

Rapport final réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert, Volet  
11 – Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture

**TITRE DU PROJET :**

Modèle prévisionnel du développement de la cécidomyie du chou-  
fleur (*Contarinia nasturtii*).

**NUMÉRO DU PROJET : 1511**

Réalisé par :

Monsieur Djamel Esselami agr., M.Sc.

DATE : Avril 2012

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.

# **Modèle prévisionnel du développement de la Cécidomyie du chou-fleur (*Contarinia Nasturtii*)**

**Djamel Esselami<sup>1</sup> agr., M.Sc.**

Durée : 04/2010 – 04/2012

## **FAITS SAILLANTS**

La cécidomyie du chou-fleur, *Contarinia nasturtii* (Kieffer), est un ravageur important des cultures de la famille des brassicacées. Au Québec, il fut identifié pour la première fois en 2003 sur l'île de Laval. Par la suite, la propagation du ravageur s'est faite rapidement et on retrouve maintenant la cécidomyie du chou-fleur dans toutes les régions du Québec.

Ce nouveau ravageur est difficile à déceler et, conséquemment, l'infestation n'est constatée qu'au moment où des dommages apparaissent dans les cultures en question. Il est alors souvent trop tard pour mettre en œuvre des mesures de protection des cultures, ce qui peut mener à des pertes agricoles importantes. En 2009, la cécidomyie a été observée dans 88% des champs de crucifères dépistés par le PRISME, occasionnant des pertes agronomiques variant entre 5 et 100% dans plusieurs champs de brocoli et de chou-fleur (PRISME 2009).

Dymex<sup>TM</sup>, un nouveau logiciel de modélisation spécialisé conçu par la société australienne Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), a été utilisé dans le cadre de ce projet pour développer un modèle prévisionnel permettant de prédire les dates d'émergence de la cécidomyie du chou-fleur, afin d'appliquer des insecticides au bon moment. Le modèle développé, appelé ModelCcd0, en plus de confirmer la présence des quatre générations du cycle de la cécidomyie, a permis de prévoir les dates d'émergence d'adultes de cécidomyies dont les pics avaient un coefficient de corrélation avec les pics d'émergence observés égal à 0,72 pour le site 1 et 0,41 pour le site 2 pour l'année 2011 et 0,15 pour le site 1 et 0,88 pour le site 2 pour l'année 2012.

La prédiction des dates d'émergence des adultes de la cécidomyie, obtenue à l'aide de ce nouveau modèle prévisionnel, pourrait s'avérer être un outil très efficace dans la lutte intégrée contre ce ravageur. En effet, un contrôle efficace de la première génération par des traitements ciblés au bon moment est critique pour réduire significativement les populations de cécidomyies pour le reste de la saison.

## **OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE**

L'objectif général de ce projet est de développer un modèle prévisionnel qui permettra de prévoir les dates d'émergence de la cécidomyie du chou-fleur sous les conditions climatiques du Québec. Par la suite, ce modèle pourra être intégré dans un programme de lutte intégrée contre la cécidomyie du chou-fleur pour rationaliser l'utilisation des insecticides chimiques contre ce ravageur dans les cultures de crucifères. Pour ce faire, les 5 objectifs spécifiques suivants ont été élaborés :

1. Développer le modèle prévisionnel ;
2. Comparer les données obtenues avec le modèle et les pièges à phéromones ;
3. Amasser plus de données sur le comportement de la cécidomyie du chou-fleur ;
4. Valider le nombre de générations de la cécidomyie du chou-fleur au Québec ;
5. Établir une méthode optimale de lutte contre la cécidomyie du chou-fleur.

---

<sup>1</sup> Phytodata inc.

Le dépistage de la cécidomyie a été réalisé à l'aide de pièges à phéromone placés dans le site expérimental. Les pièges utilisés consistaient en un diffuseur à phéromone et une plaquette collante placés dans un piège Delta. Deux pièges à phéromone étaient utilisés dans chaque site. Ces pièges étaient inspectés chaque jour et les plaquettes collantes étaient enlevées et remplacées par des plaquettes neuves chaque semaine ou lorsqu'elles étaient très sales. Le diffuseur à phéromone était changé chaque mois. Afin de couvrir toute la saison de production (mai à octobre), les pièges ont été déplacés du site récolté vers un nouveau site à côté.

