

**PIÈGES AUTOMATISÉS POUR LA SURVEILLANCE PHYTOSANITAIRE DES VERGERS :
ÉVALUATION DES SYSTÈMES ACTUELS ET POTENTIEL FUTUR POUR LE QUÉBEC.**

PV-3.2-DP-IRDA-30

DURÉE DU PROJET : 04-2018 / 07-2021

RAPPORT FINAL

Réalisé par : Mikael Larose et Gérald Chouinard

15 juillet 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.

TITRE DU PROJET : PIÈGES AUTOMATISÉS POUR LA SURVEILLANCE PHYTOSANITAIRE DES VERGERS : ÉVALUATION DES SYSTÈMES ACTUELS ET POTENTIEL FUTUR POUR LE QUÉBEC

NUMÉRO DU PROJET : PV-3.2-DP-IRDA-30

RÉSUMÉ DU PROJET

L'utilisation de pièges automatisés peut permettre d'augmenter la précision de surveillance et de cibler de façon plus adéquate les traitements requis pour lutter contre les ravageurs du pommier, tout en permettant de réduire le nombre de visites au verger et de surveiller de grands territoires. Dans le cadre du présent projet, trois systèmes de dépistage (automatisé, semi-automatisé et classique) ont été comparés en 2018, 2019 et 2020. Les pièges ont été installés vers la mi-mai et ont été retirés en début septembre de chaque année. Pour chaque espèce sélectionnée (l'hoplocampe du pommier, la mouche de la pomme, la tordeuse à bandes obliques, le carpocapse de la pomme et la sésie du cornouiller), de 4 à 6 sites avec un historique de captures ont été choisis pour recevoir les pièges relatifs aux systèmes comparés. Avec l'appui de conseillers de chaque région pomicole concernée, les pièges ont été visités « virtuellement » via la plateforme Web du fournisseur de pièges (lorsque disponible) ainsi qu'hebdomadairement sur le terrain, pour valider les observations. L'ensemble des données a été acheminé sur un nuage Web. Pour certaines des espèces suivies (tordeuse à bandes obliques et carpocapse de la pomme), un plus grand nombre de captures a été observé dans les pièges automatisés que dans les pièges classiques recommandés par le Réseau d'avertissements phytosanitaires, alors que la situation inverse a été observée pour d'autres espèces (mouche de la pomme et hoplocampe). Cependant, les algorithmes de détection et d'identification des pièges automatisés à l'étude (Trapview et Spensa/DTN) ont dans la majorité des cas surestimé le nombre réel de captures dans leurs propres pièges. L'exactitude des données a été meilleure pour le carpocapse de la pomme et la tordeuse à bandes obliques mais la précision des algorithmes de détection est malgré tout apparue insuffisante pour l'ensemble des espèces à l'étude. Le système maison semi-automatisé a été affecté de multiples problèmes de fiabilité et n'a pas pu être utilisé comme prévu. La précision de surveillance des systèmes automatisés (détection précise des pics et des premières captures) est apparue supérieure à celle du dépistage classique pour le carpocapse de la pomme et la tordeuse à bandes obliques, en autant que les captures réelles soient utilisées et non pas les captures enregistrées par l'algorithme de détection et d'identification. Les plateformes web utilisées par les systèmes automatisés Spensa/DTN et Trapview pour la collecte, l'analyse et la transmission des données ont été jugés excellents par les collaborateurs au projet. Le nombre de visites requises et les coûts reliés à l'utilisation des systèmes automatisés ont été supérieurs à ceux du dépistage classique. Ces résultats nous permettent de formuler des recommandations limitées quant à la pertinence des pièges automatisés pour la surveillance des ravageurs du pommier par le Réseau d'avertissements phytosanitaires.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

Les pièges automatisés pour le décompte de captures de ravageurs existent depuis les années 80 mais ont pris un essor récemment en raison de la performance grandissante des technologies de détection et de l'accessibilité à internet. Ces systèmes incluent la plupart du temps un logiciel qui automatise la transmission des données, l'identification et le calcul des insectes capturés, envoi des notifications à l'utilisateur et assure la gestion et l'interprétation des résultats. Les systèmes de piégeage "intelligents" sont la plupart du temps disponibles sous la forme d'un abonnement mensuel à un service, et peuvent être assez chers.

Ce projet de trois ans visait à évaluer et à comparer quatre modèles de pièges : deux pièges automatisés (Trapview et Spensa/DTN :), un piège semi-automatisé (modèle-maison IRDA) et un piège « classique » (la référence actuellement utilisée par le RAP, variable selon l'espèce i.e. piège à phéromone, sphère rouge ou panneau blanc englué) pour le dépistage de cinq ravageurs du pommier soit l'hoplocampe du pommier, la mouche de la pomme, la tordeuse à bandes obliques, le carpocapse de la pomme et la sésie du cornouiller. Le modèle maison comporte moins de caractéristiques, mais se veut plus économique à moyen terme et moins dépendant de la technologie (Tableau 1). Pour chacune des espèces et pour chacun des sites, les pièges ont été comparés sur les paramètres suivants : 1) l'exactitude des données; 2) la précision de surveillance; 3) la facilité de partage des données, 4) le nombre de visites requises, et 5) les coûts. Les pièges Trapview ont été utilisés pour l'ensemble des ravageurs listés précédemment à l'exception de la sésie du cornouiller, tandis que les pièges Spensa/DTN ont été utilisés pour l'ensemble des ravageurs à l'exception de la mouche de la pomme (Figure 1; Tableau 2). Pour ce qui est des pièges IRDA (Figure 2), les espèces ciblées étaient le carpocapse de la pomme, la tordeuse à bandes obliques et la sésie du cornouiller. Les pièges automatisés ont été activés vers la mi-mai et désactivés au début septembre de chaque année et les pièges classiques ont été installés aux moments préconisés par le RAP (Tableau 3). Les pièges automatisés étaient énergétiquement autonomes (batterie incluse, en association avec un panneau solaire dans le cas de Trapview). À l'exception du modèle IRDA, un logiciel interne automatise la transmission des images sur un serveur Web, lequel procède ensuite à l'identification et au calcul des ravageurs ciblés grâce un algorithme de détection et d'identification. Une notification journalière est transmise à l'utilisateur qui, par la suite, peut consulter et interpréter le diagnostic et les images. Le réseau de surveillance a été déployé dans six sites pomicoles en 2018 (Oka, Saint-Bruno, Franklin, l'île d'Orléans, Saint-Paul d'Abbotsford et Compton), huit sites en 2019 (Farnham, Saint-Jean-Baptiste, Franklin, Saint-Paul d'Abbotsford, Saint-Bruno, Oka, Compton et l'île d'Orléans) et huit sites en 2020 (les Laurentides, Compton, Farnham, Saint-Paul d'Abbotsford, Franklin, Hemmingford, l'île d'Orléans et Saint-Bruno). Pour chacun des systèmes à l'étude, un piège a été installé à chaque site, pour chaque espèce dépistée (dépendant des capacités de chaque système), à une distance de 6 à 9 m l'un de l'autre pour les pièges de mêmes espèces. À titre comparatif, un piège classique a été installé à une distance de 6 à 9 m de ces derniers. Les collaborateurs au projet (des conseillers pomicoles) ont effectué une visite hebdomadaire et une surveillance des pièges, à la fois sur place et sur la plateforme Web du piège le cas échéant (Tableau 4). Les phéromones et les bases collantes ont été renouvelées chaque mois, ou plus tôt lorsque jugé nécessaire. Les espèces ciblées variaient d'une région à l'autre car la pression des ravageurs variait selon les sites.

Tableau 1. Caractéristiques générales des systèmes comparés

Nom du système	Trapview	Spensa/DTN	Classique	IRDA
<i>Piège¹</i>	Trapview	Smart Trap	Recommandation RAP	Recommandation RAP
<i>Phéromone¹</i>	Recommandation RAP	Recommandation RAP	Recommandation RAP	Recommandation RAP
<i>Prise de données</i>	Caméra intégrée	Caméra intégrée	Observateur	Camera Iphone
<i>Fréquence des relevés</i>	1 fois/jour	1 fois/jour	1 fois/semaine	À volonté
<i>Décomptes</i>	automatisés	automatisés	Manuels	Manuels
<i>Données météo</i>	en option ²	Senseurs intégrés	Station à proximité	Station à proximité
<i>Alimentation</i>	Batterie et panneau solaire	Batterie autonome	Aucune	Batterie et panneau solaire
<i>Transmission</i>	Cellulaire	Cellulaire	Courriel	Cellulaire
<i>Saisie et gestion</i>	Plateforme Trapview	Plateforme Spensa/DTN AP ³	Manuelle	Plateforme IRDA ⁴

¹ Les caractéristiques précises varient selon les espèces ciblées, qui varient d'une région à l'autre

² Le modèle utilisé ne possède pas de station météo intégrée.

³ Spensa ayant été acheté par DTN en cours de projet, nous allons référer à ce système sous le nom Spensa/DTN.

