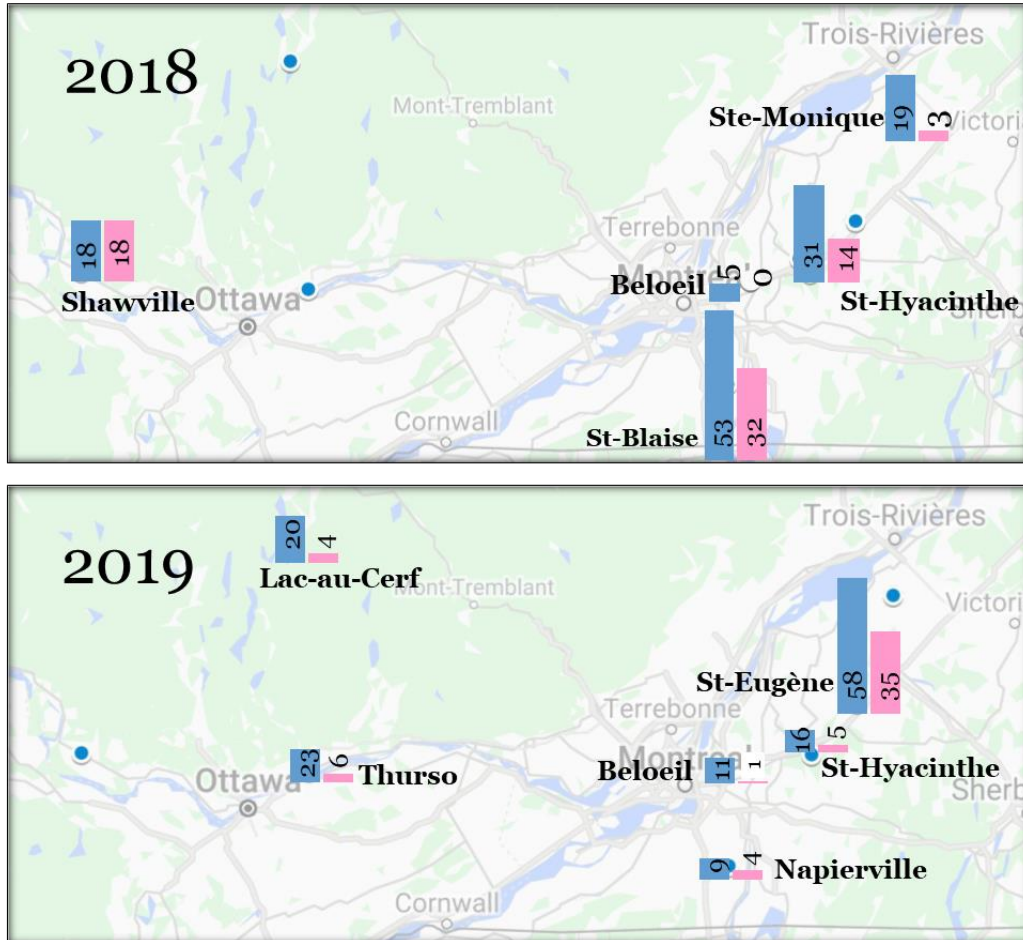


Figure 11 : Captures des papillons dans les différents sites en 2019.

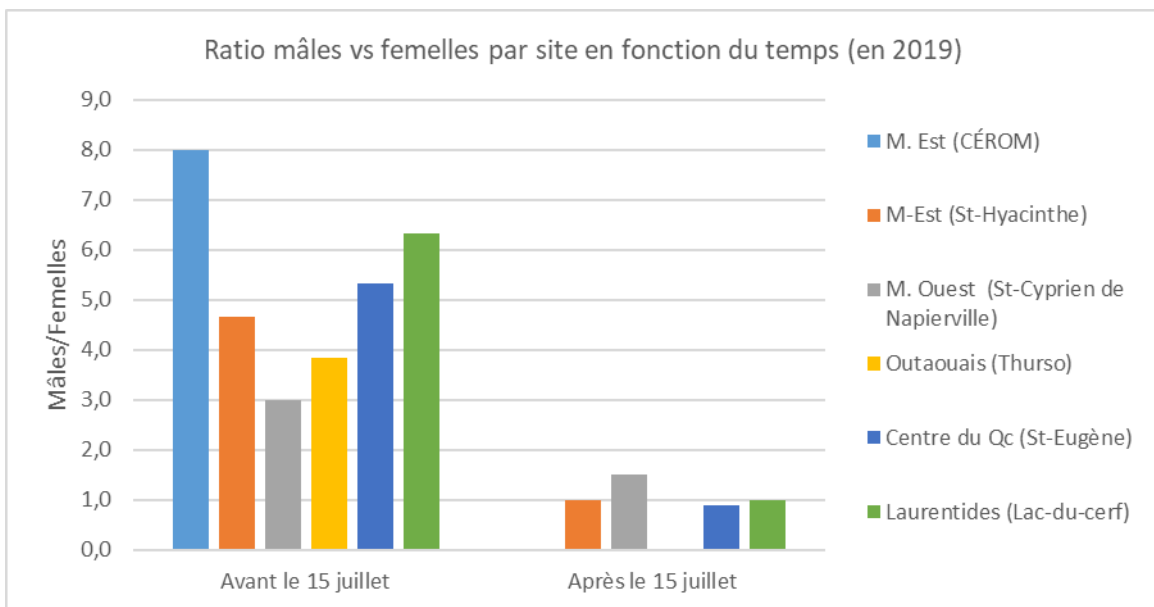
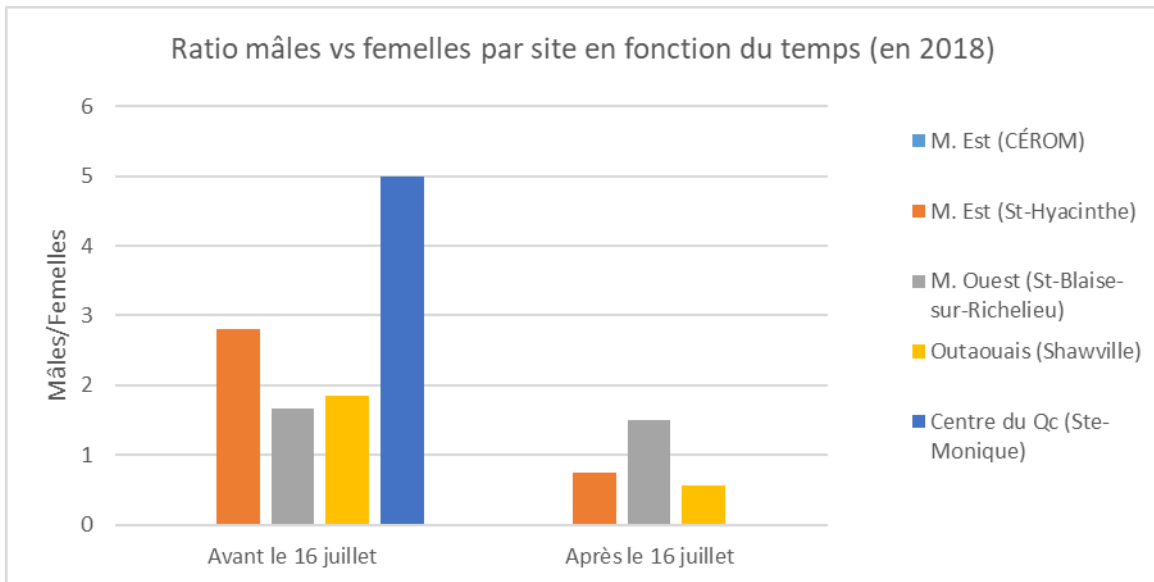
### Annexe 3 (suite)



- Mâles
- Femelles

**Figure 12 :** Distribution et abondance des captures de légionnaires uniponctuées à l'aide des pièges attractifs en 2018 et 2019

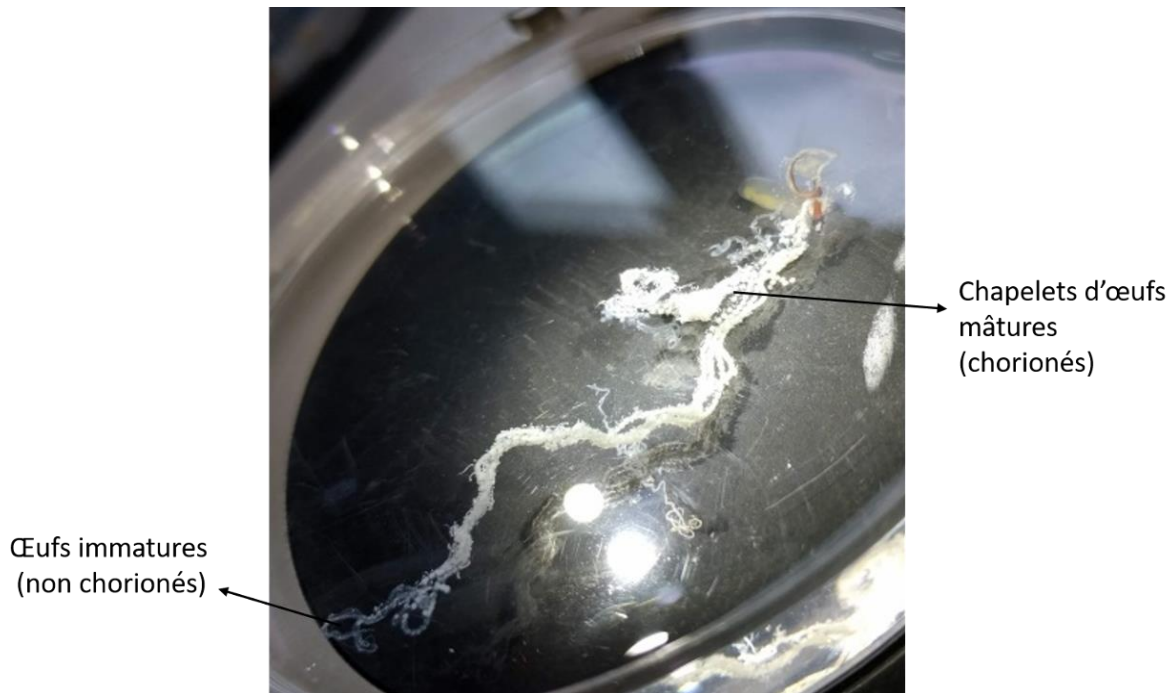
### Annexe 3 (suite)



