

# **La tipule des prairies : Portrait d'une menace qui se terre**

Séminaire présenté à  
Michèle Roy

Séminaire présenté par  
AUDREY ROY  
04 230 298

Dans le cadre du cours  
Séminaire en phytologie  
PTT-15504

Université Laval  
17 avril 2009

## RÉSUMÉ

À l'ombre des graminées se terre une menace. Pourtant, cela ne date pas d'hier que les cultures agricoles soient prises d'assaut par des communautés d'insectes à la recherche de nourriture. Or, l'agriculture québécoise doit maintenant faire face à un nouvel ennemi des cultures. Une mouche dont la larve est friande de tout ce qui lui tombe sous la mandibule. La tipule des prairies, *Tipula paludosa* Meigen (Diptera : Tipulidae) a fait de certains champs québécois sa terre d'accueil, qu'on se le tienne pour dit.

Dans sa terre natale du nord-ouest de l'Europe, la tipule des prairies est reconnue comme un ravageur important des prairies, pâturages et des cultures céréalières. Son arrivée en Amérique du Nord date des années 1880 et depuis son aire de distribution en sol américain ne cesse de s'agrandir autant sur la côte ouest que la côte est. À l'été 2008, pour la première fois dans l'histoire agricole du Québec, on associa des dommages considérables dans diverses cultures à la présence de *T. paludosa*. La région administrative de Chaudière-Appalaches fut particulièrement touchée.

De leurs ennemis, les sages apprennent bien des choses. Les systèmes de cultures agricoles sont complexes et contiennent plusieurs variables interreliées ayant une influence certaine sur les communautés d'insectes. De là, l'importance d'examiner la biologie et les facteurs influençant le développement de la tipule des prairies. De plus, celui qui excelle à vaincre ses ennemis triomphe avant que les menaces de ceux-ci ne se concrétisent. Sur ce point, on ne peut nier que la tipule des prairies semble s'être établie dans certaines régions de la province. Reste à évaluer l'impact potentiel de futures infestations sur les cultures fourragères et céréalières ainsi que les moyens de lutte s'offrant à nous.

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ _____	i
TABLE DES MATIÈRES _____	ii
LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES _____	iv
<b>1. INTRODUCTION</b> _____	<b>1</b>
1.1 Hypothèse de travail _____	2
<b>1.2 Objectifs de travail</b> _____	<b>2</b>
<b>1.3 Méthodologie</b> _____	<b>3</b>
<b>1.4 Cheminement</b> _____	<b>3</b>
<b>2. DÉVELOPPEMENT</b> _____	<b>3</b>
<b>2.1 Biologie de <i>Tipula paludosa</i></b> _____	<b>3</b>
2.1.1 Critères taxonomiques _____	3
2.1.2 Son cycle vital _____	5
2.1.2.1 L'œuf _____	6
2.1.2.2 Le premier et le deuxième stade larvaire _____	6
2.1.2.3 Le troisième et le quatrième stade larvaire _____	7
2.1.2.4 Estivation et pupaison _____	7
2.1.2.4 Émergence des adultes, accouplement et oviposition _____	8
2.1.3 Plantes hôtes _____	9
<b>2.2 Facteurs influençant le développement de <i>Tipula paludosa</i></b> _____	<b>10</b>
2.2.1 Facteurs liés à l'environnement _____	11
2.2.1.1 Facteurs liés aux conditions du sol _____	11
2.2.1.2 Facteurs climatiques _____	11
2.2.2 Facteurs liés aux ennemis naturels _____	13
2.2.3 Facteurs liés aux interventions culturales _____	14
2.2.3.1 Facteurs liés à la culture _____	14
2.2.3.2 Facteurs liés aux pratiques culturales _____	16

<b>2.3 Impact et dommages</b>	<b>17</b>
2.3.1 Europe	17
2.3.2 Côte ouest américaine	18
2.3.3 Québec	18
<b>2.4 Méthode de lutte et de contrôle de <i>Tipula paludosa</i></b>	<b>19</b>
2.4.1 Méthode de détection	19
2.4.2 Seuil d'intervention	21
2.4.3 Méthodes de lutte	23
2.4.3.1 Lutte chimique	23
2.4.3.2 Lutte biologique	24
2.4.3.4 Rotation de culture et pratiques culturales	24
<b>3. CONCLUSION</b>	<b>26</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>28</b>

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

- Figure 1 : Schéma du cycle saisonnier de *T. paludosa* dans la région de Québec. \_\_\_\_\_ **6**
- Tableau 1 : Résumé des plantes hôtes des larves de la tipule européenne (*Tipula paludosa*). \_\_\_\_\_ **10**

## 1. INTRODUCTION

Originnaire du nord-ouest de l'Europe, la tipule des prairies (*Tipula paludosa* Meigen), possède en ce lieu un statut de ravageur agricole (Jackson et Campbell 1975). En Amérique du Nord, cet insecte fut apparemment introduit pour la première fois au Canada, plus précisément à Terre-Neuve, vers 1880 (Alexander 1962). La tipule aurait probablement voyagé par bateau, jusqu'à la côte est canadienne et la cause soupçonnée de son introduction est le déversement de sol européen ayant servi de ballast sur le rivage (Beirne 1971). Sur la côte ouest-américaine, la première mention de la tipule des prairies, aussi nommée tipule européenne, fut rapportée en 1965 en Colombie-Britannique (Wilkinson et MacCarthy 1967). S'ensuivit alors, une vague de rapports invoquant de lourds dommages observés dans les pelouses des faubourgs de Vancouver. La source de cette introduction demeure inconnue. Un an plus tard, on détecta la tipule dans l'État de Washington (Jackson et Campbell 1975). Depuis lors, la tipule des prairies est devenue un ravageur important des pelouses, prairies et pâturages dans le nord-ouest de Washington. Favorisé par le sort, le Québec fut épargné jusqu'en 2002, date de la première mention de *T. paludosa* dans les gazons (Simard et coll. 2006). À l'été 2008, pour la toute première fois dans l'histoire agricole québécoise de graves dommages au champ furent directement associés à la tipule des prairies.

Comme son origine est européenne, *T. paludosa* peut être considérée comme une espèce exotique envahissante (EEE) en sol américain. Une EEE se définit comme suit : les espèces exotiques envahissantes sont des végétaux, animaux ou microorganismes qui ne sont pas indigènes à l'écosystème qu'elles menacent. Elles sont souvent introduites dans de nouveaux écosystèmes sans les prédateurs ou pathogènes de leur aire de distribution indigène, et manifestent habituellement des taux rapides de croissance, de reproduction et de propagation, ce qui les rend très nuisibles, très concurrentielles et très difficiles à contrôler (ACIA 2006). Comment se traduira l'impact d'une invasion des terres agricoles québécoises par la tipule des prairies ?

Lors d'infestations d'insectes, comment se fait-il que certaines années semblent plus propices que d'autres, que certaines régions soient plus affectées que d'autres et que certaines cultures soient plus dévastées que d'autres? Une simple question de survie de l'individu qui mènera inexorablement à sa reproduction et ainsi à la croissance de la population. En raison de sa biologie particulière, chaque espèce réagit positivement ou négativement aux éléments naturels et artificiels composant son environnement.

Pour compenser la vulnérabilité de certaines cultures, l'agriculture moderne ne possède pas un niveau de tolérance très élevé face aux ravageurs des cultures. Pour combattre l'ennemi, elle s'est dotée de méthodes de lutte stratégiques. Dans un premier temps, l'ennemi doit être détecté et si sa présence représente un risque de pertes économiques pour le producteur vient, dans un deuxième temps, la riposte du producteur. Deux approches de lutte s'offrent habituellement au producteur, soit l'approche préventive ou l'approche curative.

### **1.1 Hypothèse de travail**

Ainsi, je crois qu'il est justifié de soulever l'hypothèse selon laquelle la tipule des prairies représente une nouvelle menace pour les cultures céréalières de printemps et fourragères québécoises.

### **1.2 Objectifs de travail**

Le présent document a pour objectif de dresser un portrait global de la tipule des prairies en tant que ravageur agricole. Pour ce faire, les connaissances sur la biologie de la tipule des prairies y seront colligées et présentées. Une revue des dommages potentiels pouvant être causés par la larve de la tipule des prairies dans les cultures céréalières et fourragères québécoises sera exposée. Finalement, les divers moyens de détection et de lutte seront présentés.

### **1.3 Méthodologie**

La rédaction de ce document est basée en majeure partie sur de l'information retrouvée dans des articles scientifiques rassemblés à la suite d'une recherche bibliographique. L'information sera bonifiée, par des communications avec des professionnels du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) travaillant sur cet insecte.

### **1.4 Cheminement**

Pour atteindre ce résultat, la biologie de *T. paludosa* sera d'abord décortiquée. Il est intéressant de noter que tous les éléments traités ensuite seront reliés d'une certaine façon à la biologie de l'espèce. Puis, les facteurs affectant le développement de la larve de tipule des prairies seront analysés en lien avec la biologie de l'insecte. Par la suite, l'impact et les dommages potentiels causés par des infestations de tipules seront décrits. En dernier lieu, les méthodes de détection et de lutte applicables en sol québécois seront présentées.