⁴ Application mobile Manything + base de données IRDA

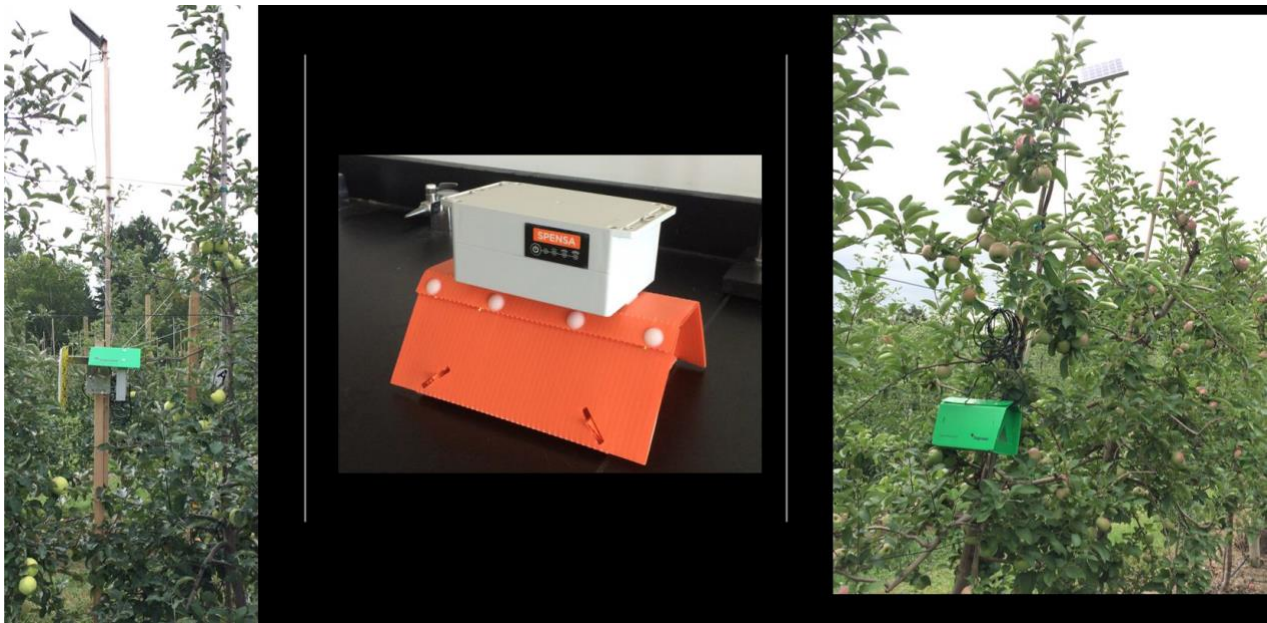


Figure 1. Pièges automatisés Spensa/DTN (orange) de type delta et Trapview (vert) du type vertical et delta.

Tableau 2. Distribution et ravageurs ciblés par type de dépistage ainsi que par localité*

Localité	Trapview	Spensa/DTN	Classique
Ile d'Orléans	hoplocampe, carpocapse, mouche	carpocapse	Tous
Compton	hoplocampe, carpocapse, mouche	carpocapse	Tous
Franklin	carpocapse, TBO, mouche	carpocapse, TBO	Tous
Saint-Paul	carpocapse, TBO	carpocapse, TBO, sésie	Tous
Hemmingford	hoplocampe	--	Tous
Farnham	mouche	sésie	Tous
Saint-Bruno	carpocapse, TBO, mouche	TBO, sésie	Tous
Oka	carpocapse, TBO	carpocapse, TBO, sésie	Tous
Saint-Jean-Baptiste	mouche	sésie	Tous

* Les espèces ciblées varient d'une localité à l'autre car la pression des ravageurs varie selon les sites. Nous avons préféré réduire le nombre de sites pour chaque espèce afin de maximiser le nombre d'espèces étudiées dans le projet.

Tableau 3. Date des installations ainsi que de retrait pour les pièges automatisés et classique pour chaque année d'échantillonnage.

Localité	Date d'installation	Date de retrait
2018		
Ile d'Orléans	12 juin	27 août
Compton	15 juin	5 septembre
Franklin	5 juin	21 août
Saint-Paul	14 juin	31 août
Saint-Jean-Baptiste	28 juin	22 août
Oka	5 juin	28 août
Saint-Bruno	22 juin	24 août
2019		
Ile d'Orléans	6 juin	3 septembre
Compton	26 avril	20 septembre
Franklin	27 mai	5 septembre
Hemmingford	17 mai	24 juillet
Oka	28 mai	4 septembre
Saint-Bruno	24 mai	4 octobre
Farnham	31 mai	26 août
Saint-Paul	9 mai	28 août
2020		
Oka	4 mai	NA
Compton	6 mai	NA
Farnham	7 mai	NA
Saint-Paul	7 mai	NA
Franklin	11 mai	15 septembre
Hemmingford	12 mai	15 septembre
Ile d'Orléans	21 mai	NA
Saint-Bruno	22 mai	NA



Figure 2. Piège semi-automatisé modèle IRDA.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Fiabilité (problématiques vécues annuellement avec les systèmes automatisés et semi-automatisés)

En 2018, les résultats de dépistage de l'hoplocampe du pommier sont quasi inexistantes dus à une réception et une installation tardive des pièges automatisés. Ainsi, le site de l'Île d'Orléans et celui de Saint-Jean-Baptiste n'ont pas été inclus aux résultats vu le faible nombre d'observations de captures dans les pièges automatisés et dans les pièges classiques. La saison suivante a été peu propice au dépistage de cette espèce et tous les pièges (automatisés et classiques) ont capturé extraordinairement peu d'hoplocampes et l'interprétation des données a donc été impossible pour 2019 également.

Les pièges automatisés ont éprouvé en 2019 des problèmes techniques sur certains sites. Pour les localités de Compton et de Saint-Jean-Baptiste, peu d'informations ont été colligées car les pièges Trapview ont eu des problèmes de caméras et de batteries. Dans la localité d'Oka, le piège Spensa/DTN pour la sésie du cornouiller a été hors fonction toute la saison.

Pour l'année 2020, l'ensemble des pièges (Trapview, Spensa/DTN et IRDA) ont été installés aux dates prévues (au mois de mai et juin) malgré la pandémie de coronavirus. Plusieurs pièges sont toutefois apparus non-fonctionnels : batteries déchargées, problèmes de connexion au réseau cellulaire. Après une série d'échanges avec les compagnies Trapview et Spensa/DTN, une série de mesures ont dû être appliquées (redémarrages, déplacement d'antennes cellulaires, remplacement

de pièges). L'accès au portail web de Spensa/DTN a été laborieux, la compagnie n'ayant pas effectué la migration des données de 2019 vers 2020.

La compagnie cellulaire que nous avons choisie (Telus), a effectué en 2020 une amélioration de son réseau cellulaire, passant d'un réseau 3G et offrant maintenant la 4G et 5G. Malheureusement, cette mise à jour du réseau a grandement impacté la qualité de transmission des données provenant de nos pièges automatisés. Malgré plusieurs tentatives de réactivation, les pièges automatisés Spensa/DTN et Trapview n'ont pas été en mesure de se connecter au réseau cellulaire 4G ou 5G. En somme, malgré nos efforts continus et communications aux services de soutien des deux compagnies, peu de pièges ont été fonctionnels lors la saison 2020.

Les pièges IRDA ont été fabriqués, optimisés et mis à l'épreuve en laboratoire ainsi qu'au verger expérimental de Saint-Bruno lors de la saison 2019. Suite à ces essais préliminaires, un total de 10 pièges IRDA ont été installés à la mi-août dans les localités de Franklin, Oka, Compton, Saint-Paul-d'Abbotsford et Saint-Bruno-de-Montarville. À la suite de ces installations, des problèmes techniques (soudure, déchargement de batterie, application cellulaire défectueuse) n'ont pas permis de colliger suffisamment de données pour en permettre l'analyse. L'installation des pièges IRDA a été répétée en 2020 et le résultat fut le même qu'en 2019 et en conséquence ce piège a été exclu du projet. Les spécifications techniques sont toutefois disponibles sur demande et les systèmes semi-automatisés conservent leur intérêt vu la faible performance des systèmes automatisés à plusieurs égards (voir la suite du rapport).

Sur les trois années d'utilisation, certains pièges automatisés ont aussi démontré des signes de mal fonctionnement lié aux conditions abiotiques. Lors de l'installation des pièges automatisés en début de saison, les températures plus froides que la normale (en 2019-2020) ont affecté les réserves de certaines batteries internes des pièges (surtout Spensa/DTN mais aussi Trapview) obligeant une recharge sur un secteur électrique. Cette problématique n'est apparue qu'en début de saison lorsque les températures ont avoisiné le point de congélation et n'a pas été observée par la suite. De plus, nous avons observé que l'exposition répétée des pièges aux produits phytosanitaires corrosifs a mené à l'usure prématurée et à la défaillance (après 3 ans) du joint d'étanchéité des boîtiers. Des infiltrations d'eau ont ainsi causé un court-circuit menant à l'arrêt et au remplacement de plusieurs pièges (Figure 3). Les pièges Trapview (2/14) ont été légèrement plus sensibles à ce problème que les pièges Spensa/DTN (1/12). Possédant davantage de quincaillerie non protégée, les pièges Trapview ont également subi une plus grande oxydation de composantes externes que les pièges Spensa/DTN. Boulons et écrous de serrage se sont oxydés et la rouille s'est graduellement installée, détruisant l'aspect esthétique ainsi que la pérennité du matériel. La conception ainsi que les composantes des pièges automatisés ont ainsi paru insuffisamment résistantes aux conditions extérieures (pluie, neige et variations de température) auxquelles ils seront exposés pendant leur utilisation.

En résumé, la fiabilité des pièges automatisés Spensa/DTN et Trapview s'est avérée très variable d'une année à une autre. Le taux de bon fonctionnement des pièges pour la saison 2018 s'élève à environ 80% (Spensa/DTN 85% et Trapview 74%). Des valeurs similaires ont été observées lors de la saison 2019. Cependant, lors de la saison 2020, ce taux a atteint à peine 33% pour Spensa/DTN 33% et 20% pour Trapview. Sur 26 pièges installés en 2020, seulement 7 pièges ont été, à proprement dit, fonctionnels (Tableau 4).