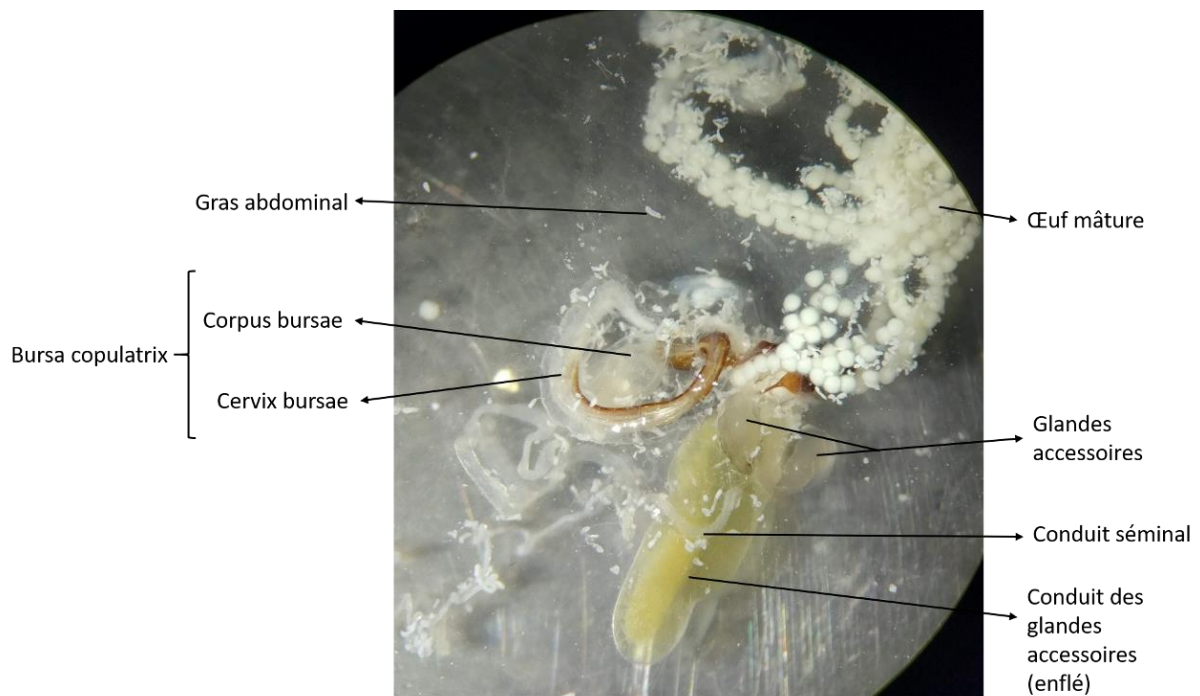
**Figure 13 :** Évolution du sex-ratio des paillons capturés en 2018 et 2019 avec les pièges attractifs, en fonction du temps et selon les sites.

## Annexe 4 : Statut reproducteur des légionnaires uniponctuées femelles

Photos : Sandrine Lemaire

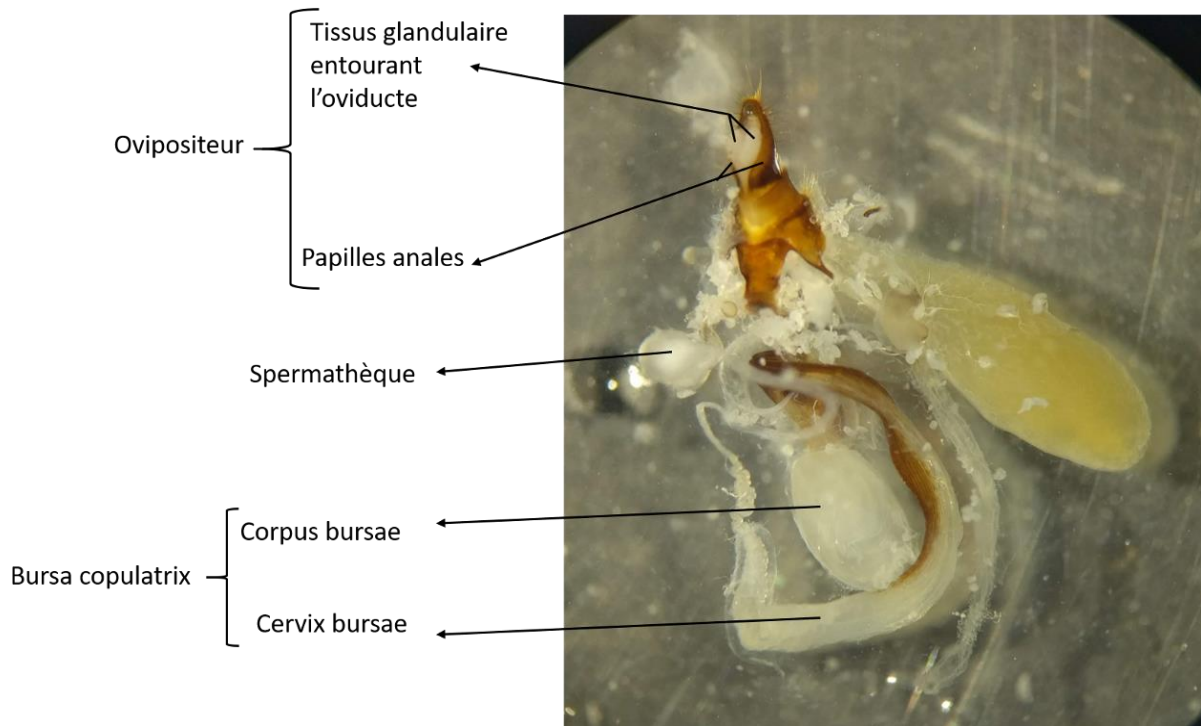


**Figure 14 :** Appareil reproducteur d'une femelle vierge mature sexuellement (vue d'ensemble avec les masses d'œufs)



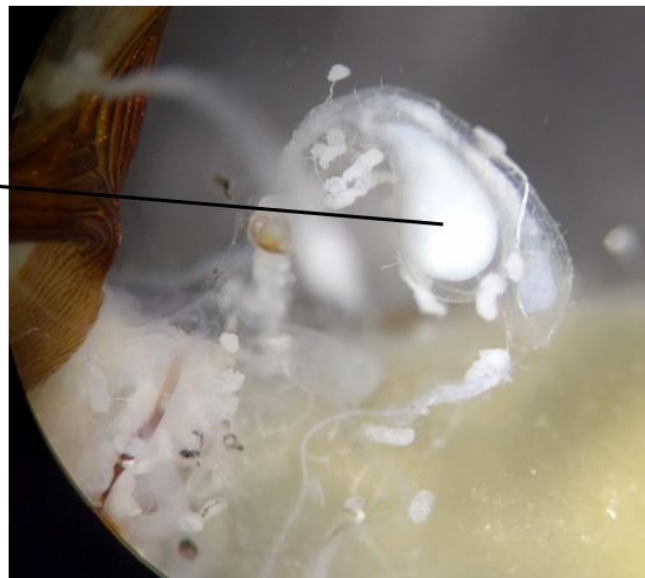
**Figure 15 :** Appareil reproducteur d'une femelle vierge mature sexuellement (vue de détail)

## Annexe 4 (suite)



**Figure 16** : Organes génitaux d'une femelle vierge mature sexuellement (vue de détail – vue latérale)

Spermathèque  
bilobée suite à  
l'accouplement  
(contient des  
spermatozoïdes)

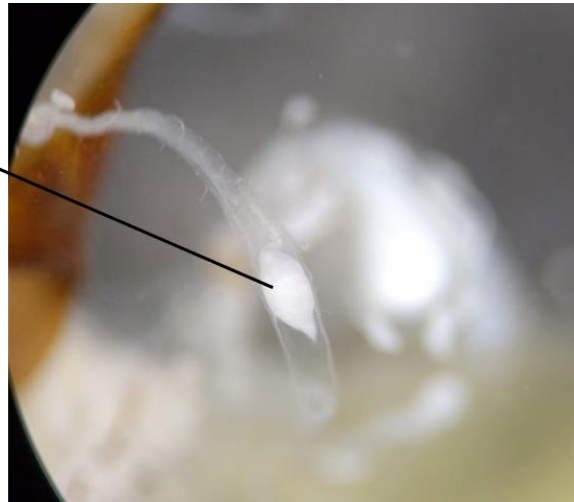


**Figure 17** : Spermathèque d'une femelle accouplée



#### Annexe 4 (suite)

Spermatophore dans  
le conduit séminal se  
dirigeant vers la  
bourse copulatrice