## **2. DÉVELOPPEMENT**

### **2.1 Biologie de *Tipula paludosa***

Divers aspects de la biologie d'un insecte peuvent lui conférer la capacité de créer différents types de dommages dans les cultures. Un survol de ces aspects permettra d'évaluer le potentiel de la tipule des prairies comme ravageur agricole.

#### **2.1.1 Critères taxonomiques**

La tipule des prairies appartient à l'ordre des diptères, à la famille des Tipulidae et au genre *Tipula*. Les larves de cette famille ont un trait commun, elles vivent habituellement dans les environnements humides (Coe et coll. 1950). Le statut de ravageur agricole est très rarement associé aux diverses espèces de tipules. Néanmoins, deux espèces sortent du lot et sont fréquemment citées, ce sont; *T. paludosa*, la tipule des prairies et la tipule du chou (*T. oleracea* L.).



Les tipules adultes sont facilement reconnaissables de par leur corps mince et leurs longues pattes. Elles peuvent aisément être distinguées des nombreuses autres familles par l'absence d'ocelle, la présence de deux veines annales sur les ailes et une suture en forme de «V» séparant le praescutum du scutum (Coe et coll. 1950). De plus, les adultes de *T. paludosa* et de *T. oleracea* bien qu'assez similaires en apparence au premier coup d'œil, peuvent être séparés de manière fiable par plusieurs attributs physiques (Den Hollander 1975). Ainsi, *T. paludosa* possède 14 segments antennaires comparativement à 13 pour *T. oleracea*. Aussi, il est possible de différencier les femelles des deux espèces au champ en mesurant le ratio de longueur aile:abdomen. Chez *T. paludosa* l'aile est plus courte que l'abdomen et chez *T. oleracea* l'aile est plus longue que l'abdomen.

Les larves de la tipule des prairies et de la tipule la tipule du chou sont communément regroupées sous l'appellation descriptive anglaise «leatherjackets», qui signifie manteau de cuir. *T. paludosa* fut reconnue comme étant la plus importante des deux en termes d'impacts agricoles (Blackshaw 1985). Par contre, selon Blackshaw et Coll (1999), dans le passé peu d'auteurs ont fait la distinction entre les deux espèces au champ, la plupart référant aux «leatherjackets» comme étant des larves de *Tipula spp.* dû à la difficulté d'obtenir une identification juste.

Dans l'ensemble, les larves sont morphologiquement très similaires (Brindle 1959). Leur corps est allongé, cylindrique, légèrement fuselé aux extrémités et tronqué à l'arrière (Coyler et Hammond 1951). Le développement passe par 4 stades larvaires qui varient en taille et en poids. Les larves sont d'un gris pâle à un gris brun avec des points noirs irréguliers de taille variée. Leur cuticule est quelque peu translucide et révèle leurs deux tubes trachéaux longitudinaux et leur canal alimentaire. Selon Blackshaw et Coll (1999), l'auteur Brindle (1958, 1959, 1960, 1967) produisit des notes ainsi que des clés d'identification permettant la différenciation des larves à l'espèce. Au cœur de celles-ci, l'identification des larves de *T. paludosa* et de *T. oleracea* était centrée sur l'analyse des papilles anales ainsi que sur une légère différence de taille et de

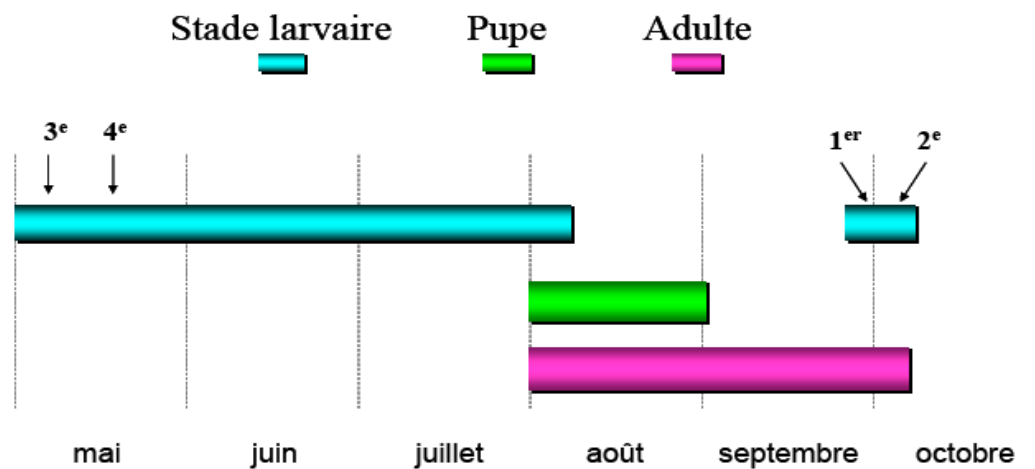
couleur. En pratique, ces clés n'ont malheureusement pas rencontré un succès constant auprès des chercheurs.

Le développement de la biologie moléculaire permit la résolution de ce problème. En effet, Humphreys et coll. (1993) utilisèrent une technique de focus isoélectrique (IEF) leur permettant la différenciation des deux espèces qu'importe leur stade larvaire. C'est ainsi qu'ils démontrèrent que la larve de *T. oleracea* n'est pas communément retrouvée dans les prairies et que *T. paludosa* est l'espèce prédominante. Néanmoins, la difficulté d'interpréter l'information retrouvée dans la littérature au sujet des «leatherjackets» persiste, car souvent il n'y a aucune façon de confirmer qu'elle espèce particulière était le sujet de certains articles (Blackshaw et Coll 1999).

### **2.1.2 Son cycle vital**

La tipule est un organisme poïkilotherme, ce qui veut dire que la température a un effet sur la durée de son développement. En Amérique du Nord, la tipule des prairies complète 4 stades larvaires et est univoltine (Tashiro 1987). La première description de l'écologie saisonnière de *T. paludosa*, incluant son développement larvaire, dans le nord-est de l'Amérique du Nord fut réalisée dans les terrains de golf dans la région de Québec (Taschereau 2007).

Figure 1 : Schéma du cycle saisonnier de *T. paludosa* dans la région de Québec.



(Adapté de Taschereau 2007)

La figure permet de visualiser le cycle vital de la tipule des prairies dans son ensemble. Les adultes émergent du début du mois d'août jusqu'au début octobre. Les deux premiers stades larvaires apparaissent à la fin septembre et le troisième et quatrième stades s'observent du début du mois de mai jusqu'au début du mois d'août. La pupaison a lieu au cours du mois d'août. Enfin, le cycle se complète par la réémergence des adultes.

Il est primordial de décortiquer chaque stade du cycle vital de la tipule des prairies pour mieux comprendre son impact sur l'agriculture.

### 2.1.2.1 L'œuf

Les œufs de la sous-famille des Tipulinae sont typiquement brillants, noirs, elliptiques et ils mesurent environ 1 mm de longueur (Brindle 1960). L'éclosion des œufs arrivera au cours des 11 à 15 jours suivant la ponte (Maercks 1939a).

### 2.1.2.2 Le premier et le deuxième stade larvaire

Suite à leur éclosion, les larves commencent immédiatement à se nourrir de la base de tiges et de racines. Les larves nouvellement écloses vivent tout près de

la surface du sol, mais on les retrouvera à des profondeurs de 3 à 6 cm à l'intérieur d'un mois (Maercks 1939a). Cependant, les larves passeront la majorité de leur vie dans les premiers 2,5 cm du sol et elles n'iront seulement que plus profondément au printemps (Maercks 1939b). Laughlin (1967) découvrit, sous des conditions naturelles, que la croissance de *T. paludosa* est rapide à l'automne lorsque la larve passe de 0,3 à 50 mg en 1 à 2 mois. De cette façon, les larves complètent leurs deux premiers stades larvaires rapidement et passent habituellement l'hiver sous leur troisième stade larvaire (Coulson 1962).

### **2.1.2.3 Le troisième et le quatrième stade larvaire**

Les larves de la tipule des prairies peuvent être actives à des températures aussi basses que 5°C (Blackshaw 1992). Toujours selon Laughlin (1967), lorsque la température du sol chute la croissance de la larve devient plus lente et elle ne fait que doubler son poids au cours de l'hiver. Puis, au printemps, l'alimentation et le développement redeviennent rapides jusqu'à ce que la larve atteigne un poids de 300 à 500 mg à son quatrième stade larvaire au mois de juin. Ainsi, lorsqu'elles atteignent leur taille maximale les larves mesurent 3 à 4 cm de longueur et c'est alors qu'elles entrent en période d'estivation. Il est intéressant de souligner que malgré leurs airs mollassonneuses et leur faible rythme respiratoire, et ce, particulièrement lors de leur quatrième stade larvaire (Selke 1937), les larves de tipules peuvent se déplacer de haut en bas de leurs tunnels en réponse à des stimuli de toucher, lumière, chaleur ou d'humidité relative de l'air ou du sol.

### **2.1.2.4 Estivation et pupaison**

La raison expliquant les 6 à 8 semaines de délai entre la fin de la période d'alimentation jusqu'à la pupaison demeure inconnue. La larve de la tipule des prairies reste relativement inactive durant cette période, mais elle conserve tout de même la capacité de répondre à des stimuli externes. Ce n'est qu'au cours de la période prépupal, qui dure moins de 5 jours à 20°C (Milne 1958), que la

larve descend plus profondément dans le sol, se contracte et reste quiescente (Rogers 1933). La prépupe ne peut bouger durant les quelques jours précédents la pupaison, car plusieurs de ses muscles sont alors détachés (Milne et Laughlin 1958). Enfin, au moment venu, la tipule se fraie un chemin jusqu'à la surface du sol pour puper. Elle demeure sous le stade de pupa pendant environ deux semaines.