Tableau 4. Contrôle qualité des pièges automatisés, exprimé en pourcentage de fonctionnement des pièges par année et par ravageur ciblé, toutes causes confondues.

Piège	Ravageur ciblé	2018	2019	2020	Moyenne	Moyenne globale
Spensa/DTN	carpocapse de la pomme	100%	100%	40%	80%	68%
	sésie du cornouiller	80%	60%	60%	67%	
	tordeuse à bandes obliques	75%	100%	0%	58%	
Trapview	carpocapse de la pomme	80%	100%	40%	73%	58%
	mouche de la pomme	67%	67%	17%	50%	
	tordeuse à bandes obliques	100%	100%	25%	75%	
	hoplocampe	50%	50%	0%	33%	

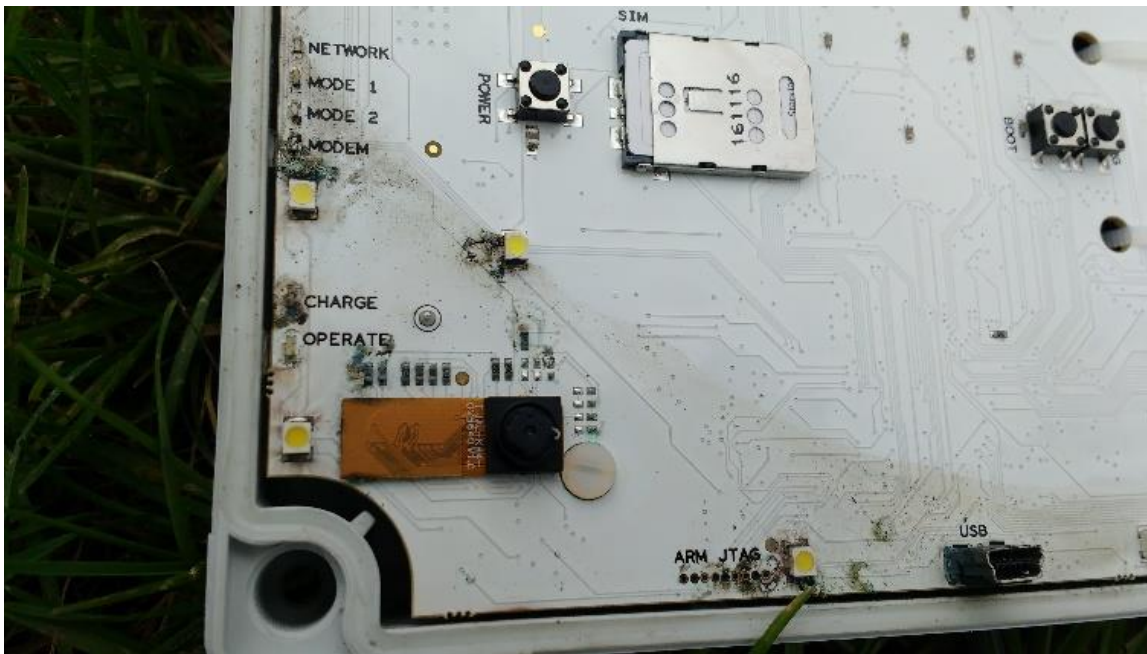




Figure 3. Signes d'infiltration d'eau dans un piège Trapview, observés le 29 mai 2019.

Objectif 1 : exactitude des données

Une mesure de la surestimation/sous-estimation des captures sa été obtenue en soustrayant le nombre réel de captures présentes dans un piège (tel que validé visuellement sur place par le conseiller) du nombre affiché par le système (tel que mesuré par l'algorithme de détection et d'identification à partir des images transmises). Cette mesure élimine ainsi trois erreurs possibles : 1) erreur d'identification de l'algorithme, 2) données manquantes dû à une panne du système, et 3) erreur d'identification humaine due à une image de mauvaise qualité. Les résultats sont présentés ci-après par espèce.

Carpocapse de la pomme

Les algorithmes de détection et d'identification du carpocapse de la pomme ont sous-estimé ou surestimé les captures réelles dans plusieurs cas, particulièrement le piège Trapview en 2018 et 2019 (Figure 4). La surestimation peut être attribuée à l'algorithme qui considère des corps étrangers comme étant le ravageur ciblé (ex : feuilles, phéromone, écailles d'aile. Les sous-estimations correspondent, en certaines occasions, à de grands pics de captures (ex. Spensa/DTN, Oka 2018), l'algorithme ayant de la difficulté à maintenir un compte juste et précis lors d'une surcharge de papillons dans le piège. Pour la saison 2020, seulement 2 pièges sur un total 6 pour Trapview ont été fonctionnels et la même observation est valable pour les pièges Spensa/DTN.

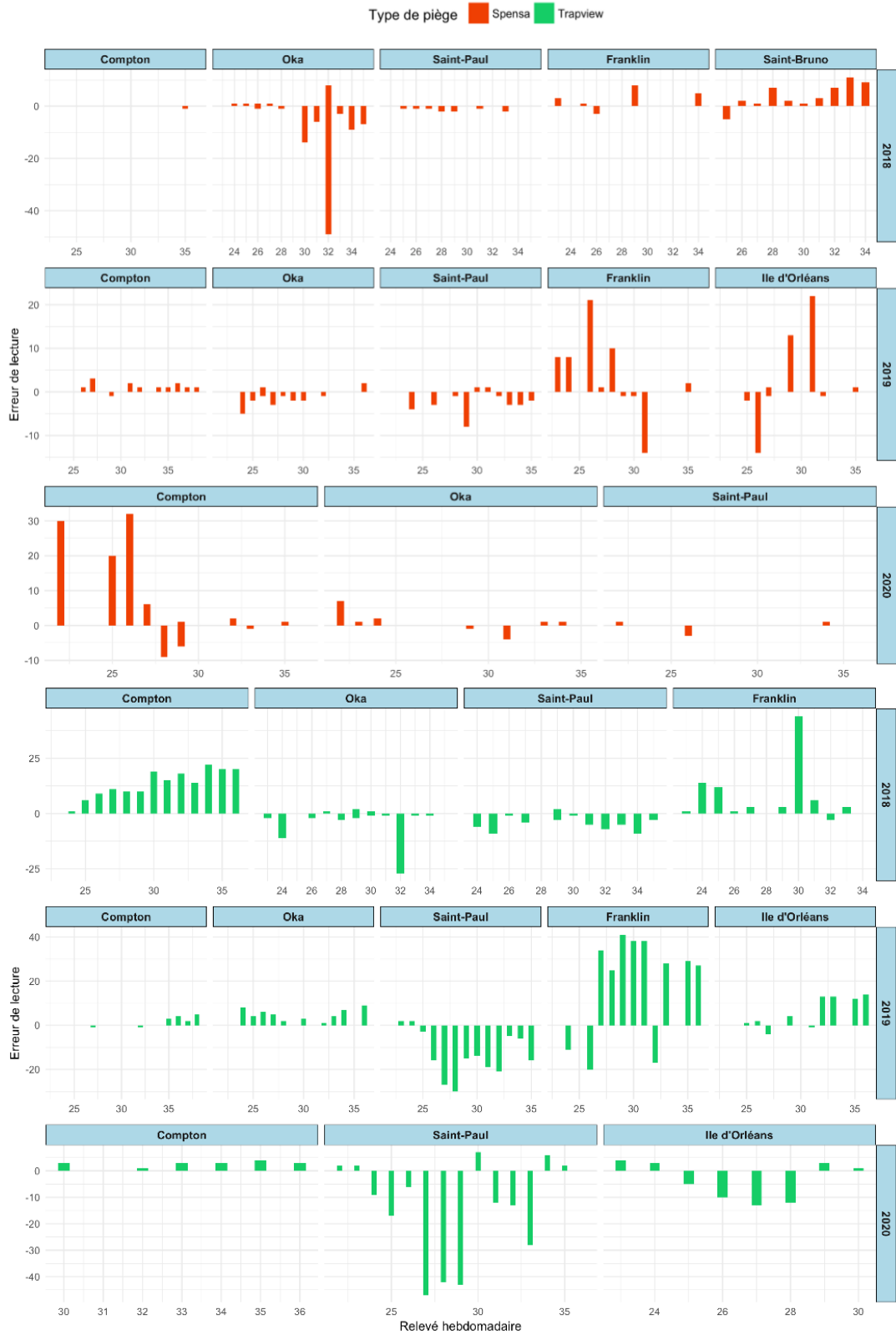


Figure 4. Erreur de lecture de l’algorithme pour le carpocapse de la pomme en 2018-2019-2020. L’axe des y représente la différence entre les captures dénombrées par l’algorithme et les captures réelles sur ces pièges, lorsque validées sur le terrain. L’axe des x représente les dates des relevés hebdomadaires exprimées par le numéro de la semaine associée. Les valeurs positives indiquent une surestimation et les valeurs négatives, une sous-estimation.

Tordeuse à bandes obliques (TBO)

Le dépistage de la tordeuse à bandes obliques a montré un patron similaire de captures pour les pièges Spensa/DTN et Trapview pour l'année 2018 (Figure 5). En 2019, l'erreur de lecture associée aux pièges Spensa/DTN est apparue relativement faible alors que les pièges Trapview ont surestimé les captures dans l'ensemble des sites. Un seul piège Trapview a été fonctionnel pour la saison 2020.