**Figure 18** : Spermatophore dans l'appareil génital d'une femelle accouplée

Spermatophore mâle (retiré du  
cervix bursae femelle)

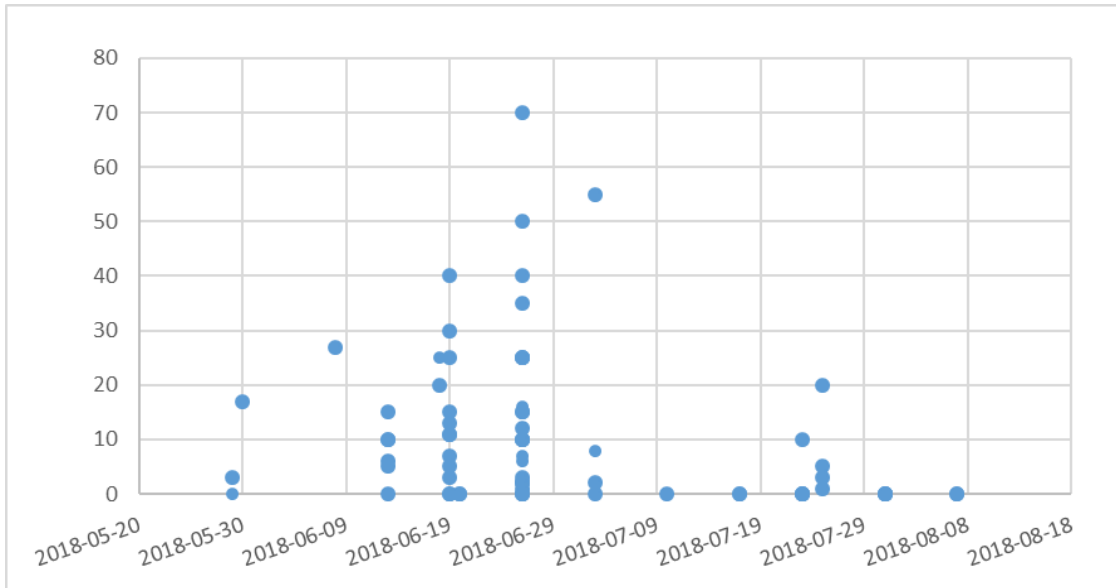


Frenum du  
spermatophore

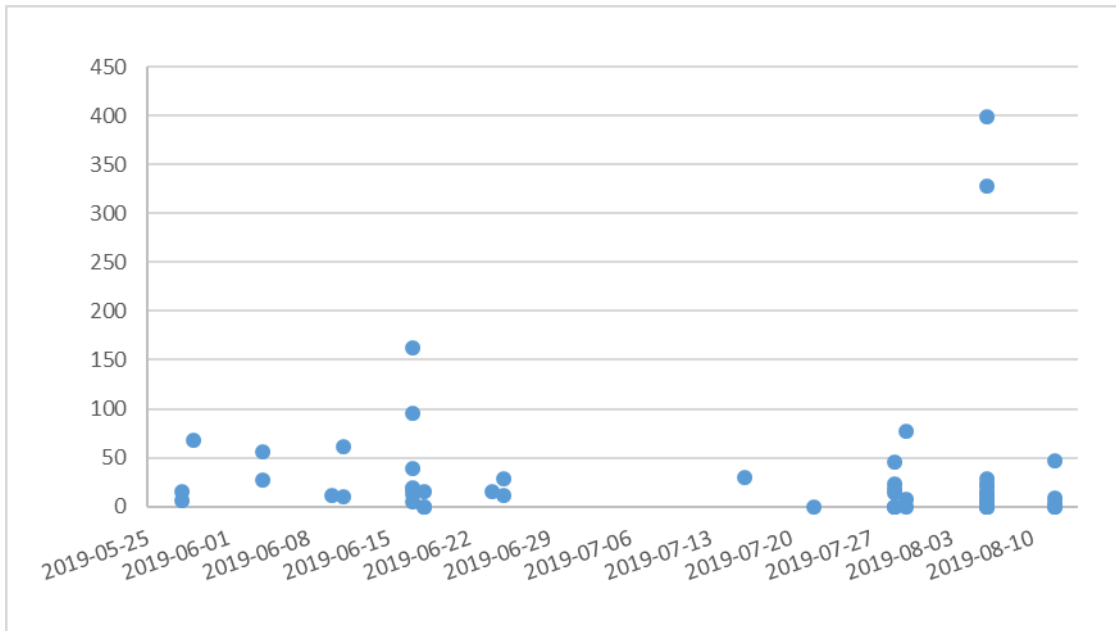
Corpus du spermatophore

**Figure 19** : Spermatophore isolé

### Annexe 4 (suite)

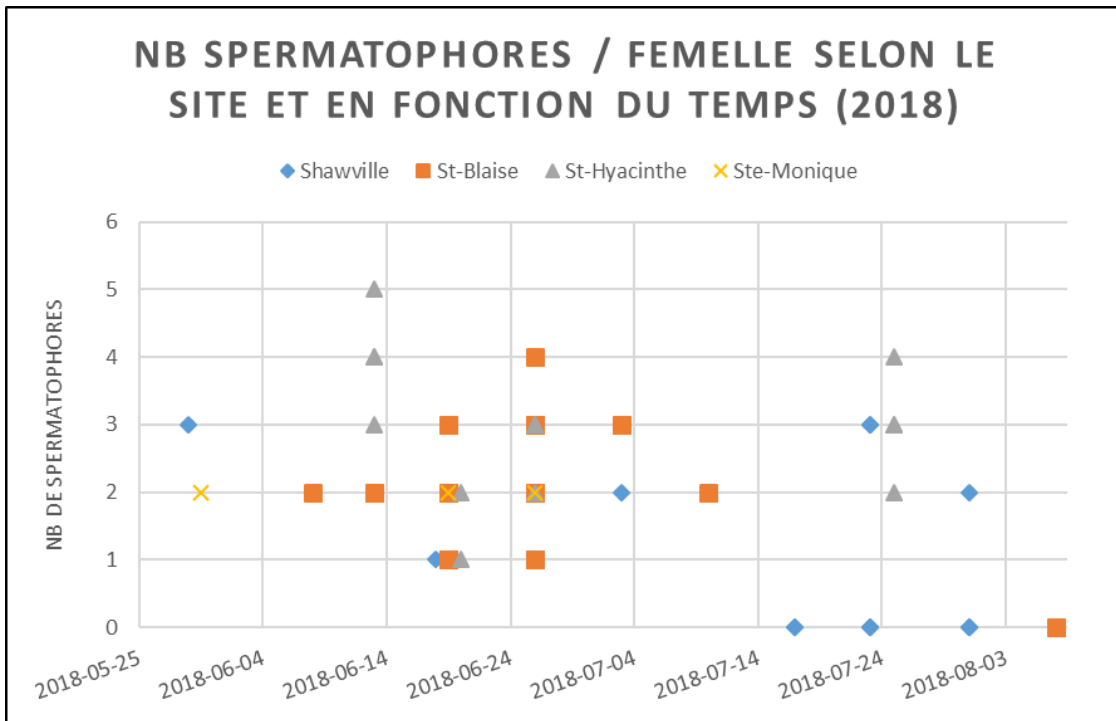


**Figure 20** : Nombre d'œufs observés dans l'abdomen des femelles capturées en 2018

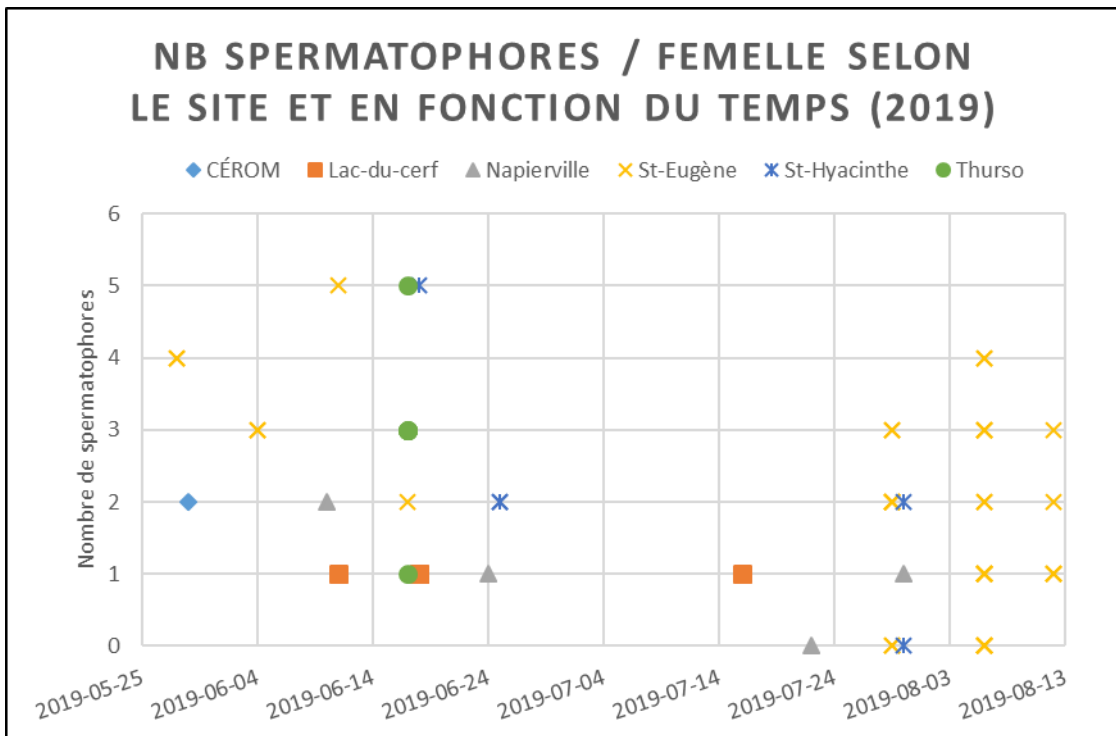