En 2010, nous avons placé des sondes TDR (Gro-Point™) de température dans le sol (à 5 et 10 cm de profondeur) et humidité relative (lecture aux 15 minutes) au centre de chaque site. Les précipitations ont été mesurées à l'aide de pluviomètres automatisés (lecture à chaque 0,2 mm permettant d'estimer la durée des précipitations). Les relevés des sondes ont été faits 2 fois/semaine (photos 1 et 2).

Pour augmenter la précision des données météorologiques prélevées sur le site, nous avons utilisé en 2011 une station météo complète (W-2700 weather station dog) installée directement dans le site (photos 3 et 4). Cette station enregistre et transmet via un Modem (GPRS) les données de température, d'humidité relative, de pluviométrie, d'humidité du sol à deux profondeurs, de direction et de vitesse du vent. Les données manquantes ou aberrantes, ont été comparées avec celles fournies par les stations les plus proches (Réseau Prisme) ou avec celles provenant d'Environnement Canada (station météo de l'Acadie).

## RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Pour construire le modèle nous avons utilisé les attributs suivants :

- Le nombre d'étapes du cycle de vie ;
- Le type de chaque étape du cycle de vie (œuf, larve, adulte...) ;
- La durée moyenne passée par individu à chaque étape du cycle de vie ;
- Les conditions qui affectent le transfert de l'individu d'une étape à une autre
- Le moment de la reproduction ;
- Le nombre de descendants potentiels ;
- La structure de la production de descendants (lots, dans une seule naissance...) ;
- Mortalité (quand et comment elle se produit).

Le modèle a été développé avec 7 modules du logiciel Dymex (**figure 5**):

- 1) Compteur : ce module calcul le temps pour le modèle.
- 2) Latitude : la latitude du site expérimentale (45<sup>0</sup> N)
- 3) Longueur du jour : calculée par le logiciel à partir de la latitude et de la date
- 4) Cycle de température journalier
- 5) Données météorologiques : données relevées sur le terrain ou provenant de la station météo la plus proche (températures maximales et minimales, pluviométrie, humidité relative relevée à 9h et à 15h)
- 6) Température journalière moyenne : calculée à partir de données météorologiques
- 7) Cycle de vie : comprend les différents stades de la vie de la cécidomyie (œuf, larves, pupes et adultes) avec les paramètres qui les influencent (développement, mortalité, reproduction...).

En ce qui concerne le cycle de vie de la cécidomyie, nous avons monté notre modèle avec les paramètres utilisés par le Docteur Rebecca Hallett et son équipe (Hallett et al, 2009) pour le développement du modèle *MidgEmerge*.

Année 2010 :

La **figure 1** montre les résultats de captures des adultes de cécidomyie dans les deux sites. Les premières captures ont été observées le 15 mai et se sont poursuivies jusqu'au 2 octobre. Quatre générations se sont succédées durant cet intervalle.

La **figure 2** montre les prédictions d'émergence d'adultes de cécidomyie que nous avons obtenues avec notre modèle. Les émergences s'étalent de mai à octobre avec 4 grands pics. Le **tableau 1** montre les corrélations entre les adultes de cécidomyies capturés dans les deux sites avec ceux estimés par le modèle. Le premier modèle développé avec le minimum de paramètres a permis de prévoir des dates d'émergence d'adultes de cécidomyies dont les pics avaient un coefficient de corrélation avec les pics d'émergences observés égal à 0,72 pour le site 1 et 0,41 pour le site 2.

**Tableau 1: Corrélation entre les adultes de cécidomyie capturés (sites 1 et 2) avec ceux estimés par le modèle (2010)**

| Date    | Adultes estimés              | Adultes Observés site1 | Adultes Observés site2 |
|---------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| 18-mai  | 39                           | 1                      | 0                      |
| 21-mai  | 43                           | 1                      | 0                      |
| 22-mai  | 45                           | 1                      | 0                      |
| 24-mai  | 54                           | 17                     | 6                      |
| 25-mai  | 58                           | 29                     | 0                      |
| 28-mai  | 59                           | 19                     | 0                      |
| 31-mai  | 55                           | 2                      | 6                      |
| 14-juin | 46                           | 2                      | 4                      |
| 20-juin | 57                           | 43                     | 25                     |
| 28-juin | 57                           | 5                      | 17                     |
| 04-juil | 58                           | 5                      | 22                     |
| 11-juil | 72                           | 109                    | 118                    |
| 18-juil | 67                           | 31                     | 21                     |
| 01-août | 51                           | 1                      | 131                    |
| 08-août | 51                           | 1                      | 0                      |
| 22-août | 49                           | 1                      | 3                      |
| 29-août | 55                           | 1                      | 0                      |
| 05-sept | 57                           | 16                     | 8                      |
| 26-sept | 39                           | 1                      | 3                      |
|         | <b>Coefficient cor. (r).</b> | <b>0,72</b>            | <b>0,41</b>            |

Plusieurs essais ont été réalisés en modifiant les paramètres du modèle. Aucune amélioration significative du coefficient de corrélation n'a été obtenue, mais nous avons remarqué une amélioration et un rapprochement entre les courbes prédites et observées.