Figure 5. Erreur de lecture de l'algorithme pour la tordeuse à bandes obliques en 2018-2019-2020. L'axe des y représente la différence entre les captures dénombrées par l'algorithme et les captures réelles sur ces pièges, lorsque validées sur le terrain. L'axe des x représente les dates des relevés hebdomadaires exprimées par le numéro de la semaine associée. Les valeurs positives indiquent une surestimation et les valeurs négatives, une sous-estimation.

Sésie du cornouiller

La majorité des résultats pour le dépistage automatisé de la sésie du cornouiller (piège Spensa/DTN indiquent une surestimation des captures (Figure 6), sauf lors des grands pics de captures (ex. Oka, 2018). Lorsque plusieurs insectes se retrouvent collés sur la surface, une couche tridimensionnelle se crée et l'algorithme de détection a de la difficulté à compter et à valider la morphologie du ravageur recherché.



Figure 6. Erreur de lecture de l'algorithme pour la sésie du cornouiller en 2018-2019-2020. L'axe des y représente la différence entre les captures dénombrées par l'algorithme et les captures réelles sur ces pièges, lorsque validées sur le terrain. L'axe des x représente les dates des relevés hebdomadaires exprimées par le numéro de la semaine associée. Les valeurs positives indiquent une surestimation et les valeurs négatives, une sous-estimation.

Mouche de la pomme

Pour l'année 2018 et 2019, en ce qui a trait au dépistage par pièges automatisés pour la mouche de la pomme (piège Trapview), l'algorithme de détection a surestimé les observations, et ce pour toutes les régions lorsque les pièges étaient fonctionnels (Figure 7). Toutefois, peu de mouches de la pomme ont été attirées par les pièges automatisés. Dans l'ensemble des régions, la surestimation des captures a été causée par la détection de nombreuses mouches domestiques ou autres diptères. Aucun des pièges n'a pu être utilisé de façon satisfaisante en 2020.

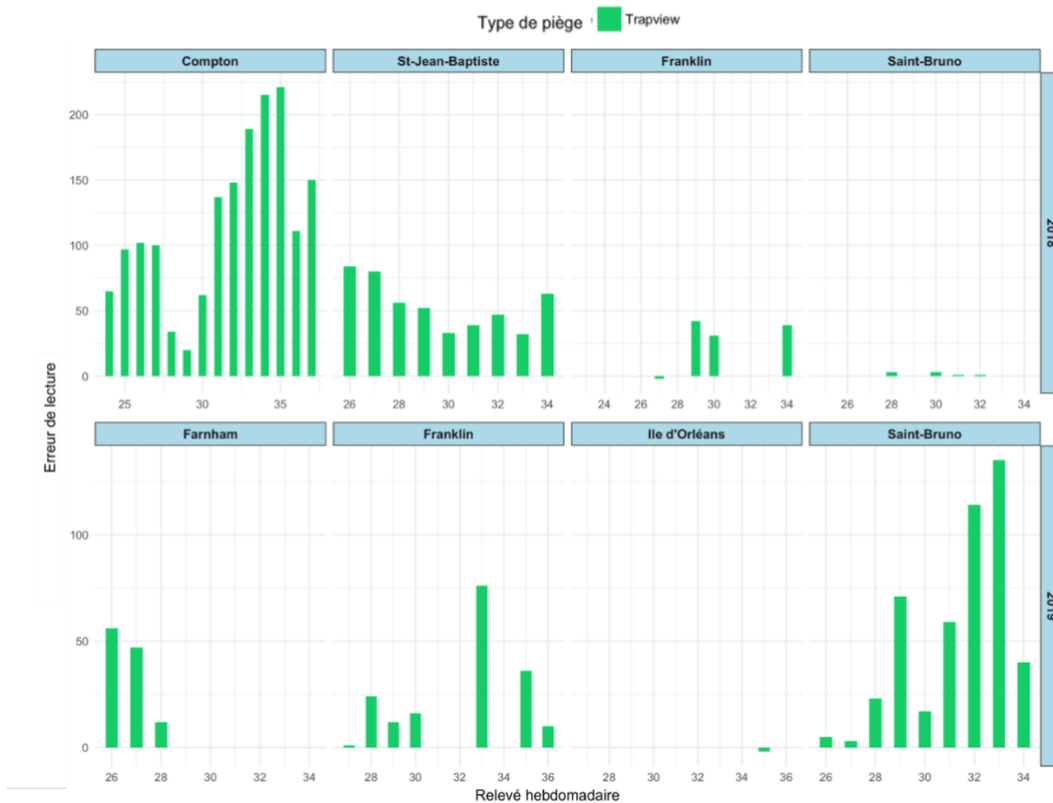


Figure 7. Erreur de lecture de l’algorithme pour la mouche de la pomme en 2018-2019-2020. L’axe des y représente la différence entre les captures dénombrées par l’algorithme et les captures réelles sur ces pièges, lorsque validées sur le terrain. L’axe des x représente les dates des relevés hebdomadaires exprimées par le numéro de la semaine associée. Les valeurs positives indiquent une surestimation et les valeurs négatives, une sous-estimation.

Hoplocampe

Pour l’année 2018, les pièges de deux des trois sites (Compton et Saint-Jean-Baptiste) ont été fonctionnels alors que pour l’année 2019 et 2020, aucun des pièges automatisés n’a été fonctionnel pendant la période d’activité de l’hoplocampe (qui est hâtive). Malgré le peu de données colligées, il est apparu très clairement que l’algorithme de Trapview a toujours surestimé les captures (Figure 8).



Figure 8. Erreur de lecture de l’algorithme pour l’hoplocampe des pommes en 2018-2019-2020. L’axe des y représente la différence entre les captures dénombrées par l’algorithme et les captures réelles sur ces pièges, lorsque validées sur le terrain. L’axe des x représente les dates des relevés hebdomadaires exprimées par le numéro de la semaine associée. Les valeurs positives indiquent une surestimation et les valeurs négatives, une sous-estimation.

Objectif 2 : Précision de surveillance

La précision de surveillance est la capacité d’un système à déterminer de façon précise le moment d’un événement critique (e.g. premières captures, pic, atteinte du seuil d’intervention, etc). Cette précision sera meilleure si la fréquence d’accès aux données de capture est grande, mais elle peut également être impactée positivement par la sensibilité du piège (le nombre plus ou moins élevé de captures pour une même population), ou négativement si les données sont sujettes à une grande variabilité dans le temps, pour toutes sortes de raisons (météo variable, fiabilité variable de l’algorithme de détection, etc.).

Avec le dépistage classique hebdomadaire, il est difficile de déterminer précisément quand ont lieu les captures durant la semaine, ce qui réduit drastiquement la précision de surveillance. Par contre les pièges automatisés à l’étude ont été tous les deux optimaux du point de vue de la fréquence d’accès aux données (possibilité d’au moins une image par jour), une fréquence très avantageuse par rapport à la fréquence hebdomadaire (au mieux bi-hebdomadaire) généralement reconnue comme standard avec le dépistage classique. La sensibilité des deux systèmes a toutefois différencié, de même que la variabilité des captures: ces deux paramètres peuvent être appréciés dans les figures suivantes, qui présentent les données après validation visuelle (i.e. sans les fausses captures enregistrées par les algorithmes, étant donné leur performance décevante).

Pour le carpocapse (Figure 9), le nombre de captures a toujours été plus élevé dans les pièges automatisés que dans les pièges classiques, ce qui augmente la précision de surveillance, par exemple pour la détection des premières captures. À une exception près (Franklin, 2018), les pièges Spensa/DTN et Trapview ont adéquatement cerné les pics de captures, qui sont apparus au même moment dans les pièges classiques. Une situation similaire a été observée pour la tordeuse à bandes obliques : captures plus élevées dans les pièges automatisés et pics de captures bien corrélés avec ceux des pièges classiques (Figure 10). Pour ces deux espèces, la précision de surveillance des systèmes automatisés est donc apparue supérieure à celle du dépistage classique, en autant que les captures réelles soient utilisées et non pas les captures enregistrées par l’algorithme de détection et d’identification. Il importe ici de préciser que la validation des captures par examen à distance des images (sur le portail web du système) peut s’avérer suffisante car l’erreur de lecture des images par les conseillers est généralement apparue comme faible par rapport à l’erreur de l’algorithme (annexe).