**Figure 21** : Nombre d'œufs observés dans l'abdomen des femelles capturées en 2019

### Annexe 4 (suite)



**Figure 22 :** Nombre de spermatozoaires observés par femelle dans chacun des sites en fonction du temps en 2018



**Figure 23 :** Nombre de spermatozoaires observés par femelle dans chacun des sites en fonction du temps en 2019

## Annexe 5: Influence de la température sur le potentiel reproducteur des femelles en conditions contrôlées

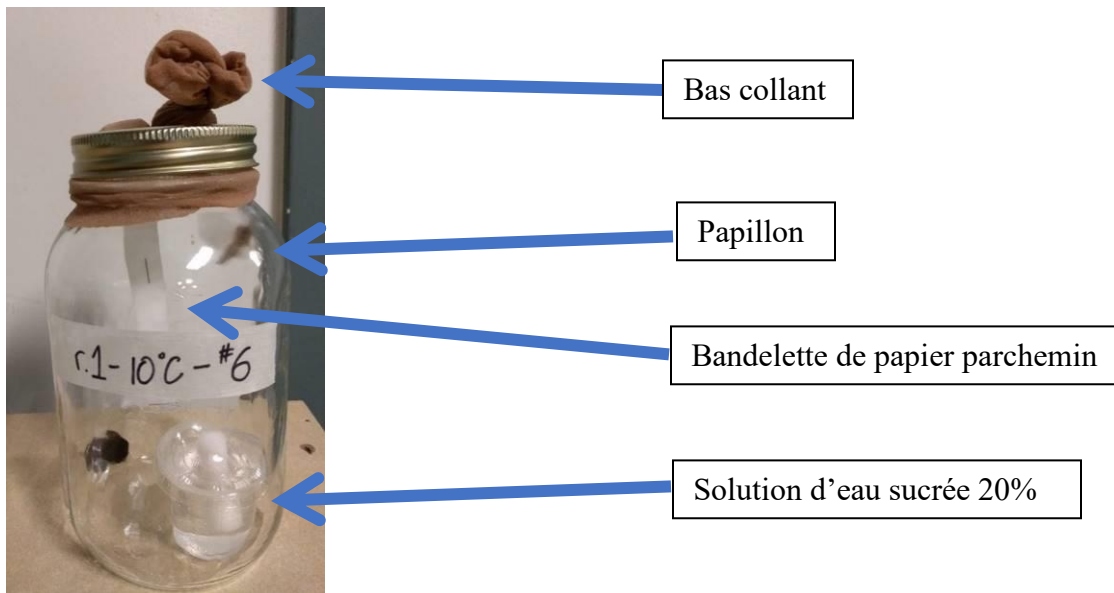
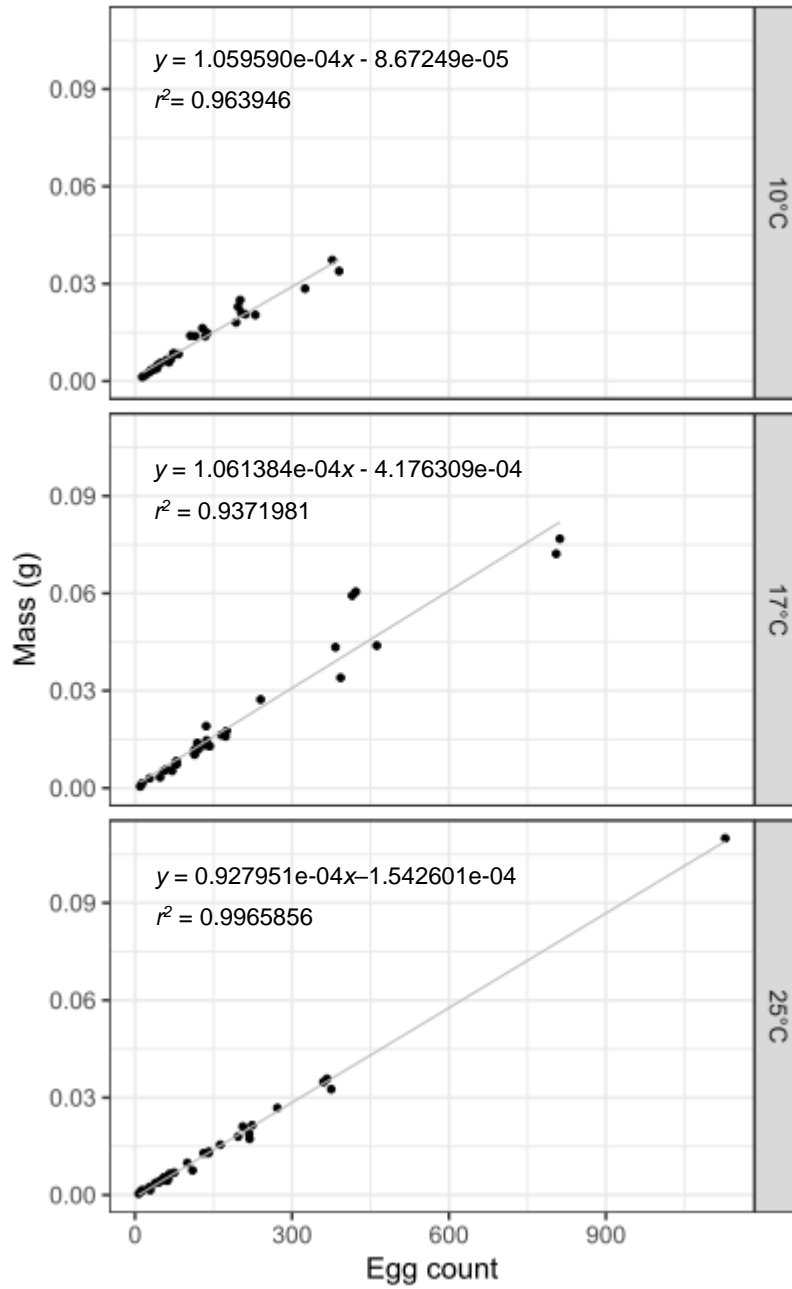