#### **2.1.2.4 Émergence des adultes, l'accouplement et oviposition**

Coulson (1962) découvrit que le pic d'émergence se produit 6 semaines plus tôt au nord du Royaume-Uni que le pic d'émergence retrouvé au sud du pays. Meats (1975) étudia le phénomène et développa des modèles qui révélèrent que la différence dans la saison de vol est apparemment seulement associée avec les différences dans les tendances de température. Cela suggère que l'avance retrouvée dans la période de vol assure le temps supplémentaire requis pour le développement subséquent des œufs et des larves.

En ce qui concerne la reproduction, la fécondité moyenne d'une femelle vierge est d'environ 337 œufs (Jackson et Campbell 1975). Les tipules sont sexuellement matures à l'émergence (Cuthbertson 1929) et l'accouplement se produit immédiatement après que la femelle a quitté son exuvie nymphale (Coulson 1962). Habituellement, les adultes émergent peu après le coucher du soleil et terminent l'accouplement vers minuit. Les femelles adultes de *T. paludosa* sont gravides à l'émergence et sont incapables de voler au loin (Dobson 1972). Selon des observations personnelles de Blackshaw (Blackshaw et Coll 1999), les femelles pourraient voler jusqu'à une distance de 4 à 5 mètres. Les femelles tipules débutent généralement la ponte brièvement après l'accouplement (Rogers 1933) et continuent leurs pontes jusqu'à ce que pratiquement tous leurs œufs soient pondus. L'oviposition est en grande partie complétée à l'aube, mais certaines femelles gardent une fraction de leurs œufs jusqu'au lendemain. La plupart de ces femelles volent à environ 6 pieds au-dessus du sol. Ces individus contribuent probablement à la dispersion de l'espèce (Jackson et Campbell 1975). Étonnement, des tipules adultes ont été

recueillies à de hautes altitudes (107 mètres et plus) quoi qu'en nombre très limité (Hardy et Milne 1938). Elles sont probablement occasionnellement emportées à de telles hauteurs, mais sûrement pas par un effort actif.

En ce qui a trait à la ponte, Coulson (1959) observa que la majorité des femelles pondent leurs œufs près de leur site d'émergence. De manière typique, la femelle tipule insère seulement ses derniers segments abdominaux tout juste sous la surface du sol, habituellement à moins de 5 mm de profondeur (Selke 1937). Pour sa part, Maerks (1939a) rapporte avoir observé des œufs de tipules à une profondeur de 18 mm dans le sol et associe ce résultat à l'insertion par les femelles de leur abdomen dans les fissures du sol, une pratique prisée par celles-ci (Hemmingsen 1965). Normalement, les femelles tipules pondent leurs œufs dans un habitat favorable au développement de leur progéniture (Rogers 1933). Elles sondent le sol à plusieurs endroits différents pour tester sa future convenance (Rennie 1916) avant la ponte. Jackson et Campbell (1975) ont observé que 95% des œufs de la tipule des prairies sont pondus dans les 26 heures suivant l'émergence. On sait que les femelles doivent faire vite, car les tipules adultes ne se nourrissent pas et ne boivent de l'eau qu'occasionnellement (Coe et coll. 1950). En conséquence, la vie d'une tipule adulte est éphémère et la mort survient suite à l'épuisement des réserves d'énergie ou par déshydratation (Coulson 1962).

### **2.1.3 Plantes hôtes**

Les larves de tipules sont polyphages et sont reconnues comme étant des ravageurs majeurs des prairies et des céréales de printemps (Blackshaw et Coll 1999). Des rapports de dommages causés par des larves de tipules dans une grande variété de cultures confirment leur polyphagie.

Tableau 1. Résumé des plantes hôtes des larves de la tipule européenne (*Tipula paludosa*).

Plantes hôtes	Auteurs
Graminées	Miles (1921a), White et French (1968), French (1969), Rayner (1978), Newbold (1981), Clements et Carr (1983), Blackshaw (1984, 1985)
Céréales printanières	Golightly (1967), Rayner (1975), Newbold (1981), Knight et Oakley (1983)
Rutabaga	Anon (1981)
Pomme de terre	Anon (1989)
Navet	Cameron (1918)
Fraise	Miles (1921b), Theobald (1929), Alford (1984)
Mûre de Logan, mûre, framboise	Alford (1984)
Maïs	Gair et coll. (1983), Brunel (1973)
Trèfles	Mowat et Shakeel (1988), White et French (1968)
Crucifères, haricot, pois, luzerne, carotte, céleri, laitue	Anon (1953)
Bettrave, maïs sucré	Emmet (1992)
Baies, tabac, divers légumes et plantes ornementales	Campbell (1975)

(Adapté de Blackshaw et Coll 1999)

Les larves peuvent manger toutes les parties de la plante, mais préfèrent les feuilles aux racines (Vlug et Harrewijn 1994). D'ailleurs, la larve peut même survivre en se nourrissant de racines et de matières végétales en décomposition, et ce, dans un sol étant complètement dépourvu de matière vivante (Rennie 1917).

## 2.2 Facteurs influençant le développement de *Tipula paludosa*

D'un premier abord, il est intéressant de dénoter qu'il a été démontré que les populations de tipules varient d'année en année atteignant des sommets à un intervalle de 5 ans environ (Blackshaw et Coll 1999). La présence d'un habitat adéquat pour la larve détermine si une espèce de tipule peut s'implanter dans

un lieu donné (Rogers 1933). La convenance d'un habitat est déterminée par plusieurs facteurs naturels et artificiels.

## **2.2.1 Facteurs liés à l'environnement**

### **2.2.1.1 Facteurs liés aux conditions du sol**

Dans leur milieu naturel, les larves de *Tipula paludosa* colonisent les sols humides des marais, mais Brindle (1957) dénota qu'elles ont une préférence pour les sols qu'il qualifie de secs tels les pâturages et les champs cultivés. De plus, ce même auteur remarqua que les larves de la tipule des prairies sont retrouvées dans tous les types de sols minéraux ou organiques.

En ce qui a trait à la topographie du sol au champ, les dépressions peuvent amener des conditions défavorables pour le développement de la tipule. En somme, les dépressions sont sujettes à des périodes prolongées où le sol est submergé d'eau. Ricou (1967) a rapporté que les inondations peuvent tuer la tipule à tous les stades larvaires. Pour sa part, Rogers (1933) a attribué la diminution d'une population de tipules à un sol submergé d'eau ayant amené la mort de plusieurs larves de quatrième stade larvaire et des pupes.

Pour ce qui est des autres paramètres du sol, les travaux de McCracken et coll. (1995) ont démontré que certains d'entre eux tels le pH, la salinité ainsi que le phosphore et le potassium disponible n'ont aucun effet significatif sur le nombre de larves par pâturage.

### **2.2.1.2 Facteurs climatiques**

Plusieurs facteurs influencent l'abondance et la distribution de la tipule des prairies, mais la température et l'humidité du sol sont ceux qui ont le plus d'impact.

Au sujet de la température, on sait qu'un hiver rigoureux peut faire influencer la survie des larves de deuxième et de troisième stade (Ricou 1967).



Évidemment, un bémol s'impose pour la situation au Québec. Les précipitations hivernales et l'épaisseur de la couverture de neige peuvent affecter le niveau auquel le sol est gelé. En contrepartie, ceci peut affecter le niveau de survie des insectes hibernant dans le sol à l'hiver (Beirne 1970). Néanmoins, les températures sous le point de congélation ne sont normalement pas à elles seules fatales pour les larves de tipules qui réussissent à compléter leur développement même après avoir gelé (Lange 1964). La température de cristallisation des larves observée en laboratoire est de  $-6,2 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  (Block et coll. 1993). Cependant, Freeman (1967) observa un faible taux de mortalité chez des larves placées sur un papier filtre humide à  $-7,5^{\circ}\text{C}$ .

En ce qui a trait à l'humidité, la tipule des prairies est assez susceptible à la sécheresse lors de ses premiers stades larvaires (Brindle 1960, Coulson 1962). L'exposition à de l'air ou à un sol sec, évènement se produisant lors de période de sécheresse, peut avoir des effets dévastateurs sur la croissance et la survie des œufs et des larves (Maercks 1939a, Milne et coll. 1965). Par conséquent, des effondrements de populations ont été directement attribués à une mortalité excessive causée par une dessiccation des œufs et des larves (Coulson 1962, Milne et coll. 1965). Les premiers stades larvaires sont 40 fois plus vulnérables à la mort par dessiccation que les œufs (Coulson 1962). Bien que les larves nouvellement écloses soient très susceptibles aux conditions d'instauration de l'air en eau, les derniers stades larvaires peuvent supporter des conditions rigoureuses plus longtemps et avec un plus faible taux de mortalité (Meats 1967). Les larves plus âgées peuvent aussi se déplacer de haut en bas de leurs tunnels pour échapper aux conditions adverses.