Année 2011 :

L'année 2011 a été marquée par un printemps tardif et des épisodes de précipitations de pluies assez importantes. Par conséquent, les premières captures d'adultes de la cécidomyie du chou-fleur dans des pièges à phéromone installés dans des champs de crucifères ont été faites début juin en Montérégie-Ouest. Comparativement à la saison précédente, elles ont donc commencé deux semaines plus tard. La **figure 3** montre les résultats de captures des adultes de cécidomyie en Montérégie-Ouest. Les premières captures ont été observées le 9 juin. On

remarque que la cécidomyie est toujours présente et qu'elle respecte, avec un léger décalage, son agenda ! Les 5 pics du graphique représentent l'émergence des populations hivernantes suivi des quatre générations de la cécidomyie du chou-fleur. Il faut noter qu'il peu exister un chevauchement entre la fin d'une génération et le début de l'autre. La **figure 4** montre les résultats de captures des adultes de cécidomyie dans les deux sites. Les premières captures ont été observées le 9 juin (site 1) et le 5 juin (site 2) et se sont poursuivies jusqu'à la fin septembre. On retrouve les mêmes pics représentant les différentes générations de la cécidomyie observées en Montérégie-Ouest.

L'année 2011 était très différente des autres années. En effet, les captures étaient très faible, voir nulles durant certaines périodes, par rapports aux années précédentes (données Prisme 2005 à 2010). On remarque aussi, en fin de saison, un regain important des captures (256 adultes).

La **figure 6** montre les prédictions d'émergence d'adultes de cécidomyie que nous avons obtenues avec notre modèle pour l'année 2011. Les émergences s'étalent du début juin à la fin septembre avec 4 grands pics. Contrairement à la saison 2010, le modèle n'a pas prédit l'émergence des populations hivernante. Or ces dernières avec la première génération sont très importantes dans la détermination de l'abondance des générations suivantes de ce ravageur. D'où la nécessité de prévoir avec précision leurs dates d'émergence pour bien cibler les traitements insecticides. Le **tableau 2** montre les corrélations entre les adultes de cécidomyie capturés dans les deux sites avec ceux estimés par le modèle. Le coefficient de corrélation entre les pics d'émergences observés et ceux estimés par le modèle était égal à 0,15 pour le site 1 et 0,88 pour le site 2. Dans le site 1, les captures étaient relativement faible comparativement au site 2. Il est à noter que, en 2011, le site 1 avait été implanté dans une zone loin des champs à risque (champs infestés par la cécidomyie en 2010), réduisant ainsi le risque d'une forte infestation par les premières populations de cécidomyie du chou-fleur.

**Tableau 2 : Corrélation entre les adultes de cécidomyie capturés (sites 1 et 2) avec ceux estimés par le modèle (2011)**

| Dates       | Adultes Estimés             | Adultes observés Site 1 | Adultes observés Site 2 |
|-------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 29-mai-11   | 0                           | 0                       | 0                       |
| 5-juin-11   | 0                           | 0                       | 17                      |
| 12-juin-11  | 0                           | 9                       | 32                      |
| 19-juin-11  | 0                           | 0                       | 20                      |
| 26-juin-11  | 28,13                       | 2                       | 21                      |
| 3-juil.-11  | 3,75                        | 1                       | 17                      |
| 10-juil.-11 | 0,5                         | 23                      | 4                       |
| 17-juil.-11 | 0,1                         | 0                       | 41                      |
| 24-juil.-11 | 0                           | 1                       | 1                       |
| 31-juil.-11 | 0                           | 3                       | 1                       |
| 7-août-11   | 90,45                       | 0                       | 21                      |
| 14-août-11  | 12,18                       | 9                       | 1                       |
| 21-août-11  | 1,61                        | 28                      | 2                       |
| 28-août-11  | 0,2                         | 16                      | 14                      |
| 4-sept.-11  | 327,9                       | 4                       | 255                     |
| 11-sept.-11 | 121,9                       | 10                      | 2                       |
| 18-sept.-11 | 25,38                       | 15                      | 1                       |
| 25-sept.-11 | 10,41                       | 43                      | 1                       |
| 29-sept.-11 | 4,41                        | 74                      | 0                       |
|             | <b>Coefficient cor. (r)</b> | <b>-0,15</b>            | <b>0,88</b>             |