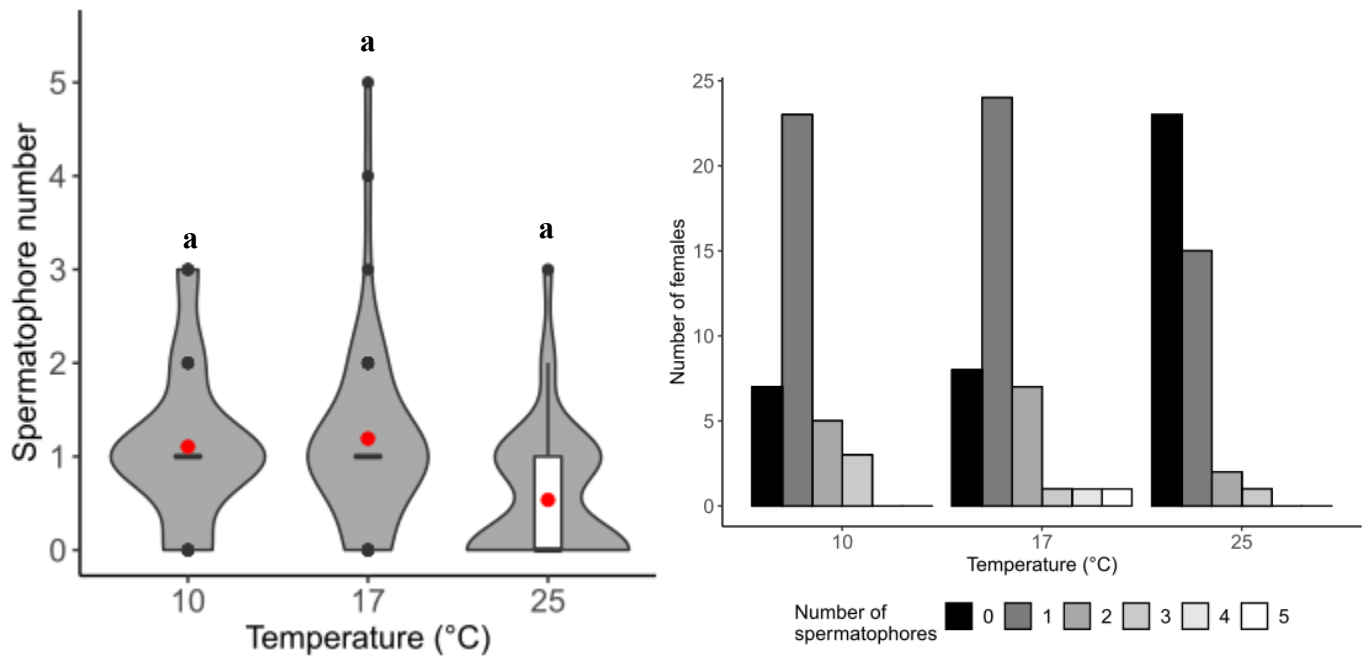
Figure 24 : Montage expérimental

### Annexe 5 (suite):



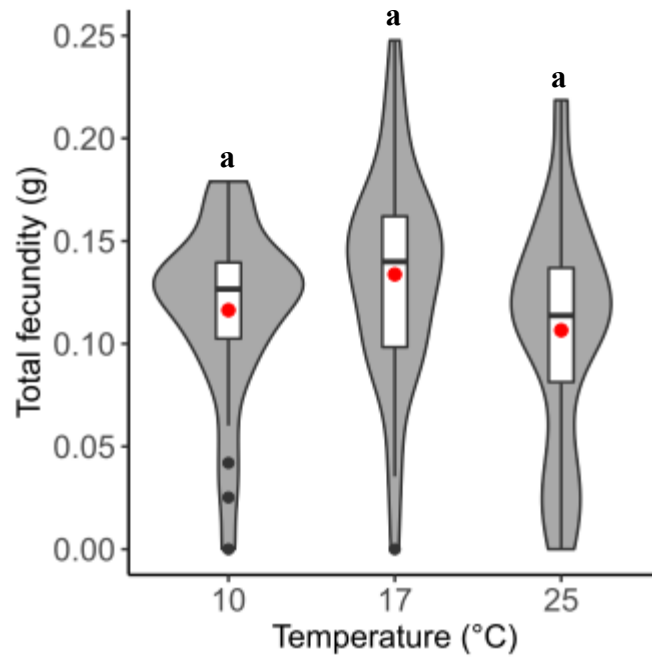
**Figure 25 :** Corrélation entre la masse des masses d'œufs et le nombre d'œufs par masse à différentes températures (Source de la figure : Lemaire-Hamel et al. en prép.)

## Annexe 5 (suite):

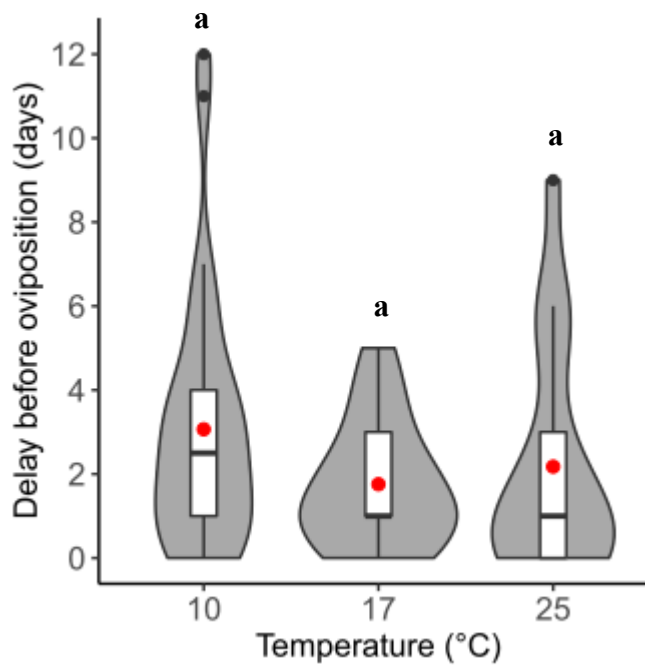


**Figure 26 :** À gauche, nombre de spermatophore par femelle en fonction de la température. À droite, nombres de femelles présentant 1 à 5 spermatophores, en fonction de la température (Source des figures : Lemaire-Hamel et al. en prép.). Les points rouges indiquent la moyenne et la forme représente la distribution des valeurs au sein de la population.

Annexe 5 (suite):

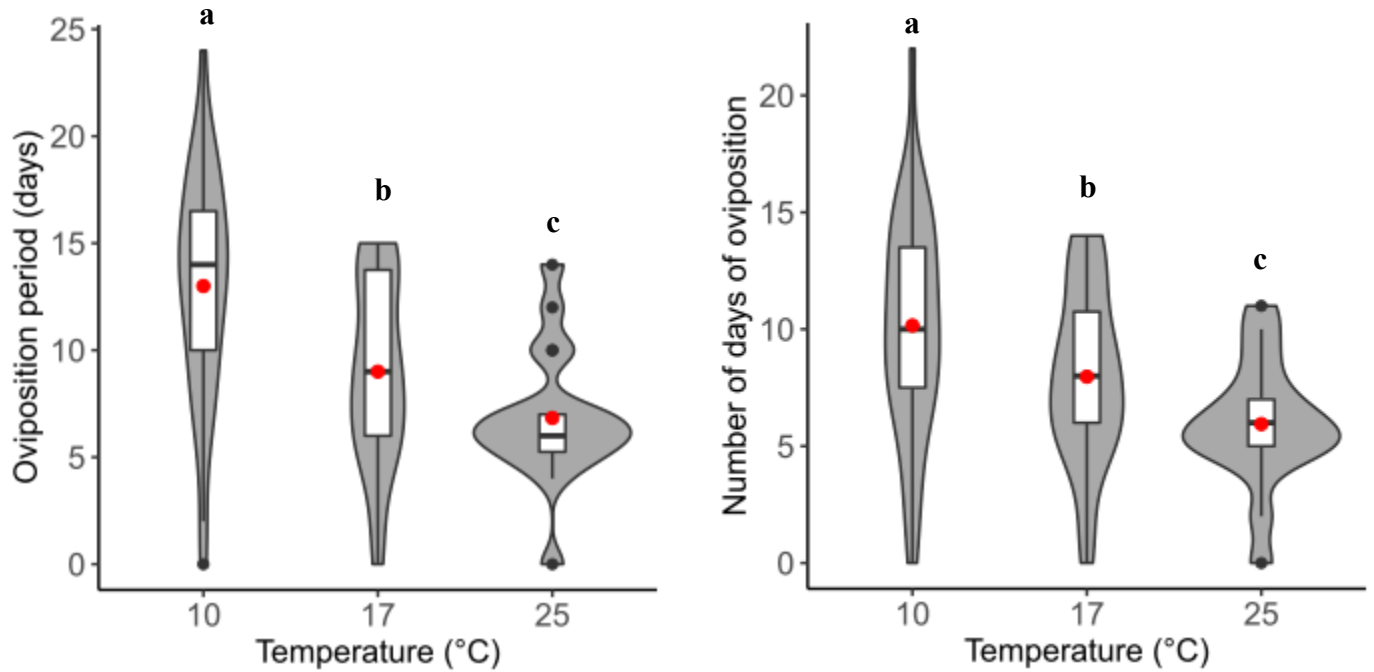


**Figure 27** : Fécondité totale moyenne (en g) selon la température (Source de la figure : Lemaire-Hamel et al. en prép.). Les points rouges indiquent la moyenne et la forme représente la distribution des valeurs au sein de la population.



**Figure 28** : Nombre de jours avant la ponte, selon la température (Source de la figure : Lemaire-Hamel et al. en prép.). Les points rouges indiquent la moyenne et la forme représente la distribution des valeurs au sein de la population.

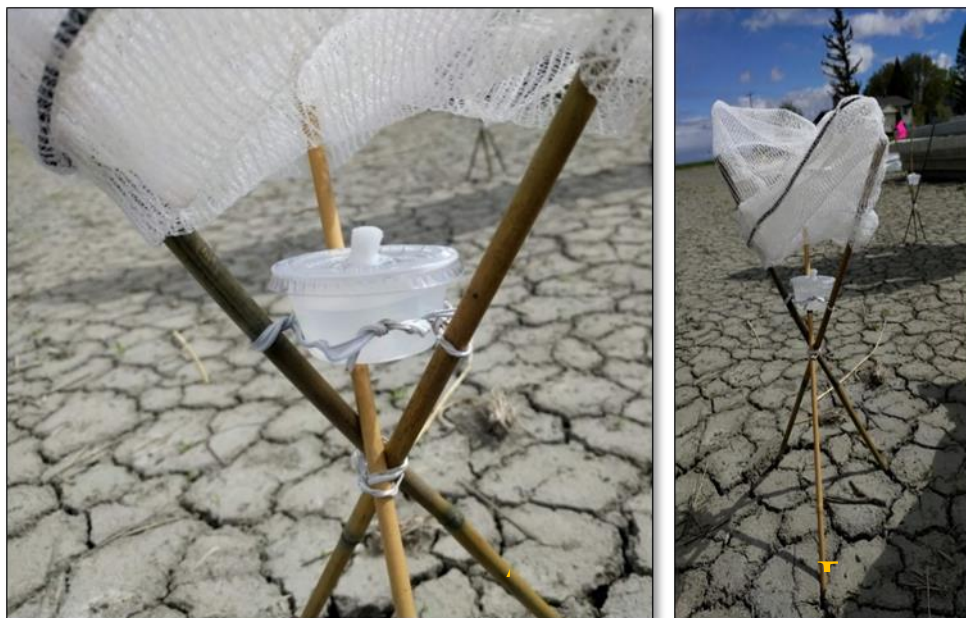
### Annexe 5 (suite):



**Figure 29 :** À gauche, durée totale de la période d'oviposition (entre la première et la dernière ponte), selon la température. À droite nombre de jours de ponte pendant la période d'oviposition, selon la température (Source de la figure : Lemaire-Hamel et al. en prép.). Les points rouges indiquent la moyenne et la forme représente la distribution des valeurs au sein de la population.