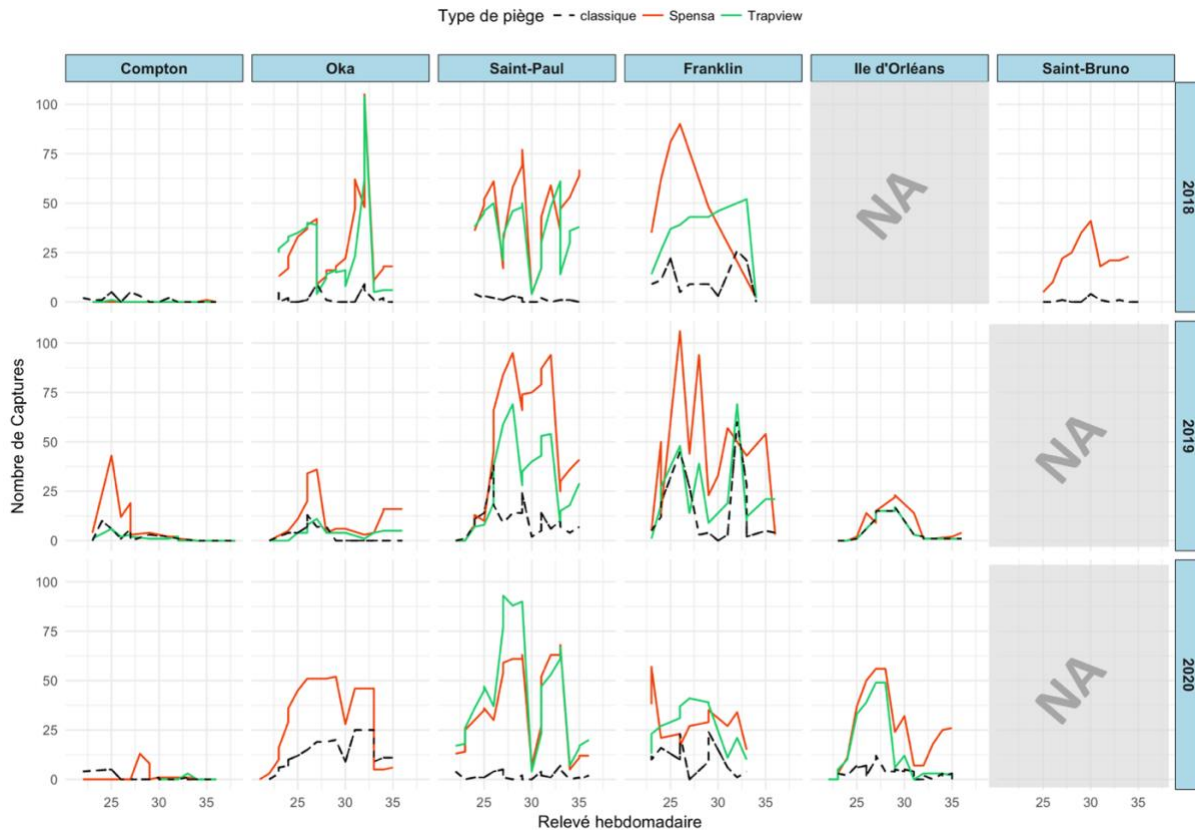


Figure 9. Captures validées du carpocapse de la pomme en 2018-2019-2020. L’axe des y représente le nombre de captures dénombré par lecture des images (ligne orange et verte) ainsi que les captures dénombrées sur les pièges classiques (ligne noire pointillée). L’axe des x représente les dates des relevés hebdomadaires exprimées par le numéro de la semaine associée. NA : données non-disponibles pour l’ensemble des captures pour le site. Les données partielles sont toutefois présentées.

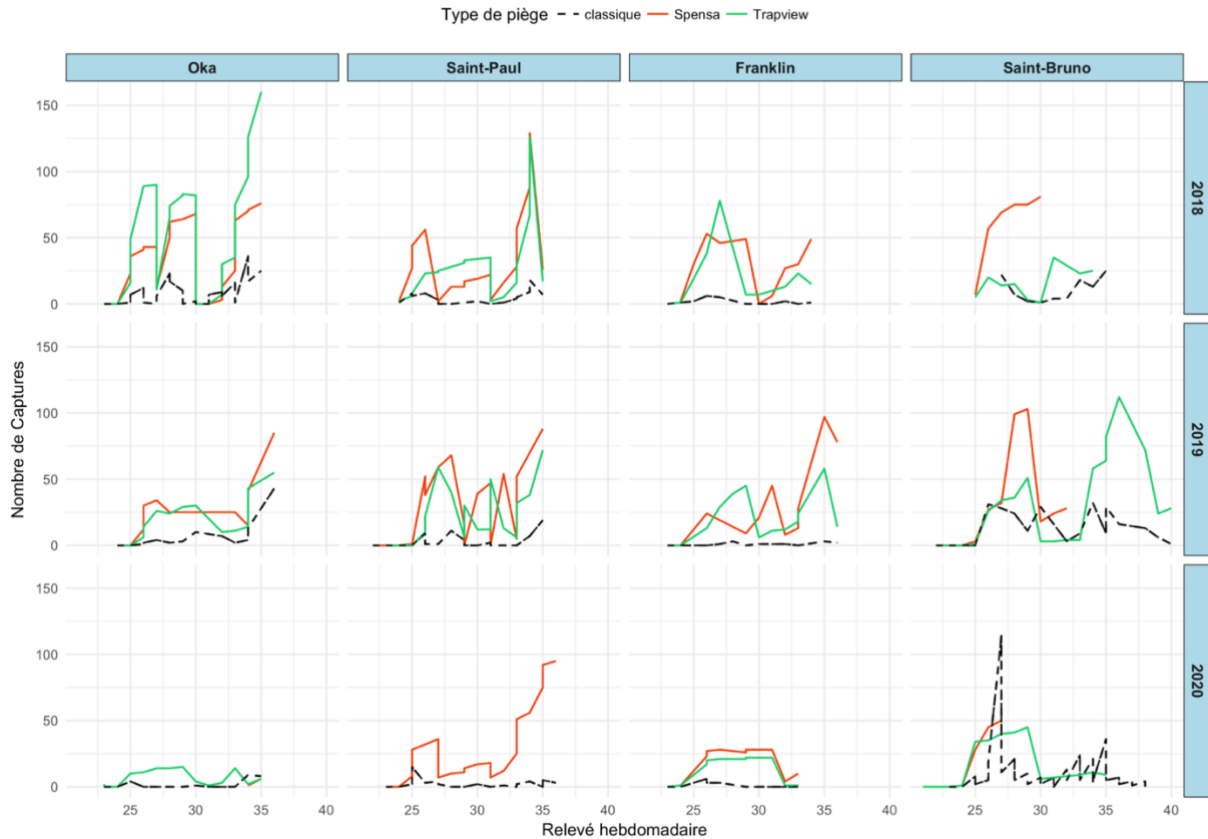


Figure 10. Captures validées de la tordeuse à bandes obliques en 2018-2019-2020. L'axe des y représente le nombre de captures dénombré par lecture des images (ligne orange et verte) ainsi que les captures dénombrées sur les pièges classiques (ligne noire pointillée). L'axe des x représente les dates des relevés hebdomadaires exprimées par le numéro de la semaine associée. NA : données non-disponibles pour l'ensemble des captures pour le site. Les données partielles sont toutefois présentées.

Pour la sésie du cornouiller toutefois, les captures n'ont pas été plus élevées dans les pièges automatisés. Les pics ont également été plus difficiles à suivre et sont parfois apparus désynchronisés des captures observées sur les pièges classiques, selon les sites et les années (Figure 11). Quant à la mouche de la pomme et à l'hoplocampe (Figures 12 et 13), peu de captures ont été notées avec les pièges automatisés, qui pour ces espèces comportaient une surface de piégeage verticale et qui n'étaient pas appâtés de phéromones (mais d'un appât alimentaire dans le cas de la mouche de la pomme). Moins de captures ont été observées sur ces pièges que sur les pièges utilisés pour le dépistage classique de la mouche de la pomme (sphères rouges engluées) et de l'hoplocampe (carton blanc englué) et les populations capturées ont été trop faibles pour cerner les pics de captures. Pour ces trois espèces, la sensibilité des pièges automatisés est apparue insuffisante pour procurer une précision de surveillance acceptable.

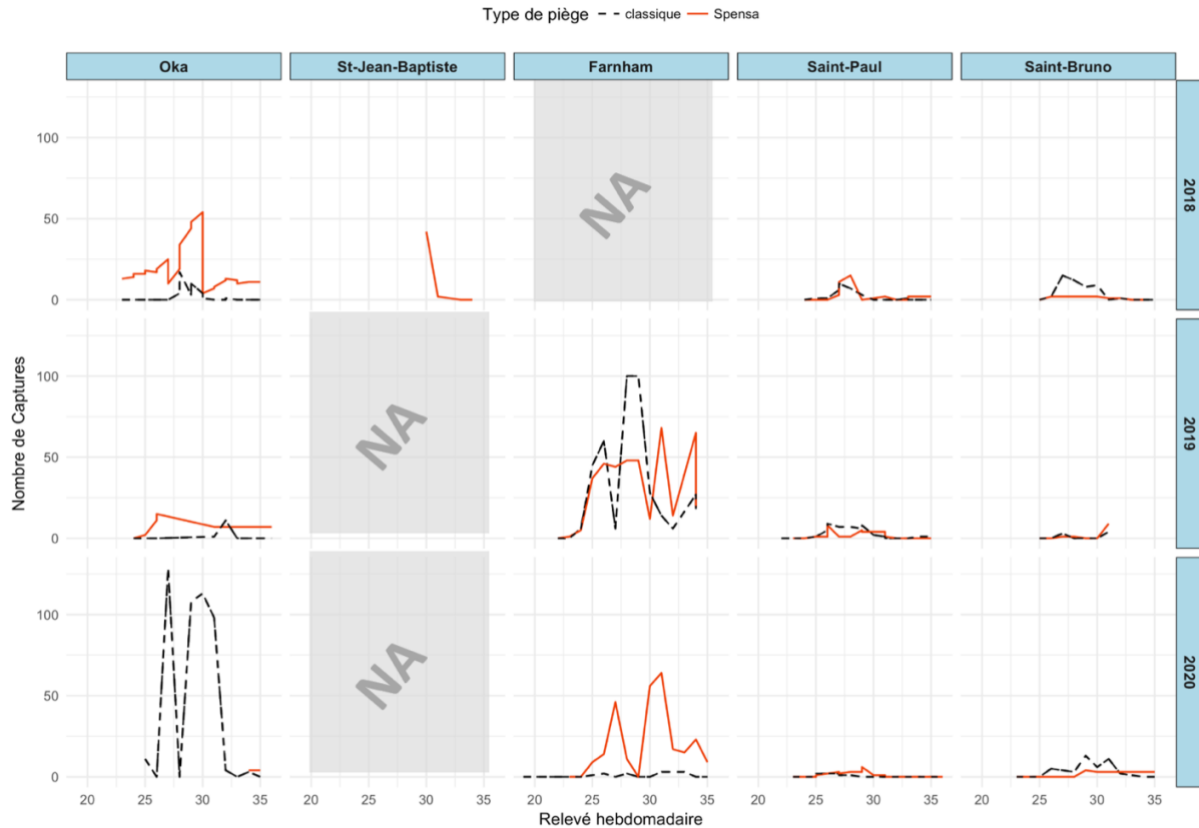


Figure 11. Captures validées de la sésie du cornouiller en 2018-2019-2020. L'axe des y représente le nombre de captures dénombré par lecture des images (ligne orange et verte) ainsi que les captures dénombrées sur les pièges classiques (ligne noire pointillée). L'axe des x représente les dates des relevés hebdomadaires exprimées par le numéro de la semaine associée. NA : données non-disponibles pour l'ensemble des captures pour le site. Les données partielles sont toutefois présentées.