## **APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET SUIVI À DONNER**

- Le modèle a été développé avec le progiciel Dymex qui permet la modélisation interactive de la variation des populations d'organismes vivants dans différents environnements. Le programme fournit à l'utilisateur une souplesse illimitée lors de la construction du modèle. En effet, le choix des variables du modèle, des fonctions et des paramètres, ainsi que ses applications sont faites par l'utilisateur, qui détermine le niveau de complexité requis.
- Il est impossible d'éradiquer la cécidomyie du chou-fleur. Toutefois, grâce à un modèle prévisionnel fiable, les cultivateurs pourront être en mesure de maintenir les infestations de la cécidomyie du chou-fleur sous les niveaux entraînant des pertes économiques (Hallett, 2009). Ce nouveau modèle, une fois amélioré, pourrait être utilisé dans un programme de lutte intégrée contre ce ravageur. Les producteurs pourront lutter contre la cécidomyie efficacement en traitant au bon moment avec le bon produit.
- L'utilisation des modèles prévisionnels combinée aux pièges à phéromone et à d'autres pratiques culturales (longues rotations, élimination des mauvaises herbes, déchiquetage des résidus de cultures, nettoyage du matériel...) pourra aider les producteurs à maintenir les dégâts causés par la cécidomyie du chou-fleur sous les niveaux entraînant des pertes économiques.
- Les premiers résultats obtenus avec ce modèle concordent avec les données observées sur le terrain mais le modèle doit être amélioré en prenant en compte plus de paramètres ayant un effet direct ou indirect sur la biologie de l'insecte ainsi que sur le nombre de phénotypes de la cécidomyie.
- Il est impératif d'utiliser dans le modèle les données météorologiques provenant de l'environnement proche du site de développement du ravageur en question. La précision des données relevées est très importante afin d'assurer l'exactitude des dates d'émergence obtenues avec le modèle.

### **POINT DE CONTACT POUR INFORMATION**

Nom du responsable du projet : Djamel Esselami agr., M.Sc.

Téléphone : (450) 454-3992 poste 32

Télécopieur : (450) 454-5216

Courriel : [djamele@prisme.ca](mailto:djamele@prisme.ca)

## AUTRES TRAVAUX OU RÉFÉRENCES SUR LE MÊME SUJET

- Agence canadienne d'inspection des aliments:  
<http://www.inspection.gc.ca/francais/plaveg/protect/rmd/rmd-08-03f.shtml>
- Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire :  
<http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/index-fra.php>
- Bouma E, 1996: Contapré, prototype of model for prediction of emerging of the swede midge (contarinia nasturtii) SP-Report, Danish institute of plant and soil science 15: 25-30.
- Corlay, F., Boivin, G. et Roy, D. 2004 : La cécidomyie du chou-fleur fait son chemin. Connaître la biologie de la cécidomyie du chou fleur au Québec: Résultat Projet Laval 2004.
- C. Richard, G. Boivin, 1994: Maladies et ravageurs des cultures légumières au Canada. Société canadienne de phytopathologie et la société d'entomologie du Canada. 589p.
- Dymex: software to model natural system: <http://www.climatemodel.com/dymNew.htm>
- Goodfellow S. A., 2005: Population dynamics and predictive modeling of the swede midge, contarinia nasturtii (Kieffer). M. Sc. Thesis, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Hallet & al, 2009: MidgEmerge, a new predictive tool, indicates the presence of multiple emergence phenotypes of the overwintered generation of swede midge.
- J. L. Readshaw, 1965: The ecology of the swede midge, contarinia nasturtii (Kieff), Unit of insect physiology, school of agriculture, university of Newcastle: 685-699.
- L. Mesnil, 1938 : La cécidomyie du chou-fleur dans la région de St-Omer. Annales des Epiphyties et phytopathologie, Vol. IV : 281-311.
- Prisme, 2009: Appliquer des techniques de dépistage en champ. Guide pédagogique. Édition révisée 2009.
- Villeneuve, C. : La cécidomyie du chou-fleur, une menace pour les crucifères bios. Mapaq, Saint-Rémi.

## REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

« Ce projet a été réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert, sous-volet 11.1 - Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation ». Nous tenons également à remercier les gestionnaires et le personnel des producteurs de crucifères membres de Prisme qui ont participé à ce projet.



# ANNEXE 1

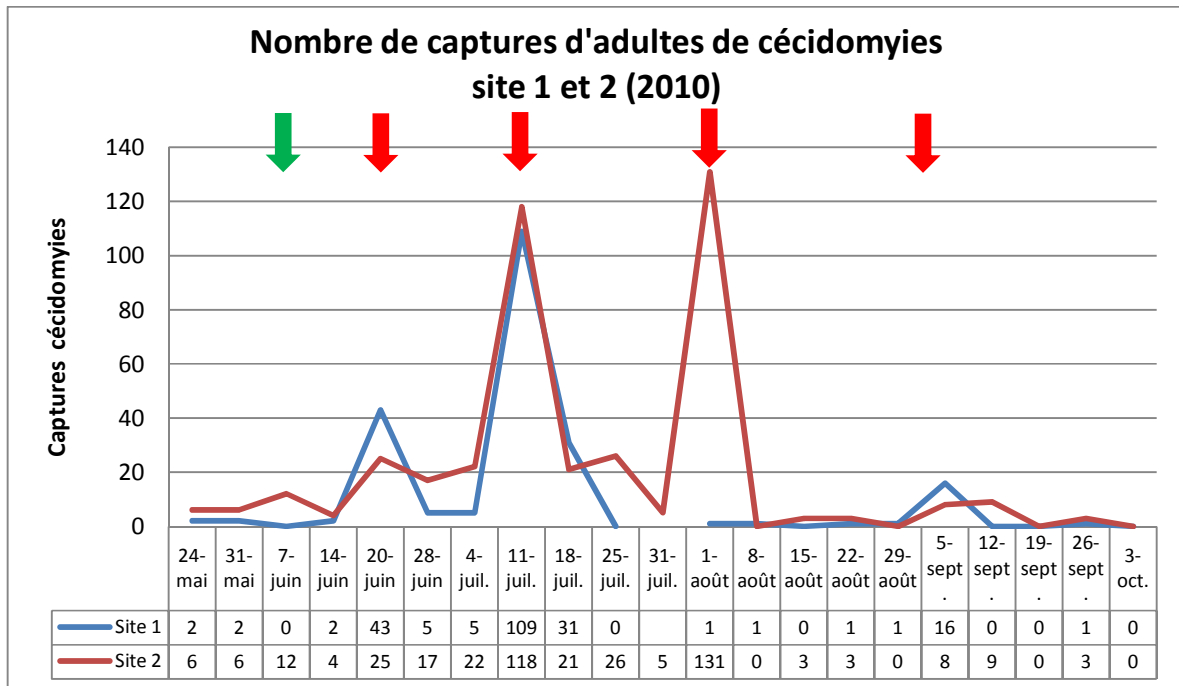


Figure 1: Nombre de captures d'adultes de cécidomyie observées dans les deux sites (2010)