## Annexe 6 : Effet des conditions environnementales sur les paramètres reproducteurs de la légionnaire uniponctuée, en champ



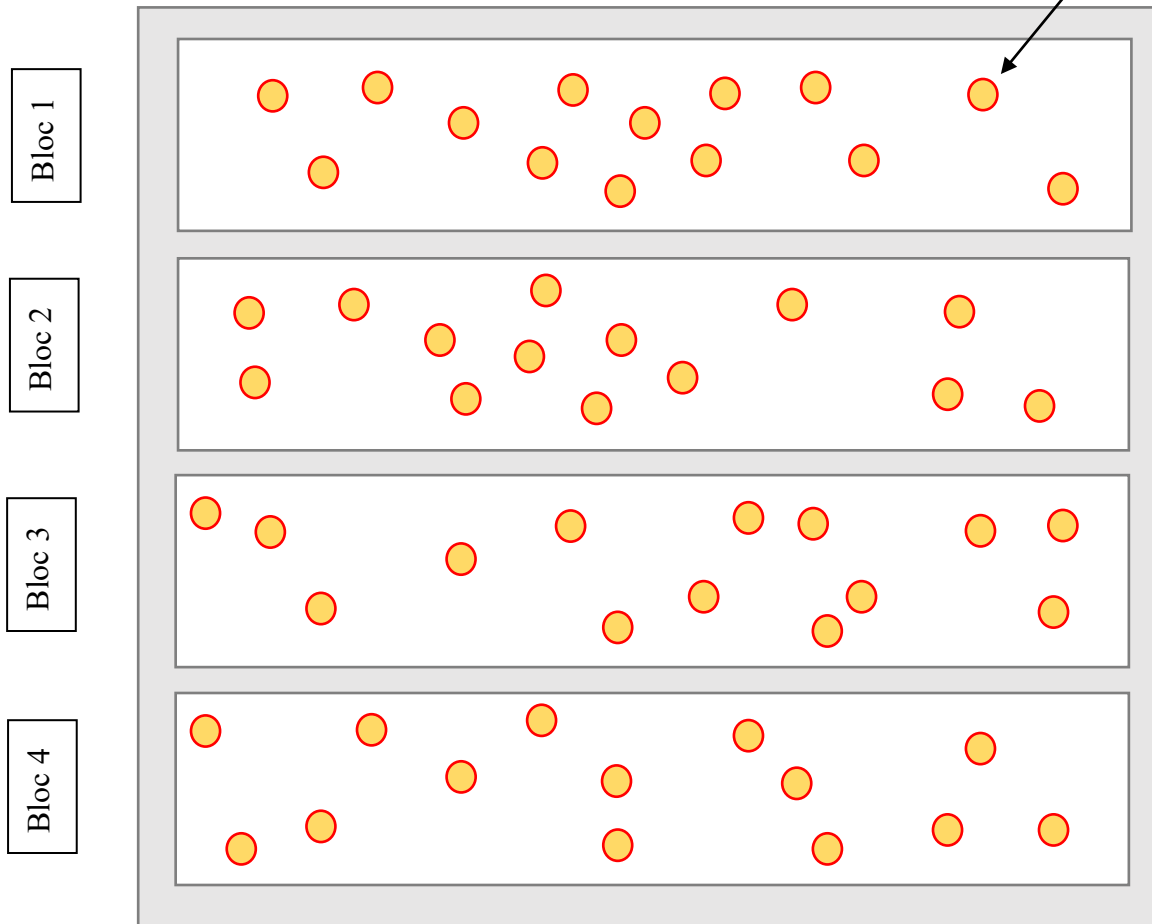
**Figure 30** : À gauche, détail du dispositif expérimental pour les cages extérieures.; à droite, cage montée avant d'être refermée



**Figure 31** : Cage montée et fermée contenant un couple de papillons.

Annexe 6 (suite)

Répartition aléatoire des couples



Légende :

● = 1 cage contenant un couple



Figure 32 : En haut, schéma du dispositif expérimental de l'expérience en champ. En bas, installation des cages en champ

## Annexe 6 (suite)

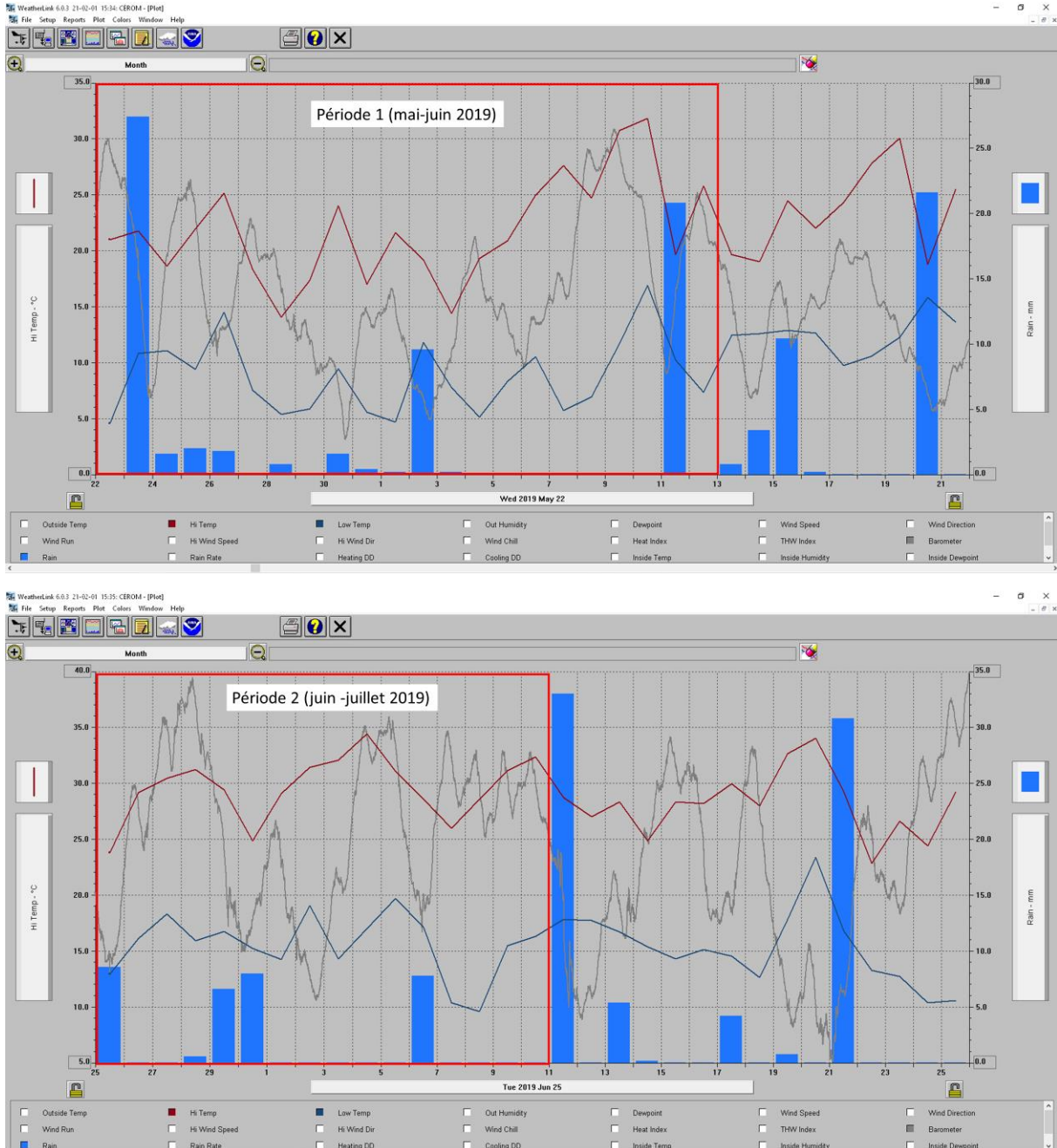


Figure 33 : Conditions météorologiques en 2019 (Périodes 1 et 2)