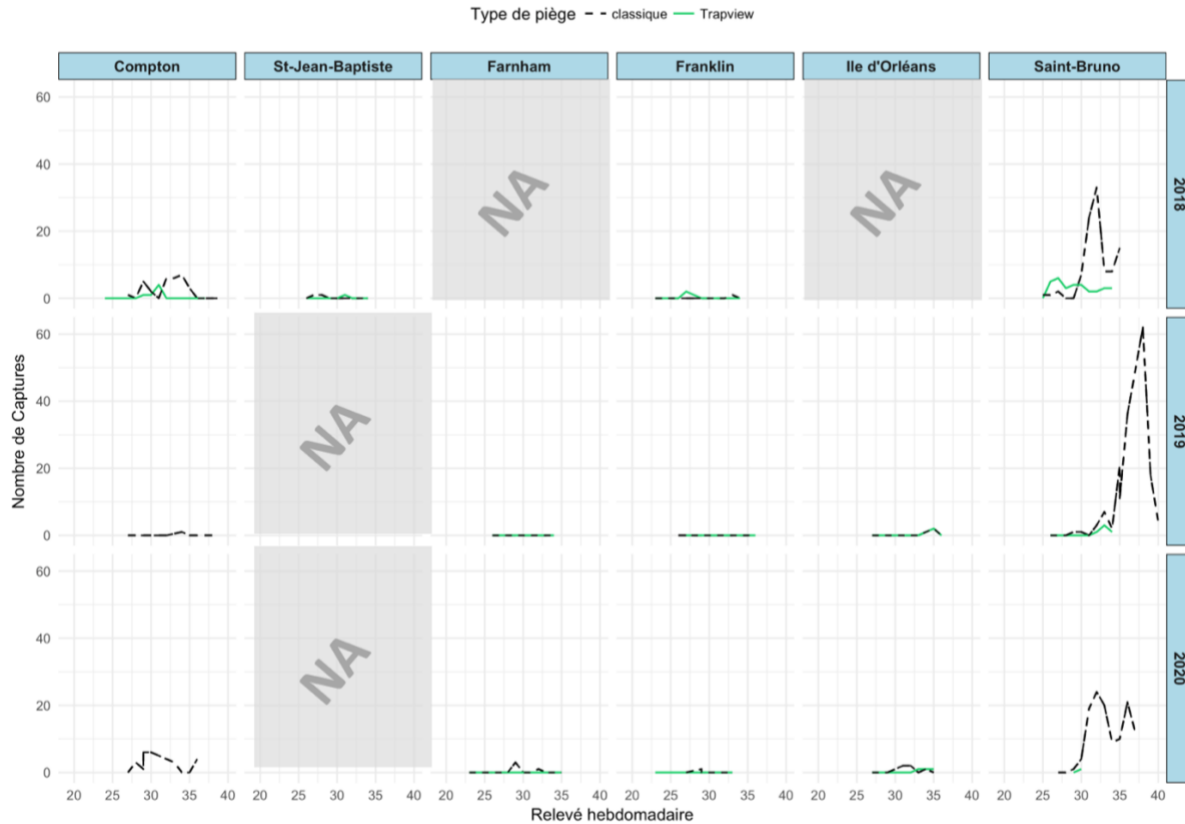


Figure 12. Captures validées de la mouche de la pomme en 2018-2019-2020. L'axe des y représente le nombre de captures dénombré par lecture des images (ligne orange et verte) ainsi que les captures dénombrées sur les pièges classiques (ligne noire pointillée). L'axe des x représente les dates des relevés hebdomadaires exprimées par le numéro de la semaine associée. NA : données non-disponibles pour l'ensemble des captures pour le site. Les données partielles sont toutefois présentées.

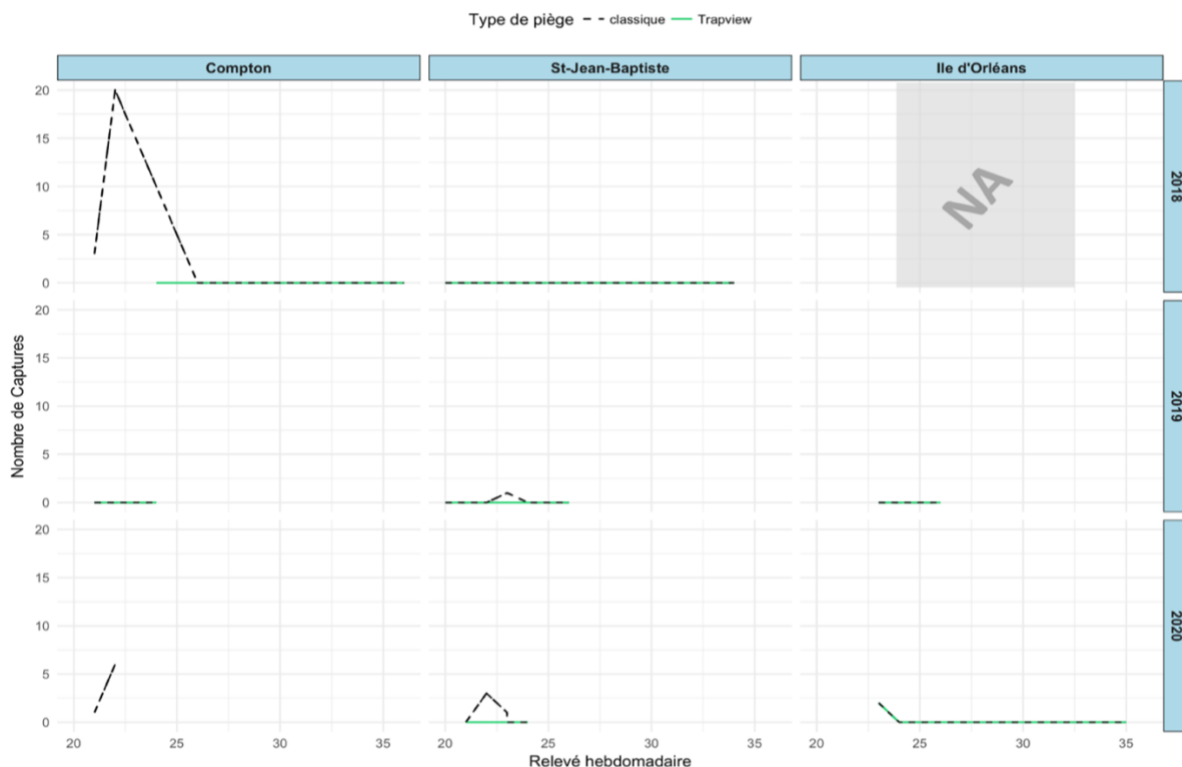


Figure 13. Captures validées de l’hoplocampe des pommes en 2018-2019-2020. L’axe des y représente le nombre de captures dénombré par lecture des images (ligne orange et verte) ainsi que les captures dénombrées sur les pièges classiques (ligne noire pointillée). L’axe des x représente les dates des relevés hebdomadaires exprimées par le numéro de la semaine associée. NA : données non-disponibles pour l’ensemble des captures pour le site. Les données partielles sont toutefois présentées.

Objectif 3 : Facilité de transmission et de partage des données

Les deux systèmes automatisés se sont comportés de façon similaire à ce niveau, et l’accès aux plateformes a été unanimement apprécié des conseillers. Les interfaces du portail de Trapview (Figure 13) et de Spensa/DTN (Figure 14) ont une apparence et des fonctionnalités différentes, mais les deux offrent une grande flexibilité pour l’accès et le partage des données : ils sont simples d’utilisation, rapides, accessibles 24h sur 24 de n’importe où sur la planète, permettent la consultation, le stockage et l’exportation des données autant sous leur forme brute (images) que numérique (décomptes). Les deux proposent des outils de visualisation avancés (par exemple les captures cumulées, les pics, etc.). La correction manuelle des données est aussi possible sur les deux systèmes. L’interface est disponible en langue anglaise seulement. Le portail web est un énorme avantage des systèmes automatisés par rapport au dépistage classique (et même aux systèmes semi-automatiques) qui requièrent saisies et compilations manuelles. Les erreurs restent quand même possibles peu importe le système : erreurs de saisie pour le dépistage classique ou semi-automatique, erreurs de détection et d’identification automatiques pour les systèmes automatisés. De plus, les pièges doivent être installés dans une zone où il y a une bonne couverture du réseau sans fil (et ce réseau doit être compatible avec le système, voir la section sur les problématiques ci-haut) pour l’envoi des images. Un forfait conséquent de données doit aussi être contracté (voir la section sur les coûts ci-après).