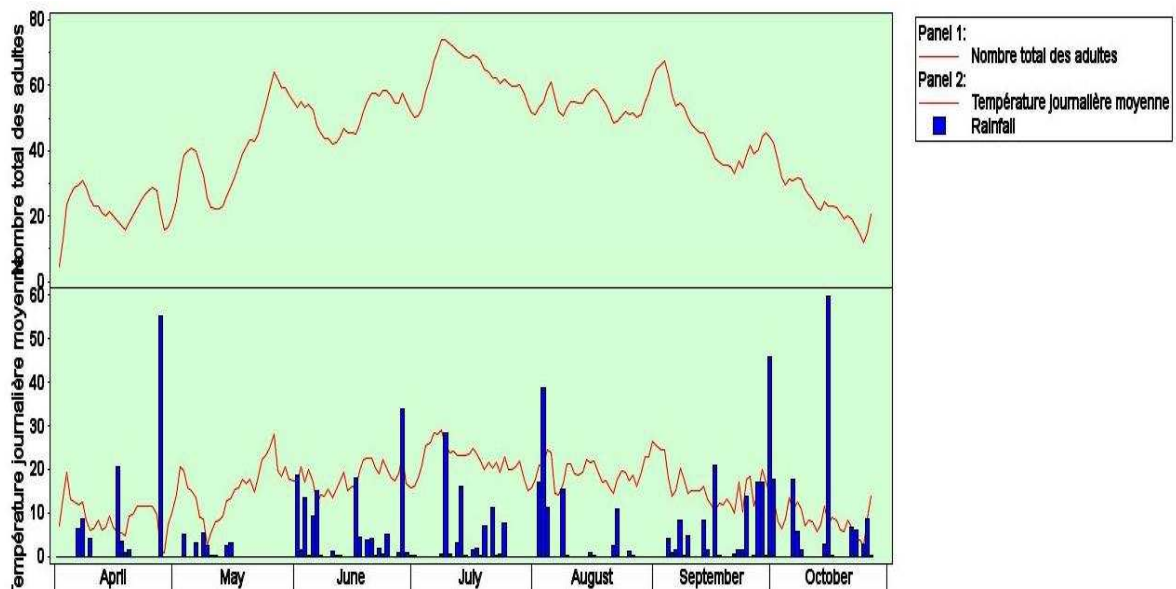


Figure 2: Nombre d'adultes de cécidomyie estimés par le modèle (2010)



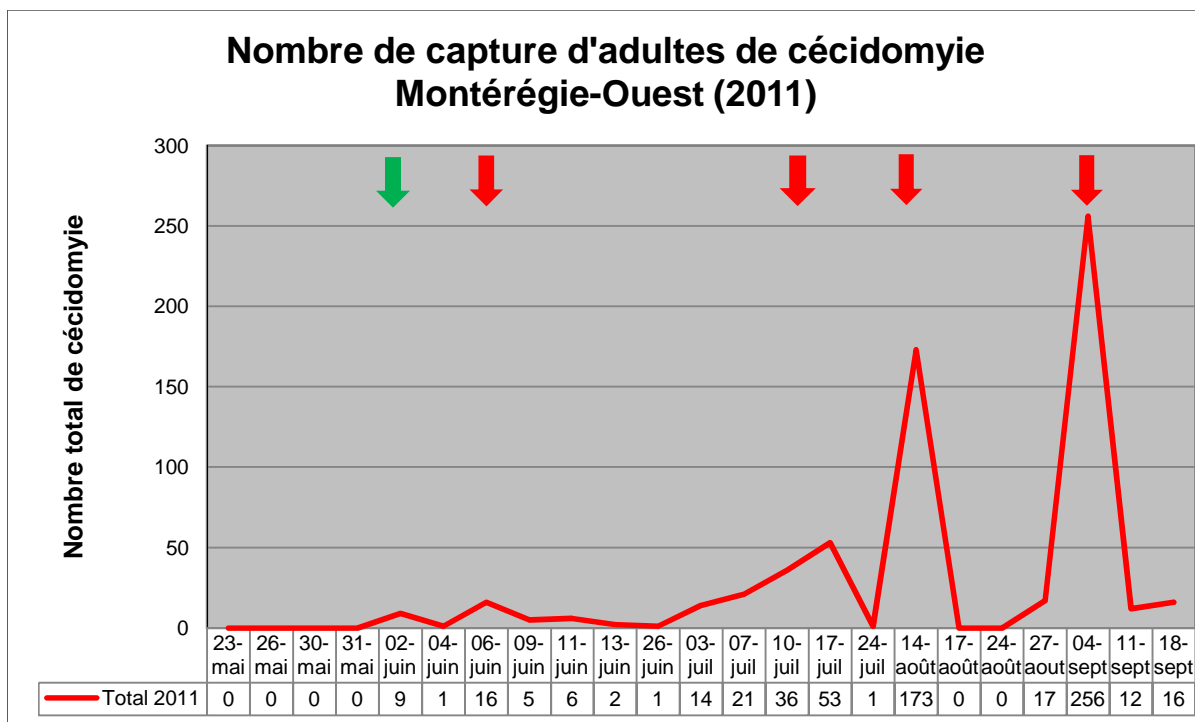


Figure 3 : Nombre de capture d'adultes de cécidomyie observées-Montérégie-Ouest 2011