## Annexe 6 (suite)

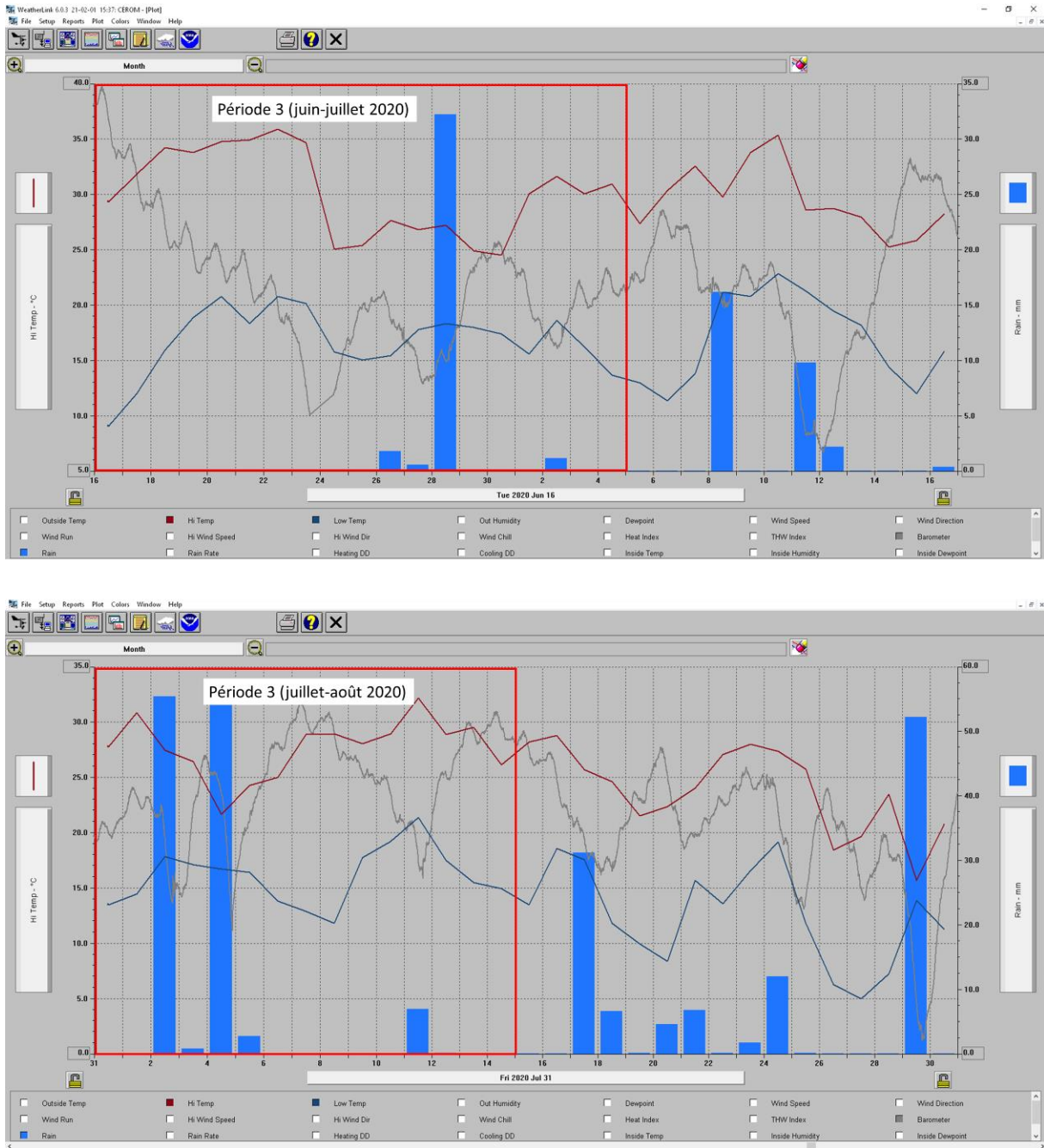
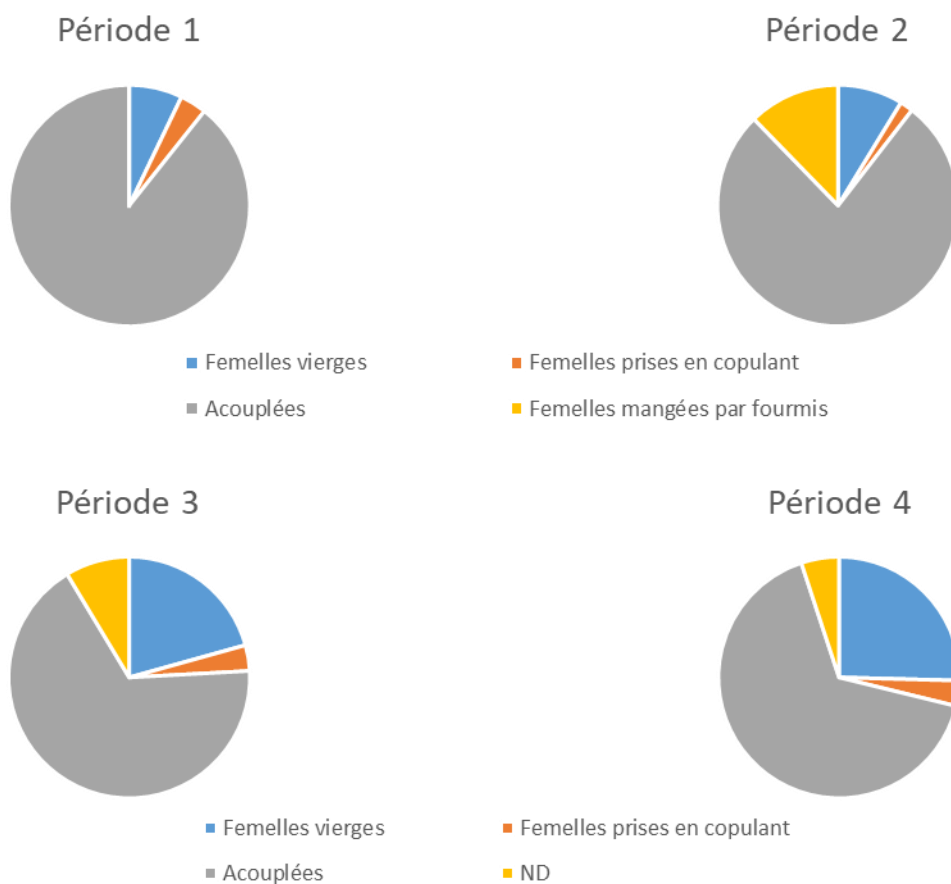
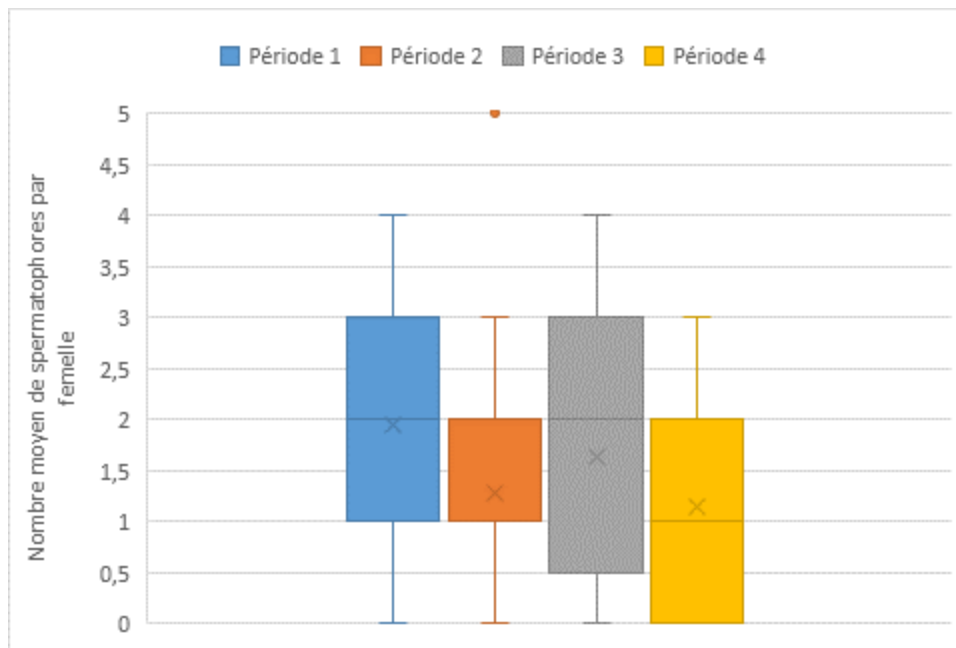
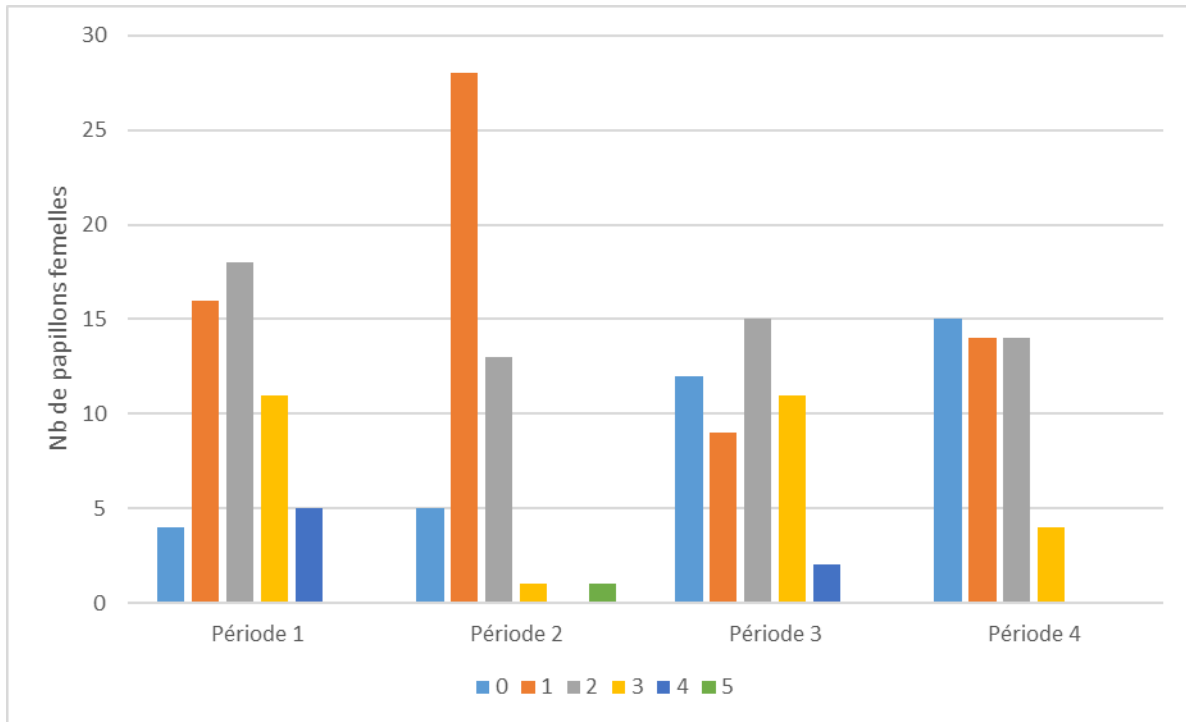


Figure 34 : Conditions météorologiques en 2020 (Périodes 3 et 4).