Autant les saisons sèches peuvent causer des effondrements de population, les années plus humides que la normale peuvent donner lieu à des explosions de populations (Cohen 1953). MacLagan (1964) établit une corrélation entre une densité de larves élevée au printemps et un haut niveau de pluie à l'automne précédent. D'un autre côté, en Irlande du Nord, une corrélation négative fut observée entre le nombre de larves et les précipitations de juillet, août et novembre, résultat sous-tendant que les fortes précipitations réduisent les

populations de Tipulidae (Blackshaw 1983). L'auteur de l'étude suggéra que l'excès d'eau a pour effet de limiter la survie des pupes et retarder l'émergence des adultes.

Malgré le fait que la mortalité peut être induite par l'inondation du sol, Meats (1970) démontra que les larves peuvent survivre dans l'eau pure jusqu'à ce qu'elles meurent de faim et suggéra que certaines réactions entre le sol et l'eau doivent être responsables de la mort des larves. La désoxygénation pourrait être en partie responsable, mais d'autres facteurs tels les nitrites, l'ammoniaque, les gaz azotés et une variété de sulfites toxiques sont soupçonnés d'avoir aussi un rôle à jouer.

### **2.2.2 Facteurs liés aux ennemis naturels**

Bien que plusieurs prédateurs, parasites et agents microbiens soient associés avec *T. paludosa* en Europe, aucun de ces agents naturels de contrôle biologique ne réduit efficacement le nombre de larves de tipules (Jackson et Campbell 1975). Le plus important ennemi naturel de la larve de tipule en Amérique du Nord est probablement la mouche parasitoïde *Siphona geniculata* De Geer (Diptera : Tachinidae). Ce tachinide est le seul parasite avec qui la larve est régulièrement associée. En Europe, le parasite complète deux générations par année et celui-ci passe l'hiver à l'intérieur de la larve de tipule (Rennie et Sutherland 1920). Reste que le niveau de parasitisme n'est jamais très élevé et varie entre 5 à 20 %. À cette fin, cette mouche parasitoïde fut relâchée en Colombie-Britannique.

Plusieurs espèces d'oiseaux sont reconnues pour se nourrir de larves de tipules, mais les effets de leur prédation sur les populations de tipules sont discutés. Certains auteurs prétendent qu'elle n'a pas d'effet notable, tandis que d'autres mentionnent que des réductions de 30 à 40% de population de larves sans aucun traitement insecticide, rapportées entre l'automne et le début du printemps, peuvent être largement attribuées à la prédation par les oiseaux (Stahnke et coll. 2005).

Les insectes connus comme étant des prédateurs de tipules sont; les odonates, les asilidés, les anthomyiidés, les scatophagidés et les rhagionidés (Alexander 1920, Cuthbertson 1927). De plus, les carabidés et possiblement les cantharidés se nourrissent de larves de tipules, mais la plupart de leur prédation est orientée vers le stade adulte. Il est néanmoins reconnu que l'impact à long terme des comportements prédateurs des coléoptères sur les larves de tipules n'a pas été complètement évalué.

Étonnement, Freeman (1967) découvre des preuves circonstancielles à l'effet que la larve de *T. paludosa* attaque parfois d'autres larves au champ en réponse à une compétition pour l'espace. Les effets du cannibalisme sur les populations au champ n'ont pas été quantifiés, mais des essais en laboratoire suggèrent que ce comportement serait, en fait, dépendant de la densité et que, dans ces circonstances, il pourrait jouer un rôle significatif dans la régulation des populations (Barbash 1988)

## **2.2.3 Facteurs liés aux interventions culturelles**

### **2.2.3.1 Facteurs liés à la culture**

#### **A) Les prairies et pâturages**

Dans les pâturages, le couvert perpétuel et les réserves de matériel végétal, à la fois au-dessus et sous la surface, soutient un approvisionnement de nourriture abondante et constante pour la communauté des insectes. Cela couplé à une absence de perturbation du sol, par la culture sans labour par exemple, permet à une large population d'invertébrés de survivre (Clements et coll. 1990). Parmi les rhizophages communément retrouvés dans les prairies, les larves de *T. paludosa* font partie des plus importants ravageurs des prairies (French et coll. 1990). D'ailleurs, les larves des tipules peuvent se nourrir de la plupart des espèces végétales typiques des prairies. Ricou (1967) a observé que leur croissance est meilleure lorsqu'elles s'alimentent de plantes de la famille des composées, des légumineuses et des graminées. De leur côté, White et French (1968) ont démontré que l'alimentation des tipules dans les champs réduit la biomasse du trèfle à un plus grand niveau que celle des graminées.

Des dommages ont été rapportés autant dans les prairies nouvellement ensemencées que dans les prairies établies. Par contre, la grande majorité des dommages causés par les tipules ont été retrouvés dans les prairies et pâturages établis depuis quelques années. Il est reconnu que le degré de dommages est dépendant des conditions de santé des plantes au champ (Blackshaw 1983). En effet, la destruction des prairies en Irlande du Nord est souvent associée avec des sols peu profonds et à de fortes applications de lisier en automne. Sous ces conditions, les plantes sont stressées et ont de la difficulté à se rétablir suite à une attaque. Aussi, un autre protagoniste peut contribuer à aggraver les dommages apparents. C'est ainsi que les oiseaux peuvent contribuer aux dégâts en recherchant et en se nourrissant des tipules. Enfin, les dommages se traduiront par des zones envahies par les mauvaises herbes.

## **B) Céréales de printemps**

La grande biomasse d'invertébrés rhizophages retrouvée sous la surface du sol est largement liée au couvert permanent de plantes et à l'approvisionnement continu de tissus racinaires tout au long de l'année permettant l'établissement des organismes ayant un long cycle vital (Dawson et coll. 2003).

Au sujet des larves de tipules, elles se nourrissent des pousses émergentes les coupant tout juste, ou sous, le niveau du sol. Occasionnellement, les larves vont se nourrir de feuilles et peuvent aussi évider le grain (White et French 1968), empêchant ainsi une germination ultérieure. Au bout de compte, les dommages causés par l'alimentation des larves de tipules prendront l'apparence de zones dénudées de végétation au champ, ce qui est souvent le premier signe de dommages remarqués par le producteur.

Historiquement, les infestations de larves de tipules associées aux céréales de printemps ont été reliées à des dommages considérables lorsque ces cultures furent semées sur un retour de prairie labourée l'automne précédent. Ainsi, l'effet de cette rotation est d'exposer la culture semée à une attaque par la tipule lors de son stade le plus vulnérable et à une densité végétale moindre comparativement à une prairie.

### **C) Précédent cultural**

L'élément majeur à retenir est que les larves de tipules sont reconnues pour être des ravageurs potentiellement dévastateurs lorsqu'une culture est semée sur un retour de prairie. Pratiquement toutes les cultures, excepté les pommes de terre, peuvent être affectées, mais comme les céréales sont plus communément semées suite au labour d'une prairie, une plus grande attention fût attribuée aux dommages rencontrés dans ces cultures.

#### **2.2.3.2 Facteurs liés aux pratiques culturales**

Les méthodes de culture sans labour ont été développées dans le but de simplifier le travail du sol, de réduire les coûts de production et d'assurer la conservation des sols. Cela consiste prioritairement à limiter le ruissellement des eaux et les risques d'érosion par des techniques de travail appropriées, laissant un maximum de résidus de récolte en surface (Tebrügge et Düring 1999). Les techniques de culture sans labour répondant à ces objectifs sont rassemblées sous le concept de «travail de conservation du sol ». Les pratiques culturales de conservation génèrent des conditions de résidus au sol très différentes des pratiques culturales conventionnelles (Gregory et Musick 1976). Un aspect intéressant amené par une pratique continue de techniques de conservation est qu'elles augmentent le nombre d'arthropodes prédateurs et saprophytes du sol en plus du nombre d'arthropodes phytophages (House et Parmelee 1985). De plus, les pratiques culturales de conservation fournissent un environnement plus favorable pour les organismes vivants dans le sol et dans les résidus à la surface du sol en diminuant la perte d'humidité, diminuant les extrêmes et les fluctuations de température et en fournissant un substrat permanent pour les décomposeurs (House et All 1981, Crossley et coll. 1984).

D'un autre côté, on peut suspecter que le labour pourrait avoir un effet sur les populations de larves de tipules en faisant un parallèle avec une étude réalisée sur les populations de vers de terre. Ainsi, selon House et Parmelee (1985), le labour, plus particulièrement lorsqu'il est suivi d'une gelée ou d'une période de sécheresse, expose les vers de terre à la prédation et à la dessiccation. Pour

sa part, Blackshaw (1988) fut en mesure de démontrer que les populations de tipules au-dessus du seuil économique dans l'orge de printemps, sur un retour de prairie, étaient extrêmement rares lorsqu'il y avait eu un minimum de deux préparations du lit de semence.

En résumé, le moment du travail du sol et de la préparation du lit de semence peut influencer la survie des arthropodes et il est probable qu'une combinaison de ces facteurs, en plus de beaucoup d'autres comme la culture, l'utilisation d'engrais organique, la quantité de résidus au champ et l'utilisation de pesticides (Holland et Luff 2000) vont de concert déterminer la population de la macrofaune totale.