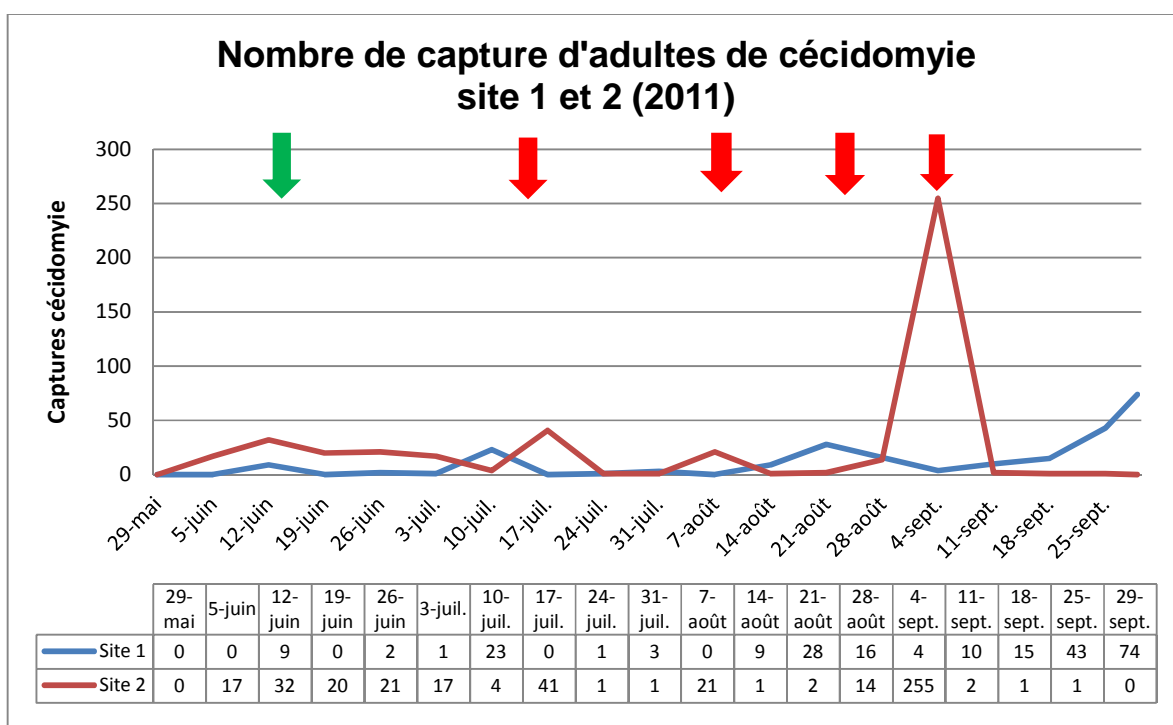


Figure 4 : Nombre de captures d'adultes de cécidomyie observées dans les deux sites (2011)