## Annexe 6 (suite)

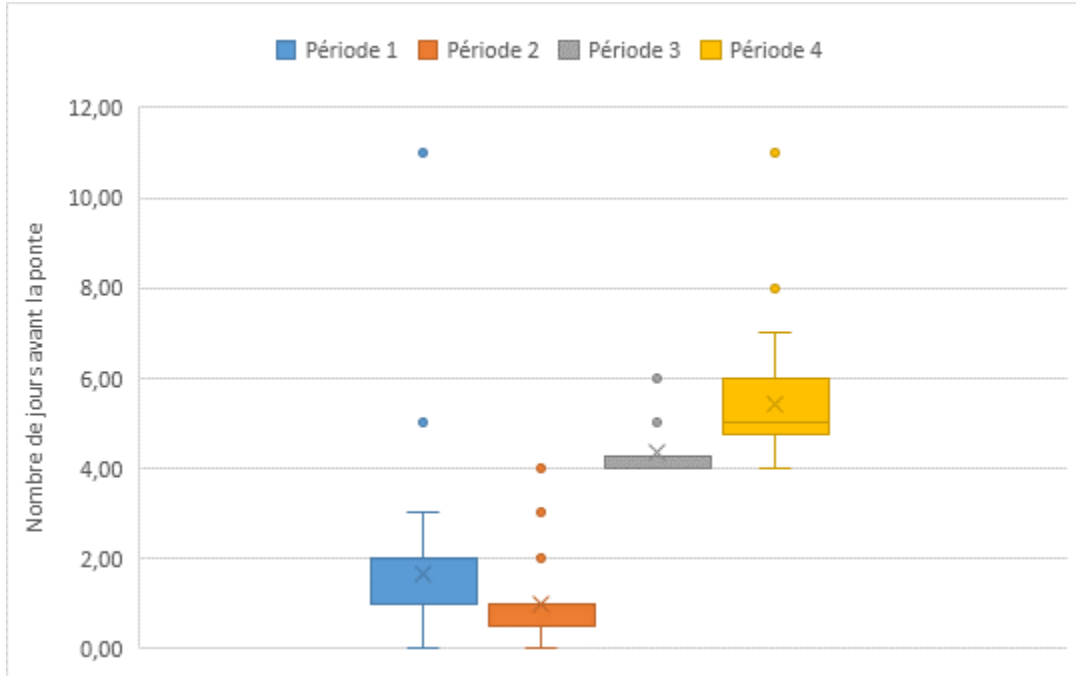


**Figure 35 :** Statut reproducteur des femelles utilisées pour les tests en champ, en fonction de la période d'essai (Période 1 et 2 = 2019 et Périodes 3 et 4 = 2020)



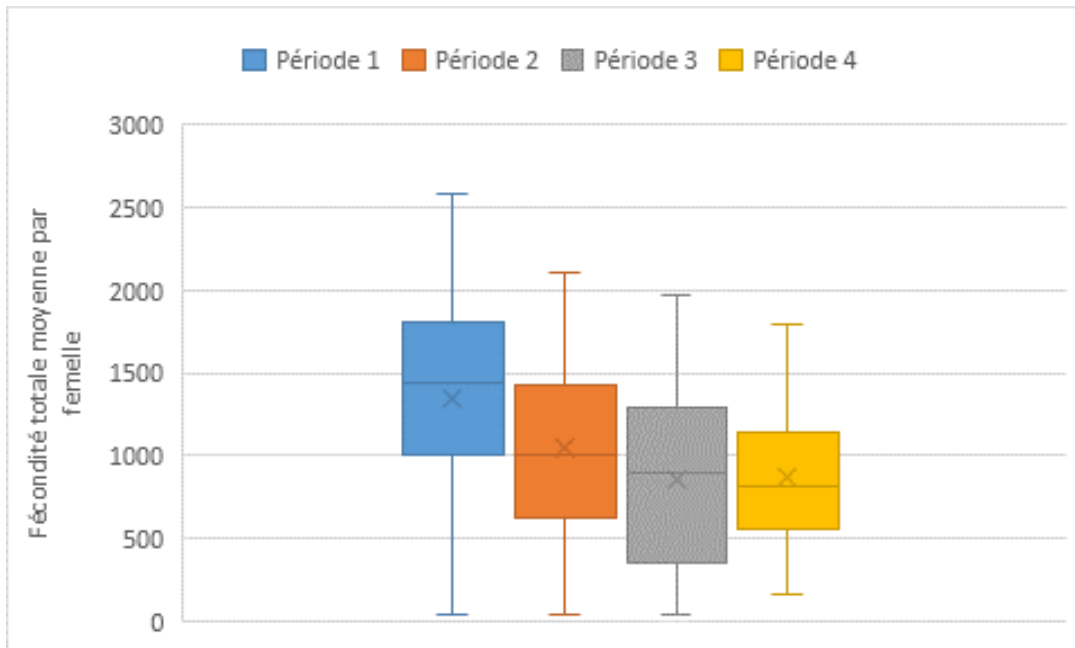
**Figure 36 :** En haut, nombre de femelles présentant de 0 à 5 spermatophores, en fonction de la période d'essai. En bas, nombre moyen de spermatophores par femelle, en fonction de la période d'essai. (Période 1 et 2 = 2019 et Périodes 3 et 4 = 2020). Les croix indiquent la valeur moyenne, les blocs de couleur, la répartition des données au sein de la population.

## Annexe 6 (suite)

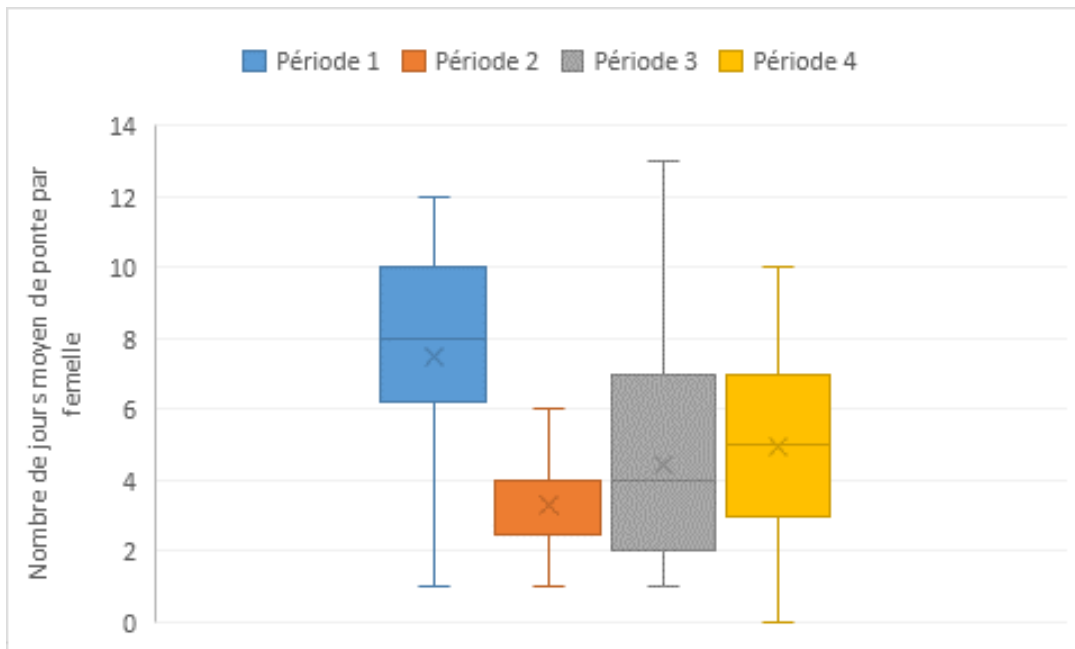


**Figure 37** : Délais moyens avant les premières pontes en fonction des différentes périodes de tests (Période 1 et 2 = 2019 et Périodes 3 et 4 = 2020). NB : en 2019, les insectes ont été insérés dans les cages, 5 jours après leur émergence alors qu'en 2020, les insectes ont été insérés dès leur émergence, ce qui explique notamment l'importante différence entre les deux années. Les croix indiquent la valeur moyenne, les blocs de couleur, la répartition des données au sein de la population.

## Annexe 6 (suite)



**Figure 38** : Fécondité totale moyenne par femelle, en fonction des différentes périodes de tests (Période 1 et 2 = 2019 et Périodes 3 et 4 = 2020). Les croix indiquent la valeur moyenne, les blocs de couleur, la répartition des données au sein de la population.



**Figure 39** : Durée des pontes, en fonction des différentes périodes de tests (Période 1 et 2 = 2019 et Périodes 3 et 4 = 2020). Les croix indiquent la valeur moyenne, les blocs de couleur, la répartition des données au sein de la population.