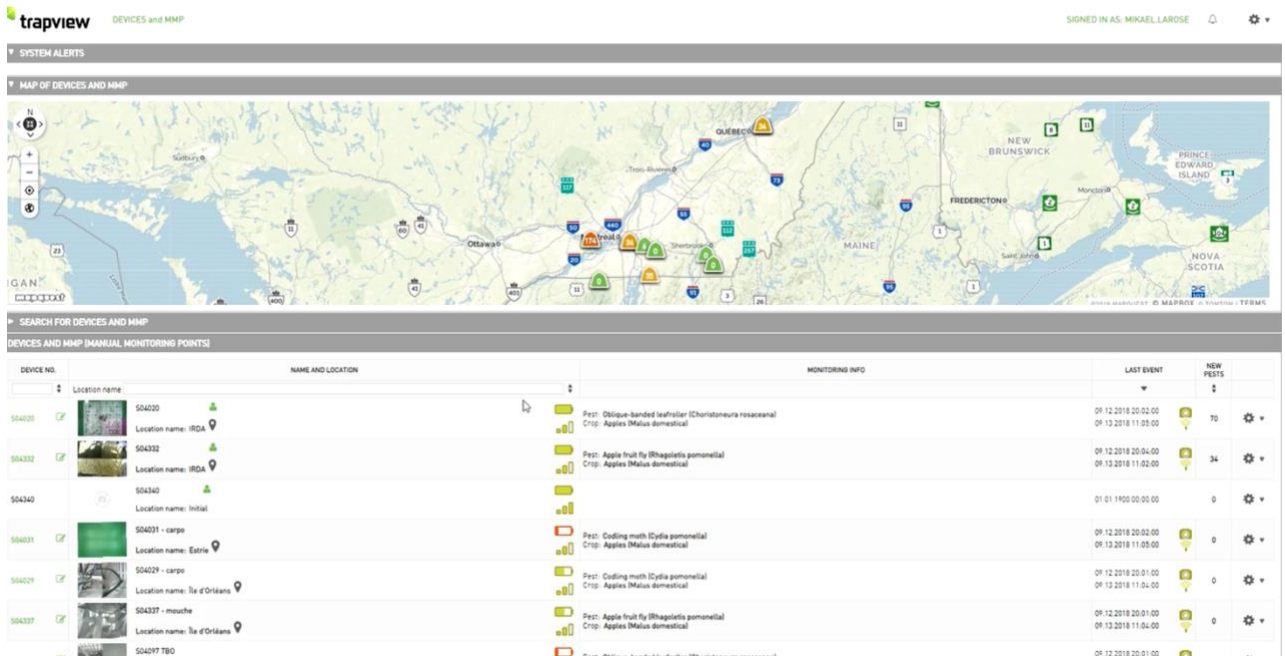


Figure 13. Interface informatique de la plateforme Trapview.

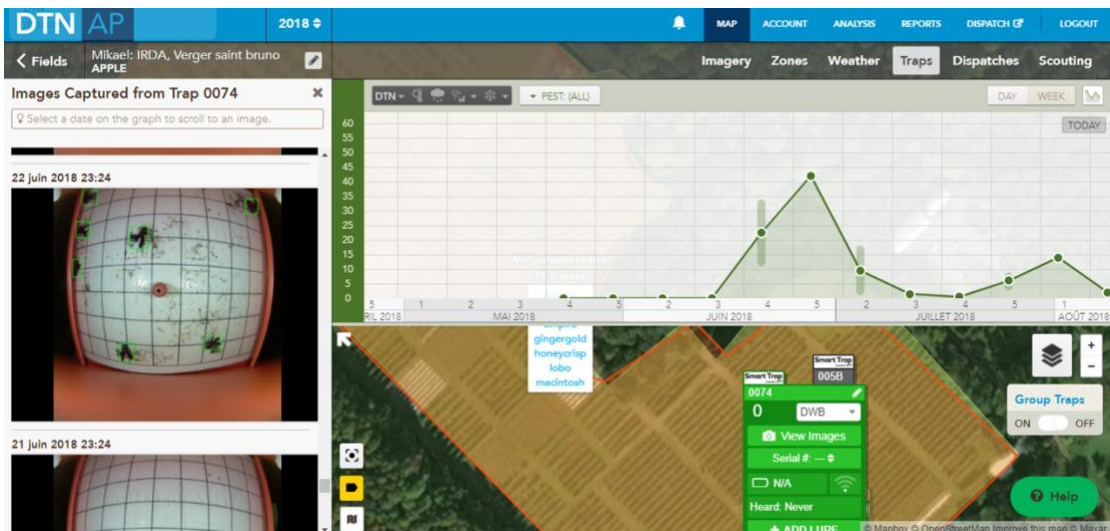


Figure 14. Interface informatique de la plateforme Spensa/DTN

Quelques différences de fonctionnalités des portails ont été notées au niveau de la personnalisation, la plus importante étant que les images disponibles sur la plateforme Trapview sont modifiables (sélection ou retrait d'insectes), contrairement à la plateforme Spensa/DTN. Une légère préférence des utilisateurs s'est ainsi dégagée envers la plateforme Trapview pour ses fonctionnalités, et envers Spensa/DTN pour sa convivialité. À noter aussi que la plateforme Spensa/DTN a subi des pannes en 2020, ce qui par moments a rendu difficile l'accès aux données de dépistage.

Objectif 4 : Nombre de visites requises

Un des avantages allégués des systèmes automatisés est qu'ils permettent de réduire le nombre de visites requises sur le terrain, car ils permettent d'accéder à distance aux données de dépistage. Cet avantage n'a pas été observé dans ce projet, car les pièges automatisés ont quand même dû être visités de nombreuses fois, pour plusieurs raisons. Le tableau suivant présente l'exemple du dépistage de la tordeuse à bandes obliques, pour un bloc typique de verger (de 5 ha):

Tableau 5. Comparaison du nombre annuel de visites requises pour différents systèmes de dépistage (exemple de la tordeuse à bandes obliques).

Nombre moyen de visites/saison	Trapview	Spensa/DTN	IRDA	Classique
Installation du système (pièges et technologie)	1	1	1	1
Relevés et remplacements hebdomadaires	9	9	9	9
Dépannage (troubles technologiques)	2	3	4	0
Total :	12	13	14	10

Objectif 5 : Coûts d'opération

Les coûts d'opération des systèmes automatisés sont également apparus plus élevés que ceux du dépistage classique. Le tableau suivant présente l'exemple du dépistage de la tordeuse à bandes obliques, pour un bloc de verger de 5 ha:

Tableau 6. Comparaison des coûts annuels pour différents systèmes de dépistage (exemple de la tordeuse à bandes obliques).

Coût annuel moyen	Trapview	Spensa/DTN	IRDA	Classique
Pièges (ou location des systèmes automatisés)	417	395	300	20
Phéromones	20	20	20	20
Accessoires (antennes, poteaux, etc.)	20	inclus	50	0
Consommables (bases, colle, etc.)	10	10	10	10
Forfait de données cellulaires	50	inclus	50	0
Main d'œuvre (installation) *	50	50	50	50
Main d'œuvre (dépannage) *	100	150	200	0
Main d'œuvre (relevés de captures) *	450	450	300	450
Total :	1117	1025	980	550

* à 50\$/heure. Le temps de transport pour se rendre sur les sites (variable) doit être ajouté

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Ce projet étant spécifiquement conçu pour répondre aux besoins du Réseau d'avertissements phytosanitaires, les applications possibles pour le Réseau-pommier peuvent être résumées par la liste suivante de recommandations :

1. Au vu et au su des problèmes techniques qui peuvent affecter les pièges automatisés et semi-automatisés, **seuls des systèmes à haute fiabilité (faits de composants de haute qualité et/ou offerts par des compagnies reconnues) peuvent être recommandés;**
2. En raison de la performance insuffisante des algorithmes de détection et d'identification, **les données de capture enregistrées par les systèmes doivent impérativement être validées quotidiennement par examen des images avant utilisation;**
3. Une exception à cette dernière recommandation peut être faite dans le cas d'algorithmes spécifiques, s'ils ont été validés sur plusieurs années et par un grand nombre d'utilisateurs. **Dans le cas du carpocapse par exemple, les captures identifiées par l'algorithme de Trapview pourraient être utilisées sans validation immédiate (une validation quotidienne demeure nécessaire);**
4. **Si on évite l'utilisation des algorithmes, les systèmes automatisés demeurent recommandables pour plusieurs autres ravageurs des vergers actuellement dépistés par des pièges à phéromone sexuelle, si la phéromone est suffisamment spécifique (c'est le cas par exemple de la tordeuse à bandes obliques).** Les pièges automatisés permettent facilement, dans de tels cas, de valider les captures par examen des images et de déterminer les dates de première capture de chaque génération, les dates des pics, etc., nécessaires soit pour affiner les prévisions des modèles bioclimatiques ou pour bien cibler les recommandations (d'intervention ou de non-intervention).
5. Les systèmes automatisés étudiés ne sont pas appropriés pour le dépistage d'espèces difficiles à distinguer sur des images dont la netteté n'est pas parfaite. **Il est donc recommandé de se limiter aux espèces pouvant être dépistées à l'aide d'une caméra dont la lentille est abritée et pointe vers le bas, afin de ne pas être voilée suite à une pulvérisation ou à une précipitation, et aux espèces qui auraient été facilement reconnaissables par l'examen de la surface sur place (sans besoin d'une loupe).** Ceci nous empêche de recommander les pièges automatisés pour des espèces comme la punaise terne et la mouche de la pomme, mais ils restent théoriquement recommandables pour des espèces faciles à reconnaître, comme le scarabée japonais.
6. L'avantage d'un système de piégeage automatisé est d'autant plus grand que le ravageur est actif sur une longue période, que son impact économique sur la culture est important, et que le dépistage a une grande utilité pour juger de la nécessité des traitements et de leur synchronisme avec l'insecte (afin de maximiser leur efficacité et réduire leurs effets pervers). Il importe également que sa fiabilité soit irréprochable et que son utilisation reste abordable. Parmi les systèmes à l'essai, le Smart trap de **Spensa/DTN est apparu plus simple d'utilisation mais le portail web de Trapview est apparu plus convivial. Les deux systèmes ont leurs bons et leurs mauvais côtés, et nous ne pouvons pas nous prononcer en faveur de l'un ou de l'autre.**

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Gérald Chouinard, Ph.D.