## **2.3 Impact et dommages**

### **2.3.1 Europe**

*Tipula paludosa* est une espèce native de nord-ouest de l'Europe et sa présence s'étend maintenant du sud de la Finlande jusqu'au nord de l'Italie et de la Grande-Bretagne jusqu'à l'URSS (Jackson et Campbell 1975). Blackshaw (1994) a estimé la consommation d'une larve de tipule dans un pâturage à 0,05 kg de matière sèche. Les dommages sont essentiellement regroupés par zone et ont des conséquences à long terme. En effet, les mauvaises herbes envahissent rapidement la zone dénudée, ayant pour résultat une perte de production pour toute la durée de vie de la prairie (Clements 1984). En somme, les pertes annuelles attribuables aux larves de tipules des prairies ont été estimées à plus de 15 millions de livres sterling (£) (soit environ 27,2 millions de dollars canadien en mars 2009) pour les pâturages d'Irlande du Nord seulement (Blackshaw 1985). C'est pourquoi des programmes de lutte ont été d'une grande priorité en Europe lors des années de fortes infestations. Finalement, malgré la longue association entre les dommages de tipules et l'orge de printemps, il y a eu peu de données publiées sur des pertes de rendements.

### **2.3.2 Côte ouest-américaine**

En 1999, une enquête estima que 46% des propriétaires de maison dans l'ouest de l'État de Washington ont effectué un traitement insecticide dans leur pelouse pour lutter contre les tipules pour un coût annuel total de 12,9 millions de dollars américains (LaGasa et Antonelli 1999).

Les larves se nourrissent de racines et de feuilles d'une grande variété de graminées, légumineuses, et d'autres plantes créant ainsi de sérieux dommages dans les prairies et les pâturages lors de fortes infestations. Dans une région où l'industrie agricole principale est la production laitière, ces dommages sont d'importance économique considérable (Jackson et Campbell 1975). Par conséquent, les tipules peuvent être un facteur économique majeur pour les producteurs laitiers individuels. Toujours selon Jackson et Campbell (1975), il est difficile de définir complètement les impacts sociaux et économiques que les tipules ont eus sur les régions agricoles de la Colombie-Britannique et de l'État de Washington. Ceci est dû en partie au fait que malgré les efforts déployés au cours de plusieurs enquêtes, aucune association constante n'a été faite entre le nombre de tipules et les dommages observés dans les cultures.

### **2.3.3 Québec**

Tout d'abord, pour souligner l'importance des dommages potentiels, un survol des superficies cultivées en pâturages et céréales de printemps s'impose. Selon Statistique Canada, au Québec en 2006 on cultivait 855 000 hectares (46%) en prairies et pâturages, 50 000 hectares (2,7%) en blé de printemps, 125 000 hectares (6,7%) en avoine et 100 000 hectares (5,4%) en orge sur un total de 1 851 991 hectares cultivés au total en foin et grandes cultures.

Malgré le fait que la tipule des prairies est présente depuis 1880 au Canada, l'étude de Simard et coll. (2009 en préparation) rapporte pour la première fois des dommages considérables causés par cet insecte en Amérique du Nord. Au courant du printemps 2008, une enquête fut menée dans 92 fermes,

représentant plus de 1096 hectares, localisées au sud-est du Québec dans le but d'associer des dommages rapportés dans des cultures à la présence de *Tipula paludosa*. Les fermes touchées étaient localisées principalement dans la région administrative de "Chaudière-Appalaches" ainsi que quelques cas dans la région de l'Estrie. Les dommages de tipules furent observés plus fréquemment dans l'orge avec 36 fermes infestées. On retrouva aussi des infestations dans d'autres cultures, nombre de fermes infestées entre parenthèse, canola et avoine (15), soya et maïs (13), prairies (12), blé (10), céréales mélangées (3), sarrasin (2) ainsi que lin et laitue (1). Des réductions de rendement sur le grain de 90, 53, et 90% pour le canola en semis direct, le canola en conventionnel, et l'orge respectivement furent calculées dans cette étude.

## **2.4 Méthode de lutte et de contrôle de *Tipula paludosa***

### **2.4.1 Méthode de détection**

Le large éventail de cultures ne faisant pas partie des graminées rapportées pour avoir été attaquées par des larves de tipules indique qu'au moins une espèce de tipule a développé une polyphagie élargie. En l'absence de preuves concrètes, les attaques ne peuvent être attribuées à une espèce plus qu'à une autre, mais les différences dans la biologie et le comportement de dispersion suggèreraient que *Tipula oleracea* est la coupable plutôt que *Tipula paludosa*. En général, *T. oleracea* n'est pas retrouvée en abondance dans un lieu et semble être moins commune que *T. paludosa* (Coe et coll. 1950). Les femelles de *T. oleracea* peuvent voler lorsqu'elles sont gravides et elles peuvent pondre leurs œufs en plusieurs lots (Cuthbertson 1929). Cela combiné avec leur capacité de voler, due à leur plus grand ratio aile:abdomen, implique qu'elles pondent leurs œufs sur une aire plus grande que la tipule des prairies ce pourquoi des concentrations locales de larves ne sont pas fréquemment retrouvées. De plus, *T. oleracea* a à plusieurs reprises été rapportée comme une espèce bivoltine avec une génération de printemps et une génération de fin d'été. Par contre, certains indices laissent présumer que le nombre de



génération par année pourrait être variable (Coll et Blackshaw 1996). Récemment, *T. oleracea* a été associée avec des dommages répandus dans les céréales d'automne dans le nord de la Grande-Bretagne (Coll et coll. 1993).

Étant donné leur petite taille, le dépistage du premier et du deuxième stade larvaire à l'automne n'est pas réalisable sous la plupart des circonstances. En revanche, au printemps, les larves de troisième et de quatrième stade sont suffisamment grosses pour l'échantillonnage permettant ainsi de déterminer une densité de population par un examen visuel des échantillons de sol. Aussi, il est intéressant de dénoter que lors de l'émergence des adultes, les exuvies nymphales peuvent être facilement détectées dû au fait qu'elles dépassent de la surface du sol de la demi jusqu'au tiers de leur longueur.

Blackshaw (1990a) a utilisé des données provenant d'une enquête pour identifier les différents risques d'infestation de tipules retrouvés dans certaines régions géographiques. Un système alternatif pour identifier les années à haut risque a été développé par Blackshaw (1990a). Ce système repose sur un modèle à régression multiple basé sur le climat permettant d'estimer des populations moyennes annuelles de tipules. Malgré son efficacité démontrée, cette méthode n'a pas été développée pour prédire les populations retrouvées dans un champ individuel. C'est, néanmoins, l'approche à privilégier pour réduire l'utilisation des pesticides et leur coût pour les producteurs. Par conséquent, ce modèle fut plus tard extrapolé pour prédire la fréquence des densités de population au champ (Blackshaw et Perry 1994). De son côté, McCracken (1995) tenta infructueusement de modéliser le nombre de tipules retrouvées dans un champ individuel.

Une méthode d'échantillonnage maison pour les producteurs fut développée par Stewart et Kozicki (1987). Cette méthode consiste à insérer un tuyau de plastique de 10 cm de diamètre dans le sol et de le remplir avec de l'eau saturée de sel. Ceci entraînera la sortie des larves de tipules du sol et puis leur flottement à la surface où elles pourront être comptées. Malgré sa simplicité et le fait qu'elle soit sans danger, cette méthode ne s'est pas révélée populaire à

cause du large volume d'eau qu'elle requiert au champ et au temps nécessaire pour réaliser l'échantillonnage. Dans une tentative d'améliorer son adoption, Blackshaw (1990b) a développé une méthode d'échantillonnage séquentielle dérivée de la méthode Stewart et Kozicki (1987) permettant des décisions comparables, tout en bénéficiant d'une économie de temps d'échantillonnage de 36%. Selon Blackshaw et Coll (1999), cette méthode d'échantillonnage est mieux adaptée aux céréales de printemps qu'aux prairies, car elle nécessite que les larves soient assez grosses pour permettre d'être vue et identifiées. Cette période arrive habituellement vers la fin octobre, période à laquelle une baisse de rendement est déjà survenue et période à laquelle l'accès au champ par la machinerie est souvent limité par des sols trop humides. Finalement, l'accroissement localisé des populations de *T. paludosa* dans les prairies laisse présager qu'un échantillonnage des adultes en période de vol serait un bon indicateur de la taille des populations. Par contre, des données non publiées de Blackshaw (Blackshaw et Coll 1999) ont échoué à trouver une relation constante entre les adultes attrapés et le nombre de larves observées par la suite.

#### **2.4.2 Seuil d'intervention**

##### **A) Les prairies et pâturages**

Le problème majeur auquel la communauté scientifique agricole fait face avec les infestations de tipules des prairies demeure la détermination de seuils d'interventions précédant les dommages, et ce, particulièrement dans les prairies.

Tout d'abord, il est important de considérer que les seuils d'interventions économiques sont dépendants de variables financières et ainsi sujets au changement. Blackshaw et Coll (1999) rapportent dans leur discussion des seuils d'interventions économiques pour la larve de *T. paludosa* dans les prairies à des valeurs plus faibles que les précédents auteurs soit de 100 larves par m<sup>2</sup>.