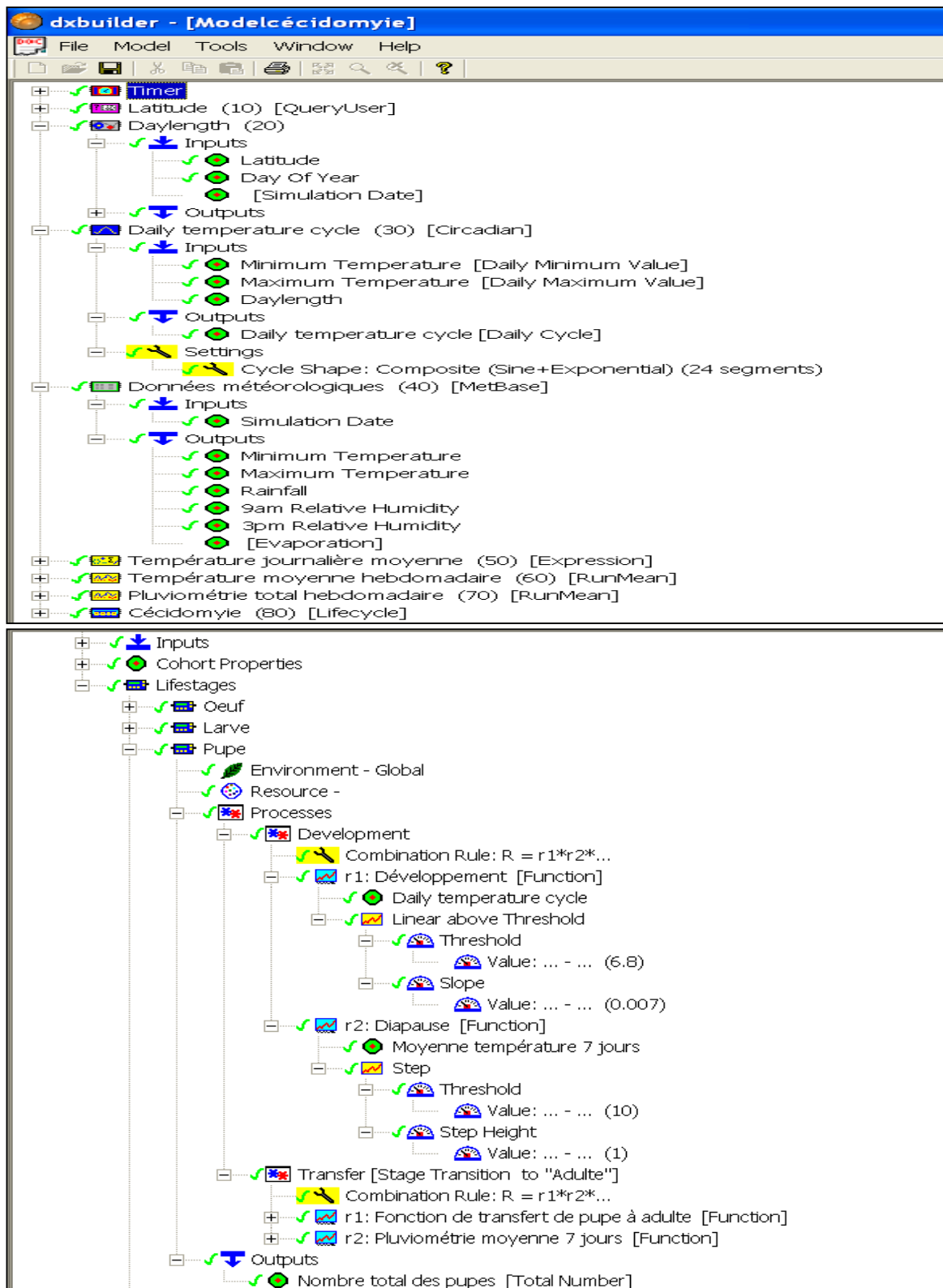
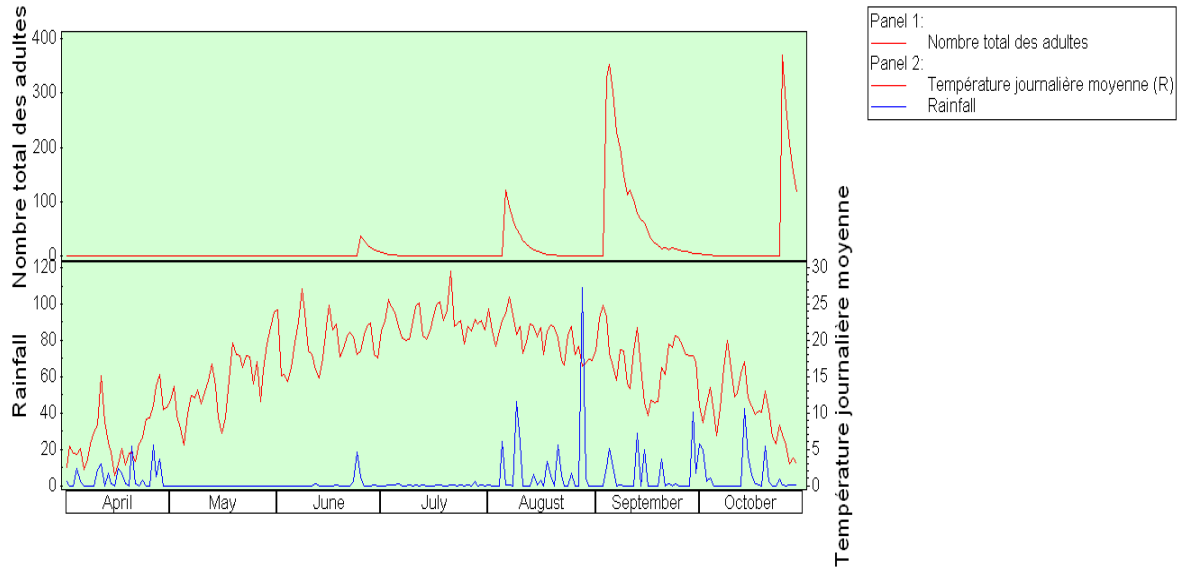


Figure 5 : Exemple de modules utilisés pour monter le modèle avec le logiciel Dymex

**Nombre d'adultes de cécidomyie estimés par le modèle (2011)**



**Figure 6 : Nombre d'adultes de cécidomyie estimés par le modèle (2011)**



**Photo1 : Pluviomètre et sonde TDR (2010)**



**Photo 2 : Sonde TDR (2010)**



**Photo 3 : Station météo complète (2011)**



**Photo 4 : Station météo complète et piège à phéromone (2011)**