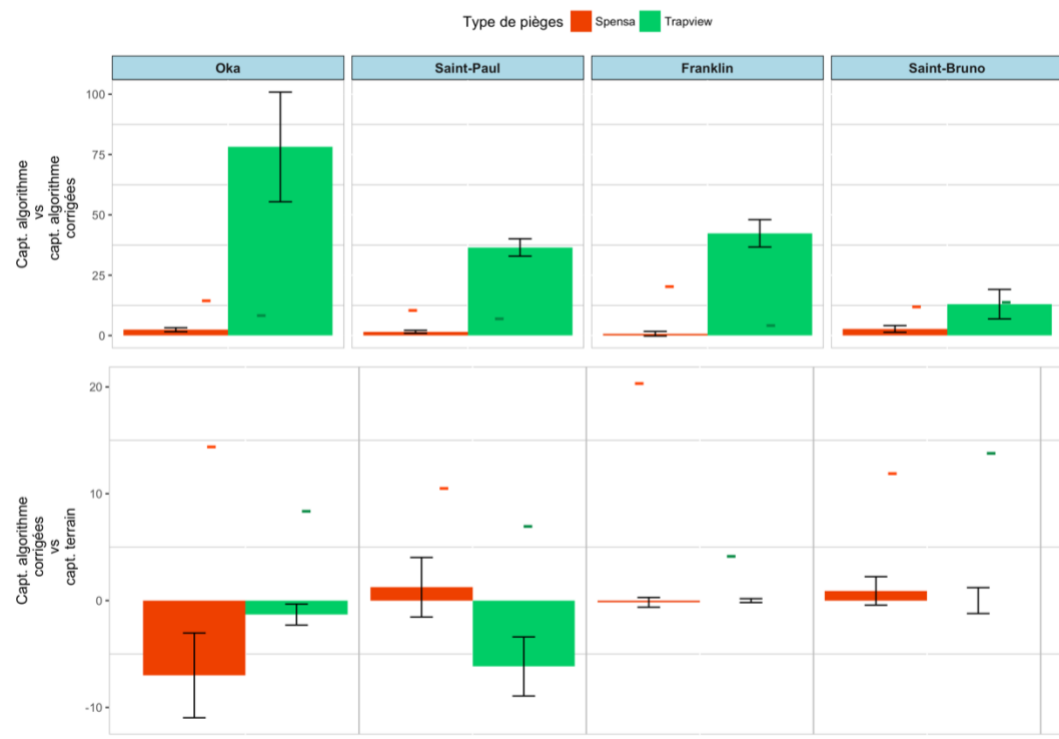
Téléphone : 450-653-7368 poste 340

Courriel : gerald.chouinard@irda.qc.ca

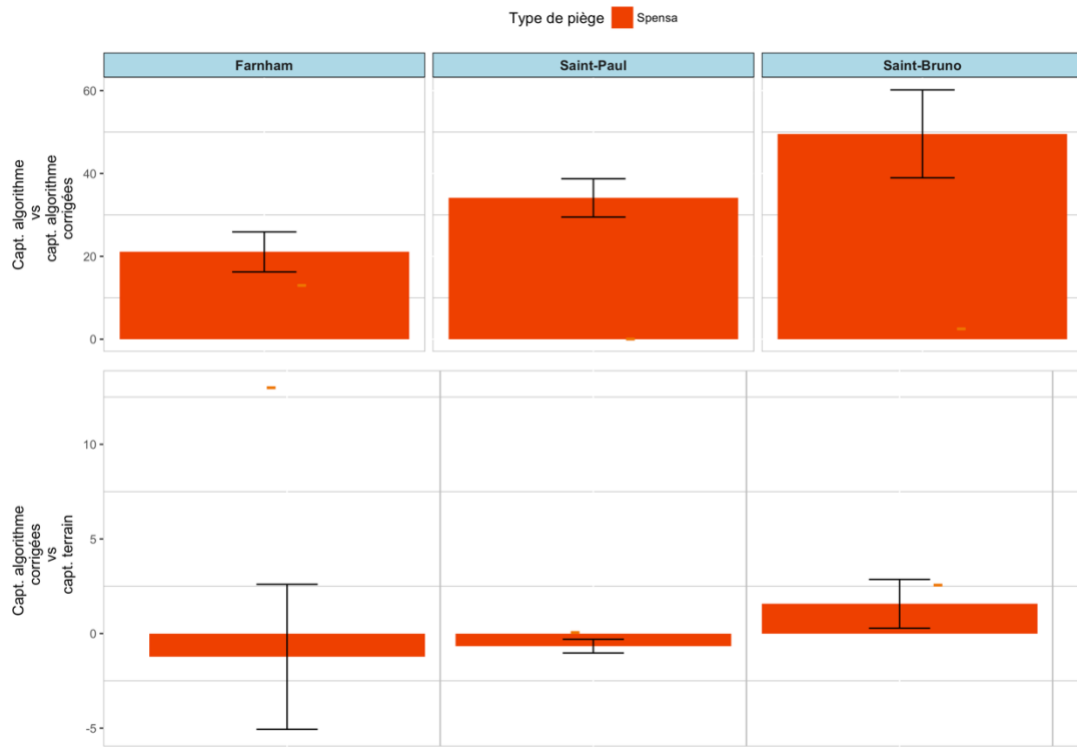
REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé dans le cadre du sous-volet 2.2 du programme *Prime-Vert – Approche interrégionale en agroenvironnement* avec une aide financière du ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation. L’équipe de réalisation du projet tient à remercier également les collaborateurs au projet, les producteurs de pommes qui ont donné accès à leurs vergers pour l’installation et la visite des pièges, et l’IRDA pour son soutien.

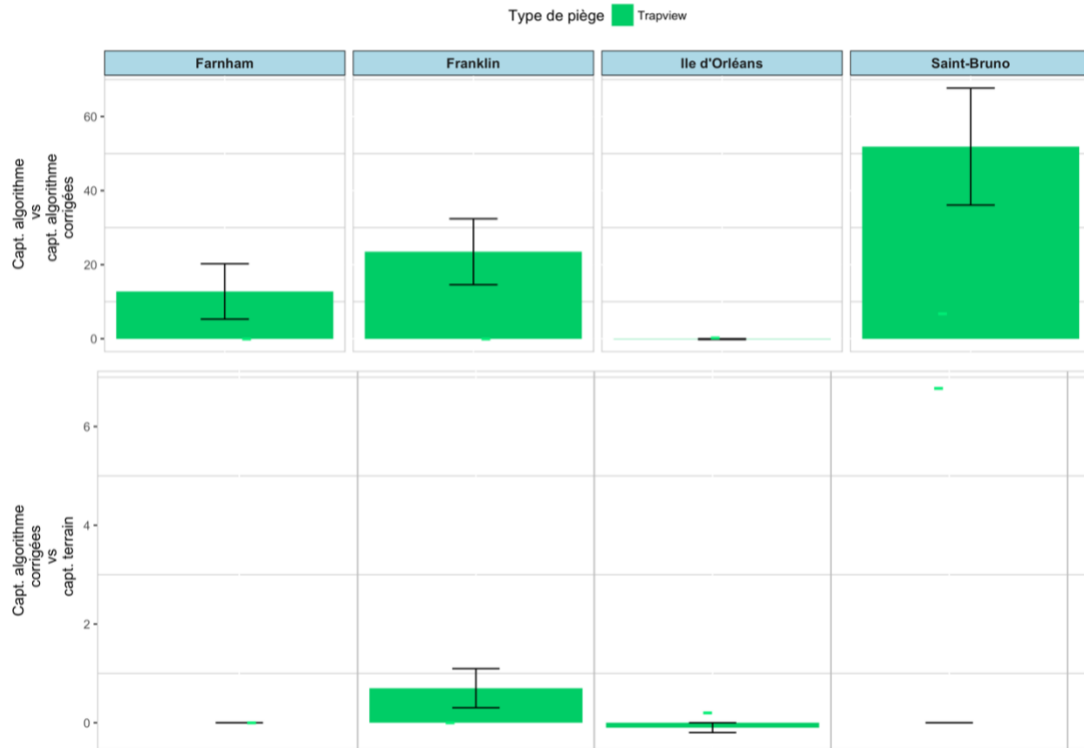
Tordeuse à bandes obliques



Sésie du cornouiller



Mouche de la pomme



Hoplocampe des pommes