Lorsque la pratique est permise, la décision d'appliquer un insecticide devrait être basée sur des seuils d'interventions prédéterminés. Bien intégrée, cette approche permettrait une régulation naturelle des populations, par des facteurs environnementaux tels que les hivers rigoureux et la prédation par les vertébrés et les oiseaux, au cours de l'automne et l'hiver (Peck et coll. 2008). Dans un autre ordre d'idées, une approche différente a été envisagée dans les prairies par rapport aux périodes d'interventions possibles pour les traitements insecticides. Au nord de l'Europe, des chercheurs ont remarqué que plus les applications d'insecticide sont hâtives au courant de la saison, meilleur est le contrôle des populations de larves de tipules dans les prairies. Newbold (1981) a tout d'abord noté une augmentation des rendements en appliquant un insecticide en janvier plutôt qu'en mars et Blackshaw et coll. (1994) observèrent une réduction des pertes de rendement d'un facteur de 2,72 en traitant en septembre plutôt qu'en mars. Ce phénomène pourrait s'expliquer par le fait que la tipule des prairies peut s'alimenter à des températures inférieures que celles nécessaires à la croissance des graminées (Blackshaw et Coll 1999). Ainsi, le modèle permettant de calculer le seuil d'intervention dans les prairies devrait tenir compte de la taille de la population de tipule et du temps restant jusqu'à la récolte ainsi que des différentes valeurs de l'herbage variant selon l'usage. Selon les observations de Kell (1988) les populations de larves prennent de 7 à 10 ans pour compléter leur développement après qu'un labour ait été effectué en continu. C'est pourquoi on peut penser qu'un contrôle au cours d'une saison devrait donner origine à des bénéfices de rendement dans les années futures. C'est en se basant sur cet argument que Blackshaw et Coll (1999) affirment que les seuils utilisés dans la littérature sont trop élevés. De plus, une perturbation régulière de l'accroissement des populations de *T. paludosa* limiterait la fréquence nécessaire de dépistage au champ.

De son côté, French (1969) développa une approche singulière dans laquelle les dommages causés par les larves de tipules sont considérés comme pouvant être compensés par des applications supplémentaires d'azote. Il arriva à la conclusion que tôt au printemps, lorsqu'une population de tipules est inférieure

à 250 larves par m<sup>2</sup>, il serait plus avantageux d'appliquer de l'azote supplémentaire sur la prairie que de faire un traitement insecticide. Cette approche serait applicable jusqu'au seuil limite de 865 larves par m<sup>2</sup>. Cette approche s'avère discutable, devant la flambée du prix des fertilisants depuis les dernières années et sur le fait qu'elle n'exerce aucune répression des populations de tipules.

## **B) Céréales de printemps**

Selon les standards de l'organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes (OEPP) (1994) l'orge de printemps serait probablement à risque lorsque les populations de tipules atteignent 50 larves par m<sup>2</sup> tôt au printemps. De leur côté Blackshaw et coll. (1994) suggèrent plutôt un seuil alentour de 25 larves par m<sup>2</sup> tôt au printemps.

### **2.4.3 Méthodes de lutte**

#### **2.4.3.1 Lutte chimique**

Au Canada, le diazinon est la seule matière active insecticide qui est homologuée pour lutter contre les larves de tipules dans les pâturages. Malheureusement, les cinq produits présentement homologués pour cet usage ne le sont que pour la Colombie-Britannique. Dans le secteur des gazons, la situation est tout autre. Il existe, en date d'aujourd'hui, 3 matières actives insecticides homologuées partout au Canada, soit; le carbaryl, le chlorpyrifos et l'imidaclopride (ARLA 2009). Ainsi, aucun outil de lutte chimique n'est disponible pour lutter contre les larves de tipules dans les prairies et les céréales de printemps au Québec.

En Europe, dans les pâturages Blackshaw (1984) et French et coll. (1990) ont utilisés du chlorpyrifos (organo-phosphorés) comme outil expérimental et ont rapportés un taux de mortalité des larves de tipules supérieur à 90 %. D'autres insecticides organo-phosphorés sont approuvés en Europe, mais le chlorpyrifos est probablement le produit chimique le plus recommandé et utilisé des

conseillers et des producteurs (Clements et coll. 1992). Il a été prouvé que les populations de larves de tipules au champ sont facilement contrôlées par une seule application d'insecticide (Blackshaw et Coll 1999).

#### **2.4.3.2 Lutte biologique**

Plusieurs ennemis naturels de *T. paludosa* ont été identifiés, mais aucune méthode de contrôle commercialement viable n'a pu être développée pour l'une ou l'autre des espèces.

Ainsi, *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* (Bti) et des nématodes entomopathogènes (NE) (*Steinernema carpocapsae* et *Steinernema feltiae*) ont été testés comme méthode de contrôle biologique contre les larves de tipules (Oestergaard et coll. 2006). Les résultats de cette étude indiquent que les deux premiers stades larvaires de la tipule des prairies sont plus susceptibles au NE et au Bti. Au champ, *S. carpocapsae* permet un meilleur contrôle (plus de 80%) que *S. feltiae* (moins de 50%), mais le potentiel de *S. carpocapsae* est limité par la température qui doit être supérieure à 12°C. Pour sa part, le Bti peut être utilisé à des températures plus fraîches. En finalité, la mort de la tipule est plus longue à venir, mais le taux de mortalité observé à 4 ou 8°C est le même que celui observé à 15 ou 20°C. Le contrôle biologique de *T. paludosa* par Bti est moins dispendieux que celui par les NE, mais le coût d'une application dépasse tout de même largement le coût d'un traitement chimique. Selon ces auteurs, même si un contrôle chimique n'est pas disponible, le coût d'une application de Bti ne justifierait pas son application dans une prairie.

#### **2.4.3.4 Rotation de culture et pratiques culturales**

Étant donné qu'aucun insecticide n'est homologué pour lutter contre la tipule dans les prairies et les céréales de printemps au Québec, une approche préventive s'impose.

Les problèmes reliés aux infestations de tipules surviennent à cause de la coïncidence d'une rotation de culture favorable. Effectuer un changement dans ces rotations pourrait minimiser les attaques dommageables, mais tout porte à croire que les producteurs ont adopté ces rotations pour de solides raisons économiques. Généralement, les larves de tipules ne sont pas un ravageur suffisamment important pour amener une modification des pratiques de rotation. Selon Blackshaw et Coll (1999), quatre approches stratégiques peuvent être utilisées pour gérer les populations économiquement dommageables de *T. paludosa*:

1. Réagir aux infestations dans les cultures individuelles (approche courante actuelle);
2. Dépister et utiliser des actions d'interventions face à des seuils prédéterminés;
3. Établir un cycle régulier d'intervention avec un traitement insecticide dans les prairies permanentes tout les 3 à 5 ans;
4. Utiliser une rotation permettant que les prairies soient réensemencées tous les 3 à 5 ans et s'assurer que les céréales de printemps ne soient pas semées suite à plus de deux années consécutives de prairies.

En théorie, les pratiques culturales utilisées pour le contrôle des organismes nuisibles supportent les bases pour la lutte antiparasitaire intégrée dans un large éventail de cultures (Coaker 1987, van Emden 1987). Leur utilisation a diminué depuis l'introduction des insecticides modernes (Pimentel 1993), mais selon (Pimentel 1986) la plupart des pratiques culturales de contrôle sont plus rentables que le contrôle chimique. Il a été démontré que les attaques de tipules dans les cultures suivant les prairies dans la rotation peuvent être prévenues, si la prairie est labourée en juillet ou au début août et que l'herbage est bien enfoui (Anon. 1984). De plus, l'utilisation de pratiques culturales demeure la procédure par excellence connue pour réduire les populations de larves de tipules et entraîner une nette réduction de l'incidence des dommages (Blackshaw 1988). Ainsi, la mortalité au cours de la préparation du lit de semences a été estimée à un taux aussi faible que 20% (LaCroix et Newbold

1968), mais a été observée à un taux de 70% dans une expérience où il y avait eu un minimum de deux préparations du lit de semences (Blackshaw 1988).

### **3. CONCLUSION**

En définitive, tout permet de croire que la tipule des prairies représente une nouvelle menace pour les cultures céréalières de printemps et fourragères québécoises. Divers aspects permettent d'abonder en ce sens. En premier lieu, la biologie reproductive de la tipule favorise le développement d'infestations localisées à cause du taux de fécondité très élevé des femelles et parce que celles-ci pondent à proximité du site d'émergence. En ce qui touche aux facteurs affectant le développement des populations plusieurs éléments sont à souligner. Tout d'abord, aucun ennemi naturel n'est reconnu pour réduire efficacement le nombre de larves de tipules. En ce qui a trait aux conditions climatiques retrouvées au Québec, certaines régions dans la province semblent posséder un climat favorable à l'établissement de la tipule. En effet, au mois de septembre et octobre, moment où la tipule complète ses stades larvaires les plus susceptibles à la dessiccation, les conditions climatiques automnales sont généralement humides. D'un autre côté, nos hivers rigoureux pourraient être un facteur de régulation des populations. Il faut néanmoins garder en tête que la tipule est reconnue pour être tolérante à des températures se situant sous le point de congélation et que les précipitations hivernales et l'épaisseur du couvert de neige peuvent affecter le niveau auquel le sol est gelé. Dans certaines régions agricoles québécoises, la couverture de neige est importante pendant l'hiver. Ensuite, pour considérer l'importance des dommages potentiels aux cultures, noter qu'environ 60% des superficies cultivées en foin et en grandes cultures dans la province sont des pâturages, des prairies et des céréales de printemps. Ceci augmente les chances de dispersion et d'établissement de population de *T. paludosa*. Enfin, la popularité grandissante des cultures établies sous travail de conservation des sols risque d'entraîner une augmentation de la survie des larves comparativement aux larves retrouvées dans les systèmes de culture conventionnelle. L'approche préventive est à privilégier et le contrôle des populations devrait être basé

sur les pratiques culturelles pouvant causer des niveaux de mortalité élevés chez les larves de tipules. D'un autre côté, les producteurs québécois devraient disposer de méthodes de lutte chimique leur permettant une approche curative en cas de besoin. En conclusion, des efforts de recherche et un suivi de la situation devront être mis de l'avant pour développer une méthode d'échantillonnage mieux adaptée aux réalités terrain et des seuils d'interventions adaptés aux conditions du Québec.



## BIBLIOGRAPHIE

- ACIA. 2006.** Agence Canadienne d'Inspection des Aliments (ACIA). 2006. Plan d'action pour les plantes terrestres et les phytoravageurs étrangers envahissants : Phase 1 - Initiatives Clées. ACIA, Ottawa, Canada.
- Alexander, C.P. 1920.** The crane-flies of New York. Part II. Biology and phylogeny. Mem. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. 38: 691-1133.
- Alexander, C.P. 1962.** Taxonomic studies of crane flies of Newfoundland. Yearb. Am. Phil. Soc. 1962: 267-271.
- Anon. 1984.** Leatherjackets. ADAS Leaflet 179, Ministry of Agriculture Fisheries and Food. HMSO, London.
- L'agence de réglementation de lutte antiparasitaire (ARLA). 2009.** Information sur les produits. [http://pr-rp.pmra-arla.gc.ca/portal/page?\\_pageid=53,33557&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://pr-rp.pmra-arla.gc.ca/portal/page?_pageid=53,33557&_dad=portal&_schema=PORTAL) (consulté en avril 2009)
- Barbash, N.M. 1988.** Studies on the biology of *Tipula paludosa* Meigen (Diptera: Tipulidae) with special reference to mortality factors. Ph.D. thesis, University of Glasgow.
- Beirne, B.P . 1970.** Effects of precipitation on crop insects. The Canadian entomologist. 102. 1360-1371.
- Beirne, B.P . 1971.** Pest insects of annual crop plants in Canada. Mem. Entomol. Soc. Can. 78: 124 pp.
- Blackshaw, R.P. 1983.** The annual leatherjacket survey in Northern Ireland, 1965–82, and some factors affecting populations. Plant Pathol. 32 :345-349.
- Blackshaw, R. P. 1984.** The impact of low number of leatherjackets on grass yield. Grass Forage Sci. 39: 339-343.
- Blackshaw, R.P. 1985.** A preliminary comparison of some management options for reducing grass losses caused by leatherjackets in Northern Ireland. Annals of Applied Biology 107, 279–85.
- Blackshaw, R.P. 1988.** Effects of cultivations and previous cropping on leatherjacket populations in spring barley. Research and Development in Agriculture 5, 35–7.
- Blackshaw, R.P. 1990a.** Observations on the distribution of leatherjackets in Northern Ireland. Annals of Applied Biology 116, 21–6.

- Blackshaw, R.P. 1990b.** Application of a sequential sampling technique to DIY assessment of leatherjacket (Diptera: Tipulidae) populations in grassland. *Grass and Forage Science* 45, 257–62.
- Blackshaw, R.P. 1992.** Leatherjackets in grassland. Proceedings of the British Grassland Symposium on Strategies for Weed, Disease and Pest Control in Grassland 6.1–6.10.
- Blackshaw, R.P. et J.N. Perry. 1994.** Predicting leatherjacket population frequencies in Northern Ireland. *Annals of Applied Biology* 124, 213.
- Blackshaw, R.P., Stewart, R.M., Humphreys, I.C. et C. Coll. 1994.** Preventing leatherjacket damage in cereals. Association of Applied Biologists Conference on Sampling to Make Decisions, Cambridge 22–23 March 1994, pp. 189–96.
- Blackshaw, R.P. et C. Coll. 1999.** Economically important leatherjackets of grassland and cereals: biology, impact and control. *Integr. Pest Manag. Rev.* 4: 143-160.
- Block, W., G. Grubor-Lajsic et R. Worland. 1993.** Cold tolerance of a larval tipulid from an upland habitat. *Cryoletters.* 14: 185-192.
- Brindle, A. 1957.** The ecological significance of the anal papillae of the *Tipula* larvae (Dipt., Tipulidae). *Entomol. Mon. Mag.* 93: 202-204.
- Brindle, A. 1959.** Notes on the larvae of British Tipulinae (Dipt.:Tipulidae). Part 6, The larvae of the *Tipula oleracea* group. *Entomologist's Monthly Magazine* 95, 176–7.
- Brindle, A. 1960.** The larvae and pupae of British Tipulinae (Diptera: Tipulidae). *Trans. Soc. Brit. Entomol.* 14: 63-114.
- Carl, K.P. 1972.** Canadian agricultural projects. Marsh-crane fly (*Tipula paludosa*): Work in Europe 1972. *Commonw. Inst. Biol. Contr., Annu. Proj. Statement.* 11pp.
- Clements, R.O., 1984.** Control of insect pests in grassland. *Span* 27, 77–80.
- Clements, R.O., Murray, P.J., Bentley, E.R., Lewis, G.C. et N. French. 1990.** The impact of pests and diseases on the herbage yield of permanent grassland at eight sites in England and Wales. *Ann. Appl. Biol.* 117, 349–357.
- Clements, R.O., Murray, P.J. et C.J. Tyas. 1992.** The short-term effects on wild goose behaviour of chlorpyrifos application to permanent pasture. *Annals of Applied Biology* 120, 17–23.

- Coaker, T.H. 1987.** Cultural methods: the crop. In A.J. Burn, T.H. Coaker and P.C. Jepson (eds) Integrated Pest Management, pp. 69–88. London: Academic Press.
- Coe, R.L., Freeman, P. et P.F. Mattingly. 1950.** Handbooks for the Identification of British Insects. Diptera: Nematocera. London: Royal Entomological Society of London. Vol. 9, Part 2. 26 pp.
- Cohen, M. 1953.** Survey of leatherjacket populations in England and Wales 1946-51. Plant Pathol. 2: 80-82.
- Coll, C., Blackshaw, R.P., Humphreys, I. et R.G. Stewart. (1993).** The epidemiology of *Tipula oleracea* in winter cereals in northern Britain. ANPP Third International Conference on Pests in Agriculture, Montpellier pp. 1059–66.
- Coll, C. et R.P. Blackshaw. 1996.** Leatherjackets in winter cereals:va self-inflicted problem? Rotations and cropping systems. Aspects of Applied Biology 47, 145–51.
- Coulson, J.C. 1959.** Observations on the Tipulidae (Diptera) of the Moor House Nature Reserve, of the Royal Entomology Society of London 111, Westermorland. Transactions 157–174.
- Coulson, J.C. 1962.** The biology of *Tipula subnodicornis* Zetterstedt with comparative observations on *Tipula paludosa* Meigen. Journal of Animal Ecology 31, 1–21.
- Coyler, C.N. et C.O. Hammond. 1951.** Flies of the British Isles. London and New York: Warne and Co. Ltd.
- Crossley, D.A. Jr., House, G.J., Snider, R.M. Snider, R.J. et B.R. Stinner. 1984.** The positive interactions in agroecosystems. In: R:R. Lowrance, B.R. Stinner and G.J. House (Editors), Agricultural ecosystems: unifying concepts. Wiley, New York, pp. 73-81.
- Cuthbertson, A. 1927.** Studies on Clyde crane-flies. VII: Some insect enemies. Entomologist 60: 111-113.
- Cuthbertson, A. 1929.** The mating habits and oviposition of crane-flies. Entomol. Mon. Mag. 65: 141-145.
- Den Hollander, J. 1975.** The phenology and habitat of the species of the subgenus *Tipula* Linnaeus in the Netherlands (Diptera, Tipulidae). Tijdschrift voor Entomologie 118, 83–97.

- Dawson, L.A., Grayston, S.J., Murray, P.J., Cook, R., Gange, A.C., Ross, J.M., Pratt, S.M., Duff, E.I. et A. Treonis. 2003.** Influence of pasture management (nitrogen and lime addition and insecticide treatment) on soil organisms and pasture root system dynamics in the field. *Plant and Soil* 255. 121-130.
- Dobson, R.M. 1972.** Observations on the spatial distribution of flying Tipulinae (Diptera: Tipulidae) in Scotland. *Journal of Animal Ecology* 43, 513–19.
- Freeman, B.E. 1967.** Studies on the ecology of adult Tipulidae (Diptera: Tipulidae). *J. Anim. Ecol.* 36: 123-146.
- French, N. 1969.** Assessment of leatherjacket damage to grassland and economic aspects of control. *Proceedings of the 5th British Insecticide and Fungicide Conference* pp. 511–21.
- French, N., Nichols, D.B.R. et A.J. Wright. 1990.** Yield response of improved upland pasture to the control of leather jackets under increasing rates of nitrogen. *Grass Forage Sci.* 45, 99–102.
- Gregory, W.W. et G.J. Musick. 1976.** Insect management in reduced tillage systems. *Bull. Entomol. Soc. Am.*, 22: 302-304.
- Hardy, A.C. et P.S. Milne. 1938.** Studies in the distribution of insects by aerial currents. Experiments in aerial tow-netting from kites. *J. Anim. Ecol. &*: 199-229.
- Hemmingsen, A.M. 1965.** Deep-boring ovipository instincts of some crane-fly species (Tipulidae) from different types of localities. *Vidensk. Medd. Naturhist. Foren. Kjobenhavn* 114: 365-430.
- Holland, J.M. et M.L Luff. 2000.** The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Int. Pest Manage. Rev.* 5, 105–129.
- House, G.J. et J.N. All. 1981.** Carabid beetles in soybean agroecosystems. *Environ. Entomol.*, 10: 194-196.
- House, G.J. et R.W. Parmelee. 1985.** Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems. *Soil Tillage Res.*, 5: 351-360.
- Humphreys, I.C., Blackshaw, R.P., Stewart, R.M. and C. Coll. 1993.** Distribution of *Tipula oleracea* and *Tipula paludosa* in Northern Britain. *Proceedings of Crop Protection in Northern Britain* pp. 85– 90.

- Jackson, D.M. et R.L. Campbell. 1975.** Biology of the European crane fly, *Tipula paludosa* Meigen, in western Washington (Diptera: Tipulidae). Wash. State Univ. Coll. Agric. Res. Cent. Tech. Bull. 81 : 23 p.
- Kell, G.V. 1988.** Agro-environmental factors influencing leatherjacket (Diptera: Tipulidae) populations in grassland. Ph.D. thesis. The Queen's University of Belfast.
- LaCroix, E.A.S. et J.W. Newbold. 1968.** Autumn treatments against leatherjackets. *Plant Pathology* 17, 78–82.
- LaGasa, E.H. et A.L. Antonelli. 1999.** Western Washington *Tipula oleracea* survey (Diptera: Tipulidae). 1999 Entomology Project Report, WSDA Publ. 034, 8 pp.
- Lange, B. 1964.** Influence of 1962/63 winter season on population density curve of *Tipula paludosa* Meig.; experiments to investigate safety interval question and annulment of temperature proviso for Parathion compounds in control of *Tipula*. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer 17(1): 124.
- Laughlin, R. 1967.** Biology of *Tipula paludosa*; Growth of the larvae in the field. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 10, 52–68.
- MacLagan, D.S. 1964.** Plagues of leatherjackets. *Farming News N. Brit. Agr.* 116(April 17): 7.
- Maercks, H. 1939a.** Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung schädlicher Tipuliden. *Arb. Physiol. Angew. Entomol. Berl. Dahlmén* 6: 222-257
- Maercks, H. 1939b.** Die Wiesenschnaken und ihre Bekämpfung. *Kranke Pflanze* 16: 107-110.
- McCracken, D.I., G.F. Foster et A. Kelly. 1995.** Factors affecting the size of leatherjackets (Diptera: Tipulidae) populations in pasture in the west of Scotland. *Appl. Soil Ecol.* 2: 203-13.
- Meats, A. 1967.** The relation between survival and water loss in larvae of *Tipula oleracea* and *Tipula paludosa* (Diptera) on exposure to .unsaturated air. *J. Insect Physiol.* 13: 1119-1131.
- Meats, A. 1970.** Susceptibility of the leatherjackets *Tipula oleracea* and *T. paludosa* to soil flooding. *Annals of Applied Biology* 65, 25–30.

- Meats, A. 1975.** The development dynamics of *Tipula paludosa* and the relation of climate to its growth pattern, flight season and geographical distribution. *Oecologia* 19: 117-128.
- Milne, A., R.E. Coggins et R. Laughlin. 1958.** The determination of numbers of leatherjackets in sample turves. *J. Anim. Ecol.* 27: 125- 145.
- Milne, A., R.E. Coggins et R. Laughlin. 1965.** The 1955 and 1959 population crashes in the leatherjacket, *Tipula paludosa* Meigen, in Northumberland. *J. Anim. Ecol.* 34: 529-544.
- Newbold, J.W. 1981.** The control of leatherjackets in grassland by winter pesticide applications. *Proceedings of Crop Protection in Northern Britain* pp. 207–11.
- OEPP/EPPO. 1994.** EPPO Standard PP 2/1(1) Guideline on good plant protection practice: principles of good plant protection practice. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 24, 233-240.
- Oestergaard, J., Belau, C., Strauch, O, Ester, A., Rozen, K.V. et R-U Ehlers. 2006.** Biological control of *Tipula paludosa* (Diptera: Nematocera) using entomopathogenic nematodes (*Steinernema* spp.) and *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *Biological Control* 39: 525-531.
- Peck, D.C, Olmstead, D et A. Morales. 2008.** Application timing and efficacy of alternatives for the insecticidal control of *Tipula paludosa* Meigen (Diptera: Tipulidae), a new invasive pest of turf in the northeastern United States. *Pest Manag. Sci.* 64: 989-1000.
- Pimentel, D. 1986.** Agroecology and economics. In M. Cogan (ed) *Ecological Theory and Integrated Pest Management Practice*. pp. 299–319. New York: John Wiley and Sons.
- Pimentel, D. 1993.** Cultural controls for insect pest management. In S. Corey, D. Dall and W. Milne (eds) *Pest Control and Sustainable Agriculture*, pp. 39–43. East Melbourne, Victoria, Australia: CSIRO.
- Rennie, J. 1916.** On the biology and economic significance of *Tipula paludosa*. Part I. Mating and oviposition. *Ann. Appl. Biol.* 2: 235-240.
- Rennie, J. 1917.** On the biology and economic significance of *Tipula paludosa*. Part II. Hatching, growth and habits of larva. *Ann. Appl. Biol.* 3: 116-137
- Rennie, J. et C.H. Sutherland. 1920.** On the life history of *Bucentes (Siphona) geniculata* (Diptera: Tachinidae), parasite of *Tipula paludosa* (Diptera) and other species. *Parasitology* 12: 199-211.

- Ricou, G. 1967.** Recherche sur les populations de Tipules. Action de certains facteurs écologiques sur *Tipula paludosa* Meig. Ann. Éiphyt. (Paris) 18 (4): 451-481
- Rogers, J.S. 1933.** The ecological distribution of the crane-flies in northern Florida. Ecol. Monogr. 3: 1-74.
- Simard, L., Bélair, G., Roy, M. et J-N. Couture. 2009 en préparation.** First report of extensive damage to canola and barley caused by *Tipula paludosa* in North America.
- Simard, L., Gelhaus, J.K., Brodeur, J., Taschereau, É. et J. Dionne. 2006.** Emergence of a new turfgrass insect pest on golf courses in Québec, the European crane fly (Diptera: Tipulidae). Phytoprotection 87: 43-45.
- Selke, K. 1937.** Beobachtungen iiber die Bekämpfung von Wiesenschnakenlarven (*Tipula paludosa* Meigen und *T. czizeki* de Jong). Z. Angew. Entomol. 24: 277-284
- Smits, P.H., Vlug, H.J. et G.L. Wieggers. 1993.** Biological control of leatherjackets with *Bacillus thuringiensis*. Proc. Exp. Appl. Entomol. N.E.V. 4, 187–192.
- Stahnke G.K., Antonelli A.L., Miltner E.D., Jones M.J., Corpuz P.R. et N.P. Aviles. 2005.** Application timing for maximum efficacy of insecticides to control European and common crane fly larvae in the Pacific Northwest. Int Turfgrass Soc Res J 10:779–783.
- Stewart, R.M. et K.K. Kozicki. 1987.** DIY assessment of leatherjacket numbers in grassland. Proceedings of Crop Protection in Northern Britain pp. 349–53.
- Statistique Canada, Recensement de l'agriculture de 2006,** Données sur les exploitations et les exploitants agricoles, n° 95-629-XWF.
- Taschereau, E. 2007.** Écologie saisonnière de la tipule européenne (Diptère : Tipulidae), insecte ravageur des graminées à gazon sur les terrains de golf de la région de Québec, Mémoire de maîtrise, Québec, Université Laval, Faculté d'agriculture, alimentation et consommation, Département de phytologie, 2007, 78 p.
- Tashiro, H. 1987.** Turfgrass insects of the United States and Canada. Cornell University Press, Ithaca. 391 p.
- Tebbrügge F. et R.A. Düring. 1999.** Reducing tillage intensity – a review of results from a long-term study in Germany. Soil & Tillage Research 53, 15-28.

- Van Emden, H.F. 1987.** Cultural methods: the plant. In A.J. Burn, T.H. Coaker and P.C. Jepson (eds) *Integrated Pest Management*. pp. 27–68. London: Academic Press.
- Vlug, H.J. et P. Harrewijn. 1994.** Analysis of gut contents and feeding behavior of tipulid larvae (Diptera: Tipulidae) using a new root-staining technique. *J. Econ. Entomol.* 87: 101-102.
- White, J.H. et N. French. 1968.** Leatherjacket damage to grassland. *Journal of British Grassland Society* 23, 326-329.
- Wilkinson, A.T.S. et H.R. MacCarthy. 1967.** The marsh crane fly, *Tipula paludosa* Mg., a new pest in British Columbia (Diptera: Tipulidae). *Journal of the Entomological Society of British Columbia* 64: 29-34